

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA MARIA  
CENTRO DE EDUCAÇÃO  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM EDUCAÇÃO

AS ANALOGIAS NO ENSINO DE CONTEÚDOS  
CONCEITUAIS DE FÍSICA

DISSERTAÇÃO DE MESTRADO

Leandro Londero da Silva

Santa Maria, RS, Brasil  
2006

AS ANALOGIAS NO ENSINO DE CONTEÚDOS  
CONCEITUAIS DE FÍSICA

por

Leandro Londero da Silva

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em  
Educação, da Universidade Federal de Santa Maria (UFSM, RS),  
como requisito parcial para obtenção do grau de  
Mestre em Educação

Orientador: Prof. Dr. Eduardo A. Terrazzan

Santa Maria, RS, Brasil  
2006

Universidade Federal de Santa Maria  
Centro de Educação  
Programa de Pós-Graduação em Educação

**A Comissão Examinadora, abaixo assinada, aprova a Dissertação  
de Mestrado**

AS ANALOGIAS NO ENSINO DE CONTEÚDOS DE FÍSICA  
**elaborada por**  
Leandro Londero da Silva

**como requisito parcial para obtenção do grau de**  
Mestre em Educação

COMISSÃO EXAMINADORA

Eduardo A. Terrazzan - Orientador, Prof. Dr. – UFSM/RS  
**(Presidente/Orientador)**

Glória Regina Pessoa Campello Queiroz, Profa. Dra. – UERJ/RJ

Ronaldo Luiz Nagem, Prof. Dr. – CEFET/MG

Mary Angela Leivas Amorim, Profa. Dra. – UFSM

**Santa Maria, setembro de 2006.**

Dedico

AOS QUE PASSAM PELA NOSSA VIDA

CADA UM QUE PASSA EM NOSSA VIDA PASSA SOZINHO...  
PORQUE CADA PESSOA É ÚNICA PARA NÓS,  
E NENHUMA SUBSTITUI A OUTRA.

CADA UM QUE PASSA EM NOSSA VIDA PASSA SOZINHO,  
MAS NÃO VAI SÓ...  
LEVAM UM POUCO DE NÓS MESMOS  
E NOS DEIXAM UM POUCO DE SI MESMOS.

HÁ OS QUE LEVAM MUITO,  
MAS NÃO HÁ OS QUE NÃO LEVAM NADA.

HÁ OS QUE DEIXAM MUITO,  
MAS NÃO HÁ OS QUE NÃO DEIXAM NADA.

ESTA É A MAIS BELA REALIDADE DA VIDA...  
A PROVA TREMENDA DE QUE CADA UM É IMPORTANTE  
E QUE NINGUÉM SE APROXIMA DO OUTRO POR ACASO...

Antoine de **S**aint-**E**xupéry

# Reconhecimento

À NAIDA LENA PIMENTEL,  
PROFESSORA, AMIGA, ORIENTADORA,  
PARABÉNS, PELA ÉTICA PROFISSIONAL, PELA MANEIRA EDUCADA  
E RESPEITOSA COMO SE COMUNICA COM AS PESSOAS,  
PELA CONSTANTE TROCA DE IDÉIAS E POR TORNAR  
A CONVIVÊNCIA NOS “BAIXOS DO PRÉDIO 44” MAIS AGRADÁVEL.

## AGRADECIMENTOS

Às professoras Dra. Glória R. Pessôa Campello Queiroz e Dra. Mary Angela Leivas Amorim, bem como ao Prof. Dr. Ronaldo Luis Nagem, pelas valiosas críticas e sugestões que auxiliaram a construção desta dissertação.

Ao Prof. Dr. Eduardo Terrazzan pelos ensinamentos e orientações.

Aos meus pais Ari e Odila, por me proporcionarem ótima base familiar e educação.

Ao meu irmão Welerson e minha irmã Michele, pelo carinho.

À Profa. Marinês Somavilla e ao Prof. Anderson Luiz Ellwanger, pelas implementações das Atividades Didáticas baseadas em Analogias em suas turmas, pela permissão das filmagens e pelas entrevistas concedidas, bem como aos seus alunos, pelas produções realizadas durante as aulas.

Aos meus alunos do Colégio Manoel Ribas e Paulo Devanier Lauda por realizem as tarefas solicitadas que serviram como material de análise para esta pesquisa e pela permissão das filmagens.

À Cristiane Coden Feltrin, por inserir-me na área de Educação.

Aos colegas do NEC, **em especial ao Tiago, pela ajuda tecnológica.**

Aos colegas de mestrado Nestor Davino Santini, Maria Eliza Gama e Daiana Braga Pereira **pelas amizades construídas.**

Ao Valério Lopes, **obrigado pela ajuda, pelos conselhos, pela amizade sincera, pelo ombro amigo.**

Ao Cristian Poletti Mossi **que ontem foi meu aluno hoje é mais do que amigo.**

À CAPES, **pela bolsa concedida.**

## RESUMO

Dissertação de Mestrado  
Programa de Pós-Graduação em Educação  
Universidade Federal de Santa Maria

AS ANALOGIAS NO ENSINO DE CONTEÚDOS CONCEITUAIS DE FÍSICA

Autor: Leandro Londero da Silva  
Orientador: Prof. Dr. Eduardo A. Terrazzan  
Santa Maria, setembro de 2006.

A presente investigação relata um estudo das contribuições e limitações do uso de Atividades Didáticas baseadas em Analogias para o ensino de conteúdos conceituais de Física no Ensino Médio. Considerou-se a preocupação em avaliar a influência das analogias na aprendizagem dos alunos. Para tanto, procedeu-se a elaboração de Atividades Didáticas baseadas em Analogias. Em continuidade, verificou-se a familiaridade dos análogos, utilizados nas atividades e as justificativas apresentadas para isso, mediante a aplicação de um questionário a 157 alunos, de 03 professores, incluindo o professor-pesquisador, de 2<sup>a</sup> e 3<sup>a</sup> séries de 04 escolas da rede de Ensino Médio do Rio Grande do Sul, 64 de Santa Maria/RS, 44 de Candelária e 49 de Nova Palma. Na seqüência, implementou-se as atividades didáticas nas turmas dos respectivos professores. Nesta etapa foram utilizados como instrumentos para o registro de informações as produções realizadas pelos alunos durante as implementações e a vídeo-gravação das aulas, de duração média de dois períodos (50 minutos cada), ao longo de um período letivo de 10 meses, de março a dezembro de 2004. Ao final deste período, realizou-se com os professores entrevistas semi-estruturadas, audio-gravadas e posteriormente transcritas. A análise das respostas dos alunos revelou que consideram como familiares apenas os análogos vivenciados e visualizados, sendo que as justificativas, para a familiaridade com os análogos, avançaram em sentidos diferentes. Enquanto alguns alunos recorrem a situações vivenciadas, experiências de vida, para justificarem a familiaridade com o análogo, outros recorrem a conhecimentos que se enquadram no domínio dos conteúdos escolares. Os alunos não apenas possuem conhecimentos e informações científicas, provavelmente aprendidos na escola como fora dela, como também se utilizam destes conhecimentos e informações para produzirem suas respostas. Tendo em vista as implementações ocorridas podemos dizer que o significado que cada aluno construiu de um determinado conceito foi formado mediante o conjunto de relações analógicas que estabeleceu, as limitações que identificou e as conclusões que elaborou. Neste sentido, podemos inferir que à medida que os alunos adquirem uma maior compreensão do processo de aprendizagem com a utilização de analogias é possível que eles adquiram uma maior capacidade de se comprometerem com níveis mais elevados de aprendizagem, ou seja, de estabelecerem maior número de correspondências, de limites e de elaborarem sínteses conclusivas com maior argumentação. De



maneira geral, comprovou-se que a aprendizagem e, portanto, o avanço no estabelecimento de correspondências, identificação de limitações e elaboração de sínteses conclusivas pelos alunos, aconteceu de forma progressiva. Isto é justificável por estarmos trabalhando, dentro das atividades, com ações que se classificam como conteúdos de caráter procedimental. Portanto, afirma-se que a aprendizagem de conteúdos conceituais, mediante o uso de Atividades Didáticas baseadas em Analogias, ocorre por meio de procedimentos. Por sua vez, a aprendizagem de procedimentos também ocorre de forma lenta, o que foi propiciado ao longo das atividades desenvolvidas. Nosso entendimento é que nenhuma Atividade Didática baseada em Analogia é melhor nem pior, pois todas apresentam aspectos distintos, sendo necessário levarmos em consideração, principalmente, suas características, a familiaridade com o análogo, as habilidades procedimentais dos alunos e o encaminhamento do professor na implementação. Geralmente, as analogias têm características múltiplas, embora em muitas delas algumas prevaleçam sobre outras, e algumas características predominantes podem ser suficientes. Em geral, o desempenho melhor dos alunos nas tarefas solicitadas foi observado nas atividades que possuíam as seguintes características: a) alvo e/ou análogo representados mediante imagens ou modelos físicos; b) análogo possível de ser dramatizado/simulado; c) menor número de atributos a serem relacionados e d) análogo extraído do cotidiano (exterior a própria área de conhecimento). No presente momento, arriscaríamos afirmar que as Atividades Didáticas baseadas em Analogias mostraram-se como um dos possíveis caminhos à formação de conceitos e ao domínio de procedimentos. Em síntese, o que percebemos em nossa investigação é que os alunos construíram um entendimento dos conceitos estudados e habilitaram-se para realização de procedimentos possíveis de serem ensinados com este tipo de atividade. Representam, comparam, identificam, argumentam e registram, articulando o conceitual ao procedimental.

Palavras-chave: Analogias. Ensino de Ciências. Conteúdos Conceituais.

## ABSTRACT

Dissertação de Mestrado  
Programa de Pós-Graduação em Educação  
Universidade Federal de Santa Maria

AS ANALOGIAS NO ENSINO DE CONTEÚDOS CONCEITUAIS DE FÍSICA  
(ANALOGIES IN THE TEACHING OF CONCEPTUAL SUBJECTS IN PHYSICS)

Author: Leandro Londero da Silva  
Adviser: Prof. Dr. Eduardo A. Terrazzan  
Santa Maria, august of 2006.

The present investigation reports a study of contributions and limitations of the use of didactic activities based on analogies for the teaching of conceptual subjects of Physics in the secondary level school. Preoccupation in evaluating analogies influences in the student's learning was considered. To reach this purpose, didactics activities based on analogies were developed. Next, the familiarity of the analogies used in the activities as well as the justifications for this were analyzed through the application of a questionnaire to 157 students and 03 teachers, including one in a researcher position. They act at 2<sup>a</sup> and 3<sup>a</sup> grades of 4 public secondary level schools of Rio Grande do Sul – 64 from Santa Maria, 44 from Candelária and 49 from Nova Palma town. Then, the didactics activities were implementing in the classes of these teachers. At this stage, productions developed by the students were used as instruments to information recording. These productions were gathered as implementations and video-recordings of two classes lasting 50 minutes each, during the school year of ten months. At the end of time, semi-structured interviews were audio-recorded with the teachers and later they were transcribed. The analyses of students' answers show that they consider only the lived and visualized analogies. The justification used to the familiarization with the analogies progressed in different aspects. While some students look for lived situations and live experiences in order to justify the familiarity with the analogies, others use knowledge related to the scope of school subjects. The students not only hold knowledge and scientific information learned at school and out of it, as well as they utilize this knowledge and information to produce their answers. Through the implementations developed, it can be observed that meaning each student constructed, around a certain concept, was formed considering the amount of analogical relations that he had established, the limitations identified and the conclusions he elaborated. Thus, it is possible to infer that as the students better understand the process of learning through the use of analogies, it is possible they improve their capacity to compromise with higher levels of learning, that is, of establishing a greater number of relations, limits and of elaborating conclusions with better argumentation. In a general sense, the students observed that learning and, consequently, the improvement in the establishing of relations, identification of limitations and

development of conclusions were developed in a progressive sense. This can be supported by the use of activities related to actions classified as procedural. Then, the learning of conceptual subjects through the use of Didactic Activities based on Analogies occurs via procedures. Thus, the learning of procedures occurs slowly and this was permitted throughout the development of activities. It might be inferred that none analogy based activity can be better than the other because all of them bring distinctive aspects. Therefore, it is necessary that their characteristics, familiarity with their knowledge, procedural abilities of the students and guidance of the teacher in their implementation be considered. Generally, analogies bring multiple characteristics, though some of their characteristics can be more observable than others, and some predominant ones can be enough. Commonly, the better students performance in the required activities was observed in that ones which presented the following characteristics: a) the target or analogy presented through images or physical patterns; b) analogies possible of being role played/ simulated; c) few number of related attributes and d) analogy extracted from the everyday (out the area of knowledge). In the current moment, it could be claimed that the Didactic Activities based on Analogies are presented as a possible way to the formation of concepts and to the scope of procedures. To sum up, what can be noted in this investigation is the fact that the students construct a comprehension about the concepts studied and that they are able to perform possible procedures of being analyzed using this kind of activity. That is, they are able to perform, compare, identify, argue and register through the articulation of conceptual and procedural aspects.

Key-Word: Analogies. Science Education. Conceptual subjects.

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Algumas diferenças entre fatos/dados e os conceitos em relação à aprendizagem .....	13
Tabela 2 - Critérios utilizadas por Mól (1999) para a classificação das analogias ....	52
Tabela 3 - Comparação entre os diferentes modelos/propostas para o uso organizado de analogias no ensino .....	93
Tabela 4 - Caracterização dos professores colaboradores envolvidos na investigação.....	99
Tabela 5 - Instrumentos utilizados para registros de informações – Usos e Funções..	111
Tabela 6 - Índices, absolutos e percentuais, de familiaridade dos alunos com os análogos utilizados na Atividades Didáticas baseadas em Analogias .....	115
Tabela 7 - Atividades Didáticas (AD) implementadas e professores responsáveis..	129
Tabela 8 - Grau de contemplação dos passos do modelo TWA pelo Prof. ALE na implementação da ADA para o ensino do fenômeno da dilatação.....	138
Tabela 9 - Grau de contemplação dos passos do modelo TWA pela Profa. MS na implementação da ADA para o ensino do fenômeno da dilatação.....	142
Tabela 10 - Grau de contemplação dos passos do modelo TWA pela Profa. MS na implementação da ADA para o ensino do conceito de onda.....	150
Tabela 11 - Grau de contemplação dos passos do modelo TWA pela Profa. MS na implementação da ADA para o ensino do processo de eletrização por contato.	161
Tabela 12 - Grau de contemplação dos passos do modelo TWA pelo Prof. LLS na implementação, em sua 1ª turma, da ADA para o ensino do processo de eletrização por contato.....	164
Tabela 13 - Grau de contemplação dos passos do modelo TWA pelo Prof. LLS na implementação, em sua 2ª turma, da ADA para o ensino do processo de eletrização por contato.....	168

Tabela 14 - Grau de contemplação dos passos do modelo TWA pelo Prof. LLS na implementação da ADA para o ensino do conceito de campo elétrico .....	179
Tabela 15 - Grau de contemplação dos passos do modelo TWA pelo Prof. LLS na implementação da ADA para o ensino do campo elétrico criado por várias cargas .....	183
Tabela 16 - Grau de contemplação dos passos do modelo TWA pelo Prof. ALE na implementação da ADA para o ensino do conceito de corrente elétrica .....	190
Tabela 17 - Grau de contemplação dos passos do modelo TWA pelo Prof. LLS na implementação, em sua 2ª turma, da ADA para o ensino do conceito de corrente elétrica .....	201
Tabela 18 - Grau de contemplação dos passos do modelo TWA pelo Prof. ALE na implementação da ADA para o ensino do circuito elétrico simples.....	213
Tabela 19 - Grau de contemplação dos passos do modelo TWA pelo Prof. LLS na implementação, em sua 1ª turma, da ADA para o ensino do circuito elétrico simples.....	219
Tabela 20 - Grau de contemplação dos passos do modelo TWA pelo Prof. LLS na implementação, em sua 2ª turma, da ADA para o ensino do circuito elétrico simples.....	223
Tabela 21 - Grau de contemplação dos passos do modelo TWA pela Profa. MS na implementação da ADA para o ensino do Modelo Atômico de Thomson .....	234
Tabela 22 - Grau de contemplação dos passos do modelo TWA pelo Prof. LLS na implementação, em sua 2ª turma, da ADA para o ensino do Modelo Atômico de Thomson .....	239
Tabela 23 - Grau de contemplação dos passos do modelo TWA pela Profa. MS na implementação da ADA para o ensino do Modelo Atômico de Rutherford ....	243
Tabela 24 - Grau de contemplação dos passos do modelo TWA pelo Prof. LLS na implementação, em sua 2ª turma, da ADA para o ensino do Modelo Atômico Rutherford.....	249
Tabela 25 - Grau de contemplação dos passos do modelo TWA pela Profa. MS na implementação da ADA para o ensino do Modelo Atômico de Bohr.....	255
Tabela 26 - Grau de contemplação dos passos do modelo TWA pelo Prof. LLS na implementação, em sua 2ª turma, da ADA para o ensino do Modelo Atômico de Bohr .....	261

Tabela 27 - Grau de contemplação dos passos do modelo TWA pelo Prof. ALE na implementação da ADA para o ensino do Fenômeno da Refração .....	267
Tabela 28 - Grau de contemplação dos passos do modelo TWA pelo Prof. ALE na implementação da ADA para o ensino do Olho Humano.....	277
Tabela 29 - Grau de contemplação dos passos do modelo TWA pela Profa. MS na implantação da ADA para o ensino do Olho Humano.....	282
Tabela 30 - Conteúdos procedimentais trabalhados com as Atividades Didáticas Baseadas em Analogias.....	302

## LISTA DE QUADROS

Quadro 1 - Quantidade de analogias (Curtis e Reigeluth, 1984).....	23
Quadro 2 - Frequência de analogias segundo os critérios utilizados por Monteiro e Justi (2000) .....	31
Quadro 3 - Resultados da classificação das analogias publicadas no JCE .....	53
Quadro 4 - Frequência de analogias segundo os critérios utilizados por Ferraz (2001) .....	55
Quadro 5 - Atividades Didáticas Baseadas em Analogias elaboradas para o Ensino de Física .....	102
Quadro 6 - Conjunto de relações analógicas pretendidas na ADA para o ensino do fenômeno da dilatação - Similaridades .....	132
Quadro 7 - Limites de validade presentes na ADA para o ensino do fenômeno da Dilatação .....	132
Quadro 8 - Grau de familiaridade dos alunos com o análogo <i>Agitação mecânica das bolas de isopor localizada nos nós de uma rede elástica tridimensional</i> .....	133
Quadro 9 - Correspondências estabelecidas pelos alunos do Prof. ALE na ADA para o ensino do fenômeno da dilatação .....	134
Quadro 10 - Correspondências estabelecidas pelos alunos da Profa. MS na ADA para o ensino do fenômeno da dilatação .....	139
Quadro 11 - Conjunto de relações analógicas pretendidas na ADA para o ensino do conceito de Onda - Similaridades .....	143
Quadro 12 - Limites de validade presentes na ADA para o ensino do conceito de Onda .....	144
Quadro 13 - Grau de familiaridade dos alunos com o análogo <i>“Ola” em um estádio de futebol</i> .....	144

Quadro 14 - Similaridades mapeadas pelos alunos da Profa. MS na ADA para o ensino do conceito de onda .....	147
Quadro 15 - Conjunto de relações analógicas pretendidas na ADA para o ensino da eletrização por contato - Similaridades .....	151
Quadro 16 - Limites de validade presentes na ADA para o ensino da eletrização por contato.....	152
Quadro 17 - Grau de familiaridade dos alunos com o análogo <i>Funcionamento de vasos comunicantes</i> .....	152
Quadro 18 - Correspondências estabelecidas pelos alunos, da 2 <sup>a</sup> turma, do Prof. LLS na ADA para o ensino do processo de eletrização por contato.....	165
Quadro 19 - Conjunto de relações analógicas pretendidas na ADA para o ensino do “poder das pontas” - Similaridades .....	170
Quadro 20 - Limites de validade presentes na ADA para o ensino do “poder das pontas” .....	170
Quadro 21 - Conjunto de relações analógicas pretendidas na ADA para o ensino do conceito de Campo elétrico - Similaridades.....	173
Quadro 22 - Limites de validade presentes na ADA para o ensino do conceito de Campo elétrico .....	173
Quadro 23 - Conjunto de relações analógicas pretendidas na ADA para o ensino do Campo elétrico criado por várias cargas - Similaridades .....	180
Quadro 24 - Limites de validade presentes na ADA para o ensino do Campo elétrico criado por várias cargas .....	180
Quadro 25 - Correspondências estabelecidas pelos alunos do Prof. LLS na ADA para o ensino do campo elétrico criado por várias cargas.....	182
Quadro 26 - Conjunto de relações analógicas pretendidas na ADA para o ensino do conceito de corrente elétrica no interior de um condutor metálico - Similaridades .....	184
Quadro 27 - Limites de validade presentes na ADA para o ensino do conceito de corrente elétrica no interior de um condutor metálico .....	185



Quadro 28 - Grau de familiaridade dos alunos com o análogo <i>Fluxo de pessoas no corredor de um shopping center</i> .....	185
Quadro 29 - Correspondências estabelecidas pelos alunos da 1ª turma do Prof. LLS na ADA para o ensino do conceito de corrente elétrica no interior de um condutor metálico .....	194
Quadro 30 - Correspondências estabelecidas pelos alunos, da 2ª turma, do Prof. LLS na ADA para o ensino do conceito de corrente elétrica no interior de um condutor metálico .....	198
Quadro 31 - Conjunto de relações analógicas pretendidas na ADA para o ensino do circuito elétrico simples – Similaridades.....	203
Quadro 32 - Limites de validade presentes na ADA para o ensino do circuito elétrico simples.....	205
Quadro 33 - Grau de familiaridade dos alunos do Prof. ALE com os análogos <i>Circuito Hidráulico, Sistema Ferroviário e Sistema Circulatório</i> .....	206
Quadro 34 - Grau de familiaridade dos alunos da Profa. MS com os análogos <i>Circuito Hidráulico, Sistema Ferroviário e Sistema Circulatório</i> .....	207
Quadro 35 - Grau de familiaridade dos alunos, da 1ª turma, do Prof. LLS, com os análogos <i>Circuito Hidráulico, Sistema Ferroviário e Sistema Circulatório</i> .....	208
Quadro 36 - Grau de familiaridade dos alunos, da 2ª turma, do Prof. LLS, com os análogos <i>Circuito Hidráulico, Sistema Ferroviário e Sistema Circulatório</i> .....	209
Quadro 37 - Correspondências estabelecidas pelos alunos do Prof. ALE na ADA para o ensino do circuito elétrico simples .....	210
Quadro 38 - Correspondências estabelecidas pelos alunos da Profa. MS na ADA para o ensino do circuito elétrico simples .....	213
Quadro 39 - Correspondências estabelecidas pelos alunos da Profa. MS para além daquelas prevista na ADA para o ensino do circuito elétrico simples .....	214
Quadro 40 - Correspondências estabelecidas pelos alunos, da 2ª turma, do Prof. LLS na ADA para o ensino do circuito elétrico simples.....	219
Quadro 41 - Correspondências estabelecidas pelos alunos, da 2ª turma, do Prof. LLS para além daquelas previstas na ADA para o ensino do circuito elétrico simples.....	220

Quadro 42 - Conjunto de relações analógicas pretendidas na ADA para o ensino de modelos atômicos - Similaridades .....	225
Quadro 43 - Limites de validade presentes na ADA para o ensino de Modelos Atômicos .....	226
Quadro 44 - Grau de familiaridade dos alunos do Prof. ALE com os análogos Pudim de ameixas ou passas, Sistema planetário, Livros alocados em uma estante .....	228
Quadro 45 - Grau de familiaridade dos alunos da Profa. MS com os análogos Pudim de ameixas ou passas, Sistema planetário, Livros alocados em uma estante .....	229
Quadro 46 - Grau de familiaridade dos alunos, da 1ª turma, do Prof. LLS com os análogos Pudim de ameixas ou passas, Sistema planetário, Livros alocados em uma estante .....	230
Quadro 47 - Grau de familiaridade dos alunos, da 2ª turma, do Prof. LLS com os análogos Pudim de ameixas ou passas, Sistema planetário, Livros alocados em uma estante .....	231
Quadro 48 - Limitações explicitadas pelos alunos da, 2ª turma, do Prof. LLS na ADA para o ensino do Modelo Atômico de Thomson .....	237
Quadro 49 - Semelhanças apontadas pelos alunos do Prof. ALE na ADA para o ensino do Modelo Atômico de Rutherford .....	240
Quadro 50 - Correspondências estabelecidas pelos alunos, da 2ª turma, do Prof. LLS na ADA para o ensino do Modelo Atômico de Rutherford .....	246
Quadro 51 - Semelhanças identificadas pelos alunos do Prof. ALE na ADA para o ensino do modelo atômico de Bohr .....	250
Quadro 52 - Semelhanças identificadas pelos alunos da Profa. MS na ADA para o ensino do Modelo Atômico de Bohr .....	253
Quadro 53 - Semelhanças identificadas pelos alunos, da 2ª turma, do Prof. LLS na ADA para o ensino do Modelo Atômico de Bohr .....	258
Quadro 54 - Conjunto de relações analógicas pretendidas na ADA para o ensino do fenômeno da refração - Similaridades .....	262

Quadro 55 - Limite de validade presentes na ADA para o ensino do fenômeno da refração .....	262
Quadro 56 - Grau de familiaridade dos alunos com o análogo Mudança de velocidade no movimento de um carinho.....	263
Quadro 57 - Conjunto de relações analógicas pretendidas na ADA para o ensino do funcionamento do Olho Humano .....	272
Quadro 58 - Limites de validade presentes na ADA para o ensino do funcionamento do Olho Humano .....	272
Quadro 59 - Grau de familiaridade dos alunos com o análogo <i>Funcionamento de uma máquina fotográfica</i> .....	273

## LISTA DE FIGURAS

Figura 01 - Composição de uma analogia.....	08
Figura 02 - Tipos de comparações em função das relações entre os conceitos confrontados.....	50
Figura 03 - Analogia utilizada e casos intermediários (Clement, 1993) .....	67
Figura 04 - Experiência realizada por Arnold e Millar (1994) .....	69
Figura 05 - Análogo utilizado por Arnold e Millar (1994) .....	69
Figura 06 - Analogia do trem – comparações a nível metafórico e formal ou estrutural (Dupin e Johsua, 1989).....	73
Figura 07 - Analogia térmica – comparações com circuitos em série e em paralelo (Dupin e Johsua, 1989).....	75
Figura 08 - Refração da luz quando passa do ar para o vidro é como um par de rodas que reduz a velocidade quando rola obliquamente do papel para o tapete (Harrison e Treagust, 1993) .....	81
Figura 09 - Estrutura do modelo proposto por Cachapuz (1989) .....	89
Figura 10 - Modelo físico representativo do análogo utilizado pelo Prof. ALE na implementação da ADA para o ensino do fenômeno da dilatação.....	134
Figura 11 - Limite de validade explicitado pela aluna KP .....	135
Figura 12 - Limite de validade explicitado pela aluna KF .....	135
Figura 13 - Síntese conclusiva elaborada pelo aluno Â .....	136
Figura 14 - Síntese conclusiva elaborada pelo aluno GG .....	136
Figura 15 - Síntese conclusiva elaborada pela aluna Martina.....	136
Figura 16 - Síntese conclusiva elaborada pela aluna AWSB .....	137

Figura 17 - Modelo físico representativo do análogo utilizado pela Profa. MS na implementação da ADA para o ensino do fenômeno da dilatação.....	139
Figura 18 - Limites de validade explicitados por um aluno da Profa. MS.....	140
Figura 19 - Síntese conclusiva elaborada por um aluno da Profa. MS .....	140
Figura 20 - Síntese conclusiva elaborada por um aluno da Profa. MS .....	140
Figura 21 - Síntese conclusiva elaborada por um aluno da Profa. MS .....	141
Figura 22 - Síntese conclusiva elaborada por um aluno da Profa. MS .....	141
Figura 23 - Síntese conclusiva elaborada por um alunoa do Prof. ALE .....	146
Figura 24 - Limite de validade explicitado pela aluna F .....	147
Figura 25 - Limite de validade explicitado pela aluna DA.....	147
Figura 26 - Limite de validade explicitado pelo aluno FBL.....	147
Figura 27 - Síntese conclusiva elaborada pela aluna LG .....	148
Figura 28 - Síntese conclusiva elaborada pela aluna AL .....	148
Figura 29 - Síntese conclusiva elaborada pelo aluno CAS .....	149
Figura 30 - Justificativa apresentada pelo aluno FS .....	153
Figura 31 - Justificativa apresentada pelo aluno GQ .....	153
Figura 32 - Justificativa apresentada pelo aluno C .....	153
Figura 33 - Justificativa apresentada pela aluna RF .....	154
Figura 34 - Correspondências estabelecidas pela aluna JBM .....	156
Figura 35 - Síntese conclusiva elaborada por um aluno do Prof. ALE.....	157
Figura 36 - Síntese conclusiva elaborada pela aluna S .....	157
Figura 37 - Correspondências estabelecidas pela aluna AE.....	158

Figura 38 - Síntese conclusiva elaborada pelo aluno ÉM .....	159
Figura 39 - Síntese conclusiva elaborada pela aluna LS .....	160
Figura 40 - Síntese conclusiva elaborada pela aluna VN.....	160
Figura 41 - Modelo físico representativo do análogo utilizado pela Profa. MS na implementação da ADA para o ensino do processo de eletrização por contato .....	161
Figura 42 - Ficha do aluno AM.....	162
Figura 43 - Limite de validade explicitado pelo aluno JH .....	163
Figura 44 - Síntese conclusiva elaborada pelo aluno FGA .....	163
Figura 45 - Limite de validade explicitado pelo aluno FJ.....	165
Figura 46 - Limite de validade explicitado pelo aluno FR.....	165
Figura 47 - Síntese conclusiva elaborada pelo aluno RE.....	166
Figura 48 - Síntese conclusiva elaborada pelo aluno FR.....	166
Figura 49 - Síntese conclusiva elaborada pela aluna C.....	167
Figura 50 - Modelo físico representativo do análogo utilizado pelo Prof. LLS na implementação da ADA para o ensino do processo de eletrização por contato .....	168
Figura 51 - Correspondências estabelecidas pelo aluno FGA .....	172
Figura 52 - Limites de validade explicitados pelo aluno FGA.....	172
Figura 53 - Correspondências estabelecidas pelo aluno C.....	175
Figura 54 - Limites de validade explicitados pela aluna SW .....	176
Figura 55 - Síntese conclusiva elaborada por um aluno do Prof. LLS .....	176
Figura 56 - Correspondências estabelecidas pela aluna JNB.....	177

Figura 57 - Correspondências estabelecidas pelo aluno UDVJ .....	177
Figura 58 - Limites de validade identificados pela aluna LCC.....	178
Figura 59 - Limites de validade identificados pelo aluno UDVJ.....	178
Figura 60 - Limites de validade identificados pela aluna IC .....	178
Figura 61 - Síntese conclusiva elaborada por um aluno do Prof. LLS .....	179
Figura 62 - Síntese conclusiva elaborada pela aluna JNB.....	183
Figura 63 - Correspondências estabelecidas pelo aluno DBT .....	187
Figura 64 - Síntese conclusiva elaborada pela aluna ERH .....	188
Figura 65 - Síntese conclusiva elaborada pela aluna AR.....	188
Figura 66 - Síntese conclusiva elaborada pela aluna LFH.....	188
Figura 67 - Síntese conclusiva elaborada pelo aluno DBT.....	189
Figura 68 - Correspondências estabelecidas pelo aluno WN.....	191
Figura 69 - Correspondências estabelecidas pelo aluno FF .....	191
Figura 70 - Síntese conclusiva elaborada pela aluna DAM.....	192
Figura 71 - Síntese conclusiva elaborada pela aluna CS.....	192
Figura 72 - Síntese conclusiva elaborada pelo aluno R .....	192
Figura 73 - Correspondências estabelecidas pelo aluno FGA .....	194
Figura 74 - Síntese conclusiva elaborada pelo aluno FGA .....	195
Figura 75 - Síntese conclusiva elaborada pela aluna JNB .....	196
Figura 76 - Síntese conclusiva elaborada pela aluna LCC.....	196
Figura 77 - Síntese conclusiva elaborada pelo aluno AM .....	196

Figura 78 - Limites de validade identificados pelo aluno FS .....	198
Figura 79 - Síntese conclusiva elaborada pela aluna M.....	199
Figura 80 - Síntese conclusiva elaborada pelo aluno HL .....	200
Figura 81 - Síntese conclusiva elaborada pelo aluno ROT .....	200
Figura 82 - Síntese conclusiva elaborada pelo aluno JC .....	200
Figura 83 - Síntese conclusiva elaborada pelo aluno AR.....	211
Figura 84 - Síntese conclusiva elaborada pela aluna FSO .....	211
Figura 85 - Síntese conclusiva elaborada pelo aluno TMG.....	211
Figura 86 - Síntese conclusiva elaborada pelo aluno DBT.....	212
Figura 87 - Limites de validade identificados pelos alunos da Profa. MS na ADA para o ensino do circuito elétrico simples.....	215
Figura 88 - Síntese conclusiva elaborada pelo aluno MG .....	216
Figura 89 - Síntese conclusiva elaborada pelo aluno LRS.....	216
Figura 90 - Síntese conclusiva elaborada pelo aluno ED.....	217
Figura 91 - Síntese conclusiva elaborada pelo aluno RNH.....	217
Figura 92 - Síntese conclusiva elaborada pela aluna SAW.....	218
Figura 93 - Modelo físico representativo do análogo utilizado pelo Prof. LLS na implementação da ADA para o ensino do circuito elétrico simples.....	220
Figura 94 - ..... Limites de validade identificados pela maioria dos alunos, da 2ª turma, do Prof. LLS na ADA para o ensino do circuito elétrico simples .....	221
Figura 95 - Síntese conclusiva elaborada pelo aluno FLM.....	222
Figura 96 - Síntese conclusiva elaborada pela aluna L.....	222



Figura 97 - Síntese conclusiva elaborada pela aluna CQQR.....	232
Figura 98 - Produção escrita de um aluno da Profa. MS.....	233
Figura 99 - Síntese conclusiva elaborada pela aluna MG .....	233
Figura 100 - Síntese conclusiva elaborada pela aluna RG .....	234
Figura 101 - Limite de validade identificado pela aluna MA .....	235
Figura 102 - Limite de validade explicitado pelos alunos do Prof. LLS na ADA para o ensino do Modelo Atômico de Thomson.....	235
Figura 103 - Síntese conclusiva elaborada pela aluna SL .....	236
Figura 104 - Correspondências estabelecidas pela aluna CW.....	236
Figura 105 - Síntese conclusiva elaborada pelo aluno PF .....	237
Figura 106 - Síntese conclusiva elaborada pelo aluno RN.....	238
Figura 107 - Síntese conclusiva elaborada pelo aluno FL.....	238
Figura 108 - Síntese conclusiva elaborada pela aluna CW .....	238
Figura 109 - Síntese conclusiva elaborada pelo aluno LFG.....	239
Figura 110 - Limite de validade explicitado pelo aluno MM.....	240
Figura 111 - Síntese conclusiva elaborada pelo aluno DRM.....	241
Figura 112 - Síntese conclusiva elaborada pelo aluno VF .....	241
Figura 113 - Síntese conclusiva elaborada por um aluno da Profa. MS .....	242
Figura 114 - Síntese conclusiva elaborada pelo aluno O.....	243
Figura 115 - Limite de validade explicitado pelo aluno FGA .....	244
Figura 116 - Síntese conclusiva elaborada pelo aluno JH .....	245
Figura 117 - Síntese conclusiva elaborada pelo aluno FGA .....	245

Figura 118 - Síntese conclusiva elaborada pela aluna RMN.....	248
Figura 119 - Síntese conclusiva elaborada pela aluna JSV .....	248
Figura 120 - Síntese conclusiva elaborada pela aluna CB.....	248
Figura 121 - Limites de validade explicitados pelo aluno RG.....	251
Figura 122 - Limites de validade explicitados pela aluna MG .....	251
Figura 123 - Limite de validade explicitado pela aluna AS.....	251
Figura 124 - Limite de validade explicitado por um aluno do Prof. ALE .....	251
Figura 125 - Síntese conclusiva elaborada pela aluna CG .....	252
Figura 126 - Síntese conclusiva elaborada pelo aluno LRS.....	252
Figura 127 - Síntese conclusiva elaborada pela aluna LSS.....	252
Figura 128 - Síntese conclusiva elaborada pela aluna AM .....	253
Figura 129 - Limite de validade explicitado pelo aluno FL.....	254
Figura 130 - Limite de validade explicitado pelo aluno GM.....	254
Figura 131 - Síntese conclusiva elaborada pelo aluno MM.....	255
Figura 132 - Síntese conclusiva elaborada pela aluna JM.....	255
Figura 133 - Síntese conclusiva elaborada pelo aluno FGA .....	257
Figura 134 - Síntese conclusiva elaborada pela aluna LCC.....	257
Figura 135 - Síntese conclusiva elaborada pela aluna RS.....	259
Figura 136 - Síntese conclusiva elaborada pela aluna CD.....	260
Figura 137 - Síntese conclusiva elaborada pelo aluno MP .....	260

Figura 138 - Síntese conclusiva elaborada pela aluna SP .....	260
Figura 139 - Desenho elaborado pelo Prof. ALE para explicar o fenômeno da refração.....	264
Figura 140 - Correspondências estabelecidas pela aluna M.....	265
Figura 141 - Limite de validade identificado pela aluna KB.....	265
Figura 142 - Síntese conclusiva elaborada pelo aluno D .....	266
Figura 143 - Síntese conclusiva elaborada pela aluna K .....	266
Figura 144 - Síntese conclusiva elaborada pela aluna I.....	266
Figura 145 - Síntese conclusiva elaborada pelo aluno A .....	267
Figura 146 - Correspondências estabelecidas pela aluna GG .....	268
Figura 147 - Correspondências estabelecidas pela aluna JG .....	268
Figura 148 - Limite de validade identificado pela aluna LB .....	269
Figura 149 - Limite de validade identificado pela aluna JG .....	269
Figura 150 - Síntese conclusiva elaborada pela aluna JG .....	270
Figura 151 - Síntese conclusiva elaborada pela aluna LB .....	270
Figura 152 - Síntese conclusiva elaborada pela aluna AB.....	270
Figura 153 - Síntese conclusiva elaborada pela aluna CB.....	270
Figura 154 - Síntese conclusiva elaborada pela aluna R .....	276
Figura 155 - Síntese conclusiva elaborada pela aluna MSA.....	276
Figura 156 - Síntese conclusiva elaborada pela aluna LA .....	277
Figura 157 - Similaridades estabelecidas pala aluna GM .....	278

Figura 158 - Similaridades estabelecidas pelo aluno FP .....	279
Figura 159 - Similaridades estabelecidas pela ALUNA JG .....	279
Figura 160 - Limite de validade identificado pela aluna JG.....	279
Figura 161 - Limite de validade identificado pela aluna Q.....	280
Figura 162 - Síntese conclusiva elaborada pela aluna MBR.....	280
Figura 163 - Síntese conclusiva elaborada pela aluna M.....	280
Figura 164 - Síntese conclusiva elaborada pela aluna RF.....	281

## LISTA DE APÊNDICES

APÊNDICE A - Questionário para estudo da familiaridade de alunos com os análogos – Versão I.....	317
APÊNDICE B - Questionário para estudo da familiaridade de alunos com os análogos – Versão II.....	319
APÊNDICE C - Roteiro da entrevista realizada com os 06 (seis) alunos do Prof. LLS – Versão I.....	321
APÊNDICE D - Roteiro da entrevista realizada com os 06 (seis) alunos do Prof. LLS – Versão II.....	323
APÊNDICE E - Transcrição da Entrevista com a aluna LCC e com o aluno UDVJ.....	347
APÊNDICE F - Roteiro da entrevista realizada com os professores colaboradores .....	369
APÊNDICE G - Transcrição da entrevista realizada com a Profa. MS.....	371

## LISTA DE ANEXOS

ANEXO A - Coleções didáticas analisadas.....	378
ANEXO B - Exemplos de atividades didáticas baseadas em analogias.....	379

## SUMÁRIO

RESUMO .....	VII
ABSTRACT .....	IX
LISTA DE TABELAS .....	XI
LISTA DE QUADROS .....	XIV
LISTA DE FIGURAS .....	XIX
LISTA DE APÊNDICES .....	XXVIII
LISTA DE ANEXOS.....	XXIX
INTRODUÇÃO.....	1
A trajetória da escola à universidade e o interesse pela pesquisa em Educação em Ciências.....	1
CAPITULO 1 AS ANALOGIAS E O ENSINO DE CONTEÚDOS CONCEITUAIS .....	6
1.1 O que entendemos por analogias.....	6
1.2 Funções das analogias.....	8
1.3 Tipologia de conteúdos.....	10
1.4 A aprendizagem significativa de conteúdos conceituais.....	13
1.5 As analogias como recurso para o ensino de conteúdos conceituais ..	15
1.6 Vantagens e desvantagens do uso de analogias no ensino .....	18
CAPITULO 2 O USO DE ANALOGIAS COMO RECURSO DIDÁTICO.....	20
2.1 Trabalhos sobre o uso de analogias em textos didáticos.....	22
2.2 Trabalhos sobre o uso de analogias no discurso de professores .....	42
2.3 Outros trabalhos relacionados ao uso de analogias .....	56
<b>2.3.1 O uso de analogias múltiplas .....</b>	<b>56</b>
<b>2.3.2 A geração espontânea de analogias.....</b>	<b>58</b>
<b>2.3.3 O uso da analogia coração - bomba no ensino.....</b>	<b>61</b>
<b>2.3.4 As analogias na compreensão do conceito de onda.....</b>	<b>62</b>
<b>2.3.5 A visão bachelardiana a respeito do uso de analogias .....</b>	<b>64</b>
2.4 Trabalhos sobre o uso de analogias em aulas de física.....	66
2.4.1 Clement e o uso de analogias em mecânica.....	67
2.4.2 Arnold e Millar e o uso de uma analogia para física térmica .....	68
2.4.3 Gentner e Gentner, Joshua e Dupin, Helywood e Parker e o uso de analogias em eletricidade.....	70
2.4.4 Harrison e Treagust e o uso de uma analogia para óptica.....	79

2.5	Identificação e definição de modelos/propostas para o uso organizado de analogias no ensino.....	83
2.5.1	O modelo proposto por Radford (1989).....	83
2.5.2	O modelo proposto por Otero (1997) .....	84
2.5.3	General Model of Analogy Teaching proposto por Zeitoun (1984).....	84
2.5.4	O modelo proposto por Mól (1999).....	85
2.5.5	Teaching with Analogies Model (TWA) proposto por Glynn (1991).....	86
2.5.6	O modelo proposto por Harrison e Treagust (1993) - o TWA modificado ....	87
2.5.7	O modelo proposto por Cachapuz (1989) .....	89
2.5.8	O modelo didático analógico (MDA) proposto por Galagovsky e Adúriz-Bravo (2001).....	90
2.5.9	Metodologia de ensino com analogias (MECA) - proposto por Nagem et al. (2001).....	91
CAPITULO 3 PROPÓSITOS DA PESQUISA - PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS .....		95
CAPITULO 4 RESPONDENDO ÀS QUESTÕES DE PESQUISA .....		112
4.1	Estudo exploratório sobre o grau de familiaridade dos alunos com os análogos .....	113
4.2	Justificativas apresentadas, pelos 06 (seis) alunos entrevistados, para a familiaridade com os análogos.....	118
4.3	Implementação das atividades didáticas baseadas em analogias .....	126
4.3.1	<b>Atividade Didática 01 - Agitação das partículas ou átomos da rede cristalina de um sólido/Agitação mecânica das bolas de isopor localizadas nos nós de uma rede elástica tridimensional.....</b>	131
4.3.1.1	Familiaridade dos alunos com o análogo utilizado.....	132
4.3.1.2	Produções dos Alunos: correspondências estabelecidas, limites identificados e sínteses elaboradas .....	133
4.3.2	<b>Atividade Didática 02 - Onda em uma corda/"OLA" em um estádio de futebol .....</b>	143
4.3.2.1	Familiaridade dos alunos com o análogo utilizado.....	144
4.3.2.2	Produções dos Alunos: correspondências estabelecidas, limites identificados e sínteses elaboradas .....	145
4.3.3	<b>Atividade Didática 03 - Eletrização por contato/Funcionamento de vasos comunicantes .....</b>	151
4.3.3.1	Familiaridade dos alunos com o análogo utilizado.....	152
4.3.3.2	Produções dos Alunos: correspondências estabelecidas, limites identificados e sínteses elaboradas .....	155
4.3.4	<b>Atividade Didática 04 - Carga elétrica "escoando" por uma protuberância (poder das pontas)/Água escoando por um ralo .....</b>	170
4.3.4.1	Familiaridade dos alunos com o análogo utilizado.....	171
4.3.4.2	Produções dos Alunos: correspondências estabelecidas, limites identificados e sínteses elaboradas .....	171



4.3.5	Atividade Didática 05 - intensidade do campo elétrico/campo de cheiro....	173
4.3.5.1	Familiaridade dos alunos com o análogo utilizado.....	174
4.3.5.2	Produções dos Alunos: correspondências estabelecidas, limites identificados e sínteses elaboradas.....	175
4.3.6	Atividade Didática 06 - campo elétrico criado por várias cargas/alunos em uma sala de aula.....	180
4.3.6.1	Familiaridade dos alunos com o análogo utilizado.....	181
4.3.6.2	Produções dos Alunos: correspondências estabelecidas, limites identificados e sínteses elaboradas.....	181
4.3.7	Atividade Didática 07 - corrente elétrica no interior de um condutor metálico/fluxo de pessoas num corredor de shopping center.....	184
4.3.7.1	Familiaridade dos alunos com o análogo utilizado.....	185
4.3.7.2	Produções dos Alunos: correspondências estabelecidas, limites identificados e sínteses elaboradas.....	186
4.3.8	Atividades Didáticas 08, 09 e 10 - Circuito elétrico simples/Circuito hidráulico/ Sistema Circulatório/ Malha de um Sistema Ferroviário.....	203
4.3.8.1	Familiaridade dos alunos com os análogos utilizados.....	206
4.3.8.2	Produções dos Alunos: correspondências estabelecidas, limites identificados e sínteses elaboradas.....	209
4.3.9	Atividades Didáticas 11, 12 e 13 - Modelos atômicos de Thomson/Pudim de Ameixas, Rutherford/Sistema Planetário e Bohr/Livros alocados em uma estante.....	224
4.3.9.1	Familiaridade dos alunos com os análogos utilizados.....	228
4.3.9.2	Produções dos Alunos: correspondências estabelecidas, limites identificados e sínteses elaboradas.....	231
4.3.10	Atividade Didática 14 - Refração da luz/Mudança de velocidade no movimento de um carinho.....	262
4.3.10.1	Familiaridade dos alunos com o análogo utilizado.....	263
4.3.10.2	Produções dos Alunos: correspondências estabelecidas, limites identificados e sínteses elaboradas.....	264
4.3.11	Atividade Didática 15 - Funcionamento do Olho Humano/Funcionamento de uma Máquina fotográfica.....	272
4.3.11.1	Familiaridade dos alunos com o análogo utilizado.....	273
4.3.11.2	Produções dos Alunos: correspondências estabelecidas, limites identificados e sínteses elaboradas.....	274
4.4	Sistematização dos resultados.....	283
CONCLUSÕES E CONSIDERAÇÕES FINAIS.....		294
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....		305
APÊNDICES.....		316
ANEXOS.....		377

## INTRODUÇÃO

### A TRAJETÓRIA DA ESCOLA À UNIVERSIDADE E O INTERESSE PELA PESQUISA EM EDUCAÇÃO EM CIÊNCIAS

Iniciar a introdução desta dissertação é recordar todas as etapas de minha escolarização nos diversos níveis de ensino.

Comecei meus estudos em 1985 na Escola Estadual de 1º Grau Incompleto Dr. Antonio Xavier da Rocha, situada no bairro Itararé em Santa Maria/RS, onde ficava minha residência. Esta escola não possuía todas as séries do antigo 1º Grau, contando apenas com a Pré-escola e as Séries Iniciais (1ª até 4ª). Nela, realizei meus primeiros contatos com os estudos, permanecendo nesta instituição até o ano de 1988 quando, no ano seguinte, seria transferido para outra escola da região para continuar os estudos.

No ano de 1989 ingressei na 5ª série do 1º Grau, atual Ensino Fundamental, na Escola Estadual de 1º Grau Dr. Walter Jobim, situada também no bairro Itararé. Esta escola contava com as séries do ensino fundamental (5ª até 8ª). Conclui esta etapa no ano de 1993, terminando, assim, o 1º Grau.

Nesta etapa tive meu primeiro contato com Ciências e, em particular, com a Física, durante o primeiro semestre de 1993.

Uma nova etapa começava na minha trajetória pessoal. Estava iniciando o 2º Grau na Escola Estadual de 2º Grau Profª. Maria Rocha, uma escola mais ampla e da região central de Santa Maria.

Nesta escola, fui aluno de muitos professores considerados como “bons professores” na cidade, em virtude de serem docentes de cursinhos pré-vestibulares. Contudo, esta oportunidade não foi muito gratificante, uma vez que a grande maioria dos professores acabava ministrando suas aulas, na minha opinião, de maneira insatisfatória, tendo em vista que a maioria das

aulas não eram ministradas. Lembro de listas intermináveis de exercícios que solicitavam que resolvêssemos, enquanto ministravam suas aulas nos cursinhos e da troca constante de professores.

No entanto, no último ano tive contato com a professora Márcia que sempre admirei, em virtude de sua cultura e pelo incentivo que me estimulou para cursar Física. De certa maneira, queria poder um dia voltar a minha escola e ministrar as aulas que me foram sonegadas, onde a maioria dos alunos era excluída e a minoria privilegiada.

Dos vários cursos de licenciatura oferecidos pela Universidade Federal de Santa Maria (UFSM) acabei optando por prestar vestibular para Física Licenciatura Plena no ano de 1997, ano que ingressei na UFSM. Esta escolha deu-se por vários motivos, entre eles: gosto pessoal pela física, possibilidade de relacioná-la com outras áreas.

No primeiro semestre já havia percebido como seria o curso, não muito diferente do ensino médio, claro que com outro grau de dificuldade. Professores que não ministravam aulas, em virtude de congressos e pesquisas desenvolvidas na pós-graduação e listas intermináveis de cálculos.

No quarto semestre concorri a uma bolsa do Programa de Licenciaturas da UFSM, na qual trabalharia em um projeto de extensão desenvolvido pelo Grupo de Ensino de Física da UFSM (GEF) numa escola da rede estadual de ensino. Neste projeto tive meus primeiros contatos com a função de docente, algo que só ocorria no final do curso nas disciplinas de Didática I e II da Física e na de Prática de Ensino de Física.

No ano seguinte fui apresentado ao professor Eduardo Terrazzan pela então colega de curso Cristiane Coden Feltrin que me incentivou a ingressar no campo da Educação/Ensino de Ciências.

No ano de 2000 fui convidado para participar do NEC (Núcleo de Educação em Ciências da UFSM), coordenado pelo professor Eduardo A. Terrazzan. Naquela oportunidade era bolsista da FAPERGS (Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado do Rio Grande do Sul), participando do projeto de pesquisa “Linguagem e Formação de Conceitos: implicações para o ensino de ciências” (LFC), onde tive meus primeiros contatos com as analogias.

Neste sentido, a pesquisa aqui apresentada é parte do projeto intitulado “Linguagem e Formação de Conceitos: Implicações para o Ensino de Ciências Naturais” realizado no Núcleo de Educação em Ciências (NEC). Os objetivos básicos do projeto são: 1) estabelecer parâmetros para uma utilização efetiva de analogias e metáforas como recursos didáticos para sala de aula, no Ensino de Ciências Naturais; 2) avaliar criticamente a utilização de analogias e metáforas apresentadas em Coleções Didáticas de Ciências Naturais para os diversos níveis de ensino, bem como em livros paradidáticos e materiais de divulgação científica; 3) identificar as formas de utilização de analogias e metáforas em aulas de Ciências Naturais nos diversos níveis de ensino procurando analisar o seu potencial didático no âmbito da prática pedagógica de professores; 4) elaborar, desenvolver e avaliar Atividades Didáticas Baseadas em Analogias para o Ensino de Biologia, Física e Química.

Ao longo do desenvolvimento do Projeto “Linguagem e Formação de Conceitos: Implicações para o Ensino de Ciências Naturais”, a equipe foi modificando-se, ou seja, o mesmo já contou com a participação de vários pesquisadores, docentes, alunos em processo de mestrado e de iniciação científica.

Para tomar contato com as ações desenvolvidas no projeto, primeiramente, identifiquei apresentações analógicas em coleções didáticas de Física.

Posteriormente, analisei as apresentações mapeadas à luz do Modelo TWA (*Teaching with Analogies*), proposto originalmente por Glynn (apud DUIT, 1991) a partir de uma análise de textos didáticos de ciências. Este modelo foi modificado por Allan G. Harrison e David F. Treagust, em 1993.

Particpei no NEC, também, de outros projetos bem como de vários eventos científicos, entre eles: Reunião Anual da Sociedade Brasileira para o Progresso da Ciência - SBPC, Salão de Iniciação Científica da Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS) e Simpósio Nacional de Ensino de Física. A participação nos projetos e eventos possibilitou-me ter maior conhecimento das pesquisas que eram realizadas nas mais diversas universidades, não somente na área de ensino de Física.

Durante a participação no projeto LFC elaborava Atividades Didáticas, baseadas em Analogias para o ensino de conceitos científicos, visando à implementação destas em sala de aula. Conjuntamente, com a elaboração das atividades, ministrava aulas no Ensino Médio como parte das ações de implementação das analogias.

Permaneci no projeto “Linguagem e Formação de Conceitos: implicações para o ensino de ciências”, como bolsista de iniciação científica, até 2002, ano de minha formatura.

Em 2003, prestei seleção para o mestrado obtendo êxito. Continuei, então, meus estudos sobre o uso de analogias no Ensino de Ciências/Ensino de Física. Desde então, passei a me dedicar com mais veemência ao estudo das analogias, tendo agora como foco de estudo/interesse a sala de aula, o que culminou na dissertação que passo a apresentar. Sendo assim, apresento o conteúdo de cada um dos capítulos que compõem esse trabalho.

No primeiro capítulo defino analogia, suas funções e características desejáveis, apresento uma tipologia para conteúdos e condições necessárias para a aprendizagem significativa de conteúdos conceituais. Finalizo o capítulo tecendo comentários da possibilidade do uso de analogias para o ensino de conteúdos conceituais e as vantagens e desvantagens do seu uso.

A seguir, no segundo capítulo descrevo, com base na literatura consultada, algumas pesquisas desenvolvidas sobre o uso de analogias no ensino de ciências, tanto sobre a análise de analogias em textos quanto no discurso de sala de aula por professores e como recurso didático para o ensino de conceitos científicos. Termino o capítulo identificando e apresentando os modelos/propostas para o uso organizado de analogias como recurso didático.

Na seqüência, apresento no terceiro capítulo o objetivo da investigação, o problema que me propus resolver e as questões que balizaram esta pesquisa. A metodologia adotada, os recursos utilizados para a coleta de informações (usos e funções), os sujeitos colaboradores e os locais de realização também são apresentados neste capítulo.

No quarto capítulo relato os resultados do estudo exploratório sobre a familiaridade e justificativas de alunos com situações análogas e os resultados das implementações das Atividades Didáticas baseadas em Analogias realizadas em salas de aula, consecutivamente respondendo as questões de pesquisa.

Finalizo a dissertação com as considerações finais, onde descrevo as conclusões a que cheguei, após a análise dos resultados obtidos das implementações das atividades didáticas. Esclareço, ainda, as principais contribuições da pesquisa e das atividades analisadas no ensino de conteúdos conceituais de Física na Escola Média.

Incluem também esta dissertação a listagem das referências bibliográficas, 07 (sete) apêndices e 02 (dois) anexos: o questionário sobre a familiaridade de alunos com situações análogas, o roteiro da entrevista realizada com 06 (seis) alunos, a transcrição da entrevista com a aluna LCC e com o aluno UDVJ, o roteiro da entrevista realizada com os professores colaboradores, a transcrição da entrevista realizada com a Professora MS, as Coleções Didáticas analisadas em estudos anteriores e exemplares de Atividades Didáticas baseadas em Analogias, respectivamente.

# CAPÍTULO I

## AS ANALOGIAS E O ENSINO DE CONTEÚDOS CONCEITUAIS

“A CRIANÇA NÃO CONSTRÓI O SEU SABER SIMPLEMENTE POR ACUMULAÇÃO DE CAMADAS SUCESSIVAS DE CONHECIMENTOS, MAS ATRAVÉS DE UM PROCESSO PESSOAL E CONTÍNUO DE RECONSTRUÇÃO DO NOVO A PARTIR DO VELHO”.

“AVANÇOS IMPORTANTES SE REALIZAM QUANDO APARECEM POSSIBILIDADES DE RECONSTRUÇÃO, PONDO EM RELAÇÃO DOMÍNIOS DE CONHECIMENTOS ANTES NÃO RELACIONADOS”.

“O RACIOCÍNIO ANALÓGICO É UM DOS MEIOS QUE PERMITEM ESTABELEECER ESTAS RELAÇÕES”.

(DUPIN E JOSHUA, 1990)

### 1.1 O que entendemos por analogia

A História da Ciência está repleta de situações onde o pensamento analógico faz-se presente no entendimento de fenômenos não observáveis. As várias contribuições das analogias na explicação de teorias científicas envolvem distintas formas de construção e uso delas.

De modo geral, filósofos da ciência e historiadores registraram muitas situações onde o pensamento analógico faz-se presente. Este é o caso de Galileu que, em 1630, publicou o *Dialogue Concerning the Two Chief World Systems*, contendo duas analogias que contribuíram fortemente para sua afirmação de que a Terra se move. Uma delas comparava o planeta Terra com a lua, que também sendo esférica, escura, opaca, densa e sólida com períodos similares de luz e sombra e extensões de terra e mar, movia-se em órbita. A segunda objetivou combater o argumento de que a Terra não se movia, justificado pelo fato de que, se abandonarmos uma pedra de uma torre, ela aterrissa em sua base sugerindo que a torre e, portanto a Terra encontram-se paradas. Galileu comparou esta situação à queda de uma pedra do alto do mastro de um navio em movimento. Assim como uma pedra abandonada no

alto do mastro cairá em sua base com o navio em movimento, uma pedra abandonada de uma torre poderá cair em sua base com a terra em movimento (ABDOUNUR, 1999).

Outra participação do pensamento analógico na descoberta científica é atribuída a Christian Huygens que, em seu *Treatise on Light*, de 1678, utilizou uma analogia entre luz e som para sustentar sua teoria ondulatória da luz.

No campo da Química mencionamos August Kekulé. Sonhando com uma cobra mordendo a própria cauda, o bioquímico alemão foi levado à hipótese de que os átomos de carbono no benzeno configuram-se de forma circular.

Na área da biologia citamos Robert Hook que examinando pequenas estruturas de uma cortiça, lembrou que tais estruturas eram semelhantes às celas de freiras, denominando-as então células. Nesta mesma área, vale a pena destacar a analogia de Julius Mayer, médico que trabalhava em um navio holandês. Durante o verão de 1840 em uma escala na ilha de Java (Indonésia), observou que o sangue das veias dos marinheiros europeus estava muito vermelho, o que significava forte presença de oxigênio. Para explicar esse fenômeno, Mayer comparou o corpo humano a uma máquina térmica, na qual os músculos realizam trabalho mecânico e emitem calor (se aquecem quando se movimentam).

Além dos exemplos citados, poderíamos mencionar outras analogias como, por exemplo, a teoria de Fourier de condução de calor foi proposta com base na analogia das leis do fluxo de líquidos, a analogia entre átomo e o sistema planetário foi originalmente proposta por Rutherford, ou ainda, a descrição matemática de Maxwell no seu primeiro trabalho sobre eletromagnetismo *On Farada's Lines of Force*.

Segundo Martins (1998), dois objetos de quaisquer tipos, A e B, são análogos se existem partes, propriedades ou relações semelhantes em A e B, isso é, se eles são equivalentes sob algum aspecto, e se, além disso, eles possuem alguma diferença.

Sendo assim, para os interesses da presente pesquisa, uma analogia é definida como uma comparação entre dois conceitos/fenômenos/assuntos que mantém certa relação de semelhança entre ambos. Sendo assim, os



elementos que constituem uma analogia são: o *análogo* (representa o conhecimento já familiar, é aquele onde há diferenças bem nítidas), o *alvo* (representa o conhecimento desconhecido) e as *relações analógicas* (conjunto de relações que se estabelecem, sejam elas de semelhança ou de diferença, permitindo a compreensão/entendimento do alvo).



Figura 1 - Composição de uma analogia

Definido nosso entendimento de analogia apontamos, com base na literatura disponível, as diversas funções das analogias, para além de fins didáticos.

## 1.2 Funções das analogias

No ensino, a utilização de analogias possibilita a construção de conceitos científicos, considerando aquele numa perspectiva construtivista. Portanto, seu uso favorece a compreensão/entendimento de conceitos que na maioria dos casos são considerados difíceis pelos alunos.

Lawson (1993) claramente explicou a utilidade das analogias no prelúdio ao volume especial do *Journal of Research in Science Teaching*. Neste prelúdio o autor pergunta *Como um professor pode ajudar os alunos a adquirirem entendimento de conceitos teóricos?* Para a pergunta o autor responde:

Pelo menos parte da resposta, eu penso, é pelo uso de analogias. Estudantes não podem experimentar a natureza de átomos diretamente. Mas eles podem e experimentam bolas de vários tamanhos (LAWSON, 1993).

Segundo ele existem pelo menos dois tipos de conceitos científicos. Conceitos como variação fenotípica, conceitos de sólido de líquido e de gás são conceitos descritivos porque existem exemplares perceptíveis no ambiente. Assim, quando os estudantes precisarem de exemplos para adquirir compreensão, o professor pode mostrar vários.

Por outro lado, exemplares perceptíveis para conceitos como átomo, gene, quark, e graviton não existem no ambiente. Assim, o significado de tais conceitos não pode ser derivado de nossas percepções de objetos, eventos, ou situações. Ao invés os significados deles/delas vêm das imaginações de cientistas. Os conceitos são "invenções" criativas e existem como parte de sistemas conceituais explicativos. As invenções podem ou não existir de fato no mundo lá fora. Tais conceitos são chamados de teóricos por Lawson (1993).

Ainda, como funções das analogias podemos citar as descritas por Godoy (2002a). Este autor cita oito funções das analogias, são elas:

- a) explicativa: quando a analogia cumpre a função de assimilar o novo em termos de coisas conhecidas, evitando que as novas premissas resultem estranhas;
- b) popularizar: pode ser considerada como uma função de explicar, porém nos últimos anos tem adquirido uma importância muito grande;
- c) generalizar: relacionar coisas diferentes, que sirvam de base a um processo de generalização. Se estabelecermos que vários problemas são análogos, podemos usar o processo de indução para extrair conclusões a partir destes casos análogos;
- d) formular hipóteses: gerar novas hipóteses de trabalho para serem investigadas. É uma função crucial no contexto do descobrimento.
- e) modelar: em alguns casos, uma analogia prove um modelo para um problema. É uma maneira de solucionar um problema a espera de que surja uma melhor solução no futuro, ou uma solução com maior justificação;

- f) validar: validar conceitos em um campo utilizando uma transferência deste campo mediante o uso de analogias. Em geral, aqui se transferem os valores reconhecidos de uma teoria para outra;
- g) predizer: usar analogias para realizar previsões de um problema utilizando previsões de outro problema;
- h) estruturar: dar estrutura a um problema baseando-se na estrutura de outro problema.

Nosso foco de estudo, tendo em vista as funções apresentadas acima, centra-se na função explicativa das analogias para o ensino de conteúdos em aulas de física.

No âmbito escolar, tradicionalmente, o termo “conteúdo” refere-se aquilo que se deve aprender, por exemplo, conceitos, princípios, enunciados, teoremas. No entanto, no âmbito educacional o termo “conteúdo” não se restringe apenas nas capacidades cognitivas. Podemos, também, considerar como conteúdos todos aqueles que possibilitem o desenvolvimento de capacidades motoras, afetivas, de relações interpessoais e de inserção social (Zabala, 1998). Em geral, tais conteúdos fazem parte do chamado currículo oculto, ou seja, não estão explícitos nos planos de ensino.

Dessa forma, destacamos a importância de outros conteúdos. Assim, com base na literatura disponível passamos a tecer comentários sobre uma possível tipologia de conteúdos.

### 1.3 Tipologia de conteúdos

Coll (1986) citado por Zabala (1998) propõe agrupar os conteúdos segundo uma tipologia de conteúdos conceituais, procedimentais e atitudinais.

Para Zabala (1998) os conceitos se referem ao conjunto de fatos, objetos ou símbolos que têm características comuns, e os princípios se referem às mudanças que se produzem num fato, objeto ou situação em relação a outros fatos, objetos ou situações e que normalmente descrevem relações de causa-efeito ou de correlação. São exemplos de conceitos:

mamífero, densidade, impressionismo, potência, etc. Como exemplo de princípios podemos citar: as leis ou regras como a de Arquimedes, as normas ou regras de uma corrente arquitetônica ou as conexões que se estabelecem entre diferentes axiomas matemáticos, etc.

De um ponto de vista educacional, Zabala (1998) afirma que estes dois tipos de conteúdos nos permitem tratá-los conjuntamente, já que ambos têm como denominador comum a necessidade de compreensão, que vai muito além da reprodução de enunciados mais ou menos literais. Ainda, para este autor uma característica dos conteúdos conceituais é que a aprendizagem quase nunca pode ser considerada acabada.

Pozo (2000) referindo-se aos conteúdos conceituais afirma que estes podem ser classificados em dois tipos: os  *fatos/dados*  e os  *conceitos* . Um dado/fato é definido como uma informação que afirma ou declara algo sobre o mundo, como por exemplo: a temperatura de ebulição da água a pressão de 1atm é de 100°C; a distância de 1 km equivale a 1000 m. Consideramos que um aluno aprendeu um fato ou um dado quando é capaz de reproduzi-lo. Em geral, a reprodução se faz de forma literal, sendo assim, sua compreensão não é necessária.

Os conceitos, por sua vez, são distintos em:  *conceitos específicos*  e  *conceitos estruturantes*  ou  *princípios* . Os conceitos específicos são aqueles normalmente encontrados nas listas habituais de conteúdos conceituais, por exemplo, o conceito de densidade, energia, combustão, dilatação, entre outros. Já os conceitos estruturantes ou princípios são mais gerais.

Os conteúdos procedimentais, por sua vez são regras, técnicas, métodos, destrezas ou habilidades, estratégias, procedimentos. Podemos dizer que os procedimentos formam um conjunto de ações ordenadas e com um objetivo, ou seja, ações dirigidas para se atingir uma meta. São conteúdos procedimentais: ler, desenhar, observar, calcular, classificar, relacionar, sintetizar, inferir, etc. Para Zabala (1998) estes conteúdos se situam dentro de três eixos:

- a) motor/cognitivo: ações realizadas que implicam componentes motores ou cognitivos. Exemplos: saltar e recortar estariam mais

próximos do aspecto motor, já as ações inferir, hipotetizar, relacionar estariam mais próximas do cognitivo;

- b) número de ações: determinado pelo número de ações que se realizam. Alguns procedimentos são compostos por poucas ações e outros por múltiplas ações. Saltar e correr são exemplos de poucas ações. Desenhar e observar necessitaria um número maior de ações;
- c) grau de determinação da ordem das seqüências: de um lado teríamos os conteúdos cuja ordem das ações é sempre a mesma. Do outro lado estariam os conteúdos cujas ações a serem desenvolvidas e a maneira de organizá-las dependem em cada caso das características da situação em que se deve aplicá-los, como as estratégias de leitura ou qualquer estratégia de aprendizagem.

A terceira tipologia de conteúdos é a dos Atitudinais. Neles estariam as normas de conduta, posturas/posições frente a determinadas situações, valores. Nesta tipologia, Zabala (1998) diferencia os conteúdos atitudinais em três linhas, são elas:

- a) valores: são princípios ou idéias éticas que permitem às pessoas emitir um juízo sobre as condutas e seu sentido. Exemplos: solidariedade, respeito aos outros e às diferenças, responsabilidade, liberdade, etc.
- b) atitudes: tendências ou predições das pessoas para atuar de certa maneira. São as formas de conduta de acordo com valores determinados. Exemplos: cooperar com o grupo, ajudar os colegas, respeitar opiniões, participar das tarefas escolares, etc.
- c) normas: são padrões ou regras de comportamento que devemos seguir em determinadas situações que obrigam a todos os membros de um grupo social. Indicam o que pode se fazer e o que não pode se fazer neste grupo.

Dentro destas possibilidades de conteúdos nos determos na aprendizagem de conteúdos conceituais mediante o uso de analogias.

Lembramos que os conteúdos conceituais, procedimentais e atitudinais devem ser trabalhados todos conjuntamente em sala de aula e devem ser aprendidos de forma significativa e não de forma memorística. Com isso, passamos a tecer comentários sobre a aprendizagem significativa de conteúdos conceituais.

#### 1.4 A aprendizagem significativa de conteúdos conceituais

Na compreensão de Pozo (2000), os fatos e os conceitos são adquiridos mediante processos de aprendizagem distintos. Para ele os fatos e os dados são aprendidos de modo memorístico e baseiam-se numa atitude ou orientação passiva em relação à aprendizagem, sendo uma reprodução literal do material de estudo.

No sentido contrário, a aprendizagem de conceitos baseia-se na aprendizagem significativa, consiste em compreender esse material, incorporando-o a estruturas conceituais com significado, que requerem uma atitude ou orientação mais ativa, na qual o aluno deve ter mais autonomia da definição de seus objetivos, suas atividades e seus fins, portanto um processo de elaboração pessoal.

Além disso, um aluno aprende um conceito quando é capaz de dotar de significado um material ou uma informação obtida, ou seja, quando compreende esta informação, em que segundo a concepção de Pozo (1998) compreender seria traduzir algo para as suas próprias palavras.

Algumas diferenças entre fatos/dados e conceitos em relação à aprendizagem encontram-se na tabela abaixo:

Tabela 1 – Algumas diferenças entre fatos/dados e os conceitos em relação à aprendizagem

	Aprendizagem de fatos/dados	Aprendizagem de conceitos
Consiste em	Cópia literal	Relação com conceitos anteriores
É alcançada por	Repetição (aprendizagem memorística)	Compreensão (aprendizagem significativa)
É adquirida	De uma só vez	Gradualmente
É esquecida	Rapidamente caso não haja revisão	Mais lenta e gradualmente

Fonte: Pozo (2000).

Pozo (2000), a partir das idéias de Ausubel e Novak (1978), sintetiza que a aprendizagem significativa é um processo no qual o que aprendemos é o produto da informação nova com base no que já sabemos, ou seja, assimilamos ou integramos as novas informações aos nossos conhecimentos anteriores. Neste processo ativamos um esquema, modelo ou conceito relacionado ao conteúdo para compreendermos as informações novas que nos são passadas. Dessa maneira, aprendemos significados, modificando as nossas idéias como resultado de interações com as novas informações obtidas.

São características da aprendizagem significativa:

- esforço deliberado para relacionar os novos conhecimentos com conhecimentos já existentes na estrutura cognitiva;
- orientação para aprendizagens relacionadas com experiências, fatos ou objetos;
- envolvimento afetivo para relacionar os novos conhecimentos com aprendizagens anteriores.

A partir das idéias destes autores, Pozo (2000) resume as condições fundamentais para que se produza uma aprendizagem significativa, o qual separa em duas condições, são elas: a do material de aprendizagem e a dos alunos.

Para a compreensão do material é necessário que este possua uma organização conceitual interna, ou seja, não se constitua em uma lista arbitrária de elementos justapostos. Pozo (2000) argumenta que somente poderão ser compreendidos os materiais que estiverem organizados, ou seja, nos quais cada parte do material tenha uma conexão lógica ou conceitual com o restante das partes.

No entanto, a condição mencionada acima não pode ser considerada isoladamente das características dos alunos. Para que haja uma aprendizagem significativa, é necessário que o aluno relacione o material de aprendizagem com os conhecimentos que já dispõem, os quais o autor chama de conhecimentos pessoais. Com isso, nos deparamos com a possibilidade do uso de analogias para o ensino de conteúdos conceituais.

## 1.5 As analogias como recurso para o ensino de conteúdos conceituais

Na seção anterior, percebemos que para haver uma aprendizagem significativa de conteúdos conceituais é fundamental que o aluno relacione os conceitos/assuntos/fenômenos, ensinados pelo professor, com os conhecimentos que já dispõem, os quais Pozo (2000) chama de conhecimentos pessoais.

Neste sentido, partimos do pressuposto que os conceitos científicos estão relacionados a outros conceitos, sendo que seu significado provém, em grande escala, da sua relação com estes e outros, ou seja, para compreendermos um conceito é necessário estabelecermos relações significativas com outros conceitos. Portanto, percebemos que os conteúdos conceituais são aprendidos através de relações entre estes e os conhecimentos obtidos previamente.

Sendo assim, nos deparamos com a possibilidade do uso de analogias para o ensino de conteúdos conceituais, uma vez que nelas utilizamos os conhecimentos que os alunos já dispõem, ou seja, situações conhecidas e familiares, as quais compõem os análogos usados nas analogias.

Em relação aos conhecimentos pessoais Pozo (2000) afirma que eles são construções pessoais dos alunos, sendo elaborados de modo espontâneo na sua interação cotidiana com o mundo e que muitos são anteriores à instrução escolar. Em função da forma como se originam este autor refere-se a três tipos de conhecimentos pessoais, são eles:

- *sensorial* (concepções espontâneas): formadas para dar significado às atividades cotidianas, baseadas no uso de regras de inferência causal aplicadas a dados recolhidos, no mundo natural, mediante processos sensoriais e perceptivos. Exemplo: Quando estiver quente tiramos a roupa, pois roupas “dão calor”;
- *cultural* (concepções transmitidas socialmente): são representações sociais, sua origem estaria no meio social do qual o aluno faz parte, de cujas idéias se impregnariam, ou seja, chegariam às aulas com crenças socialmente induzidas pela cultura transmitida e sobre



inúmeros fatos e fenômenos particularmente no âmbito das Ciências Sociais. Exemplo: a maneira de contágio na transmissão de enfermidades;

- *escolar* (concepções analógicas): são concepções que se originam no próprio ensino recebido. Apresentações deformadas ou simplificadas de certos conteúdos que conduzem a uma compreensão errônea por parte dos alunos, que não refletiram a informação ou a interpretação recebida, ou ainda, seriam “obrigados” a ativar, por analogia, uma concepção potencialmente útil para dar significado a um determinado assunto. Os alunos tendem a assimilar os conhecimentos escolares, de forma analógica, ou usando outras fontes de conhecimento sobre o mundo. A consequência mais direta é que os alunos concebem como análogos sistemas de conhecimento que são semelhantes, mas não iguais. Exemplo: A força elétrica é como a força gravitacional.

Vemos que os alunos adquirem uma forte bagagem de conhecimentos por diferentes caminhos, sejam eles sensoriais, culturais ou escolares. No entanto, estes conhecimentos, na maioria das vezes conduzem a uma compreensão errônea dos assuntos e fenômenos.

Neste sentido, consideramos que os conteúdos conceituais podem ser ensinados com o uso organizado de analogias para que os alunos não criem ou reforcem concepções, sejam elas de origem sensorial, cultural ou escolar, no caso das concepções analógicas.

Outro fator extremamente relevante para que ocorra a aprendizagem significativa de conteúdos conceituais é a predisposição para a compreensão. O aluno deve esforçar-se para relacionar a nova informação com o conhecimento pessoal que possui.

Dessa forma, é fundamental não somente o aluno procurar o significado da tarefa, relacionando-a com seus conhecimentos pessoais, mas também tentar compreender o que está aprendendo, descobrindo o que está relacionado com o que vê e com o que o cerca. O que no nosso entendimento

está diretamente relacionado ao ensino mediante o uso de analogias, considerando este numa perspectiva construtivista.

A compreensão significativa de conteúdos conceituais requer que o aluno aproxime-se de tarefas, de certos tipos de atividades ou de conteúdos de natureza procedimental, entre eles: comparar, relacionar alguns conceitos com outros, representá-los mediante imagens e esquemas, escrever.

Estes procedimentos estão fortemente presentes quando do uso de analogias em atividades de ensino, especificamente quando o aluno é solicitado a estabelecer relações de semelhança entre atributos e identificar limites de validade.

Nesta investigação, consideraremos que os alunos aprenderam significativamente os conteúdos conceituais se forem capazes de estabelecer relações, identificar limites de validade e elaborar sínteses conclusivas, ou seja, a aprendizagem do aluno será tanto mais significativa quanto melhor for sua habilidade/capacidade de estabelecer relações, identificar limitações e elaborar sínteses conclusivas, durante a implementação de Atividades Didáticas Baseadas em Analogias.

Ressaltamos que todo conteúdo conceitual sempre está ligado a outros e, sendo assim, será aprendido junto com conteúdos de outra natureza, sejam eles procedimentais ou atitudinais.

Pozo (2000) nos esclarece que quando a ênfase está na aprendizagem de conceitos, é conveniente que as atividades de ensino se baseiem em procedimentos que os alunos já conheçam ou dominem. Este cuidado contribui para melhorar o procedimento, mas também para tornar a aprendizagem conceitual mais fácil e significativa.

A idéia principal para promover a aprendizagem significativa seria, segundo Pozo (2000), levar em consideração os conhecimentos factuais e conceituais que o aluno já possui, bem como os procedimentos e atitudes.

Uma vez justificada a possibilidade do uso de analogias como recurso didático para o ensino de conteúdos conceituais, é importante destacarmos as limitações deste uso. Para isso, procuramos na literatura da área as vantagens

e desvantagens do uso de analogias, para que estes aspectos possam nortear nossas atividades com o uso deste recurso didático.

#### 1.6 Vantagens e desvantagens do uso de analogias no ensino

A grande quantidade de trabalhos realizados sobre o uso de analogias oferece um panorama, onde encontramos visões distintas sobre o papel das analogias na construção de conhecimentos no campo das Ciências Naturais.

Alguns investigadores argumentam em favor das analogias (HARRISON e TREAGUST, 1993, ARAGON, BONAT, OLIVA e MATEO, 1999). Porém, outros são cautelosos quanto a sua utilização, argumentando que as analogias nem sempre levam aos resultados esperados (DUIT, 1991, HARRISON e TREAGUST, 1993).

As analogias podem constituir uma ferramenta valiosa no processo de construção de conhecimentos, servindo para aclarar conceitos e introduzir novas idéias. Entre as vantagens para o uso de analogias no ensino Aragón et al. (1999) apontam as seguintes:

- permitem partir da experiência cotidiana e do conhecimento prévio dos alunos, por que constituem um recurso coerente com as teorias de construção do conhecimento;
- podem facilitar a transferência de conteúdos entre diferentes conhecimentos, por que contribuem para uma formação integradora;
- favorecem os processos de metacognição e melhoram a auto-estima. Com elas podemos fazer com que os alunos sintam-se mais seguros e cómodos, vendo que nem tudo aquilo que conhecem é errôneo e negativo, sendo que pode resultar útil para aprender coisas novas;
- contribuem para treinar os alunos na construção e uso de modelos;
- supõem um modelo de pensamento natural e uma forma de comunicação. Trata-se, inclusive, de uma forma de argumento utilizada por cientistas na História da Ciência;

- prestam-se a promover atitudes favoráveis para as ciências e sua aprendizagem, desde que partam de situações familiares e perto deles;
- pode ser um instrumento adaptável a diversidade de alunos.

Segundo Duit (1991) as analogias são poderosas ferramentas, pois facilitam o processo de construção de conceitos, considerando uma visão construtivista, na medida em que partem de situações conhecidas, ou seja, utilizam os conhecimentos dos estudantes no ensino de novos conceitos. Neste sentido, este autor pontua como vantagens para o uso de analogias:

- são valiosas ferramentas no ensino por mudança conceitual, abrem novas perspectivas;
- podem facilitar a compreensão de conceitos abstratos através de semelhanças no mundo real;
- propiciam a visualização de abstratos;
- podem provocar o interesse e motivação nos estudantes;
- forçam o professor a levar em consideração o conhecimento prévio dos estudantes;
- podem também revelar conceitos prévios dos alunos sobre áreas já estudadas.

Ao mesmo tempo em que aponta vantagens para o uso de analogias Duit (1991) menciona as desvantagens apresentadas por elas. Segundo ele as desvantagens ou perigos potenciais das analogias são:

- uma analogia nunca está baseada num ajuste exato entre análogo e alvo. Portanto, existe a possibilidade de que características do análogo que não são compartilhadas sejam atribuídas ao alvo;
- o raciocínio analógico só é possível se a analogia for trazida pelos estudantes. Pois, existe a possibilidade de transferência de concepções prévias do análogo para o alvo;
- as semelhanças superficiais podem se sobrepor aos aspectos estruturais provocando compreensão equivocada do alvo.

O risco mais comum apontado no uso de analogias é que os estudantes podem levar a analogia longe de mais e, conseqüentemente, estabelecerem relações analógicas incorretas, gerando ou reforçando, assim concepções errôneas. Isto indica a necessidade de auxiliar os estudantes a identificarem não só as semelhanças como também as diferenças entre o análogo e o alvo.

Concordamos com Godoy (2002a) quando afirma que as analogias podem ser facilitadoras em um primeiro momento e obstáculos num momento posterior, como podemos perceber quando o autor escreve:

Pensamos que as analogias são como pára-quedas: podem ser muito úteis para chegarmos ao destino, porém uma vez na terra devemos desprender o pára-quedas ou nos dificultará avançar no novo território (GODOY, 2002a).

Este é um risco que se corre ao usarmos analogias, no entanto acreditamos que este fator não diminui o valor das analogias enquanto recurso didático.

Os perigos apontados acima se tornam mais graves se os professores, ao utilizarem analogias, não se preocuparem em esclarecer seus alunos sobre quais atributos do análogo podem ser comparados aos atributos do alvo e, quais os atributos não podem ser comparados. Neste sentido, pode ser necessária ajuda para que os estudantes construam corretamente as relações entre análogo e alvo.

Sendo assim, torna-se necessário modelos/propostas para o uso adequado de analogias em sala de aula para que professores não realizem apresentações deformadas ou simplificadas de certos conteúdos que conduzem a uma compreensão errônea por parte dos alunos, levando estes a desenvolverem ou reforçarem concepções errôneas. Discuto estes modelos e propostas no próximo capítulo, no qual apresento uma breve revisão de literatura das principais pesquisas desenvolvidas sobre analogias.

## CAPÍTULO II

### O USO DE ANALOGIAS COMO RECURSO DIDÁTICO NO ENSINO DE CIÊNCIAS

“APRENDIZAGEM É UMA EXPLORAÇÃO DO FAMILIAR PARA  
ENTENDER O NÃO FAMILIAR”  
(DUIT, 1991)

Neste capítulo, apresentamos sínteses de trabalhos sobre o uso de analogias no ensino de ciências. Mediante a leitura de artigos, dissertações, teses e capítulos de livros, percebemos que poderíamos agrupar os trabalhos de acordo com os focos de estudo, entre eles o uso de analogias:

- a) em textos didáticos (CURTIS e REIGELUTH, 1984; GLYNN apud DUIT, 1991; HARRISON e TREAGUST, 1993; THIELE e TREAGUST, 1995; MONTEIRO e JUSTI, 2000; SILVEIRA, 2001; TERRAZZAN, BUSKE, METKE, PIMENTEL, SILVA, GAZOLA, FREITAS, e AMORIM, 2003).
- b) no discurso de professores (TIERNEY apud DUIT, 1991; TREAGUST et al. apud DUIT, 1991; TREAGUST, DUIT, JOSLIN e LINDAUER, 1992; TREAGUST, 1994; DAGHER, 1995; QUEIROZ, 2000; MÓL, 1999; FERRAZ, 2001);
- c) múltiplas (SPIRO, FELTOVICH, COULSON e ANDERSON, 1993);
- d) geração espontânea (GODOY, 2002; COSGROVE, 1995; CLEMENT, 1988);
- e) como recurso didático para o ensino de conceitos científicos em aulas de Física (CLEMENT, 1993; ARNOLD e MILLAR, 1994; GENTNER e GENTNER, 1983; DUPIN e JOSHUA, 1989; HEYWOOD e PARKER, 1997; HARRISON e TREAGUST, 1993);

- f) modelos/propostas para o uso organizado (RAFORD apud DAGHER, 1995b; OTERO, 1997; ZEITOUN apud MASTRILLI, 1997; MÓL, 1999; GLYNN apud DUIT, 1991; HARRISON e TREAGUST, 1993; CACHAPUZ, 1989; GALAGOVSKY e ADÚRIZ-BRAVO, 2001; NAGEM, CARVALHAES e DIAS, 2001).

Especificamente, os artigos que lemos, tanto para aprofundamento teórico como para a posterior elaboração das sínteses, foram extraídos dos seguintes periódicos nacionais e internacionais: *Caderno Brasileiro de Ensino de Física*, *Ensaio – Pesquisa em Educação em Ciências*, *Revista Brasileira de Ensino de Física*, *Episteme*, *Investigações em Ensino de Ciências*, *Alambique: Didáctica de las Ciencias Experimentales*, *Enseñanza de las Ciencias*, *Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias*, *Revista Interuniversitaria de Formación del Profesorado*, *Educación en Ciências*, *Revista Portuguesa de Educação*, *Journal of Research in Science Teaching*, *International Journal of Science Education*, *Cognitive Science*, **Instructional Science**, *Science Education*, *Physics Education*, *European Journal of Science Education*, *Journal of Science Education*, *The Physics Teacher*, *Learning and Instruction*, *The Science Teacher*, *European Journal of Psychology of Education*.

## 2.1 Trabalhos sobre o uso de analogias em textos didáticos

Nas últimas décadas, as pesquisas envolvendo o uso de analogias alcançaram um número considerável. Muitas delas analisaram como as analogias são apresentadas em textos didáticos, especificando, por exemplo, os tipos de analogias utilizadas, as suas posições no texto, objetivo de inserção e a forma de organização das apresentações (CURTIS e REIGELUTH, 1984; GLYNN apud DUIT, 1991; HARRISON e TREAGUST, 1993; THIELE e TREAGUST, 1995; MONTEIRO e JUSTI, 2000; SILVEIRA, 2001; TERRAZZAN et al., 2003).

Nesta seção, apresentamos pesquisas cujos autores tiveram como propósito investigar o uso de analogias em livros didáticos.

Um dos trabalhos pioneiros em investigar o uso de analogias em textos didáticos é o de Curtis e Reigeluth (1984), uma vez que trabalhos posteriores (TREAGUST et al., 1992; THIELE e TREAGUST, 1995; MÓL, 1999; MONTEIRO e JUSTI, 2000; FERRAZ, 2001) fazem referência a esta investigação. Sendo assim, destacamos sua importância e o comentamos a seguir.

Curtis e Reigeluth (1984) analisaram, em estudo quantitativo, as analogias presentes em 26 livros de ciências, sendo 10 de Biologia, 06 de Ciências Gerais, 04 de Química, 03 de Física, 02 de Ciências da Terra e 01 de Geologia. Foram mapeadas 216 apresentações analógicas, com uma média de 8,3 analogias por livro, como mostra o quadro 1.

	Biologia	Ciências Gerais	Química	Física	Ciências da Terra	Geologia
Nº de Livros	10	06	04	03	02	01
Nº de Analogias/Livro	5, 1, 5, 10, 8, 10, 1, 15, 7, 1	2, 15, 2, 6, 9, 5	22, 11, 9, 10	7, 1, 11	10, 1, 32	00
Média	6,3	6,5		8,3	14,3	00
Total	63	39	52	19	43	00

Quadro 1 – Analogias por livro e por área disciplinar (CURTIS e REIGELUTH, 1984).

As analogias mapeadas foram analisadas de acordo com algumas categorias de registro, descritas a seguir.

- *Tipo de relação analógica* - (estrutural, funcional, estrutural-funcional)
  - Se o análogo e o alvo compartilham atributos *estruturais e funcionais* ou ambos. A relação é dita *estrutural* quando análogo e alvo apresentam a mesma aparência física geral. A relação é dita *funcional* quando análogo e alvo apresentam funções similares. A relação é dita *estrutural/funcional* quando combina relações estruturais e funcionais. Nos textos analisados pelos autores, a maioria das relações analógicas foram categorizadas como funcionais (152, 70%), 53 como estruturais (25%) e somente 11 como estrutural-funcionais (5%). Uma analogia estrutural-funcional pode prover uma relação mais poderosa.



- *Formato da apresentação* - (verbal, pictórica-verbal) – A apresentação é dita *verbal* quando é expressa somente em palavras. A apresentação é dita *pictórica-verbal* quando é expressa por palavras e reforçada por figuras do análogo, que pode ser tanto um desenho como uma fotografia. As analogias pictóricas-verbais provêm uma visualização ao estudante, enquanto que analogias verbais exigem que os estudantes produzam suas próprias visualizações. A maioria das analogias mapeadas era verbal (182, 84%). Somente 34 (16%) combinaram figuras e texto.
- *Nível de enriquecimento* - (simples, enriquecidas, estendidas) - Uma apresentação analógica é dita *simples* quando o análogo é conectado ao alvo através de expressões do tipo “é como”, “pode ser comparado a”, “é semelhante a”. Das 216 analogias, 14 (6%) foram categorizadas como simples. Por outro lado, uma apresentação analógica é dita *enriquecida* quando alguns dos atributos compartilhados são explicitados, podendo incluir as limitações da relação analógica. Os autores classificaram 175 das analogias, ou seja, 81% como enriquecidas com vários níveis de correspondências e limitações. Uma apresentação analógica é dita *estendida* quando várias correspondências de um único análogo são usadas para ensinar mais de um alvo ou quando vários análogos eram usados para explicar um único alvo. Somente 27 analogias (13%) foram consideradas estendidas.
- *Nível de abstração* – (concreta-concreta, abstrata-abstrata, concreta-abstrata). O conteúdo do análogo e do alvo pode ser categorizado como concreto ou como abstrato. Há três combinações possíveis: concreta-concreta (onde análogo e alvo são de natureza concreta), abstrata-abstrata (onde análogo e alvo são de natureza abstrata), e concreta-abstrata (onde o análogo é de natureza concreta e alvo é de natureza abstrata). Como era de se esperar nenhuma analogia abstrata-concreta foi mapeada nos livros inspecionados, visto que o objetivo de uma analogia é ajudar a explicar conteúdos abstratos ou difíceis. Já que as analogias promovem uma ponte entre o familiar e o

não familiar, entre um conteúdo simples para um complexo ou difícil, a vasta maioria das analogias encontrada foi categorizada como concretas-abstratas (178, 82%), 26 (12%) como concreta-concreta, e 12 (6%) como abstrato-abstrato.

- *Posição do análogo em relação ao alvo* – (antes, durante, depois). A posição do análogo pode variar. O análogo pode ser apresentado no início, durante ou no final da instrução. O análogo pode ser apresentado no início da instrução, como um organizador avançado (AUSUBEL apud CURTIS e REIGELUTH, 1984). Neste sentido, poderia promover o conhecimento necessário para aprendizagem de um conceito novo, pouco conhecido. Por outro lado, o análogo pode ser apresentado em algum lugar durante a instrução, em um ponto onde o conteúdo está se tornando muito abstrato, difícil para o estudante. Neste caso, ele estará atuando como um ativador embutido. Finalmente, a analogia pode aparecer no final da instrução de um tópico, atuando como pós-sintetizador da informação precedente. Das 216 analogias, 50 (23%) foram posicionadas como organizadores prévios, a grande maioria (163, 76%) foram posicionadas como ativadores embutidos e apenas 3 (1%) como pós-sintetizador.
- *Orientações ao usar analogias* - Geralmente é aceito, particularmente pelos autores de livros didáticos, que os estudantes sabem sobre o análogo a ser utilizado e sobre a estratégia cognitiva do pensamento analógico. Isto pode ser explicado, pois das 216 analogias, em 106 (49%) os autores de livros didáticos não fizeram nenhuma tentativa em descrever o análogo ou a estratégia cognitiva depois de apresentar o alvo. No entanto, esta pressuposição de que os alunos já conhecem o análogo e a estratégia cognitiva pode ser incorreta. Em casos em que o análogo não é familiar para os alunos, seria melhor explicar ou descrever o análogo. Se o análogo é familiar, mas complexo, seria mais benéfico revisá-lo antes de usar a analogia. Identificar a analogia expressamente como uma estratégia cognitiva foi outra técnica usada pelos autores de livros didáticos. Neste sentido, esclareciam aos alunos de que uma comparação entre algo não familiar e algo familiar

iria ocorrer no intuito de ajudá-los a entender o conceito não familiar. Em alguns casos, os autores dos livros didáticos explicavam o análogo e também identificavam a estratégia (17, 8% das analogias).

Com base neste estudo os autores chegaram à conclusão que:

- analogias são freqüentemente usadas em uma variedade de modos nos textos;
- analogias assumem uma variedade de estruturas e posições nos textos;
- o tipo e quantia de explicações incluídas dentro das analogias variam e podem depender da preferência individual do autor, do nível de estudante e/ou da natureza da própria analogia.

Por fim, com base no sistema de classificação para analogias, utilizado neste trabalho, são oferecidas as seguintes prescrições para a inclusão de analogias em atividades de ensino.

- Recomenda-se o uso de analogias sempre que os conteúdos se mostrarem complexos e difíceis;
- Freqüentemente, utilizam-se analogias baseadas em uma relação estrutural para tópicos mais fáceis, mais concretos e analogias baseadas em uma relação funcional para tópicos mais difíceis e abstratos;
- Um formato de apresentação estritamente verbal pode ser suficiente para visualização das relações analógicas. Porém, analogias pictórico-verbais podem ser preferíveis para ensinar estudantes com “baixas habilidades”;
- Na maioria dos casos, analogias deveriam consistir em um análogo concreto e um alvo abstrato para auxiliar os estudantes a caminharem de um conteúdo mais simples, mais familiar para um conteúdo mais difícil e/ou abstrato;
- As analogias são mais efetivas quando aparecem como “organizadores avançados” ou como “ativadores embutidos”;

- As analogias devem possuir um grau suficiente de relações analógicas e determinar suas limitações pode ser um fator adicional favorável, ao ensino;
- O análogo, normalmente, deveria ser explicado ou descrito antes de se apresentar o conteúdo novo, de modo a se assegurar que a analogia seja compreendida pelos estudantes. Se esta explicação é realizada, o estudante é forçado a usar a sua cognição e, então, pode ser desnecessário identificar ou explicar a própria estratégia.

Apesar do bom trabalho desenvolvido por Curtis e Reigeluth (1984) algumas questões parecem, ainda, sem respostas. Entre elas, podemos questionar em que medida a utilização de imagens do análogo e do alvo ajudam na aprendizagem dos estudantes. Os autores ao se referirem à categoria Nível de abstração não deixam claro os critérios para os quais consideraram os análogos e alvos concretos ou abstratos.

Glynn (apud DUIT, 1991), analisando as analogias usadas em 43 livros didáticos de ciências da escola básica, média e universitária, encontrou muitos exemplares de analogias simples. A análise realizada por este autor foi de natureza interpretativa, ou seja, não foi baseada em categorias desenvolvidas formalmente. Nesse estudo, constatou-se que as analogias mais elaboradas eram relativamente raras em livros de ciências do ensino fundamental, sendo que apareciam em maior quantidade em livros didáticos universitários de Física ou em livros científicos de Física.

Harrison e Treagust (1993) no artigo "*Teaching with analogies: A case study in grade-10 optics*" fazem uma ampla revisão em 38 livros didáticos de física utilizados por alunos de 9 a 12 anos referente ao fenômeno da refração da luz. Dos 38 livros investigados, em 10 deles não foi apresentada nenhuma explicação sobre o fenômeno da refração e os 28 restantes usavam de uma ou mais analogias (26 mostravam as fendas de ondas na água com as frentes de onda luminosas, quatro utilizavam um carro ou rodas rolando de uma superfície dura para outra (areia ou lama), quatro se referiam a uma fila de soldados marchando do concreto para a areia e dez utilizavam planos inclinados e partículas). Em nenhum dos livros analisados foi encontrada uma explicação puramente física para o fenômeno da refração: ou havia uma

analogia ou não havia explicação sobre o fenômeno. Diferentemente dos textos escolares, nove textos universitários analisados utilizaram o princípio de Huygens para explicar o fenômeno da refração. Somente um deles utilizava, além disso, uma analogia com rodas. Comentamos com mais detalhes este artigo na seção 2.2.

Thiele e Treagust (1995) examinaram 08 livros de ensino de Química usados em salas de aula em escolas secundárias australianas para determinar a extensão e natureza das analogias. Foram catalogadas 62 analogias. Especificamente, o estudo investigou: a) o conteúdo do conceito alvo, b) a extensão do mapeamento feita pelo autor, c) evidência de explicações adicionais do análogo, d) evidências de estratégias de identificação, e) se era verbal ou pictórica, f) a presença de declaração das limitações ou advertências.

Em uma segunda etapa realizaram entrevistas semi-estruturadas com os autores dos 08 livros didáticos, onde eram solicitadas as visões deles quanto ao uso, às razões para inclusão ou exclusão de analogias em materiais instrutivos, às necessidades de utilização de analogias nos livros, atrações pessoais e às mudanças propostas em edições posteriores do próprio livro.

Os resultados revelaram que é freqüente o uso de analogias pelos autores, porém a freqüência variou amplamente entre os livros analisados. Com isso, os investigadores desejavam conhecer que papel teve a natureza do conteúdo na inclusão das analogias.

Verificaram que das 62 analogias, 12 delas (19%) estão relacionadas à estrutura atômica. A natureza microscópica destes conceitos indica que as analogias podem ter sido incluídas principalmente como uma ferramenta para ajudar na visualização.

Os autores reconhecem que uma alternativa para a visualização de conceitos microscópicos seria o uso de analogias pictóricas, o que está descartado já que isto elevaria o custo do livro, pois, as editoras pedem que o custo seja o mínimo, consecutivamente o espaço para escrita fica resumido.

Thiele e Treagust (1995) também usaram o critério Nível de Enriquecimento de Curtis e Reigeluth (1884) para classificar as analogias,

encontrando 23 analogias (37%) do tipo simples, 26 (42%) enriquecidas e 13 (21%) estendidas.

Outro fator a ser levado em consideração pelos autores de livros didáticos refere-se à familiaridade dos análogos empregados nas analogias. Para suprir esta deficiência Thiele e Treagust (1995) propõem que uma estratégia que pode ser empregada por autores é prover explicações adicionais do análogo e seus atributos pertinentes.

Nos livros analisados, a maioria das analogias (43, 69%) incluiu alguma explicação do análogo. Alguns autores indicam que é função do professor promover explicações adicionais do que consta nos textos. No entanto, não podemos tomar como pressuposto a explicação adicional do professor para a inclusão de analogias.

No que se refere aos limites de validade das analogias, os autores declararam advertências em apenas 7 das 62 analogias. Isto mostra que os autores consideram que os estudantes são capazes de efetuar transferências analógicas ou que é função do professor, no andamento de suas atividades em sala de aula, ajudar nestas considerações.

Em síntese, podemos argumentar que há uma persuasão dos autores de livros didáticos a favor do uso de analogias o que pode ser justificado pela frequência com que eles as utilizam.

Os resultados destas pesquisas, realizadas ao longo do tempo, convergem para resultados gerais entre eles podemos destacar:

- a) é freqüente a utilização de analogias em livros didáticos;
- b) os autores não utilizam as analogias de uma forma organizada, ou seja, não se percebe nenhum cuidado na utilização de analogias.

A grande maioria dos autores não estabelece as relações analógicas pretendidas nem identifica os limites de validade das analogias, o que pode comprometer a aprendizagem dos estudantes.

Estes resultados sugerem que as analogias presentes em textos precisam ser completadas com explicações do professor.

Ainda sobre a análise de analogias em textos didáticos, no Brasil encontramos as pesquisas realizadas por Monteiro e Justi (2000), Silveira (2001) e Terrazzan et al. (2003).

Monteiro e Justi (2000) investigaram o uso de analogias em livros didáticos de Química brasileiros, destinados ao Ensino Médio.

A investigação buscou responder algumas questões de pesquisa, são elas: Qual a frequência de inclusão de analogias nos livros-texto de Química?; Há alguma relação entre o tópico de conteúdo e a frequência de inclusão de analogias?; Como os autores inserem e exploram as analogias nos livros-texto?; As analogias apresentadas nos livros-texto cumprem uma função explicativa ou criativa?; Em que medida as analogias apresentadas nos livros-texto são bons modelos de ensino?

Para tanto, foram selecionadas 11 coleções de livros-texto, perfazendo um total de 28 volumes, entre os mais usados em escolas.<sup>1</sup>

A primeira etapa da pesquisa consistiu no mapeamento das analogias nos livros-textos. Na seqüência as analogias identificadas foram analisadas de acordo com a estrutura de classificação de Thiele e Treagust (1994) e Curtis e Reigeluth (1984).

Foram mapeadas 126 analogias, com uma média de 11,5 analogias por coleção. Enquanto alguns autores utilizavam quinze ou mais analogias em seus livros, outros usaram menos de oito. As autoras apontam como possível explicação para este fato a preferência de alguns autores pelo uso de analogias.

Os tópicos conceituais onde encontraram o maior percentual de analogias foram os tópicos de Estrutura Atômica, Cinética Química e Ligações Químicas (41%, 13% e 9% do total, respectivamente). Monteiro e Justi (2000) justificam tal frequência em função da natureza abstrata dos conceitos tratados nesses tópicos e, conseqüentemente, da maior dificuldade de compreensão deles pelos alunos. Porém, as autoras argumentam que os tópicos onde foram encontrados os menores índices de utilização de analogias (soluções, geometria do carbono, cadeias carbônicas e estado coloidal) também possuem

---

<sup>1</sup> A relação dos livros analisados pode ser encontrado em Monteiro e Justi (2000).

um alto grau de abstração. Este fato sugere mais uma vez que a presença de analogias relaciona-se ao estilo dos autores.

O quadro 2 apresenta os resultados quanto à classificação das analogias de acordo com as categorias utilizadas pelas autoras, quantitativos de tal classificação.

Critérios	Classificações	Frequência			
		Quantidade	Total	%	Total (%)
Tipo de relação analógica	Estrutural	48	126	38,1	100
	Funcional	73		58,0	
	Estrutural-funcional	5		3,9	
	Verbal	55		43,6	
	Ilustrativo/Verbal	68		54,0	
	Ilustrativo	3		2,4	
	Concreta/concreta	2		1,6	
	Abstrata/abstrata	7		5,5	
	Concreta/abstrata	117		92,9	
	Marginalizada	6		4,8	
	Antes	28		22,2	
	Durante	59		46,8	
	Depois	33		26,2	
	Simplex	47		37,3	
	Enriquecida	49		38,9	
	Ampliada	30		23,8	
	Explicação da analogia	12		9,6	
	Identificação da estratégia	27		21,5	
	Ambos	67		53,0	
	Nenhum	20		15,9	
Não reconhece existência	122	96,82			
Reconhece existência	2	1,59			
Discute	2	1,59			

Quadro 2 - Frequência de analogias segundo os critérios utilizados por Monteiro e Justi (2000)



Nessa pesquisa, as autoras encontraram uma pequena percentagem de analogias estruturais/funcionais. Na visão delas uma maior percentagem poderia contribuir mais significativamente, pois neste tipo de analogia há mais atributos para serem comparados e poucas limitações entre análogo e alvo.

Mais da metade das analogias mapeadas foi apoiada por uma ilustração do análogo. As autoras esperavam que estas ilustrações contribuíssem para a compreensão das analogias e dos assuntos em discussão, o que não foi constatado.

Dentre as ilustrações, 34% eram desnecessárias e 13% poderiam complicar o entendimento da analogia devido à falta de coerência entre a descrição das analogias e dos conceitos químicos ou entre a descrição das analogias e as próprias ilustrações. Além disso, 18% induzem a erros conceituais e/ou reforçam concepções alternativas.

Constatou-se, também, que a maioria dos autores não reconheceu a existência ou não identificou as limitações das analogias. Este fator é preocupante na medida em que os leitores ou alunos podem fazer transferências incorretas do análogo para o alvo.

Para Monteiro e Justi (2000) os autores fizeram uso pouco expressivo de analogias. Elas afirmam que diante da forma como as analogias são apresentadas nos livros, o professor deve fazer uma avaliação criteriosa das mesmas no sentido de identificar quais são os seus aspectos positivos e negativos. A partir dessa avaliação, o professor terá condições de julgar a conveniência das analogias para o ensino e para a aprendizagem de conceitos científicos.

Finalizam o trabalho colocando que é há uma necessidade de estudos que investiguem a influência das analogias na aprendizagem dos alunos, focalizando qual o seu papel na aprendizagem de determinados conceitos.

Silveira (2001) em sua dissertação objetivou contribuir para o estudo do potencial didático de recursos analógicos no ensino de conceitos científicos, em especial, conceitos físicos. Nela, investigou-se a efetividade da utilização de analogias e metáforas, levando em conta dois aspectos: 1) as apresentações em materiais para uso didáticos disponíveis para professores e

2) a implementação de estratégias didáticas estruturadas para uso em aulas de Física.

Como primeira etapa, Silveira (2001) investigou a utilização de modelos analógicos em Coleções Didáticas de física para o nível médio de ensino, em uma coleção didática para o ensino superior, em artigos acerca de conceitos físicos, selecionados nas principais revistas de divulgação científica do mercado brasileiro e, em vídeos de divulgação científica.

Para isso, mapeou as analogias presentes em 05 (cinco) Coleções Didáticas, dentre as mais utilizadas no município de Santa Maria/RS. A partir do levantamento selecionou dez apresentações, sobre as quais realizou uma análise da efetividade para o ensino dos conceitos, utilizando para esta análise os critérios sugeridos pelo modelo *Teaching with Analogies* desenvolvidos por Shawn M. Glynn em 1991. As coleções utilizadas foram:

- Para o Ensino Médio:
  - BONJORNO, R.F.S.A.; BORJORNO, J.R.; BONJORNO, V.; RAMOS, C.M. Física. v. 1, 2 e 3.
  - MÁXIMO, A.; ALVARENGA, B. Curso de Física. v. 1, 2 e 3.
  - GONÇALVES, A.; TOSCANO, C. Física e Realidade. v. 1, 2 e 3.
  - GRUPO DE REELABORAÇÃO DO ENSINO DE FÍSICA. Física. v. 1, 2 e 3.
  - GUIMARÃES, L.A.; BOA, M.F. Física para o 2º Grau, v. 1, 2 e 3.
- Para o ensino superior:
  - HALLIDAY, D., RESNICK, R., WALKER, J. Fundamentos de Física, v. 1, 2, 3 e 4.

No total a autora mapeou 47 apresentações analógicas. Como resultado Silveira (2001) destaca:

- a analogia em alguns casos aparece como forma de introdução do conceito a ser estudado. Portanto, não há uma explanação introdutória do conceito alvo, como sugere o modelo *Teaching with Analogies* indicado no primeiro passo;

- na maioria dos casos, o autor parece demonstrar preocupação em utilizar um análogo que, a princípio, é familiar ao estudante, como é o caso de fazer analogias com conteúdos já estudados, ou então de situações mais presentes no cotidiano do aluno como a utilização de analogias hidráulicas;
- a identificação das características do análogo utilizado (passo 3), e o mapeamento das similaridades entre análogo e conceito alvo (passo 4), são apresentados, na maioria das vezes, porém, de forma breve, sem uma discussão mais aprofundada;
- o quinto passo, o qual orienta para a importância de se apontar os limites de validade da analogia empregada, somente foi contemplado em uma das analogias dentre as dez selecionadas. Nos demais casos, não foram feitas referências à questão;
- não existe uma regularidade de utilização, ou forma de utilização da etapa que prevê o resumo dos aspectos relevantes do conceito estudado (passo 6).

Como características das analogias, a autora constatou que:

- a) as analogias são utilizadas em sua maioria para tratamento de conceitos mais abstratos, tais como àqueles envolvidos no estudo de, por exemplo, campo elétrico, força elétrica, potencial elétrico, força eletromotriz, entre outros;
- b) recorre-se freqüentemente à analogia hidráulica para tratamento de conceitos envolvidos no estudo de circuitos elétricos;
- c) são utilizadas analogias que recorrem à memória visual do estudante, como por exemplo, comparação entre fórmulas matemáticas semelhantes quanto à forma;
- d) são utilizadas poucas analogias para o estudo da mecânica e termodinâmica e quando isso ocorre, principalmente no caso da mecânica, a analogia apela à memorização (como apontado no item anterior).

Como conclusão da análise das Coleções Didáticas, Silveira afirma que de maneira geral, os autores parecem não demonstrar preocupação em seguir um método específico, na utilização de modelos analógicos para a apresentação de conceitos científicos. Embora alguns passos possam ser identificados, não notamos uma preocupação maior com a formalização da apresentação da analogia.

Em uma segunda etapa, estendeu à investigação, realizada na primeira etapa, para artigos presentes em revistas de divulgação científica, em especial àqueles mais diretamente relacionados com discussões envolvendo conceitos de física moderna e contemporânea.

Os exemplares analisados foram obtidos nas principais revistas de divulgação científica existentes no mercado brasileiro, ou seja, *Ciência Hoje*, *Globo Ciência*, *Superinteressante* e *Ciência Hoje das Crianças*.

O período de publicação analisado foi:

- CIÊNCIA HOJE - agosto de 1982 a maio de 1998.
- SUPERINTERESSANTE - janeiro de 1987 a maio de 1998.
- GLOBO CIÊNCIA - janeiro de 1991 a abril de 1998.
- CIÊNCIA HOJE DAS CRIANÇAS - setembro de 1990 a maio de 1998.

No total, 83 textos<sup>2</sup> foram catalogados, sendo que 15 deles utilizam analogias. A autora constatou que as apresentações mais estruturadas seguem basicamente alguns dos passos propostos pelo modelo TWA. Alguns passos não são identificados porque as analogias utilizadas nos artigos pesquisados são muito simples, não configurando um modelo mais elaborado.

Os artigos onde eram apresentadas as analogias, normalmente, iniciavam pelo passo 1 (introdução do conceito alvo) seguido pelo passo 2 (sugerir o conceito análogo). Às vezes ocorre a inversão, sendo o análogo apresentado antes do conceito alvo ou então a apresentação direta do conceito alvo com uma analogia ou sem fazer distinção entre alvo e análogo.

---

<sup>2</sup> A relação completa dos artigos analisados pode ser encontrada em Silveira (2001).

Os passos 3 e 4, em alguns casos, foram realizados simultaneamente, fazendo a identificação das características relevantes do conceito análogo, enquanto as similaridades vão sendo mapeadas.

Constatou também, que a indicação de onde a analogia falha (passo 5), foi feita em raras ocasiões. Em alguns casos não é realizado um esboço das conclusões sobre o conceito alvo, após a sugestão da analogia a ser utilizada (passo 6), ou então este esboço resume-se a um breve comentário final. Sendo que, muitas vezes, o autor se limita a sugerir a analogia sobre determinado conceito sem maiores explicações, deixando as conclusões sobre o conceito alvo a cargo da interpretação do leitor.

A terceira etapa centrou-se na investigação de ocorrência de utilização de metáforas e analogias em vídeos de divulgação científica, em duas coleções distribuídas pela revista *Superinteressante* e produzidas pela *Discovery Communications (Discovery Channel Video)*.

Foram analisados um total de 10 (dez) fitas, a saber:

- Ouvido – Som e equilíbrio
- Visão – Janelas para o mundo
- Cérebro – O computador humano
- Vulcões – A fúria da Terra
- Vôo – Desafio no céu
- Tempo – O eterno movimento
- Computador – A máquina do século
- Televisão – A magia da imagem
- Oceanos – As maravilhas do mar
- Universo – O mistério infinito
- Magnetismo – A força que atrai

Neste tipo de material não foi possível analisar as analogias identificadas à luz do modelo TWA.

A autora destaca como inconveniente nos vídeos a utilização de análogos fora de nosso cotidiano brasileiro e, com isso:

[...] certas comparações não fazem sentido, ou no mínimo, num primeiro momento, não são significativas, necessitando assim de levantamento de hipóteses e conhecimentos gerais acerca da realidade de outros países (SILVEIRA, 2001).

Na última etapa, aprofundou-se a investigação implementando cinco estratégias didáticas com uso de analogias em uma turma de terceira série referente ao tópico de eletrostática, campo elétrico e modelos de estrutura da matéria.

O processo de análise centrou-se em quatro critérios de observação, a saber: o conhecimento dos alunos a respeito do análogo, identificação de relações, participação dos alunos, atuação da professora.

Como instrumentos de coleta de dados foram utilizadas vídeo-gravações das aulas e o diário de bordo da professora implementadora.

Como conclusão à autora afirma que um modelo analógico pode contribuir no processo de aprendizagem de conceitos físicos, pela sua característica de requerer um envolvimento maior do estudante no desenvolvimento da proposta didática.

No entanto, Silveira argumenta que o modelo analógico sozinho não pode ser considerado uma fonte de aprendizagem.

Compreender uma analogia não é compreender o conceito, mas construí-lo através das relações e informações por ela transmitida. Por isso, é importante ter-se em mente que, em alguns casos, os estudantes são capazes de apontar com clareza os elementos componentes da relação analógica. Porém, isto não garante a compreensão do conteúdo abordado (SILVEIRA, 2001).

Referente à questão do dinamismo do processo, a autora observou uma evolução na sua *performance* comparada com as primeiras atividades desenvolvidas. Constatou que a sua insegurança em trabalhar a atividade proposta, centrada na preocupação excessiva de ser fiel ao planejamento da mesma, principalmente da primeira aplicação, fez com que desenvolvesse a mesma de forma extremamente pontual e metódica. A preocupação excessiva com a contemplação de todos os passos, sugeridos pelo TWA, limitou sua atuação e implicou diretamente numa participação mais efetiva dos alunos.

O trabalho desenvolvido por esta autora parece significativo. Contudo, ela não levou em consideração o conhecimento prévio dos estudantes em relação aos análogos utilizados nas atividades com uso de analogias, o que esta em desacordo com as colocações de pesquisadores no campo da Educação em Ciências.

Outro aspecto a ser levado em conta refere-se ao número pouco expressivo de atividades implementadas e de uma análise mais ampla das implementações.

Por último, lembramos que as atividades foram implementadas pela pesquisadora. Neste sentido, acreditamos que futuros trabalhos devem analisar a implementação por vários professores, sendo que estes devem ser preparados para o uso do recurso analógico.

Terrazzan et al. (2003) investigaram o uso de apresentações analógicas em coleções didáticas de Biologia, Física e Química. Nela, os autores compararam, sob diversos aspectos, as freqüências e as formas de utilização das analogias nas coleções, procurando responder as seguintes questões norteadoras: 1) Com que freqüência são usadas analogias em Coleções Didáticas de Biologia, de Física e de Química, destinadas ao Ensino Médio? 2) De que formas são utilizadas as analogias nessas Coleções? 3) Qual a relação/influência da “natureza” dos tópicos conceituais tratados com/sobre a freqüência de uso e a forma de apresentação de analogias nas Coleções Didáticas de uma mesma subárea? 4) Qual a relação/influência do “estilo” dos autores com/sobre a freqüência de uso e a forma de apresentação de analogias em cada Coleção Didática?

Para tanto, os autores selecionaram coleções didáticas a serem analisadas, listadas no Anexo I desta dissertação. As quatro Coleções Didáticas de Biologia, as quatro de Química e três das de Física (CD-F1, CD-F2 e CD-F3), foram escolhidas por serem as mais utilizadas por professores da rede escolar de Ensino Médio de Santa Maria na época da seleção. Além destas, incluíram para análise duas outras de Física, a saber: a CD-F4, por ser uma coleção de referência em cursos de atualização e aperfeiçoamento, oferecidos pelo NEC/UFSM a professores em serviço, e a CD-F5, por ter se mostrado rica no uso de analogias.

Em continuidade, realizaram leituras cuidadosas para localizar as apresentações de analogias nas referidas coleções e elaboraram quadros-síntese, por coleção e por volume, onde caracterizaram todas as apresentações encontradas. Para cada uma delas, mapearam a situação explicitamente utilizada para estudo ou, às vezes, apenas sugerida ou subtendida, envolvendo um conceito, uma lei, um fenômeno ou um modelo a ser ensinado, bem como a correspondente situação análoga ou a analogia utilizada. Buscaram também estabelecer as relações analógicas pretendidas pelo(s) autor(es) ou explicitamente apresentadas.

Realizado o mapeamento, passaram a analisar as apresentações catalogadas de acordo com o Modelo TWA (*Teaching with Analogies*), inicialmente proposto por Glynn (apud DUIT, 1991) e depois modificado por Harrison e Treagust (1993), apresentado com mais detalhes na seção 2.5 deste capítulo.

Segundo o modelo TWA, para a utilização adequada de uma analogia como recurso didático deve-se procurar seguir uma seqüência de seis passos, a saber:

- Passo 1 – Introdução da “situação alvo” a ser ensinada.
- Passo 2 – Introdução da “situação análoga” a ser utilizada.
- Passo 3 – Identificação das características relevantes do “análogo”.
- Passo 4 – Estabelecimento das similaridades entre o “análogo” e o “alvo”.
- Passo 5 – Identificação dos limites de validade da analogia.
- Passo 6 – Esboço de uma síntese conclusiva sobre a “situação alvo”.

Comparando com esse modelo as apresentações analógicas identificadas, verificaram em que medida o desenvolvimento de cada apresentação contemplava os passos do modelo. Em suma, procuraram estabelecer certo “grau de concordância e/ou adequação” de cada uma das apresentações aos passos propostos pelo modelo TWA. Para isso, utilizaram uma escala qualitativa com três valores que foi criada pelos autores, e é explicitada a seguir.



- C – para indicar a evidência da apresentação ter contemplado o passo considerado;
- P – para indicar os casos em que o passo foi contemplado de forma breve ou restrita, ou seja, parcialmente;
- NC – para indicar que não foi possível identificar a contemplação deste passo na apresentação.

A seguir, agruparam as apresentações analógicas em Tópicos Conceituais (TC) específicos para cada área, a saber: Biologia: Histologia/Embriologia, Citologia, Botânica, Zoologia, Ecologia, Genética/Evolução, Física: Mecânica, Física Térmica/Estrutura da Matéria, Óptica/Ondas, Eletromagnetismo, Física Moderna e Contemporânea e Química: Química Geral, Físico-Química, Química Orgânica.

Assim, Terrazzan, Buske, Metke, Pimentel, Silva, Gazola, Freitas e Amorim (2003) identificaram um total de 549 apresentações analógicas: 414 nas Coleções Didáticas de Biologia, 71 nas de Física e 64 nas de Química. Constataram que as mesmas são utilizadas com maior freqüência pelos autores das de Biologia e com menor freqüência pelos autores das de Física e de Química.

Do ponto de vista dos autores, as apresentações analógicas encontradas nas Coleções Didáticas analisadas não se mostraram, em grande maioria, boas estratégias de ensino, pois contemplam apenas os dois primeiros passos do modelo TWA.

Através da análise da distribuição das analogias nas coleções didáticas, perceberam que, em todas as áreas, sempre houve algum autor de Coleção Didática que pareceu preocupar-se mais em recorrer ao uso de analogias e também com a forma de usar estas analogias, caracterizando um “estilo” próprio deste. Também perceberam que alguns tópicos conceituais parecem favorecer/necessitar mais o uso de analogias, devido à grande variação na freqüência de uso destas nos diferentes tópicos. Isto pode ser explicado pela natureza do conteúdo deste tópico ou devido a certa tradição em usar determinadas analogias em alguns tópicos, firmada desde o surgimento do conceito científico que serve como alvo da analogia.

No geral, independentemente da Coleção Didática e do Tópico Conceitual, as apresentações analógicas analisadas contemplaram, total ou parcialmente, os passos 1 e 2 do modelo TWA. Nas Coleções Didáticas de Biologia, onde foi catalogado o maior número de analogias, houve um percentual de contemplação parcial maior em comparação com as outras áreas. A maioria das apresentações analógicas identificadas em todas as Coleções Didáticas, qualquer que seja o Tópico Conceitual, não apresentaram os limites de validade da analogia, isto é, não comentaram em que pontos a analogia falha, dificultando o estabelecimento de correspondências entre análogo e alvo. Isto pode ser evidenciado pela elevada percentagem de Não Contemplação do passo 5 do modelo TWA. Mesmo assim, nas Coleções Didáticas de Física, perceberam um maior índice de contemplação deste passo.

Isto significa que as apresentações da maioria das analogias deixam para o leitor o estabelecimento das correspondências entre alvo e análogo, o que é problemático, pois podem ser estabelecidas relações equivocadas ou mesmo incorretas por parte dos alunos, e contribuir para manter ou gerar concepções “errôneas” sobre o assunto estudado.

Talvez os autores das coleções analisadas considerem familiares aos alunos os análogos que utilizam ou que cabe aos professores, em sala de aula, uma exploração mais detalhada dos análogos ou, ainda, usem analogias sem terem informações suficientes sobre o papel delas como recurso didático.

Segundo os autores, estas apresentações analógicas poderiam ter sido mais bem exploradas pelos autores das coleções, para facilitar a compreensão dos assuntos por parte dos estudantes e também para evitar contribuir para a formação e/ou consolidação de concepções alternativas por parte deles. Por isso, entendem que para algumas destas analogias serem utilizadas como boas estratégias de ensino devem ser reestruturadas, o que pode ser feito com base no modelo TWA.

Finalizamos esta seção concordando com Utges (1999) quando afirma que apesar das pesquisas e propostas que surgiram nos últimos tempos, sugerindo alternativas didáticas baseadas em perspectivas construtivistas, os

textos escolares continuam, em geral, com os esquemas de apresentação tradicional, predominantemente de caráter informativo.

No entanto, a presença de analogias nos textos não garante uma aprendizagem significativa de conceitos, porque os estudantes podem não perceber as relações analógicas pretendidas e as limitações delas.

Sendo assim, é de suma importância o papel do professor quando do uso de analogias em sala de aula e de modelos/propostas para que professores e autores de livros didáticos utilizem analogias de forma correta.

Neste sentido, o uso de analogias no discurso de professores em salas de aula, também, foi merecedor de estudos realizados por diversos pesquisadores, o que será abordado na próxima seção.

## 2.2 Trabalhos sobre o uso de analogias no discurso de professores

Nesta seção relatamos as pesquisas cujo foco de estudo centrou-se em investigar o modo de utilização de analogias por professores, em suas atividades de ensino em sala de aula (TIERNEY apud DUIT, 1991; TREAGUST et al. apud DUIT, 1991; TREAGUST et al., 1992; TREAGUST, 1994; DAGHER, 1995; QUEIROZ, 2000; MÓL, 1999; FERRAZ, 2001).

Duit (1991), em revisão de literatura sobre o papel das analogias e metáforas no ensino de ciências, cita o trabalho desenvolvido por Tierney (1988). Este autor observou quatro professores de história durante 20 aulas, focalizando o uso de metáforas, analogias e similaridades como exemplo ou reforço de explicações de conteúdo verbal ou escrito. Como resultados, Tierney ressalta que as comparações foram feitas freqüentemente, mas de maneira limitada, pressupondo que os alunos estavam familiarizados com as situações análogas empregadas e que poderiam usar as analogias sem nenhuma orientação.

Outro trabalho citado por Duit (1991) foi desenvolvido por Treagust et al. (1990), onde foram observadas quarenta aulas de oito professores de ciências,

sendo o foco de estudo o uso de analogias baseadas em relações estruturais. Os resultados indicam que os professores raramente usaram analogias no ensino, sendo detectado apenas oito situações. Além disso, o uso de analogias não era realizado de uma forma mais elaborada. Este último resultado estava em oposição aos resultados das entrevistas, as quais revelaram que a maioria dos professores estava muito atenta aos benefícios e limitações do uso de analogias. Os professores analisados não possuíam um repertório de boas analogias e não estavam seguros com relação ao uso efetivo destas.

Treagust et al. (1992) examinaram como professores de ciências usaram analogias durante suas práticas pedagógicas em sala de aula. Para tanto, realizaram observações de sete professores, durante quarenta lições (50 minutos de duração), em um prazo de quatro semanas consecutivas de agosto a setembro de 1988. Ao final deste período, cada professor foi entrevistado sobre sua visão do uso de analogias, como também, a visão da aprendizagem dos estudantes.

Os resultados encontrados pelos autores indicam que: poucas analogias eram usadas nas lições observadas: apenas seis indicações claras do uso de analogia foram verificadas, sendo que três eram do tipo simples e três enriquecidas (CURTIS e REINGELUTH, 1984). Ao contrário das informações obtidas com as observações, nas entrevistas cinco dos sete professores entrevistados afirmam que, freqüentemente, usam analogias.

Outro trabalho, também, desenvolvido por Treagust (1994) juntamente com Thiele buscou analisar como professores de química utilizam analogias em suas aulas, tanto de maneira espontânea como organizada.

O estudo contou com a observação de um total de 43 aulas de quatro professores, sendo mapeadas 45 analogias. Como questões de pesquisa, os investigadores buscaram responder:

- a) Por que os professores escolheram usar analogias quando estavam ensinando Química?
- b) De onde derivam as analogias usadas pelos professores?

c) Como as características das analogias utilizadas variavam de professor para professor?

Como respostas às perguntas, formuladas anteriormente, os autores afirmam:

- os professores usaram analogias quando eles consideraram que os estudantes não tinham entendido uma explicação inicial;
- havia pequena evidência que os professores planejavam as analogias;
- os professores tenderam a utilizar as próprias experiências ou leitura profissional como uma fonte de analogias;
- analogias pictóricas eram freqüentemente usadas nas lições. No entanto, as analogias verbais se apresentaram de modo mais freqüente;
- os professores variaram a extensão do mapeamento dependendo de várias circunstâncias. 36% das analogias utilizadas eram do tipo simples, 42% enriquecidas e 22% estendidas;
- as analogias utilizadas costumavam ser mais familiares para o professor do que para os alunos;
- dois dos professores proveram declarações claras das limitações analógicas.

Nesta mesma linha de investigação, Dagher (1995) observou 20 professores de Ciências de 7º e 8º graus. Apenas 11 dos 20 professores observados usam analogias em seu discurso verbal.

A autora utilizou um método, o qual chamou de “método naturalístico de análise”, argumentando que as analogias observadas são únicas, exibindo diferentes estruturas e funções, dependendo do contexto. Sendo assim, a autora investiga as analogias utilizadas pelos professores como eventos únicos fixados em contextos específicos. Para tanto, após as observações das analogias encontradas, a autora cria episódios, são eles:

- a) Episódio 1: analogias compostas: demonstram situações em que os professores usaram mais de um análogo para explicar várias idéias do alvo.
- b) Episódio 2: analogias narrativas: demonstram situações em que os professores usaram um análogo para explicar vários conceitos do alvo.
- c) Episódio 3: analogias procedimentais: pertencem a procedimentos associados com o caminho em que a ciência é carregada.
- d) Episódio 4: analogias periféricas: é uma analogia secundária ou acidental que depende, para sua existência, de uma outra analogia central.
- e) Episódio 5: analogias simples: o que difere este tipo de analogia da precedente é que, para seu sucesso, uma analogia simples deve promover o desenvolvimento, enquanto que uma analogia periférica não. O termo simples não se refere a conexões óbvias entre análogo e alvo, mas faz com que a referência analógica feita pelo professor seja breve.

No geral, as analogias foram apresentadas de maneira espontânea e não organizada, em situações onde procurava tornar a exposição mais clara e mais familiar para os alunos. Não havia a preocupação de deixar claras as comparações que se estabelecem, sejam elas de semelhança ou de diferença.

Verificou-se que os análogos empregados incluem experiências da vida cotidiana (resfriados comuns), observações de experiências da vida (polícia, carteira de motorista), ficção científica (aliens), histórias personalizadas (crianças em um bote) e objetos comuns (baterias). Isto mostra a preocupação dos professores em utilizar situações cotidianas para expressar os conceitos científicos numa linguagem comum.

Na maioria dos casos, os professores não consideraram em que medida as comparações utilizadas são compreendidas pelos alunos, já que os estudantes, em geral, se comportam como simples ouvintes e só ocasionalmente como participantes ativos.

Em âmbito nacional também encontramos pesquisas, cujo foco centrou-se na observação das aulas de professores em ações de ensino, nas quais as analogias ganharam destaque. Entre elas destacamos as realizadas por Queiroz (2000) no Ensino de Física, Mól (1999) no Ensino de Química e Ferraz (2001) no Ensino de Biologia.

Queiroz (2000), em tese defendida, dedica um capítulo ao estudo das analogias. Sendo o objetivo da tese, conhecer situações profissionais vividas por um grupo de professores de Física em atuação individual e coletiva no ensino médio, foi privilegiado o estudo específico de como alguns temas da Física curricular são pedagogizados pelos docentes e usados durante as aulas. Nesse contexto o uso de modelos e analogias ganhou destaque na prática dos professores analisados.

Para tanto, observou aulas dos professores de Física do Centro Educacional de Niterói (CEN). Com estas observações um fator que obteve destaque foi a recorrência, diferenciada em relação ao ensino de Física tradicional, a uma quantidade expressiva de analogias instrucionais, especialmente no tópico de eletricidade e também no tópico de mecânica, dois dos tópicos pesquisados em seu trabalho.

A autora coloca que muitas analogias utilizadas pelos professores são novas, criadas por eles antes das aulas ou durante elas com valorização das analogias trazidas pelos alunos.

Nas aulas observadas, a pesquisadora destacou muitas ocasiões nas quais os professores recorriam ao raciocínio analógico. Em muitos casos as analogias utilizadas por eles ficavam em nível superficial, em outros casos, as analogias, eram exploradas mais profundamente, estabelecendo às relações entre os elementos dos domínios envolvidos na analogia.

Com isso, propôs uma categorização para as analogias utilizadas pelos professores observados, são elas: Analogias de Sentido Amplo e Analogias de Sentido Estrito<sup>3</sup>.

- Analogias de Sentido Amplo: quando as analogias extrapolaram os conteúdos específicos da Física curricular e seu uso visava engajar

---

<sup>3</sup> Exemplos de analogias das subcategorias podem ser encontrados em Queiroz (2000).

os alunos em um processo de ensino-aprendizagem de Física, que requeria uma visão mais ampla do conhecimento.

- Analogias de Sentido Estrito: analogias instrucionais que estabeleçam relações entre dois domínios, fonte e alvo, para a construção de modelos explicativos e previsivos do comportamento do sistema físico em estudo.

Foram também criadas subcategorias dentro dos dois grupos acima, como especificado abaixo.

Analogias de Sentido Amplo: constituem este grupo as analogias Epistemológicas, Ampliadoras, Históricas e de Raciocínio Matemático.

- Epistemológicas: analogias que demonstram como a ciência funciona, estabelecendo relações entre situações conhecidas;
- Ampliadoras: analogias que indicam a necessidade de se mudar algum modelo previamente construído a partir do momento em que surja algum problema conceitual ou experimental cuja solução não consiga ser realizada a partir do modelo antigo;
- Históricas: analogias que usam mudanças ocorridas na História da Ciência, mostrando aos alunos os passos da evolução dos seus modelos e concepções alternativas;
- De Raciocínio Matemático: analogias que usam raciocínio matemático cotidiano como âncora para se estabelecer uma ponte para se chegar ao raciocínio novo, considerado complicado pelos alunos.

Analogias de Sentido Estrito: constituem este grupo as analogias Vivenciadas, Internas à Física, Semi-familiares, Lingüísticas e Metafóricas.

- Vivenciadas: analogias que trazem situações vivenciadas no cotidiano, tendo conteúdos específicos de outras áreas como domínios usados como fontes;
- Internas à Física: analogias internas à própria Física curricular que, algumas vezes, recuperam conceitos e fenômenos já trabalhados anteriormente;



- Semi-familiares: analogias com o cotidiano dos alunos, mas com incrementação de situações plausíveis no domínio fonte para atender a demandas do domínio alvo e possibilitar a construção de um modelo;
- Lingüísticas: analogias de linguagem, podendo mais uma vez ser positivas (o que é) ou negativas (o que não é);
- Metafóricas: analogias que alcançam o *status* de metáforas.

Nas aulas observadas, a pesquisadora constatou que os professores demonstram explicitamente seu envolvimento no processo de mudança ou desenvolvimento conceitual de amplo sentido de seus alunos.

Segundo Queiroz (2000), a mudança conceitual de amplo sentido é restrita a uma simples troca da concepção alternativa pela concepção científica. Implica mudança nas questões feitas, nas metodologias usadas para respondê-las, nos valores e visões de mundo adotadas.

Para tanto, os professores se engajaram no processo de transformação dos conteúdos científicos em saberes escolares, criando modelos pedagógicos de sentido estrito e amplo e alternando nas aulas estratégias de argumentação por analogia com outras formas de argumentação que extrapolam o tratamento meramente verbal e/ou matematizado, tradicionalmente adotado no ensino.

Ainda, segundo esta autora, é o conhecimento seguro do professor, acerca dos elementos envolvidos na analogia, que ajuda o mesmo a escolher as melhores analogias a serem utilizadas repetidamente, promovendo uma aprendizagem significativa.

Os alunos durante o processo de ensino com uso de analogias, com a ajuda dos professores que apresentam as novas teorias unindo a exploração das idéias prévias com o raciocínio analógico, são levados a conflitos cognitivos que os motivam a participar da consolidação dos novos modelos ensinados.

Com base na análise de entrevistas realizadas, com os sujeitos da pesquisa, Queiroz (2000) concluiu que os professores analisados consideram as analogias interessantes por que: a) permitem a compreensão dos caminhos

do fazer científico; b) possibilitam a comunicação entre pessoas com pontos de vista diferentes; c) usam tipos de raciocínio já dominados pelos alunos; d) permitem aproximar um domínio cotidiano do domínio da Física; e) possibilitam transferir o já aprendido em um conteúdo de Física para outro; f) possuem lado cômico, gerando por vezes trocadilhos lingüísticos; g) permitem interação entre linguagem cotidiana e linguagem da Física; h) relacionam cognição e sentimentos; i) podem ser criadas e aperfeiçoadas artisticamente e j) podem ser planejadas ou espontâneas.

O capítulo se completa com a exemplificação de dois casos, um de eletricidade e outro de mecânica, onde os professores com a participação dos alunos constroem modelos analógicos para as situações anteriormente citadas.

A autora argumenta que, no conjunto de aulas observadas, os alunos tiveram chances de construir o modelo científico de eletricidade. Porém, segundo ela, os dados obtidos na pesquisa não garantem que isso tenha sido alcançado, uma vez que mesmo abandonando o modelo de eletricidade como fluxo de uma substância, eles podem ter chegado apenas a um modelo evoluído em relação ao anterior, que é o de eletricidade como cargas em movimento, o qual, segundo Borges (1999), é o principal produto do ensino de eletricidade em nível médio.

Para Queiroz (2000), outros fatores de natureza não cognitiva, mas social e afetiva, contribuíram para as modelagens das bases do modelo mais completo. No entanto, a autora não justifica como tais fatores contribuíram.

Nesta pesquisa, Queiroz (2000) percebeu que os alunos apresentam modelos que indicam terem sido construídos com uso de raciocínio analógico desenvolvido antes, na vida cotidiana, e durante as aulas. Tais modelos tornaram-se explícitos pela forma dialógica dos professores conduzirem as aulas, sendo as analogias indevidas dos alunos desfeitas, possibilitando que as mudanças conceituais se realizem.

Como conclusão do trabalho, a autora afirma que na abstração por raciocínio analógico, os domínios do cotidiano se enriquecem e os domínios mais abstratos da Física ganham assim significado para os alunos, e por meio

deste a construção do conhecimento físico é conduzida pelos professores de forma diferenciada em relação aos cursos tradicionais no ensino médio. Além disso, reconhece os cuidados na criação e no uso das analogias utilizadas pelos professores analisados.

No entanto, apesar de reconhecer o papel da experiência dos docentes para explorar modelos e analogias, acredita que uma maior atenção deve ser dada na formação de professores para que os mesmos deixem de lidar somente com aspectos matemáticos, teóricos e lógico-formais da Física (QUEIROZ, 2000).

Mól (1999) objetivando conhecer as concepções dos professores de química no Ensino Médio da Fundação Educacional do Distrito Federal - FEDF (rede pública) sobre as analogias e como eles as utilizam em sala de aula realizou uma série de entrevistas semi-estruturadas (audiogravadas). Para tanto, foram selecionados 32 participantes (de um total de 211).

Em uma segunda etapa de sua pesquisa analisou e classificou as analogias utilizadas pelos professores de Química da rede pública do Distrito Federal e as analogias publicadas na seção “*Applications and Analogies*” do *Journal of Chemical Education*, no período de 1932 a janeiro de 1999.

Para a análise dos dados obtidos na pesquisa, o autor desenvolveu um sistema conceitual para as comparações, no qual é feita uma distinção entre alegorias, metáforas, analogias e modelos, como especificado na figura abaixo.

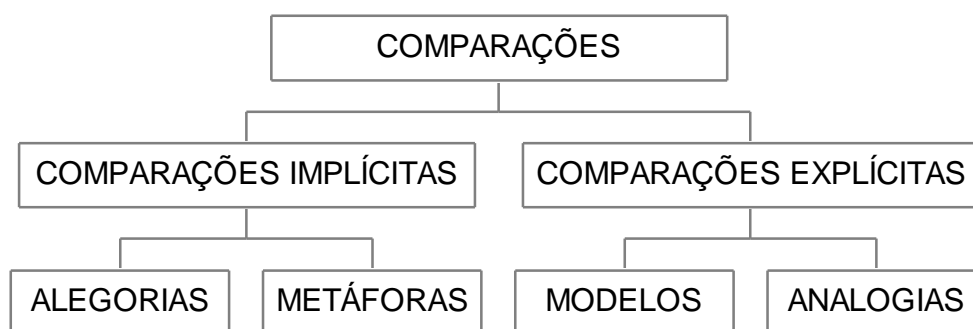


Figura 2 – Tipos de comparações em função das relações entre os conceitos confrontados (MÓL, 1999).

Para Mól (1999), os conceitos de alegoria, metáfora, modelo e analogia são todos subordinados ao conceito de comparações, num mesmo nível hierárquico, constituindo as comparações implícitas ou explícitas em função das relações existentes entre os conceitos comparados.

As comparações implícitas são aquelas onde as relações entre os conceitos não são claras, podendo ser apresentadas através de um texto ou de uma imagem.

Quanto à forma de apresentação, nas comparações implícitas podem ser encontradas as alegorias e as metáforas.

Nas alegorias as comparações entre os conceitos se dão através da representação de qualidades que não coincidem entre eles, sendo representadas através de gravuras ou objetos.

Nas metáforas as comparações entre conceitos se dão através de descrições que realçam qualidades que não coincidem, sendo apresentadas de forma textual ou verbal.

As comparações explícitas são aquelas onde as relações entre os conceitos são enunciados de forma nítida, clara.

Quanto à forma de apresentação, nas comparações explícitas podem ser encontrados os modelos e as analogias.

Nos modelos as comparações são feitas entre um conceito alvo e uma imagem ou objeto que o represente. Nas analogias as comparações são feitas entre conceitos através da descrição de suas similaridades.

As analogias receberam uma atenção especial e foram classificadas de acordo com três dos critérios propostos por Curtis e Reigeluth (1984), discutidos no capítulo 1 e apresentados na tabela a seguir.

Ao classificar algumas analogias, Mól (1999) deparou-se com situações em que não era possível encaixar algumas analogias em nenhum dos três grupos propostos.

Essas analogias possuíam, entretanto, uma relação de similaridade entre as fórmulas, matemáticas ou químicas, que as representam. Para tornar

o critério mais abrangente propôs um quarto grupo de classificação que considera a relação existente entre os conceitos comparados.

Esta classificação foi chamada de analogias de fórmula, ou seja, analogias de fórmula são aquelas em que as similaridades entre os conceitos estão na fórmula que os representa.

Tabela 2 – Critérios utilizadas por Mól (1999) para a classificação das analogias

Critérios	Classificações
Tipo de relação analógica	estrutural funcional estrutural-funcional fórmula
Nível de enriquecimento	simples enriquecida estendida
Nível de abstração	concreta-concreta concreta-abstrata abstrata-abstrata

Como resultado do levantamento realizado junto aos professores, diagnosticou que 93,8% deles utilizam analogias em suas aulas, sendo que os assuntos em que são utilizados maiores números de analogias estruturadas são: Modelo de Rutherford, Cálculos Estequiométricos, Número de Avogadro, Fórmulas Moleculares e Ligações Químicas.

Dos professores entrevistados 17,5% citaram o uso de analogias como forma de esclarecer dúvidas de alunos sobre os assuntos citados acima, sendo que Cálculos Estequiométricos apresentou o maior índice (34,4% de analogias).

Quando questionados sobre o que são analogias, 68,8% fizeram menção a comparações, coincidindo com a proposta de definição elaborada pelo autor. Porém, 31,3% relacionam equivocadamente as analogias a temas do cotidiano ou a fatos concretos (18,8%) e 59,4% dos entrevistados afirmaram que não vêem perigo na utilização de analogias.

Com base nas respostas das entrevistas realizadas, o autor constatou que um dos problemas sobre a utilização de analogias no ensino está ligado à própria falta de conhecimento dos professores em relação aos perigos da

utilização não adequada delas.

Segundo Mól (1999), os professores por não terem consciência desse perigo acabam por utilizar analogias sem a preocupação de saber quais atributos os alunos poderão transferir dos análogos para os alvos.

Para os professores, as analogias representam situações do cotidiano. Estes professores imaginam que essas situações são concretas e simples, em oposição aos conceitos científicos que seriam abstratos e complexos.

Referente às analogias presentes na seção “*Applications and Analogies*” do *Journal of Chemical Education* (JCE), Mól (1994) mapeou um total de 252 analogias em 192 artigos, sendo o assunto de teoria atômica o que apresentou o maior número de analogias (39 ou 15,5 % do total), seguido de termoquímica (21 ou 8,3 % do total). O quadro 3 apresenta o resultado da classificação das 202 analogias segundo os três critérios mencionados anteriormente.

Critérios	Classificações	Frequência			
		Quantidade	Total	%	Total (%)
Tipo de relação analógica	estrutural	34	202	16,83	100
	funcional	118		58,41	
	estrutural-funcional	4		1,98	
	fórmula	46		22,78	
Nível de enriquecimento	simples	76	202	37,63	100
	enriquecida	113		55,94	
	estendida	13		6,43	
Nível de abstração	concreta-concreta	2	202	0,99	100
	concreta-abstrata	174		86,14	
	abstrata-abstrata	26		12,87	

Quadro 3 – Resultados da classificação das analogias publicadas no JCE

Com esta pesquisa, Mól (1999) constatou que o uso de analogias pelos professores é uma prática corrente. Para ele esta prática parece estar associada à tendência atual de relacionar o ensino de conceitos científicos a situações do cotidiano.

Ferraz (2001) investigou as formas de utilização de analogias e/ou

metáforas por professores de Biologia do Ensino Médio. Como metas específicas, a autora procurou: 1) identificar quais são as analogias e/ou metáforas utilizadas pelos professores, verificando o nível de organização destas; 2) identificar as fontes de onde procedem as analogias e/ou metáforas utilizadas pelos professores; 3) analisar evidências acerca da efetividade didática das analogias utilizadas pelos professores enquanto incorporação conscientizada das analogias ao planejamento didático-pedagógico pessoal.

Para tanto, realizou observações de cunho etnográfico para acompanhar a prática pedagógica de seis professores de 1ª e 2ª séries do Ensino Médio.

As questões de pesquisa que nortearam o trabalho foram: As analogias são usadas como recursos didáticos pelos professores? Com que frequência e em que ocasiões?; De que forma estas analogias são utilizadas?; Qual a consequência da utilização deste tipo de recurso de forma não organizada?.

Com base nas observações realizadas, a autora constatou que o uso de analogias e/ou metáforas pelos professores é freqüente, totalizando 108 ocorrências de uso em 152 aulas observadas. Apenas nas aulas de um dos professores não foi identificado o uso de nenhuma analogia.

Após as observações Ferraz construiu um conjunto de categorias para classificar as analogias utilizadas pelos professores, que diz em respeito ao: a) nível de organização das analogias utilizadas; b) posição do análogo em relação ao alvo durante a explicação.

As categorias foram construídas com base nas propostas de Curtis e Reigeluth (1984) e Dagher (1995), mencionadas no capítulo 1.

Critérios	Classificações	Frequência			
		Quantidade	Total	%	Total (%)
Nível de organização das analogias	Simple	07	108	6,5	100
	Simple referindo-se a função	25		23,0	
	Simple referindo-se a forma	32		29,6	
	Simple referindo-se a função e a forma	07		6,5	
	Simple referindo-se aos limites do análogo	02		2,0	
	Enriquecidas	13		12,0	
	Duplas ou triplas	07		6,5	
	Múltiplas	07		6,5	
	Analogias estendidas	08		7,4	
Posição do análogo em relação ao alvo	Antes	03	108	2,8	100
	Durante	97		89,8	
	Depois	08		7,4	

Quadro 4 - Frequência de analogias segundo os critérios utilizados por Ferraz (2001)

Para identificar as fontes de onde provêm as analogias utilizadas pelos professores, Ferraz (2001) comparou estas analogias com as mapeadas, em trabalhos anteriores (TERRAZZAN, AMORIM, PIMENTEL, FELTRIN, DIAS, FERRAZ, SILVA, POZZER e GIRALDI, 2000), em coleções didáticas de Biologia. Verificou coincidência somente em dois casos.

Constatou-se que poucas das analogias utilizadas coincidem com aquelas presentes nas coleções didáticas adotadas pelos professores.

Com base nas entrevistas realizadas com os professores observados, essa autora constatou que a grande maioria das analogias utilizada pelos professores não foi planejada com antecedência à aula, geralmente, elas apareciam de uma forma espontânea na hora da explicação, quando os professores percebiam que os alunos não conseguiam compreender a explicação inicial.

Os professores analisados acham que as analogias contribuem no sentido de trazer um elemento do cotidiano dos alunos, facilitando a



explicação do conteúdo científico. Porém, ficam em dúvida em relação a como estas deveriam ser usadas, acham que deveria ter-se certo cuidado ao usar analogias já que essas poderiam estar promovendo uma idéia errada. O maior medo dos professores é que os alunos possam reter mais o conceito análogo em detrimento do alvo e na hora de explicação propor o análogo (FERRAZ, 2001). A este fato talvez se deva o receio em usar este tipo de recurso.

Os resultados desta pesquisa mostram que se faz urgente, na formação inicial e continuada dos professores, a inserção e discussão de questões sobre o uso de analogias no ensino, suas vantagens e desvantagens, para que professores sintam-se preparados para utilizar este recurso de forma eficiente.

### 2.3 Outros trabalhos relacionados ao uso de analogias

Nesta seção descrevo, com base na literatura consultada, 05 (cinco) trabalhos relacionados ao uso de analogias, cada uma com foco de estudo diferenciado um do outro (SPIRO et al., 1993; GODOY, 2002; COSGROVE, 1995; CLEMENT, 1988; DELIZOICOV, 2002; UTGES, 1999; ANDRADE, 2001). Estes trabalhos são relatados nesta seção por não se enquadrarem no foco de estudo dos relatados nas outras seções deste capítulo.

#### 2.3.1 O uso de analogias múltiplas

Entre as várias possibilidades de utilização de analogias encontra-se o uso de analogias múltiplas.

Para tecer comentários sobre o uso de analogias múltiplas nos apoiamos em Spiro et al. (1993) que em seu artigo oferece uma alternativa para o ensino de conceitos complexos, evitando concepções espontâneas pelo uso de uma única analogia (simples).

Para este autor, na compreensão de conceitos complexos o uso de uma única analogia poderá induzir concepções errôneas e reduzir o conceito alvo no análogo. Como exemplo o autor cita uma analogia que usa sistemas de tubos rígidos de encanamento de casas como análogo para os vasos sanguíneos, sendo que o fluxo de sangue depende do raio do vaso. Porém, ao contrário de tubos de encanamento rígidos, os vasos sanguíneos são flexíveis, o que poderá levar estudantes a uma compreensão errônea do assunto.

Segundo estes autores, as analogias simples ajudam os “noviços” a ganhar um conhecimento preliminar de conceitos difíceis, complexos e poderia tornar-se um impedimento sério na compreensão mais completa e mais correta de tais assuntos. Especificadamente, embora analogias simples formem a base para uma compreensão completa de um conceito recentemente encontrado, há uma tendência poderosa que analogias seduzem os estudantes a reduzir conceitos complexos a um análogo mais simples e mais familiar (analogia com poder reducionista).

Esta alternativa seria o uso de analogias múltiplas para o ensino de conceitos complexos, pois os “pedaços” destes conceitos não podem, normalmente, ser tratados efetivamente com uma única analogia. Spiro et al. (1993) apresenta uma aproximação para o uso de analogias múltiplas e ilustra a aproximação com o exemplo de produção de força através de fibras musculares. Nesta aproximação são adicionadas analogias múltiplas para corrigir os problemas introduzidos por uma única analogia, sem cancelar os efeitos benéficos trazidos pelo seu uso.

O que os autores propõem para combater as limitações do uso de uma única analogia é utilizar uma outra analogia que contraria as limitações impostas pela primeira. Em geral, argumenta os autores, o antídoto para qualquer tipo de analogia reducionista poderá ser o uso de analogias múltiplas apropriadamente integradas.

Esta aproximação, para usar analogias múltiplas, consiste simplesmente em introduzir novas analogias integradas a uma imagem do análogo. A seleção das analogias adicionais promove a compreensão mais completa, sendo que as analogias novas são escolhidas por carregarem o conhecimento correto não trazido pelas velhas. No entanto, a nova analogia não é uma substituta

completa para a velha. São por tais razões que devem ser mantidas analogias múltiplas.

Segundo os autores há duas maneiras principais de acrescentar novas analogias. A primeira consiste na utilização de analogias modificadas que trazem consigo a informação correta, mas não perdem nenhuma de suas informações essenciais. Na segunda, uma analogia totalmente nova é somada.

Um fator que deve ser levado em consideração é que a introdução de novas analogias no ensino de conceitos complexos pode conduzir a um aumento gradual na complexidade do conceito em estudo, até o momento que seja introduzida a última analogia, entretanto neste momento o conceito em estudo já será compreendido bem.

Ao final do artigo, os autores apontam que: 1) há perigos sérios envolvidos no uso de analogias, em particular, o emprego de uma única analogia para um conceito complexo pode impedir a aquisição de compreensões mais avançadas deste e pode gerar concepções alternativas; 2) o acesso para uma compreensão mais cheia e mais imediata de conceitos complexos pode ser alcançado pelo emprego sistemático de analogias múltiplas integradas.

Todavia, o uso de analogias múltiplas necessariamente não traz segurança, visto que a segunda analogia, pobremente escolhida, pode desfazer os benefícios advindos da primeira e vice-versa.

### 2.3.2 A geração espontânea de analogias

A geração espontânea de analogias por estudantes, também foi alvo de investigação por pesquisadores, no campo da Educação em Ciências. Tais investigações colocam-se em oposição ao uso de analogias construídas para ensinar um novo conteúdo, freqüentemente utilizadas por professores, os quais identificam as correspondências, deixando para os alunos apenas a parte operacional. Descrevemos sucintamente algumas destas investigações.

Godoy (2002) publicou no *Journal of Science Education* uma experiência realizada em um curso universitário de mecânica sobre a construção de analogias pelos estudantes. Para esse autor, essa forma de aprendizagem requer maior criatividade por parte dos estudantes e de um maior esforço por parte do professor para apoiar-los e dar-lhes elementos.

Primeiramente estudantes elaboraram um projeto durante duas semanas. Na continuação dedicaram 20 minutos em uma classe para aprenderem o que é uma analogia. Foi dado o período de uma semana para que os estudantes formassem analogias que estivessem relacionadas com o projeto que haviam elaborado com a finalidade de consolidar as idéias.

As analogias propostas pelos estudantes eram apresentadas na forma escrita e postas em consideração na classe de forma anônima na qual os outros estudantes deveriam votar na qual consideravam a melhor analogia.

No total 17 analogias foram formuladas, sendo que 10 eram analogias com análogos retirados da vida cotidiana (por exemplo, os estados da matéria são como o movimento dos estudantes na escola); as 7 restantes eram analogias que utilizavam análogos concretos (por exemplo, o olho é como uma máquina fotográfica); e nenhuma analogia de base científica foi formulada (por exemplo, a força elétrica é como a força gravitacional).

A investigação realizada por Godoy (2002) mostra que os estudantes apenas formulam analogias de forma genérica, ou seja, não fazem referência direta aos projetos que haviam elaborado. Além disso, os estudantes não estabelecem relações de semelhança e de diferenças entre alvo e análogo, reduzindo assim o poder das analogias.

Cosgrove (1995) desenvolveu um trabalho para ajudar estudantes a examinar as idéias deles sobre corrente elétrica. O estudo aconteceu em uma classe com 30 alunos. Primeiramente os estudantes identificaram suas visões sobre corrente elétrica e após realizaram um teste para examinar estas visões. O resultado do teste que confirmava a conservação da corrente não foi recebido bem. Então, a exploração de analogias foi tentada para minimizar esta discórdia.

Analogias foram geradas pelos estudantes, entre elas um veículo com uma carga, sendo que esta foi aplicada a um circuito em série e depois em um circuito em paralelo visando desafiar as idéias dos estudantes sobre corrente elétrica. Os estudantes testaram o uso desta noção aplicando isto no circuito e questionando como explicaria o brilho em lâmpadas num circuito em série. Além desta analogia outras foram mencionadas como, por exemplo, pessoas em movimento sem alimentação como modelo de consumo em resistências e o fluxo de água em um rio. Os autores concluem que as analogias geradas promoveram uma transição de um modelo de consumo para um modelo de obstáculo para a resistência elétrica.

Clement (1988) narra uma pesquisa realizada com 10 especialistas de tecnologia, professores universitários e doutorandos, com a finalidade de compreender como eles utilizam e geram analogias para resolver problemas. Para isso, a eles foi apresentado um problema de mecânica e solicitado que descrevessem todos os passos a serem realizados na busca da solução. O autor identificou três formas de geração de analogias.

- a) Via princípio formal: um problema original ativa um princípio formal abstrato e um caso análogo, recuperado ou gerado como um outro exemplo;
- b) Via transformação: modificam-se apenas alguns aspectos da representação do problema original, sendo que muitos elementos são os mesmos tanto na situação original como na situação análoga;
- c) Via associação: um esquema, associativamente ativado na memória permanente, porém agora a maioria dos elementos são diferentes nas duas situações: a original e a análoga.

O autor recorda que o processo de inferências analógicas segue basicamente 4 etapas, são elas: 1) geração de analogias; 2) estabelecimento da confiança na validade da relação analógica; 3) compreensão do análogo e 4) aplicação dos resultados no caso original. No entanto, o autor preocupou-se apenas com a primeira etapa, sendo necessárias pesquisas futuras para analisar todo o processo.

Vale a pena ressaltar que nenhum destes trabalhos explicita uma forma clara de fazer os alunos gerarem analogias.

### 2.3.3 O uso da analogia coração-bomba no ensino

A última investigação relatada nesta seção foi realizada por Delizoicov (2002). O objetivo da investigação era analisar o conhecimento sobre o movimento do sangue no corpo humano considerando os contextos de sua produção e de sua disseminação. Na introdução Delizoicov (2002) apresenta cinco questões, são elas:

- a) o coração é uma bomba?
- b) o coração é uma bomba hidráulica?
- c) em qual contexto esta proposição analógica foi concebida para a compreensão da circulação sangüínea?
- d) como esta analogia é apresentada pelos livros didáticos adotados nas escolas brasileiras de ensino fundamental e de ensino médio e, ainda, pelos livros utilizados no ensino superior?
- e) qual o papel desta analogia na prática docente de professores de Ciências e de Biologia?

Para responder as três últimas questões foi realizado um resgate histórico sobre o desenvolvimento do conceito de circulação sangüínea no corpo humano. A divulgação desse conhecimento para o ensino foi investigada mediante práticas docentes e do conteúdo exposto em livros didáticos do Ensino Fundamental, Médio e Superior.

Com base nesta análise e em entrevistas realizadas com professores do Ensino Fundamental e Médio foi possível tecer considerações sobre o ensino de circulação sangüínea no corpo humano.

Esta autora parte do pressuposto que a história da ciência poderia trazer contribuições não só para o melhor entendimento da analogia coração-bomba como também para o melhor entendimento, por parte do professor, das transformações que ocorrem ao longo do desenvolvimento de um conceito (DELIZOICOV, 2002).

Delizoicov (2002) constatou que em apenas um, do total de oito livros analisados, não se encontra a comparação do coração com uma bomba. Constatou-se que a analogia, na maioria dos livros, é apresentada em informações textuais sem que estejam estabelecidas as devidas correlações de funções entre alvo e análogo e que elas baseiam-se, em geral, em uma visão mecânica do corpo humano.

Uma das contribuições deste trabalho diz respeito à ajuda na compreensão do papel dos livros utilizados na divulgação do conhecimento, seja esta divulgação na formação de educadores como na de educandos, bem como os problemas envolvidos neste procedimento. Segundo a autora um desses problemas seria a compreensão de que o coração não é uma bomba qualquer e nem uma bomba hidráulica, mas sim que a sua função de bombear o sangue pode ser analisada, comparada e explicada segundo alguns princípios mecânicos, que já estavam disponíveis, sobre o funcionamento de um artefato produzido com o fim de bombear água.

#### 2.3.4 As analogias na compreensão do conceito de ondas

Utges (1999) em tese defendida sobre modelos e analogias na compreensão do conceito de onda, procurou conhecer as concepções de senso comum a respeito desse conceito. O trabalho pretendeu dar subsídios para o ensino desse conteúdo em diferentes níveis de educação.

Em uma primeira etapa de seu trabalho, elaborou um questionário com posterior aplicação e realização de entrevistas a um número de 22 pessoas argentinas e brasileiras de diferentes níveis de escolaridade e de conhecimento em Física. O objetivo era determinar as representações, considerando a maneira pela qual as pessoas classificam, ou não, como onda, diferentes situações que lhes são apresentadas e as razões que dão para tanto, são elas:

- a) uma fileira de dominós caindo em sucessão;
- b) uma bandeira tremulando presa ao mastro;

- c) a configuração na superfície da areia no deserto;
- d) o som de um tambor com batidas regulares;
- e) o som contínuo de um violino ou de uma flauta;
- f) a configuração das patinhas de uma centopéia em movimento;
- g) o movimento de uma minhoca;
- h) o movimento de uma serpente que se arrasta no chão;
- i) a configuração observada sobre um lençol que cobre um camundongo em movimento retilíneo;
- j) a configuração sobre um tapete rolante que passa pôr uma “corcova” no piso;
- k) muitas corcovas sucessivas;
- l) a figura que aparece no efeito de franjas de interferência da luz (numa pantalha tela);
- m) a configuração da areia que cai de um pêndulo em movimento sobre uma esteira que se move;
- n) a configuração de uma luzinha presa à roda de uma bicicleta em movimento retilíneo numa noite escura;
- o) a extremidade livre de uma lâmina flexível fixa pela outra extremidade;
- p) a “ola” em um estádio de futebol;
- q) semáforos sincronizados;
- r) a configuração na superfície da água em um lago.

Posteriormente, foram realizadas entrevistas individuais, com 08 das 22 pessoas, na qual se procurava aprofundar as idéias que motivaram as respostas ao questionário, bem como a maneira pela qual cada situação era visualizada.

Na segunda etapa, tentou determinar em que medida os modelos apresentados na primeira etapa poderiam ser encontrados em sujeitos de uma amostra mais ampla e homogênea. Para tanto, limitou-se em estudantes de



nível secundário. A amostra contou com 60 alunos pertencentes a duas turmas de segundo grau de uma escola Argentina.

A segunda etapa proporcionou para Utges (1999) três resultados fundamentais, são eles: a) a conformação definitiva de uma tipologia de modelos espontâneos sobre ondas, b) a determinação dos diferentes modos segundo os quais estudantes e professores visualizam como ondas cada uma das situações utilizadas e c) a delimitação de uma metodologia visando a análise sistemática de dados qualitativos e quantitativos, através de processos computacionais.

Os resultados da pesquisa permitiram compor modelos alternativos com características bem definidas. Além disso, mostraram que mais de um modelo pode conviver nas explicações de um mesmo indivíduo ao enfrentarem diferentes problemas e que determinadas situações físicas favorecem alguns dos modelos construídos. Para Utges (1999), “[...] pode-se dizer que as pessoas criam modelos mentais das situações colocadas, para tentar determinar em que medida cada situação responde à sua idéia de onda”.

O trabalho desenvolvido por Utges (1999) proporcionou aos professores informações valiosas e uma análise de diversas situações, que podem ser utilizadas como modelos e analogias no ensino de ondas e quais aspectos do conteúdo poderiam ser discutidos a partir delas. No entanto, acreditamos que contribuições significativas para o ensino de ondas poderiam ser dadas ao realizarmos um estudo exploratório em aulas de física utilizando as situações apresentadas pela autora.

### 2.3.5 A visão bachelardiana a respeito do uso de analogias

O objetivo da pesquisa realizada por Andrade (2001) foi investigar até que ponto a preocupação Bachelardiana a respeito da utilização de analogias e metáforas na Ciência se confirma no contexto educacional.

Segundo a autora, Bachelard foi um dos autores que mais fortemente alertou para os perigos da má utilização de analogias e metáforas na ciência e

no ensino de ciências. Este autor deixa explícita sua posição contrária ao uso de imagens na ciência e no ensino deste, como pode ser verificado mediante a leitura no trecho reproduzido a seguir: “uma ciência que aceita imagens, é mais que qualquer outra vítima das metáforas, por isso, o espírito científico deve lutar sempre contra as imagens, contra as analogias, contra as metáforas” (BACHELARD apud ANDRADE, 2001)

Para realizar a pesquisa Andrade (2001) verificou a utilização da metáfora da guerra na apresentação do sistema imunológico em livros didáticos de Ensino Fundamental e Médio. Logo após, verificou a forma de abordagem concebida por professores na apresentação deste assunto e suas opiniões dessa utilização nos livros didáticos.

Os instrumentos de pesquisa utilizados foram a análise documental e a entrevista semi-estruturada.

Para a análise de livros, foram selecionados cinco (05) Coleções Didáticas de Ciências para o Ensino Fundamental e cinco (05) Coleções Didáticas de Biologia para o Ensino Médio utilizados em escolas públicas da cidade de Florianópolis/SC. As Coleções Didáticas foram escolhidas por serem as mais utilizadas pelos professores de ciências da cidade de Florianópolis. Foram analisados no total 29 livros.

Para verificar a forma de abordagem dos professores e suas opiniões, foram entrevistados dezenove (19) professores, sendo onze (11) deles atuantes no Ensino Fundamental e nove (09) no Ensino Médio, de seis escolas.

Como resultados do trabalho, a pesquisadora constatou que o sistema imunológico geralmente é trabalhado de forma fragmentada tanto no Ensino Fundamental como no Médio, não sendo possível para os estudantes uma visão do funcionamento de tal sistema como um todo.

Andrade (2001) detectou também que, os autores dos livros didáticos e professores analisados utilizam a metáfora da guerra na explicação do sistema imunológico, sendo realizada de forma não organizada, sem a explicitação de sua utilização como recurso didático e sem a apresentação das relações analógicas presentes entre análogo e alvo, o que pode diminuir o poder das

analogias como auxiliares para a compreensão dos estudantes. Para Andrade (2001):

A forma como a metáfora da guerra é trabalhada nos livros didáticos, e por consequência pelos professores, sem a devida sistematização e explicitação das relações analógicas, possivelmente poderá causar uma má compreensão desse recurso didático, com a formação de concepções alternativas e reforço de obstáculos epistemológicos como o animismo e o antropomorfismo.

Uma maneira de minimizar os possíveis problemas advindos da utilização da metáfora da guerra seria segundo Andrade (2001), adotar um modelo de ensino que permitisse sistematizar o uso desse recurso.

Para tanto, no final de seu trabalho é proposta uma atividade didática para o ensino do sistema imunológico, com o intuito de explicitar as relações analógicas implícitas na metáfora da guerra. A atividade foi elaborada com base no modelo TWA de Glynn (1991). Este e outros modelos/propostas para o uso organizado de analogias no ensino, identificados na literatura consultada, são apresentados e definidos na seção 2.5.

## 2.4 Trabalhos sobre o uso de analogias em aulas de Física

Dos artigos que possuíamos percebemos também que alguns deles descreviam pesquisas realizadas sobre o uso de analogias no contexto de sala de aula, especificamente em física, com assuntos e perspectivas diferentes (CLEMENT, 1993; ARNOLD e MILLAR, 1994; GENTNER e GENTNER, 1983; DUPIN e JOSHUA, 1989; HEYWOOD e PARKER, 1997; HARRISON e TREAGUST, 1993). Sendo assim, nesta seção relatamos 06 (seis) trabalhos que nos pareceram mais significativos e que investigaram o uso de analogias para o ensino de conceitos científicos de física.

### 2.4.1 Clement e o uso de analogias em mecânica

Clement (1993) desenvolve um trabalho, com uso de analogias, para lidar com os preconceitos de estudantes. A situação apresentada consistiu num livro apoiado sobre uma mesa. A experiência procurava ajudar os estudantes a superar a concepção alternativa de que objetos estáticos não exercem forças.

O autor expõe que muitos estudantes acreditam que objetos estáticos, como a mesa, são barreiras rígidas que não podem exercer forças. Para superar este inconveniente, o autor sugere a apresentação, como análogo, uma mola sobre a qual é apoiada uma mão.

No entanto, a situação apresentada para os alunos não é vista por estes como semelhante. Sugere-se, então, que a analogia torne-se plausível, mediante a incorporação de casos intermediários semelhantes entre o análogo inicial e o alvo, chamados de analogias ponte. As situações são mostradas na figura abaixo:

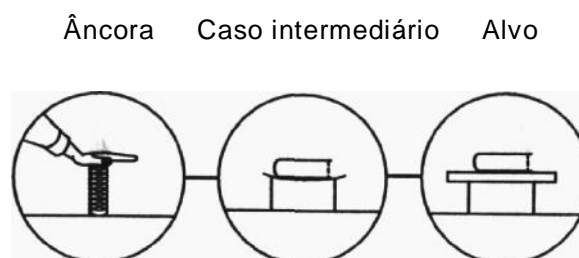


Figura 3 – Analogia utilizada e casos intermediários (CLEMENT, 1993)

Neste caso, a primeira situação seria análoga a segunda, e a segunda análoga a terceira. O autor denominou a situação inicial de âncora (conceito ausubeliano de subcursor).

O estudo envolveu 150 estudantes e três professores do grupo experimental, e 55 alunos e dois do grupo de controle de escola secundária.

O grupo experimental, algumas vezes, usava mais de um caso intermediário. Da mesma maneira que a anterior, Clement (1993) tece

comentários da utilização de analogias para o entendimento da força de atrito e para a 3ª Lei de Newton.

Como resultados quantitativos, constatou-se que o grupo experimental significativamente maior ganho que o grupo de controle em cada uma das três lições. Os resultados qualitativos, obtidos com a videogravação das aulas, indicam que:

- os estudantes parecem entender os três casos, ancorando prontamente;
- porém, muitos estudantes realmente não acreditam inicialmente que a âncora (situação inicial) e o objeto são casos análogos.
- alguns casos reduziram a discussão em classe, a lição de força normal com análogo uma tábua flexível promoveu a maior discussão ;
- as lições levaram os alunos a mudarem suas idéias/visões em relação ao conhecimento anterior;
- os alunos geraram vários tipos de argumentos interessantes durante a discussão entre eles: analogias, perguntas científicas, casos extremos do acontecimento e explicações por um modelo microscópico, dando exemplos concretos.

No entanto, Clement (1993) afirma que o grupo experimental levou mais tempo para a realização da atividade.

#### 2.4.2 Arnold e Millar e o uso de uma analogia para física térmica

Arnold e Millar (1994) descrevem o desenvolvimento e a tentativa de uso de uma analogia de fluxo de água para um sistema em equilíbrio térmico. A analogia é elaborada para ajudar os estudantes a entender fenômenos térmicos e diferenciar os conceitos de calor e temperatura.

Para os estudantes pensarem no modelo térmico foi apresentada uma experiência que consistia em uma lata de metal com uma quantidade de água aquecida por uma vela, como mostra a figura abaixo:

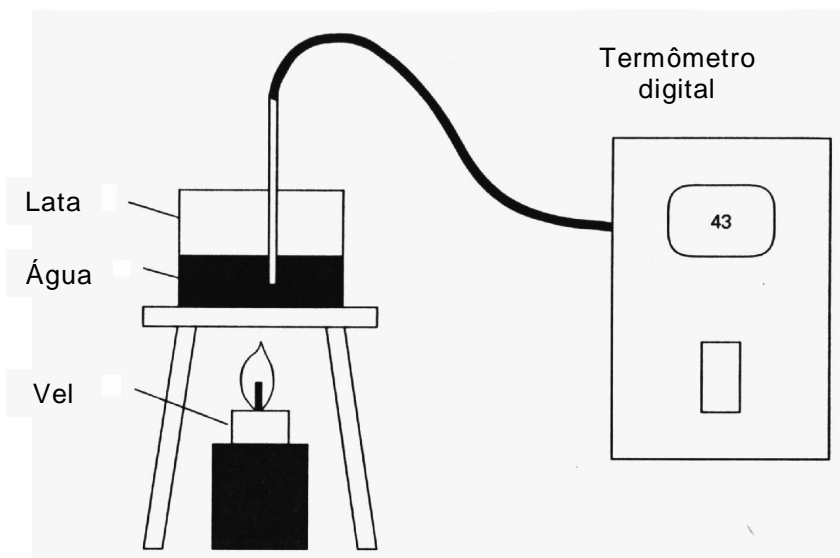


Figura 4 – Experiência realizada por Arnold e Millar (1994)

O modelo térmico foi ensinado com uma analogia equivalente que consiste na água que cai 1 mostra a figura abaixo:

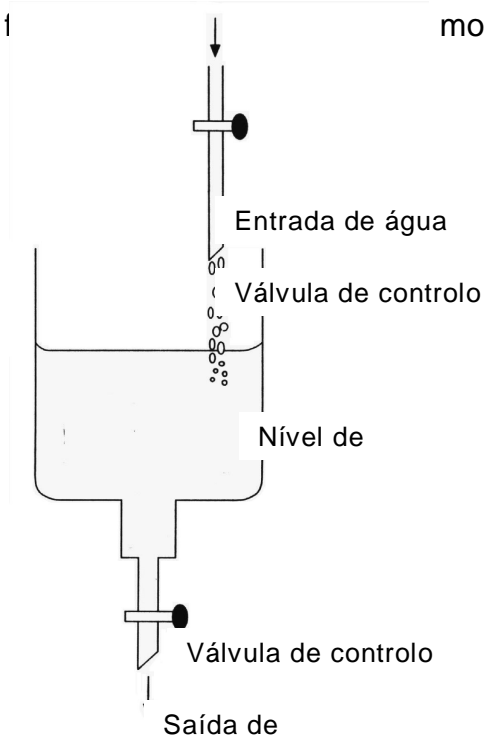


Figura 5 – Análogo utilizado por Arnold e Millar (1994)

Controlando a entrada e saída de água é possível organizar um número infinito de posições de equilíbrio nas quais o nível de água no recipiente é constante. Se a entrada exceder a saída, o nível de água no recipiente sobe, e vice-versa. Com isso, estabeleceram proposições entre as duas situações, são elas:

Proposições da analogia da água	Proposições da atividade de aquecimento
a) Está sendo fornecida água em um recipiente por uma torneira	a) Está sendo fornecida energia na forma de calor por uma vela
b) A água é fornecida a uma taxa constante pela torneira.	b) A energia do calor é fornecida a uma taxa constante pela vela
c) O nível de água no recipiente permanece constante	c) A temperatura da água permanece constante
d) Então água tem que estar fluindo fora do recipiente	d) Então energia do calor tem que estar fluindo fora da água
e) A taxa de perda de água deve ser precisamente igual à taxa de fornecimento de água	e) A taxa de perda de calor deve ser precisamente igual à taxa de fornecimento de calor

A analogia foi apresentada a um grupo experimental (22 alunos) e a um grupo de controle (22 alunos). Todos os 44 alunos foram, posteriormente, entrevistados individualmente.

Como resultado os autores afirmam que, embora, a analogia tenha sido bem compreendida pela maioria dos estudantes, o mapeamento de correspondências foi alcançado pela minoria. Isto deveria ser feito explicitamente. Segundo Arnold e Millar (1994) não pode ser esperado que os estudantes façam as conexões espontaneamente, muitos requerem ajuda.

Na próxima subseção nos detemos em comentar alguns dos trabalhos com uso de analogias em eletricidade.

#### 2.4.3 Gentner e Gentner, Joshua e Dupin, Helywood e Parker e o uso de analogias em eletricidade

Dos artigos que possuíamos, a quantidade mais expressiva de trabalhos sobre o uso de analogias em sala de aula, como atividade de ensino, é dedicada a assuntos de eletricidade. Uma possível explicação para isto poderia estar na natureza deste tópico conceitual, ou seja, por ser um tópico constituído majoritariamente de conceitos teóricos e pouco familiares aos alunos, parece favorecer/necessitar mais o uso de analogias.

Dentro dos trabalhos que investigaram o uso de analogias como estratégia para o ensino de eletricidade destacamos primeiramente o realizado por Gentner e Gentner (1983). Estes autores investigaram o uso de duas analogias para o ensino de eletricidade. A primeira utiliza o fluxo de água num circuito hidráulico e a segunda utiliza uma multidão de pessoas em movimento como análogos para a corrente elétrica.

O estudo foi realizado com 36 estudantes de nível secundário e de nível universitário. Aos sujeitos da pesquisa, após estudarem assuntos que geralmente utilizam modelo de fluidos e multidões, eram dados folhetos com uma série de perguntas.

Na primeira página mostrava-se um circuito elétrico simples com uma bateria e um resistor e nas páginas sucessivas eram mostrados quatro circuitos de combinações em série e em paralelo. Aos estudantes era solicitado que circulassem se a corrente (e voltagem) em cada um dos circuitos seria maior, igual ou menor que a do circuito elétrico simples.

Após responderem todas as perguntas sobre os circuitos eram solicitados a descreverem o modo como pensam em eletricidade, com suas próprias palavras. Na página seguinte, eram solicitados a escolher uma resposta mais específica, então deveriam circular para cada um dos quatro problemas de circuitos, se eles haviam pensado em fluido corrente, objetos movendo-se, ou outra visão de eletricidade. Na página final do folheto eram questionados a respeito do comportamento do reservatório no domínio análogo.

Os resultados obtidos pelos pesquisadores apontam que pessoas que saíram do modelo de fluido corrente executaram melhor as perguntas com baterias que com resistores. Para as pessoas que utilizaram a multidão em movimento executaram melhor as perguntas com resistores, particularmente em paralelo, que com baterias.

Em uma segunda etapa ensinaram assuntos de eletricidade, variando o análogo usado na explicação. Depois das explicações compararam as respostas dos alunos a uma série de perguntas sobre o alvo.



No total três modelos eram usados. Os dois primeiros eram versões do modelo hidráulico, com fluxo de fluido como corrente, bombas ou reservatórios como bateria, tubos ou canos como fios condutores, e tubos estreitos como resistores. O último modelo era o de uma multidão em movimento para explicar a corrente elétrica.

A dinâmica utilizada pelos pesquisadores era apresentar aos grupos diferentes assuntos com modelos diferentes e então observar as respostas deles em relação a problemas de circuitos. Nesta etapa, 18 pessoas participaram, entre elas estudantes de escolas secundárias e universitários. Vale a pena ressaltar que os sujeitos tiveram pouco ou nenhum conhecimento prévio de eletricidade.

Os resultados apontaram que o modelo da multidão conduziu os estudantes a um desempenho melhor nos problemas com resistores em paralelo que o modelo hidráulico. As entrevistas realizadas com os sujeitos da pesquisa confirmaram que eles não entendem o modo como a água se comporta. Eles apresentam dificuldades com combinações em série e em paralelo de reservatórios ou bombas, mas também com a noção de fluxo de água. Esta não é vista como um fluxo fixo, constante ao longo do sistema.

Dupin e Joshua (1989) investigaram o uso de analogias para o ensino de circuitos elétricos. Para tanto, utilizaram duas analogias: uma mecânica e outra térmica. Estes autores trabalharam com 64 crianças de 6º grau, 42 de 8º grau e 87 de 10º grau, as quais tiveram que achar as conexões entre as situações análogas sugeridas e o circuito elétrico simples. Durante as atividades nenhum cálculo numérico ou algébrico foi realizado e as experiências práticas realizadas eram somente referentes ao alvo.

Na analogia mecânica, o análogo empregado era um trem (conjunto de vagões unidos uns aos outros) que se move sobre os trilhos. Na situação utilizada, o trem não possuía uma locomotiva para impulsioná-lo, esta tarefa era realizada por homens na estação, de forma a mover-se com velocidade constante.

Segundo Dupin e Joshua (1989), esta analogia apresenta dois aspectos:

- a) é uma analogia formal e estrutural que une leis da eletricidade e da mecânica;
- b) é metafórica – uma quantidade constante pode passar (carros), mas algo é gasto (energia); algo pode agir localmente (obstáculos) e todo o sistema é influenciado (mesma velocidade para todos os vagões); como a força dos trabalhadores é constante, o movimento dos vagões só depende dos trilhos.

Estes dois aspectos são resumidos na figura 6, reproduzida de Dupin e Joshua (1989).

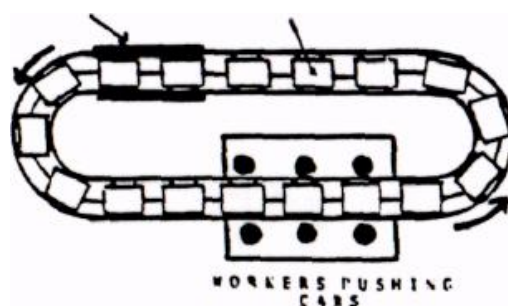


Figura 6 – Analogia do trem – comparações a nível metafórico e formal ou estrutural (DUPIN e JOHSUA, 1989)

<u>1 – Analogia Metafórica</u>	
Trem	Eletricidade
- carros	- “eletricidade”
- movimento de carros	- corrente elétrica
- fluxo de carros	- intensidade de corrente
- obstáculos	- resistência
- circuitos fechados da estrada de ferro	- circuitos elétricos
- trabalhadores empurrando	- poder de previsão
- fadiga muscular	- bateria gasta

<u>2 – Analogia Formal</u>	
Mecânica	Eletricidade
Movimento unidimensional	
- Velocidade limite $v$	- Corrente constante $I$
- Coeficiente de atrito $a$	- Resistência $R$
- Força constante $F$	- Força eletromotriz $F$
- Lei de movimento $F = a v$	- Lei de Ohm’s $E = RI$
- Potência $P = FV$	- Potência $P = EI$

Nessa analogia, os alunos tinham a concepção que a corrente elétrica era gasta, então o professor realizou uma experiência na frente deles onde a corrente era medida antes e depois da bateria. O valor medido da corrente era o mesmo. Este fator levou os alunos a um conflito cognitivo, os quais não entendiam como poderia, a corrente, ter o mesmo valor. Neste ponto da instrução é que o professor introduzia o análogo utilizado. Durante a instrução os alunos os alunos tiveram que fazer as conexões. No 6º grau as conexões foram feitas pelo professor.

No entanto, segundo os autores a facilidade de fazer as conexões entre o alvo e o análogo não era bastante para justificar o seu uso, era necessário relacionar outros elementos de ambos os modelos, força, velocidade do trem e ação da freada, no caso análogo correspondente à força eletromotriz, corrente elétrica e à resistência no alvo.

As dificuldades apresentadas por esta analogia são expostas pelos autores, são elas:

- introduz a idéia de “força eletromotriz”, mas não há possibilidade de trabalhar “diferença de potencial”, necessária para o entendimento da Lei de Ohm;
- mistura de aspectos metafóricos e estruturais como, por exemplo, a comparação da abertura do circuito com o descarrilamento do trem;
- pode ficar presa a idéia pré-galileano no que diz respeito a relação força-movimento.

No ano em que o estudo foi realizado, as noções de Potencial Elétrico e Lei de Ohm não eram trabalhadas no 6º e 8º graus nas escolas francesas, no entanto eram discutidas no 10º grau. Para trabalhar estas questões neste nível de escolarização, os autores utilizaram uma analogia térmica, tendo como análogo a condução de calor.

Essa analogia refere-se a um gerador térmico que mantém uma diferença de temperatura constante entre o interior e o exterior. A idéia principal dessa analogia é relacionar a diferença de temperatura com a diferença de potencial e o fluxo de calor com a corrente elétrica. Ou seja, relaciona a Lei de Ohm da eletricidade e a Lei de Fourier para condução de

calor. A figura 7 mostra a analogia térmica proposta por Dupin e Johsua (1989).



Figura 7 – Analogia Térmica – comparações com circuitos em série e em paralelo (DUPIN e JOHSUA, 1989)

Quanto à conexão entre os elementos da analogia, os autores afirmam que os conceitos de temperatura e de diferença de temperatura foram razoavelmente acessíveis, mas a noção de potencial continua muito misteriosa. A relação fugas – resistências eram facilmente associadas com o “caminho atual do fluxo” e os conceitos de calor e fluxo de calor estavam bastante confusos.

Nesta analogia, importantes pontos eram abordados, são eles:

- foi possível dar a idéia de potencial usando a noção de temperatura;
- a introdução da Lei de Ohm foi feita de forma fácil;
- o resistor foi pensado como um caminho para a corrente.

Dupin e Joshua (1989) pontuam como dificuldades aspectos psicocognitivas, entre elas, que os alunos têm a idéia mais clara do conceito de corrente do que de calor.

Acreditamos que ambas as analogias possuem aspectos distintos a serem trabalhados. Apesar da primeira analogia não abordar determinados conceitos o análogo utilizado é mais acessível em comparação com o análogo utilizado na segunda analogia. Não nos parece que o análogo empregado sistema térmico (refrigerador), seja um sistema fácil de ser compreendido.

O terceiro trabalho que apresentamos foi desenvolvido por Heywood e Parker (1997). O trabalho consistiu em um estudo de caso. O foco do estudo era explorar o uso e limitações de analogias usadas no ensino de eletricidade com referência para a aprendizagem de 25 professores primários em um curso de 20 dias. O curso foi ofertado pelo Departamento de Educação com a finalidade de desenvolver conhecimento nos professores e entendimento para permitir ensinar efetivamente o currículo nacional de ciências com confiança.

O assunto abordado no curso foi circuito elétrico simples, onde os estudantes trabalhavam em pequenos grupos investigando e discutindo a compreensão deles de circuitos elétricos.

Inicialmente era solicitado que acendessem uma lâmpada usando uma bateria e fios. Na seqüência, era pedido que juntassem as idéias do grupo sobre o que eles pensavam que estava acontecendo no circuito e listar

qualquer dúvida que emergisse das observações.

Quando exploravam o circuito elétrico simples, eram apresentadas umas séries de analogias aos estudantes e, solicitado que escrevessem reflexões individuais. Também, foram feitas gravações da discussão do grupo e entrevistas com estudantes para comentarem detalhadamente como as analogias haviam influenciado a aprendizagem deste assunto. As analogias usadas são mencionadas a seguir.

Na primeira analogia, o sistema circulatório humano era utilizado como análogo de um sistema fechado no qual o coração age como uma bomba, bombeando sangue para o corpo e no final a quantidade de sangue que sai do coração é igual à quantia de sangue que entra no coração.

Análogo	Alvo
Volume de sangue constante	Conservação da corrente
Coração atuando como bomba	Função da bateria
Nível de oxigenação do sangue	Mudança na natureza da eletricidade

A segunda analogia foi introduzida por uma atividade (um jogo) no qual indivíduos representavam o movimento de elétrons em um circuito. Os indivíduos caminhavam ao redor de um círculo com velocidade constante e atravessavam uma bateria que foi representada por um membro que agia como um ponto de energização obrigando os indivíduos a acenarem os braços, bem como caminharem.

Dentro do círculo, os indivíduos eram obrigados a atravessar um túnel estreito onde o movimento dos braços resultava na colisão com as paredes ocasionando um aquecimento.

Análogo	Alvo
Indivíduos caminhando	corrente
Indivíduos que retornam a bateria	Conservação da corrente
Velocidade da caminhada	Intensidade da corrente
Restrição do movimento do braço no túnel	Energia transferida
Túnel que fica quente	Transferência de energia resultando no aquecimento da lâmpada.
Tamanho do túnel	Resistência no circuito
Causa do movimento do braço	Função da bateria
Magnitude do movimento do braço	Tamanho da bateria

A última analogia é um circuito hidráulico no qual a água circula por uma bomba na qual são introduzidas contrações as quais terão um impacto na pressão em todo o sistema.

Análogo	Alvo
Fluxo de água	Corrente
Pressão no sistema	Resposta no circuito inteiro
Contrações	Resistência no circuito
Bomba	Bateria
Relação entre contrações	Relação entre resistências
Pressão e fluxo	Voltagem e corrente

Dos 24 estudantes, 23 acharam que a primeira analogia pode ser útil na aprendizagem. A razão principal para isto diz respeito ao conceito de conservação da corrente.

Em relação à segunda analogia, 24 afirmaram ser esta útil. Quinze informaram que a analogia ajudou a desenvolver idéias sobre conservação da corrente, 16 identificaram que a analogia utilizada explicou a idéia de transferência de energia à lâmpada e 10 estudantes argumentaram que a analogia explicou a idéia da bateria mais claramente. No entanto, alguns

estudantes reconhecem que a analogia não explicou se os elétrons perdem toda ou parte da energia para a lâmpada e também a diferença entre transferência de energia para a lâmpada e a energia necessária para elétrons se moverem no circuito.

Foi solicitado aos estudantes que aplicassem a segunda analogia a duas lâmpadas ligadas em série. Vinte e dois estudantes reconhecem que a analogia falhou e 15 que a analogia ainda poderia ser utilizada.

Em relação à terceira analogia, 16 estudantes acharam que a analogia ainda continua ser útil, 08 acharam que não ajudou na compreensão deles. Quatro estudantes consideraram a terceira analogia mais efetiva que as anteriores para este caso.

Ao final do artigo, os autores comentam que quando os professores estavam confortáveis com uma analogia que explicou satisfatoriamente uma parte do todo, estes mesmos professores não transferiram esta perspectiva para as demais analogias. No entanto argumentam que isto não é surpreendente, pois nenhuma analogia ou combinação de analogias pode explicar completamente a evidência empírica observada até mesmo os circuitos mais simples.

Devemos recordar aqui que este trabalho foi realizado com professores e não com estudantes. Neste sentido, vale a pena destacar que professores já possuem idéias mais elaboradas que estudantes secundaristas.

#### 2.4.4 Harrison e Treagust e uso de uma analogia para óptica

Harrison e Treagust (1993) trabalharam com seis professores de ciências, analisando um total de 12 analogias diferentes usando a versão modificada do modelo Teaching with Analogies.

Harrison e Treagust (1993) em artigo publicado no *Journal of Research in Science Teaching* relatam a implementação, por uma professora, de uma atividade didática com uso de analogia, em um curso de 10<sup>o</sup> série, para o



ensino do fenômeno da refração da luz utilizando uma versão modificada do Modelo *Teaching with Analogies* de Glynn (1991).

A analogia comparou a situação um raio de luz passando do ar para um bloco de vidro com um par de rodas mudando de direção quando eles rolam obliquamente de uma superfície dura para uma macia.

O estudo avaliou a eficácia da versão modificada do modelo em aulas de física com estudantes de 13 a 15 anos de uma escola particular composta por 29 estudantes. O principal objetivo da pesquisa era avaliar esta aproximação sistemática e medir a facilidade desta para a aprendizagem de estudantes, referente ao conteúdo estudado.

Para tanto, o estudo empregou observações de sala de aula com gravações de áudio em combinação com o professor e entrevistas com alunos. Cada episódio foi transcrito literalmente e analisado para render dados para análise de interpretações.

A seleção da professora deu-se em virtude de ser professora de física, ter experiência, por ser considerada, na escola em que atua, uma professora inovadora, por utilizar com frequência analogias e sua contribuição para a educação em ciências foi reconhecida pela Associação de Professores de Ciências Australianos.

Os passos para a utilização sistemática de analogias com base no modelo TWA foram discutidos com a professora e com os pesquisadores antes da implementação em sala de aula.

O fenômeno da refração da luz foi introduzido, mostrando aos estudantes a mudança na direção do raio de luz quando este passava do ar para um bloco de vidro. Esta introdução era precedida da seguinte pergunta: Por que os raios dobram quando eles passam obliquamente de um meio transparente para outro?

Devido ao fato dos alunos não terem experiência direta com o análogo utilizado, este foi apresentado com auxílio de um aparato experimental como mostra a figura abaixo.

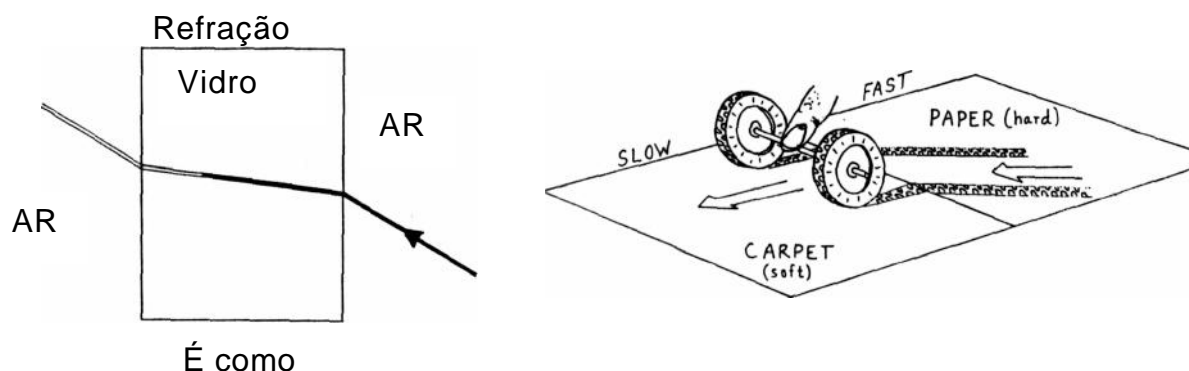


Figura 8 – Refração da luz quando passa do ar para o vidro é como um par de rodas que reduz a velocidade quando rola obliquamente do papel para o tapete (HARRISON e TREAGUST, 1993)

Este aparato tornou simples e visual o análogo, tornando-se familiar aos estudantes. Com base nas entrevistas realizadas, a professora argumenta que considera a analogia uma ferramenta importante na explicação, mostrando-se confortável em utilizá-la, conforme é possível perceber quando a mesma se manifesta:

Eu estava realmente contente com [a analogia] de fato, [refração] era algo que eu sempre achei algo difícil de explicar, e eu não sei se as crianças acham fácil, mas eu pensei, enquanto estava fazendo isto que isto de modo, clarificou muito... Ao termino da lição eles pareciam ter um bom entendimento disto [...].

Os estudantes também argumentaram que, para eles, a analogia explica bem o fenômeno da refração, afirmando que acharam a analogia útil como ferramenta explicativa e como um meio de articular a compreensão deles. Além disso, os alunos, em geral, perceberam as relações entre o alvo e o análogo bem como explicitaram as falhas apresentadas por esta analogia.

No entanto, concordamos com Utges (1999) quando coloca que apesar das vantagens levantadas, os pontos onde a analogia falha não foram suficientemente considerados.

Um ponto não explorado, e que se mostra fortalecedor de concepções alternativas, está relacionado com as razões para a variação na velocidade do raio de luz e do par de rodas ao mudar de um meio para outro. A causa para a mudança na velocidade no par de rodas é devido ao atrito entre o solo e as rodas, mas não constitui uma causa no caso do raio de luz. Segundo Utges

(1999) está limitação reforça a concepção corpuscular a respeito da luz, na qual os corpúsculos de luz viajam mais lento no vidro por conta do atrito.

Por outro lado, discordamos de Utges (1999) quando afirma que esta analogia parece ser muito limitada, na medida em que ela pode contribuir para um reforço de concepções alternativas a respeito da natureza da luz. Acreditamos ser tarefa do professor explicitar as limitações apresentadas pelas analogias quando estas não são identificadas pelos alunos.

É bom lembrarmos que estamos comparando situações /conceitos/ fenômenos semelhantes e não iguais. Se fosse assim não precisaríamos fazer comparações. Além do mais, se pensarmos que as várias limitações apresentadas por várias analogias constituem um empecilho, em virtude de reforçarem concepções alternativas, excluiríamos a possibilidade do uso deste recurso o que está em desacordo com vários estudos bem sucedidos e com a visão que todo o ser humano é predisposto a pensar analogicamente.

Neste sentido, partimos do pressuposto que as analogias podem ajudar os estudantes a construir relações significantes entre o que eles já sabem e o que eles estão aprendendo. Infelizmente, como constatado nas pesquisas relatadas nas subseções anteriores, a grande maioria das analogias, utilizadas por autores em manuais de ensino, são usadas de forma não organizada podendo causar confusão nos estudantes.

Uma possível solução para este problema seria usar analogias de uma forma organizada. Sendo assim, na próxima seção são relatados alguns modelos/propostas para o uso organizado de analogias. Alguns deles foram elaborados a partir da análise de livros didáticos, sendo sugeridos para o uso organizado de analogias em materiais escritos bem como para o uso em sala de aula.

## 2.5 Identificação e definição de modelos/propostas para o uso organizado de analogias no ensino

A identificação e definição de modelos, aqui apresentados, tornam-se relevante para que um deles oriente a organização de nossas atividades didáticas baseadas em analogias, foco principal de nosso estudo, bem como as ações em sala de aula. Com base na literatura disponível identificamos 09 (nove) modelos/propostas para o uso organizado de analogias (RAFORD apud DAGHER, 1995; OTERO, 1997; ZEITOUN apud MASTRILLI, 1997; MÓL, 1999; GLYNN apud DUIT, 1991; HARRISON e TREAGUST, 1993; CACHAPUZ, 1989; GALAGOVSKY e ADÚRIZ-BRAVO, 2001; NAGEM et al., 2001). As definições dos modelos são apresentadas a seguir.

### 2.5.1 O modelo proposto por Radford (1989)

A primeira proposta para o uso de analogias, encontrada na literatura que possuímos é apresentada por Dagher (1995), foi desenvolvida por Radford (1989) e consiste nas seguintes etapas:

- a) selecionar um análogo de acordo com a experiência do provável leitor;
- b) posicionar a analogia como um organizador avançado, ou integrar a analogia ao longo do material a ser aprendido;
- c) lembrar o leitor das características relevantes do análogo que serão pertinentes à analogia;
- d) comparar análogo e alvo, ponto a ponto;
- e) precaver o leitor das diferenças entre análogo e alvo.

Esta proposta deixa clara a preocupação em selecionar um análogo que seja realmente familiar ao leitor (etapa 1) e em advertir o mesmo das diferenças entre análogo e alvo.

### 2.5.2 O modelo proposto por Otero (1997)

Com base em pesquisas que apontam ser comum o uso de analogias elementares, ou seja, analogias pouco elaboradas, tanto em livros didáticos de autores como em sala de aula por professores, e que em ambos os casos não são apontadas as possíveis correspondências incorretas ou os limites do modelo proposto, Otero (1997) sugere uma seqüência de passos a ser seguido para trabalhar eficientemente com analogias em aulas de Ciências. São eles:

- a) introduzir o sistema a modelar: “alvo”;
- b) introduzir o “modelo análogo”, discutindo profundamente suas características;
- c) estabelecer correspondências explícitas entre análogo e alvo, elementos e variáveis de um e de outro;
- d) explicitar e discutir similaridades e diferenças entre o análogo e o alvo;
- e) deduzir, a partir do análogo, conclusões acerca do alvo;
- f) contrastar empiricamente (se possível) as conclusões deduzidas, indicando sempre os limites de validade do modelo.

Neste modelo, verifica-se ênfase em estabelecer correspondências ou similaridades entre o alvo e o análogo, como pode ser percebido nos passos 3 e 4, bem como a discussão dos limites de validade da analogia utilizada no passo 4.

### 2.5.3 *General Model of Analogy Teaching* proposto por Zeitoun (1984)

Mastrilli (1997) apresenta o Modelo Geral de Ensino com Analogias (*General Model of Analogy Teaching*) elaborado por Zeitoun (1984) que consiste nas seguintes etapas:

- a) avaliar as características dos estudantes;

- b) levantar o que os alunos sabem sobre o alvo;
- c) analisar o material didático sobre o alvo;
- d) julgar a adequação da analogia;
- e) determinar as características da analogia;
- f) selecionar a estratégia de ensino e a forma de apresentação;
- g) apresentar a analogia;
- h) avaliar os resultados;
- i) revisar a estratégia.

Este modelo apresenta um número maior de etapas em relação aos outros modelos encontrados na literatura da área, que vai da avaliação dos estudantes até revisar a atividade utilizada. Nele, observamos que o autor tem por objetivo levantar as concepções dos alunos em sobre a situação alvo (etapa 2).

Na etapa 4, percebe-se a preocupação do autor em julgar a adequação da analogia, o que a nosso ver inclui a seleção de um análogo familiar a ser utilizado.

Em relação ao passo 6, entendemos que o autor não está referindo-se a selecionar uma metodologia para o uso da analogia, mas sim a forma como esta será apresentada, ou seja, oralmente, com utilização de um texto, experimentalmente, etc.

Nas etapas 8 e 9, observamos também a preocupação de avaliar os resultados (pós-implementação) e revisar a estratégia, respectivamente. Entretanto, o autor não deixa explícita uma etapa para a identificação dos limites de validade da analogia utilizada, o que pode estar implícito na etapa 5, podendo assim gerar ou reforçar concepções espontâneas nos estudantes.

#### 2.5.4 O modelo proposto por Mól (1999)

Com base nas constatações de seu trabalho, já descritas na seção 2.2, Mól (1999) apresenta algumas recomendações para que os professores possam utilizar analogias de forma mais eficiente em suas aulas.

Segundo este modelo, para que a utilização de analogias no ensino tenha uma maior eficiência, os professores devem considerar as seguintes etapas:

- a) selecionar um análogo que seja realmente do conhecimento de seus alunos;
- b) apresentar, de forma clara, o análogo aos alunos;
- c) destacar as características do análogo que sejam relevantes para a analogia;
- d) apresentar a situação alvo aos alunos;
- e) mapear a analogia, comparando, ponto a ponto, o análogo com o alvo;
- f) destacar as diferenças entre análogo e alvo;
- g) inferir conclusões sobre o alvo, a partir da analogia, ressaltando os atributos e as peculiaridades.

Esta proposta, diferentemente das outras, sugere que seja apresentada primeiramente à situação análoga a ser utilizada, com posterior apresentação da situação alvo a ser ensinada.

#### 2.5.5 *Teaching with Analogies Model* – TWA – proposto por Glynn (1989)

O Modelo TWA proposto por Glynn (apud DUIT, 1991) provê diretrizes para o uso de analogias em aulas de ciências. Este modelo estava inicialmente baseado na análise de tarefas na escola de nível elementar e em livros de ensino superior. A análise dos livros identificou como 43 autores usam analogias para explicar conceitos novos para os leitores. O Modelo TWA foi desenvolvido mais adiante com base na análise de dez professores de ciências considerados exemplares, de escolas públicas de nível médio e elementar.

A análise dos livros, junto com a posterior análise dos professores, revelou seis operações, fora as que deveriam ser utilizadas quando do uso de

analogias. Estas seis operações constituem o Modelo TWA. Segundo o Modelo TWA, para uma utilização adequada de analogias, como recurso didático, deve-se procurar seguir a seguinte seqüência de passos:

- a) Apresentar a “situação alvo” a ser ensinada;
- b) Apresentar a “situação análoga” a ser utilizada;
- c) Identificar as características relevantes do “alvo” e do “análogo”;
- d) Estabelecer as similaridades entre o “análogo” e o “alvo”;
- e) Inferir conclusões sobre a “situação alvo”;
- f) Identificar os limites de validade da analogia.

A ordem de apresentação dos passos pode variar, contudo é fundamental a execução de todos os passos. Caso o professor ou autor de livro didático deixe de executar algum dos passos o aluno ou leitor poderá não compreender o conceito que está sendo ensinado.

O modelo TWA serve como guia para autores e professores quando os mesmos forem construir analogias para ajudar na explicação de conceitos chave.

A estrutura deste modelo é adequada porque enfatiza que o essencial para a utilização de analogias como recurso didático é a compreensão não apenas das relações analógicas pretendidas, como também a dos limites de validade da analogia, levando o professor a trabalhar com analogias de forma organizada.

#### 2.5.6 O modelo proposto por Harrison e Treagust (1993)

Harrison e Treagust (1993), objetivando reduzir a possibilidade de formação de concepções alternativas e aumentar a compreensão dos estudantes, fizeram uma modificação na ordem dos passos que compõem o modelo *Teaching with Analogies* (TWA), proposto originalmente por Glynn (apud DUIT, 1991). Após esta modificação o modelo ficou assim apresentado:



- a) apresentar a “situação alvo” a ser ensinada. Dar uma breve ou completa explicação, dependendo de como a analogia será empregada;
- b) apresentar a “situação análoga” a ser utilizada. Introduzir o análogo para que a sua familiaridade com o estudante possa ser estimada pela discussão e questionamento;
- c) identificar as características relevantes do “análogo”. Explicar o análogo e identificar suas características pertinentes em uma profundidade apropriada para a familiaridade dos estudantes com o análogo;
- d) mapear as semelhanças entre o “análogo” e o “alvo”. O professor e estudantes identificam as características pertinentes do alvo e unem estes com as características correspondentes do análogo;
- e) identificar os limites de validade da analogia. Notar as concepções alternativas que os estudantes podem ter desenvolvido e conhecer as áreas onde o análogo e o alvo não correspondem. Indicar estes aos estudantes para desencorajar conclusões incorretas sobre o alvo a partir da analogia;
- f) extrair conclusões sobre a “situação alvo”. Resumir os aspectos importantes do conceito alvo.

Harrison e Treagust (1994) afirmam que a ordem de uso dos passos depende do estilo do professor, bem como a analogia a ser utilizada. Estes autores não descartam a possibilidade de se trabalhar com o análogo antes do alvo, neste caso a analogia esta sendo usado como um organizador avançado<sup>4</sup>.

Harrison e Treagust (1994) concluem que uma instrução analógica efetiva parece conter ao menos três passos, ou seja: a) assegurar que o professor e o estudante visualizem o análogo de forma congruente, b) que os atributos compartilhados sejam plausivelmente elucidados e que os atributos não compartilhados sejam claramente identificados para os estudantes.

---

<sup>4</sup> Termo cunhado de Ausubel (1968).

### 2.5.7 O modelo proposto por Cachapuz (1989)

Antônio Cachapuz em seu artigo “Linguagem Metafórica e o Ensino de Ciências” apresenta um modelo de ensino para o uso de analogias organizado segundo quatro fases seqüencialmente dispostas, são elas:

- a) apresentação da situação problema/conceito pertencendo ao domínio em estudo;
- b) introdução do(s) conceito(s) pertencendo ao domínio familiar (sub-domínio analógico);
- c) exploração interativa das correspondências estabelecidas;
- d) estabelecimento dos limites da analogia.

Neste modelo, a seleção do sub-domínio pode ser feita pelo aluno. Portanto, é possível considerar duas estratégias de uso do modelo: a estratégia centrada no professor (ECP) e a estratégia centrada no aluno (ECA). A segunda difere da primeira no sentido de que a seleção poderá ser feita pelo aluno espontaneamente ou pela solicitação pelo professor, como mostra a figura 9.

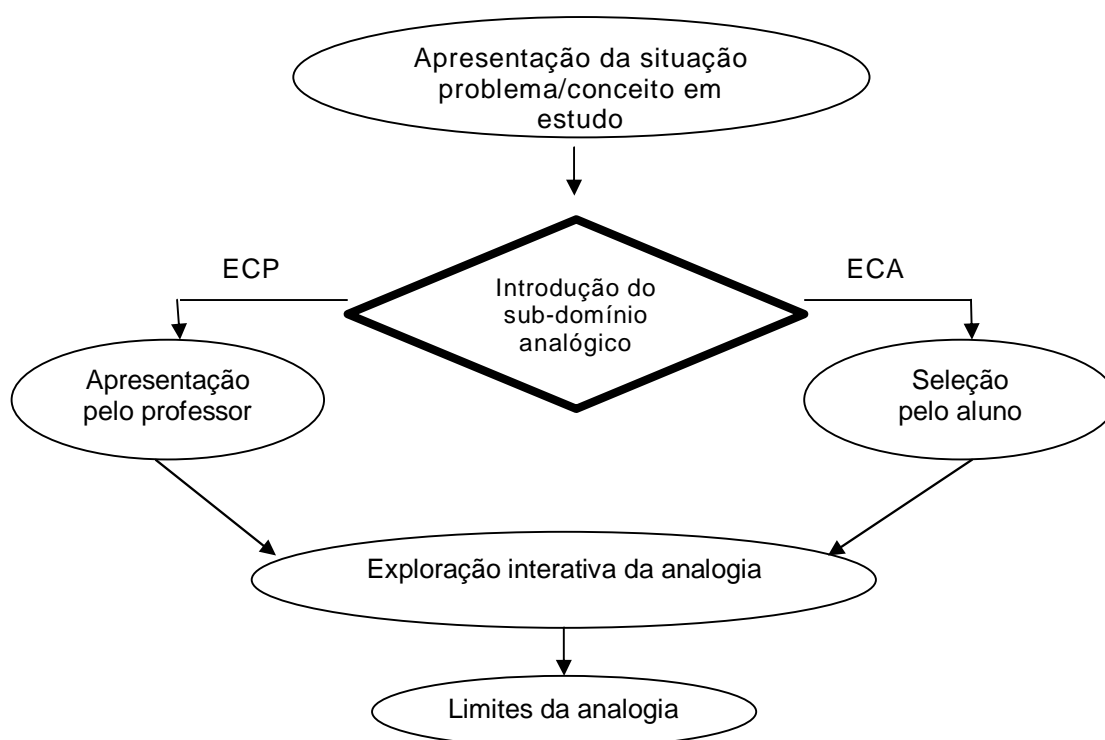


Figura 9 – Estrutura do modelo proposto por Cachapuz (1989)

Cachapuz (1989) argumenta que o critério de escolha de uma das estratégias depende da perspectiva teórica do professor e dos objetivos de ensino. No caso da apresentação de conceitos pertencentes a um domínio conceitualmente novo para o aluno é de privilegiar uma ECP. Nesse caso, as analogias funcionam como mediadoras de ensino, estabelecendo “pontes cognitivas” que facilitam a integração da nova informação na estrutura cognitiva do aluno; desempenhando o papel de organizadores prévios.

Uma ECA deve ser privilegiada quando se presume que o domínio em estudo já está minimamente estruturado pelos alunos (adequadamente ou não). Neste caso, o estabelecimento de analogias bem como a exploração da sua pertinência para o domínio em estudo, devem ser encorajados a nível de pequenos grupos de alunos (3 a 4 elementos) de modo a potencializar interações entre eles, num tempo pré-estabelecido (CACHAPUZ, 1989).

O autor conclui o artigo argumentando que os resultados preliminares da investigação do uso de analogias com utilização deste modelo mostraram que a ECA é quase inexistente e as duas ultimas etapas são inadequadamente seguidas e em alguns casos ignoradas.

#### 2.5.8 O modelo didático analógico proposto por Galagovsky e Adúriz-Bravo (2001)

O Modelo Didático Analógico requer três momentos diferenciados:

- a) Trabalhar a situação analógica de conhecimento do aluno. Os alunos, compreendendo a situação analógica inicial, podem formular hipóteses sobre que, por que, como e quando ocorrem diferentes fenômenos no análogo, logo serão capazes de relacionar com os conteúdos, procedimentos e com a linguagem científica.

Nesta etapa os autores indicam que o registro escrito é fundamental para facilitar o momento da metacognição. Este registro pode ser uma tarefa, um mapa ou uma rede conceitual, um esquema ou um relato.

- b) Apresentar a informação científica. Esta informação pode ter o formato de um texto ou de uma exposição do professor, e descrita com a linguagem mais apropriada da científica adaptada para o nível de escolaridade desejado, colocando o aluno em conflito cognitivo.

Na segunda etapa o trabalho do aluno consistirá, então, em elaborar novas hipóteses que relacionem o análogo e a informação científica através de suas similaridades e diferenças. Esta etapa, como a anterior, deve ser apoiada com um questionário ou com a confecção de uma tabela, um mapa ou uma rede conceitual, que pode ser comparado com aquele da etapa anterior.

- c) Explicar as transposições que operam no processo de “analogação”: os recortes, simplificações e aproximações que se produziram, as transferências, o conjunto de operações inversas que não permitem recuperar o modelo original.

Esta etapa supõe um tipo de pensamento de mais alto nível de conceitualização e de revisão dos mecanismos próprios de aquisição do conhecimento.

#### 2.5.9 Metodologia de Ensino com Analogias – MECA – proposto por Nagem, Carvalhes e Dias (2001)

A última proposta que descrevemos para o uso organizado de analogias em sala de aula foi apresentada em artigo publicado na Revista Portuguesa de Educação, v.14, n.1, de 2001. A proposta foi desenvolvida a partir de estudos promovidos pelo grupo GEMATEC<sup>5</sup>, sob a coordenação de Ronaldo Luiz Nagem, e que teve por base as propostas de Glynn (1991) e de Cachapuz (1989), já relatadas anteriormente nesta seção. A proposta constitui-se de nove passos a serem seguidos por professores, quando da elaboração e do uso de analogias. A seqüência proposta é:

---

<sup>5</sup> Grupo de Estudos de Metáforas e Analogias na Tecnologia, na Educação e na Ciência, do curso de Mestrado em Tecnologia do Centro Federal de Educação Tecnológica de Minas Gerais (CEFET – MG).

1º – Área do conhecimento: Definir a área de conhecimento do assunto a ser trabalhado. Isto pode ser justificado pelo fato de que em uma analogia o alvo de uma área pode se tornar veículo de outra;

2º – Assunto: Define-se o tema a ser ensinado aos alunos;

3º – Público: É fundamental definir qual o público a ser atingido. Uma vez que, segundo os autores, o uso de analogias fundamenta-se, basicamente, no conhecimento prévio dos alunos. Sendo assim, uma analogia poderia ter sentido para um público e não para outro, em virtude do conhecimento do análogo por eles;

4º – Veículo: Corresponde a encontrar o análogo na experiência dos alunos. Neste passo explica-se o veículo, funcionando também como elemento motivador;

5º – Alvo: Estabelecer o tema a ser ensinado;

6º – Descrição da analogia: trabalhar conceitos e definições relacionadas ao tema;

7º – Semelhanças e diferenças: Estabelecer as semelhanças e diferenças entre o veículo e o alvo, possibilitado aos alunos e professores exercerem, além da memória, a reflexão sobre essa construção;

8º – Reflexões: Procurar analisar, junto aos alunos, a validade da analogia, suas limitações, verificando onde ela pode vir a falhar, assim como sua adequação ao conteúdo proposto;

9º – Avaliação: Fazer com que os alunos criem uma nova analogia, apresentando também as semelhanças e diferenças, pois isto pode evidenciar entendimento e compreensão do conceito. Este passo, também, destina-se à verificar o grau de compreensão e entendimento do aluno.

Com a definição do modelo proposto por Nagem et al. (2001) finalizamos a apresentação dos modelos identificados na literatura disponível. Percebemos que todas as propostas aqui apresentadas, nos diferentes modelos propostos, caracterizam-se por suas estruturações em etapas ou passos. Encontramos em todos eles etapas semelhantes, o que demonstra certo consenso entre os diversos autores quanto a sua importância para o ensino com analogias.

No entanto, os passos da grande maioria dos modelos pressupõem formas de planejamento e não ações de ensino, ou seja, são ações anteriores à execução da analogia propriamente dita.

Sendo assim, para a organização de nossas Atividades Didáticas Baseadas em Analogias (ADA) utilizamos como referência a versão modificada do modelo TWA (*Teaching with Analogies*), desenvolvido originalmente por Glynn (apud DUIT, 1991), proposta por Harrison e Treagust (1993).

O modelo selecionado não é uma escolha especificamente para esta dissertação, mas sim para vários estudos por nos desenvolvidos, sendo apontado por vários pesquisadores como um valioso modelo para o uso organizado de analogias no ensino por levar em consideração uma visão construtivista de ensino.

Além disso, este modelo foi escolhido, entre os vários encontrados na literatura da área, por entendermos que o essencial é a compreensão não apenas das relações analógicas pretendidas, como também dos limites de validade da analogia utilizada.

Outro fator que influenciou a escolha do modelo TWA foi o de propiciar a realização de tarefas, tais como, identificação de correspondências entre alvo e análogo (passos 4 e 5) e de elaboração de sínteses conclusivas sobre o alvo (passo 6), juntamente com os estudantes. Como pode ser verificado na tabela abaixo o modelo TWA é o único, com exceção do modelo proposto por Otero (1997), que dedica um passo ao retorno à situação alvo, visto que os modelo proposto por Mól foi elaborado a partir de modificações no modelo TWA.

Tabela 3 – Comparação entre os diferentes modelos/propostas para o uso organizado de analogias no ensino

Modelos/Autores	Passos fundamentais no ensino com analogias				
	Introduz o alvo	Introduz o análogo	Identifica semelhanças	Identifica diferenças	Retorna ao alvo
Radford (1989)	X	X	X	X	
Otero (1997)	X	X	X	X	X
GMAT Zeitoun (1984)					
Mól (1999)	X	X	X	X	X
TWA Glynn (1989)	X	X	X	X	X

Harrison e Treagust (1993) TWA modificado	X	X	X	X	X
Cachapuz (1989)	X	X	X	X	
MDA Galagovsky e Adúriz- Bravo (2001)	X	X			
MECA Nagem et al. (2001)	X	X	X	X	

Com um aporte teórico que possuímos, descrito neste capítulo, cabe-nos explicitar o objetivo da investigação, o problema e as questões que balizaram a presente pesquisa, seus locais de realização, sujeitos participantes e colaboradores e, finalmente, dos instrumentos de registros de informações.

CAPÍTULO III  
PROPÓSITO DA PESQUISA – PROCEDIMENTOS  
METODOLÓGICOS

“NINGUÉM É TÃO GRANDE QUE NÃO POSSA APRENDER,  
NEM TÃO PEQUENO QUE NÃO POSSA ENSINAR”.

(VOLTAIRE)

No âmbito específico da Didática das Ciências, há algum tempo já se manifesta a preocupação em avaliar a influência do recurso analógico na aprendizagem dos alunos. Desde então, são diversas as investigações que têm tratado de avaliar a eficácia das analogias como recurso para o Ensino de Ciências.

Nos últimos anos, também têm aumentado o número de trabalhos realizados sobre este tema por pesquisadores brasileiros. No entanto, poucos são os trabalhos que investigam o uso de analogias como atividades didáticas para o no ensino de física no Ensino Médio.

Neste sentido, percebe-se a necessidade de estudos mais específicos, em torno desta problemática, que busquem potencializar esta atividade e que visem o estabelecimento de parâmetros para uma melhor realização destas em sala de aula.

A preocupação em avaliar a influência do recurso analógico na aprendizagem dos alunos refletiu-se inclusive no fato de uma revista especializada internacional, como o *Journal of Research in Science Teaching*, dedicar o seu número inteiro de dezembro de 1993, para tratar especificamente deste tema: *The Role of Analogy in Science and Science Teaching*.

Lawson (1993) expressou claramente no prelúdio deste volume especial: “[...] uma meta de pesquisa de educação em ciências é inventar e avaliar a



efetividade de vários tipos de analogias no ensino de vários conceitos teóricos”.

Segundo Dupin e Johsua (1989) questionar sobre o uso de analogias é importante pelo menos por três razões seguintes:

- o raciocínio analógico é uma ferramenta preciosa para ampliar o conhecimento humano e teve um papel heurístico<sup>6</sup> inegável na história científica;
- muitos educadores invocam este mesmo papel para justificar o uso de analogias no ensino (GEE apud DUPIN e JOHSUA, 1989);
- finalmente, o processo de construção de conhecimento para crianças favorece tal uso, não consiste em acumular noções novas a partir dos prévios, mas de uma real reconstrução incessante de uma gama de conhecimento. O "novo" é chegado pelo mais "velho" e de tal modo que o raciocínio analógico é operativo (HASHWEH apud DUPIN e JOHSUA, 1989).

Dadas às considerações anteriores, a presente pesquisa objetiva estudar as contribuições e as limitações do uso de Atividades Didáticas Baseadas em Analogias para o ensino de conteúdos conceituais de Física no Ensino Médio.

Sendo assim, consideramos a preocupação em avaliar a influência das Atividades Didáticas baseadas em Analogias (ADA) na aprendizagem dos alunos. Nesse contexto é que se insere nosso estudo, tendo como problema de pesquisa: Que aspectos tornam as Atividades Didáticas baseadas em Analogias mais eficazes no ensino de conteúdos conceituais de Física?

Consideramos como critério de eficácia o nível de correspondências estabelecidas, de limites identificados e o grau de elaboração de sínteses conclusivas. Sendo assim, as questões que balizaram a presente investigação são mencionadas a seguir:

---

<sup>6</sup> Conjunto de regras e métodos que conduzem à descoberta, à investigação e à resolução de problemas (Ferreira, 1999)

- a) Em que medida, os análogos utilizados nas atividades didáticas podem ser considerados familiares?
- b) Quais são as correspondências estabelecidas entre análogo e alvo, e qual o nível de explicitação dos limites de validade da analogia, identificados pelos alunos? Em que medida, as respostas dos alunos aproximam-se de nossas expectativas?
- c) Qual o grau de elaboração de sínteses conclusivas sobre a situação alvo?

Nas respostas das questões norteadoras estabelecemos, além de uma tipologia para as correspondências estabelecidas, uma gradação de nível, ou seja, uma escala qualitativa para o estabelecimento de correspondências, a identificação de limites de validade e para a elaboração de sínteses conclusivas.

Definido o problema a ser abordado e as questões a serem respondidas, coube-nos definir a metodologia de pesquisa que seria adotada.

Para Taylor e Bogdan (1987), o termo *metodologia qualitativa* se refere, em seu mais amplo sentido, à investigação que produz dados descritivos: as próprias palavras das pessoas, faladas ou escritas, e a conduta observável.

Sendo assim, afirmamos que a metodologia empregada nesta pesquisa é qualitativa de caráter descritivo. Qualitativa pela possibilidade de, mediante o contato direto com os sujeitos pesquisados, realizar a coleta de dados, sejam eles dos sujeitos ou de acontecimentos e situações e, descritiva pelo fato dos dados recolhidos da investigação serem apresentados em forma de palavras ou imagens e, também, pelos resultados escritos da pesquisa conterem citações feitas com base nos dados para ilustrar e substanciar a apresentação. Os dados incluem transcrições de entrevistas, notas de campo, fotografias, vídeos e documentos pessoais.

Para Taylor e Bogdan (1987), na pesquisa qualitativa o investigador: a) é indutivista: começa seus estudos com interrogações vagamente formuladas; b) vê o cenário e as pessoas numa perspectiva holística: as pessoas, os cenários e os grupos não são reduzidos a variáveis, sendo consideradas como um todo; c) é sensível aos efeitos que eles mesmos causam sobre as pessoas que são

objetos de seu estudo; d) trata de compreender as pessoas dentro do marco de referência delas mesmas; e) suspende ou aparta suas próprias crenças, perspectivas e predisposições; f) considera todas as perspectivas valiosas; g) considera os métodos qualitativos humanistas; h) considera que todos os cenários e pessoas são dignos de estudo.

No que se refere ao local de realização, a investigação foi desenvolvida no Núcleo de Educação e Ciências (NEC) do Centro de Educação da Universidade Federal de Santa Maria (UFSM), como parte de um projeto mais amplo intitulado "Linguagem e Formação de Conceitos: Implicações para o Ensino de Ciências Naturais" (LFC) que busca estudar o uso de analogias no Ensino de Ciências, em textos didáticos de ciências, no discurso de professores em aulas de ciências e em atividades didáticas orientadas, planejadas com esta finalidade.

Especificamente, este estudo contou com a colaboração de 02 professores de escolas da região de Santa Maria e de seus respectivos alunos. Estes professores já haviam participado de atividades e cursos oferecidos pelo NEC. Com isso, a facilidade de contato com os mesmos auxiliou na escolha. Além disso, os professores mostraram-se interessados no uso de analogias e disponíveis para participar e colaborar com o pesquisador no desenvolvimento da investigação.

Utilizamos, também, como critério de escolha dos professores: a) atuação em regência de classe durante os anos de 2003 e 2004, pois este seria o período em que a pesquisa se desenvolveria; b) regência em turmas de segunda e terceira séries do Ensino Médio, pois para elas possuíamos Atividades Didáticas baseadas em Analogias possíveis de implementação.

Sendo assim, os professores colaboraram na implementação das Atividades Didáticas Baseadas em Analogias em suas turmas, permitindo-nos a filmagem de suas aulas.

Além dos professores acima mencionados, as Atividades Didáticas Baseadas em Analogias foram implementadas pelo professor-pesquisador, autor deste trabalho, em duas turmas nas quais era regente de classe. A

tabela 4 traz uma caracterização das turmas e dos professores envolvidos nesta investigação.

Tabela 4 – Caracterização dos professores colaboradores envolvidos na investigação

Número de Ordem	Professor(a) Responsável	Formação	Escola	Número de Alunos	Turma	Tempo de Docência (anos)
01	ALE	Licenciado em Física	Escola de Educação Básica Medianeira/Candelária	23	3º Médio	5
				26	2º Médio	
02	MS	Licenciada em Matemática, com Habilitação em Física	Escola de Educação Básica Tiradentes /Nova Palma	31	311	7
				22	201	
03	LLS	Licenciado em Física	Escola de Educação Básica Paulo Devanier Lauda/Santa Maria	38	302	3
			Colégio Manoel Ribas /Santa Maria	31	3D	

Porém, antes de ocorrerem as implementações das ADA em salas de aula, percorremos alguns caminhos, como parte das tarefas do projeto mencionado acima, até chegarmos a seleção das analogias e a elaboração das atividades.

Em trabalhos anteriores, realizamos um mapeamento de apresentações analógicas em coleções didáticas de Biologia, Física e Química, destinadas ao Ensino Médio, como parte das ações do projeto LFC, cuja listagem encontra-se no Anexo A. As quatro Coleções Didáticas de Biologia, as quatro de Química e três das de Física, (CD-F1, CD-F2 e CD-F3), foram escolhidas por serem as mais utilizadas por professores da rede escolar de Ensino Médio de Santa Maria na época da seleção. Além destas, incluímos para análise duas outras de Física, a saber: a CD-F4, por ser uma coleção de referência em cursos de atualização e aperfeiçoamento oferecidos pelo NEC/UFSM a

professores em serviço, e a CD-F5, por ter se mostrado rica no uso de analogias.

Conforme referido anteriormente, mapeamos um total de 64 apresentações analógicas nas coleções didáticas de Química, 414 nas de Biologia e 71 nas de Física. Estas quantidades talvez possam ser justificadas por um “estilo do autor” ou uma “característica do tópico conceitual”. Constatamos que as analogias utilizadas são pouco exploradas do ponto de vista didático nas coleções analisadas.

A realização do levantamento nos levou a refletir sobre a possibilidade de explorar este recurso didático no contexto da sala de aula. Para tanto, elaboramos ADA com base nas analogias selecionadas das coleções didáticas analisadas ou elaboradas pela equipe do projeto anteriormente citado.

Os critérios utilizados para esta seleção foram: a frequência com que as analogias apareciam nos livros didáticos, a possibilidade de serem inseridas na programação usual da disciplina de Física e a possibilidade de estruturação de nossas Atividades Didáticas Baseadas em Analogias, utilizamos como referência a versão modificada do modelo TWA (*Teaching with Analogies*), desenvolvido originalmente por Glynn (apud DUIT, 1991), proposta por Harrison e Treagust (1993), já mencionada anteriormente no capítulo 2, fazendo parte do corpo teórico da pesquisa.

Para a elaboração das ADA procurou-se seguir as características apontadas por vários autores para a seleção dos análogos. Estas características são apresentadas abaixo.

- a) o análogo deve ser mais familiar que o alvo. Deve-se dar preferência a situações do cotidiano (DUIT, 1991);
- b) deve ser possível de representação através de imagens, tanto do alvo como do análogo (DUPIN e JOSHUA, 1990; DUIT, 1991);
- c) a quantidade de comparações entre análogo e alvo não devem ser demasiadamente grande nem pequena (STAVY e TIROSH, 1993);
- d) deve-se evitar o uso de análogos que os alunos apresentam concepções prévias (DUIT, 1991).

STAVY e TIROSH (1993) apresentam a característica “c” de maneira muito geral, ou seja, sem uma definição clara do que é uma “quantidade” grande ou pequena de comparações. No entanto, entendemos que uma quantidade grande de comparações poderá contribuir para um número maior de atributos a serem relacionados.

As estruturações das atividades obedecem a certo padrão. Nos passos 1 e 2 há um pequeno texto de referência para utilização do professor. No 3º passo, são identificadas as características relevantes do análogo utilizado. No 4º passo, há um mapeamento das principais relações analógicas pretendidas; outras poderão surgir, no entanto, pelo menos aquelas levantadas nas atividades devem ser discutidas em sala de aula. Quanto ao 5º passo do modelo adotado, apontamos os limites de validade da analogia utilizada. Para a síntese conclusiva, o planejamento apresenta um exemplo de texto como expectativa da produção coletiva de uma turma típica.

Contamos com um total de 22 ADA estruturadas de acordo com o modelo TWA, as quais são objeto de avaliação nesta pesquisa. O quadro 5 sintetiza informações sobre as atividades elaboradas.

ANALOGIA		Referência
Alvo	Análogo	
Circuito simples	Circuito hidráulico	ALVARENGA, Beatriz A; MÁXIMO, Antônio. <i>Curso de Física</i> . V. 3. São Paulo: Scipione, 1997.
Conexão por contato	Funcionamento de vasos comunicantes	GUIMARÃES, Luiz A; FONTE BOA, Marcelo. <i>Física para o 2º Grau</i> . V.3: Eletricidade, Ondas. São Paulo: Harbra, 1997.
Condução elétrica no interior de um condutor metálico	Fluxo de pessoas no corredor de um <i>shopping center</i>	GUIMARÃES, Luiz A; FONTE BOA, Marcelo. <i>Física para o 2º Grau</i> . V.3: Eletricidade, Ondas. São Paulo: Harbra, 1997.
Desvio da trajetória de uma luz ao mudar de meio	Modificação da trajetória de duas rodas presas a um eixo ao mudarem de terreno	HARRISON, Alan G.; TREAGUST, David F. Teaching with Analogies: A case Study in Grade-10 Optics. In: <i>Journal of Research in Science Teaching</i> , v.30, n.10, 1993. p.1291-1307.
Reflexão de parte de um feixe comum incidindo em um espelho	Passagem de parte de um feixe de bastões (palitos de fósforo) incidindo numa grelha (peneira de fendas)	GRAF – Grupo de Reelaboração do Ensino de Física. <i>Física</i> . V.3: Eletromagnetismo. São Paulo: USP, 1990.
Expansão térmica das moléculas ou átomos da rede cristalina de um sólido	Agitação mecânica das bolas de isopor localizadas nos nós de uma rede elástica tridimensional	GASPAR, Alberto. <i>Física</i> . V. 2. São Paulo: Ática, 2000.
Energia potencial de um sistema elétrico	Energia potencial de um sistema mecânico (sistema massa-mola)	PEF – Projeto de Ensino de Física. <i>Eletricidade</i> . São Paulo: USP, 1979.
Indução eletromagnética	Campo de cheiro	GRAF – Grupo de Reelaboração do Ensino de Física. <i>Física</i> . V.3: Eletromagnetismo. São Paulo: USP, 1990.
Transferência de carga em um condutor	Fluxo de água em um cano	Elaborada pelo autor deste trabalho
Funcionamento do Olho humano	Funcionamento de uma máquina fotográfica	GRAF – Grupo de Reelaboração do Ensino de Física. <i>Leituras de Física: óptica, para ver, fazer e pensar</i> . São Paulo, 1998.

As analogias elaboradas para o ensino de Física

a corda	“OLA” num estádio de futebol	GASPAR, Alberto. <i>Física</i> . V. 2. São Paulo: Ática, 2000.
ômico de Rutherford	Sistema Planetário	ARANTES, Jose Tadeu. Bohr e a Teoria Quântica. In: <i>Globo Ciência</i> , São Paulo: Globo, v.4, n. 48, 1995. p.60-65.
ômico de Thomson	Pudim de Ameixa	ARANTES, Jose Tadeu. Bohr e a Teoria Quântica. In: <i>Globo Ciência</i> , São Paulo: Globo, v.4, n. 48, 1995. p.60-65.
ômico de Bohr	Cebola cortada ao meio	Elaborada pelo autor deste trabalho
étrica “escoando” por erância	Água escoando por um ralo	PARANÁ, Djalma Nunes. <i>Física: Eletricidade</i> . v. 3. São Paulo: Ática, 1995.
étrico Simples	Malha de um Sistema Ferroviário	DUPIN, J. J.; JOSHUA, S. Analogies and “modeling analogies” in teaching: Some examples in basic electricity. In: <i>Science Education</i> , v.73, n.3, 1989. p.207-224.
étrico Simples	Sistema Circulatório/Sangüíneo	Elaborada pelo autor deste trabalho
e da Força Elétrica	Intensidade da Força Gravitacional	BONJORNIO, José R.; RAMOS, Clinton M. <i>Física</i> . v. 3. São Paulo: FTD, 1992.
étrico criado por elétrica	Campo Gravitacional	GRAF - Grupo de Reelaboração do Ensino de Física. <i>Física</i> . v.3: Eletromagnetismo. São Paulo: USP, 1990.
ômico de Bohr	Livros alocados em uma estante	Elaborada pelo autor deste trabalho
encial de um étrico	Energia potencial gravitacional	BONJORNIO, José R.; RAMOS, Clinton M. <i>Física</i> . v. 3. São Paulo: FTD, 1992.
étrico criado por as	Alunos participando de uma aula	ROBILOTA, Manoel Roberto; MENEZES, Andréa M. M.; LOPES, Eliana. Gente como carga e aula como campo. In: , v., n., 19--. p.16-23.

em analogias elaboradas para o ensino de Física (continuação)



Como se nota, as analogias que compõem as ADA são freqüentemente utilizadas em manuais de ensino, porém, utilizadas de forma não organizada. No anexo B encontra-se exemplares de Atividades Didáticas Baseadas em Analogias elaboradas de acordo com o modelo TWA.

Concluída a elaboração dessas atividades didáticas, passou-se à preparação dos professores para a implementação em sala de aula, sendo que os encontros com eles ocorriam em diferentes locais.

A preparação das aulas com o Professor ALE ocorria na cidade de Candelária, onde a escola em que ministra as aulas se localiza e com a Professora MS no Núcleo de Educação em Ciências do Centro de Educação da Universidade Federal de Santa Maria (NEC/CE/UFSM). As preparações destes professores eram realizadas juntamente com o Professor LLS, autor deste trabalho.

Sendo assim, partimos do pressuposto que as analogias são, em geral, amplamente utilizadas pelos professores no discurso escolar. Contudo, muitas vezes isso ocorre de forma espontânea e não intencionalmente planejada.

Um aspecto importante que deve ser levado em consideração para a implementação, em sala de aula, de uma Atividade Didática Baseada em Analogia, refere-se à conduta que o professor deve assumir em sua prática pedagógica.

Neste sentido, levamos em consideração as seguintes observações acerca do uso do modelo TWA em sala de aula:

1º Passo - Introduzir a "situação alvo" a ser ensinada

Inicialmente, deve-se apresentar, de forma geral e abrangente, a situação/fenômeno/conceito a ser estudado e compreendido, deixando-se ao lado as particularidades, os detalhes.

2º Passo - Introduzir a "situação análoga" a ser utilizada

Esta etapa deve ser utilizada para o professor apresentar o análogo, auxiliando os alunos a compreenderem/relembrarem o mesmo.

O professor, nestes dois primeiros passos, deverá cuidar para que estas "introduções" tenham realmente este caráter "introdutório", caso contrário corre-se o risco de ministrar aulas expositivas completas, sobrando pouco ou nenhum espaço para qualquer outra estratégia de participação dos alunos.

3º Passo - Identificar as características relevantes do "alvo" e do "análogo";

Neste passo, através de uma discussão coletiva, devem ser estabelecidas as características relevantes do análogo utilizado.

É provável que professores acabem por tratar estes dois passos, 2º e 3º, de modo conjunto. De todo modo, sugere-se fortemente que estes passos fiquem bem demarcados para que os alunos, na seqüência, identifiquem as relações analógicas pretendidas.

4º Passo - Estabelecer as similaridades entre o "análogo" e o "alvo"

Neste passo, a partir da caracterização do análogo os alunos devem ser solicitados a fazer comparações entre as situações alvo e análoga, e a preencherem individualmente uma ficha. Esta deve ser recolhida para análise posterior. Após, é necessário que o professor sistematize este passo.

5º Passo - Identificar os limites de validade da analogia

Deve-se solicitar que, após o estabelecimento de comparações entre análogo e alvo, que os alunos preencham uma segunda ficha, indicando as características da situação análoga que não encontram correspondência na situação alvo e vice-versa, ou seja, pontos onde a analogia falha. De todo modo, sempre é necessário que o professor também sistematize este passo.

6º Passo - Extrair conclusões sobre a "situação alvo"

Neste passo, os alunos devem elaborar uma síntese conclusiva, que deverá ser registrada e recolhida para análise posterior. Ao final, o professor

deve retomar as características básicas da situação alvo fazendo um fechamento da atividade.

Na seqüência, estávamos interessados em investigar qual o grau de familiaridade dos alunos com os análogos empregados nas atividades, para que aquela orientasse as práticas dos docentes.

Para tanto, realizamos um levantamento com 157 alunos de segundas e terceiras séries de quatro escolas da rede de Ensino Médio do Rio Grande do Sul, 64 de Santa Maria/RS, 44 de Candelária e 49 de Nova Palma. Estes alunos foram submetidos a um questionário escrito, mediante o qual deveriam indicar se diferentes análogos lhes eram familiares ou não, e apontar justificativas para isso. No apêndice A encontra-se a primeira versão do roteiro do questionário e no B a segunda versão, após modificações realizadas já com os aprendizados, obtidos mediante a implementação.

O questionário englobou uma variedade de situações que costumam ser utilizadas no ensino com analogias para introduzir a aprendizagem de diversos conceitos/fenômenos. As situações consideradas eram mencionadas no questionário de maneira muito geral, sem muita precisão, a fim de permitir a livre opinião sobre as mesmas por parte dos respondentes.

As informações obtidas no questionário foram utilizadas não somente para a seleção das atividades que iriam ser implementadas em sala de aula, mas também na preparação dos professores, uma vez que os índices obtidos nos forneceriam o nível que o professor deveria contemplar os passos 2 e 3 do modelo TWA, durante a implementação da atividade em sala de aula.

Podemos afirmar que o questionário é um instrumento de coleta de dados preenchido por informantes, sem a presença do pesquisador.

Especificamente em relação ao questionário, Barros (1990) afirmam que a maior vantagem do uso do questionário diz respeito à possibilidade de se abranger um grande número de pessoas. Outro fator é o custo. O questionário custa menos para o pesquisador podendo ser distribuído, de uma só vez, para todos os elementos a serem questionados.

Na 1ª turma do professor-pesquisador, as justificativas apresentadas pelos alunos no questionário para estudo da familiaridade de análogos não

foram significativas. Para suprir esta carência, realizamos entrevistas estruturadas, audio-gravadas e posteriormente transcritas, individualmente, com 06 estudantes, escolhidos de forma aleatória, por sorteio, onde procurávamos um aprofundamento, por parte do entrevistado, das justificativas apresentadas nas respostas ao questionário para considerarem os análogos familiares ou não.

A entrevista pode ser definida como a técnica em que o investigador se apresenta frente ao investigado e lhe formula perguntas, com o objetivo de obtenção dos dados que interessam à investigação. A entrevista é, portanto, uma forma de interação social, mais especificamente, é uma forma de diálogo assimétrico, em que uma das partes busca coletar dados e a outra se apresenta como fonte de informação (GIL, 1999).

Segundo Minayo (2000) a entrevista, tomada no sentido amplo de comunicação verbal, e no sentido restrito de colheita de informações sobre determinado assunto científico, é uma das técnicas mais usadas no processo de trabalho de campo.

Segundo Bogdan e Biklen (1994), em investigações qualitativas, as entrevistas podem ser utilizadas de duas formas: “podem constituir a estratégia dominante para a recolha de dados ou podem ser utilizadas em conjunto com a observação participante, análise de documentos e outras técnicas”.

Nesta pesquisa, a entrevista foi utilizada com o objetivo de registrar aspectos não contemplados com o questionário e com a vídeo-gravação, sendo estruturada, pois foi realizada a partir de uma relação fixada de perguntas, cuja ordem e redação permanecem invariáveis para todos os entrevistados (GIL, 1999).

Com o objetivo de introduzir a entrevista e levantar as questões de interesse utilizamos, para estimular a resposta dos entrevistados, figuras dos análogos, presentes em extratos de páginas dos materiais das quais as analogias foram extraídas ou de materiais impressos que continham a figura do análogo. Este procedimento está baseado no trabalho de Delizoicov (1995) que, em sua dissertação de mestrado, entrevistou professores de ciências

utilizando um texto didático que era examinado pelos professores antes da entrevista. O roteiro da entrevista encontra-se no apêndice C e uma segunda versão no D, juntamente com os extratos das páginas utilizadas e as imagens dos análogos, após modificações realizadas já com os aprendizados obtidos com a sua aplicação.

No apêndice E é apresentada a transcrição da entrevista com a aluna LCC e com o aluno UDVJ. Com estas duas ações respondemos à primeira questão norteadora.

Usamos, também, como material documental, para respondermos a segunda e terceira questões norteadoras, as informações contidas nas produções escritas dos alunos, realizadas por eles durante as aulas, referentes aos passos 4, 5 e 6 do modelo TWA.

No que se refere à produção escrita dos alunos, podemos dizer que sua análise visou obter informações para inferirmos conclusões sobre o desempenho dos estudantes acerca das atividades solicitadas pelos professores nas atividades.

Na seqüência, implementamos as atividades didáticas selecionadas, com base nas ações realizadas acima, nas turmas dos professores colaboradores. Foram vídeo-gravadas 22 aulas, de duração média de dois períodos (50 minutos cada), ao longo de um período letivo de 10 meses, de março a dezembro de 2004.

Laburú, Silva e Carvalho (2000) procuram mostrar que na análise do processo de ensino-aprendizagem pode ser vantajoso o uso da técnica de vídeo-gravação (registro fílmico). Para eles, a video-gravação dá-nos a oportunidade de analisar criticamente a prática encaminhada pelo professor durante o ensino e, ao mesmo tempo, auxilia a examinar os obstáculos conceituais enfrentados pelos alunos durante a aprendizagem. Essa técnica de análise oferece ao professor uma apropriada avaliação da sua ação pedagógica, oferecendo, também, uma identificação conveniente dos problemas enfrentados pelos alunos, tais como: os conceitos que ficaram obtusos; os alunos que merecem um maior acompanhamento; a busca de estratégias para enfrentar tais problemas e a reavaliação da sua efetividade.

Por outro lado, o vídeo possibilita ao professor fazer uma reavaliação da sua própria instrução, localizando falhas e sugerindo, a partir delas, possíveis mudanças no encaminhamento do seu ensino (LABURÚ, SILVA e CARVALHO, 2000).

Em relação à situação de filmagem, Laburú, Silva e Carvalho (2000) destacam que a análise baseada nesta técnica de observação de sala de aula só se torna factível na medida em que o professor procura levantar e respeitar as idéias dos alunos, procurando pô-las em discussão e incentivando o debate. Logo, essa análise é prejudicada ou mesmo impraticável, do ponto de vista dos alunos, dentro de uma proposta pedagógica, centralizada unicamente na transmissão verbal.

As filmagens centralizaram-se no professor, em atividade docente junto a seus alunos, procurando registrar a forma de trabalho com as Atividades Didáticas Baseadas em Analogias implementadas, as interações com os alunos e as maneiras de agir com as situações que surgiam durante as implementações. Foram, também, registradas as participações dos alunos durante a realização das atividades, propostas pelos professores, com o intuito de observar como os estes reagiram às perguntas ou manifestações de seus alunos.

Ao final do período das implementações, realizamos com os professores entrevistas estruturadas, audio-gravadas e posteriormente transcritas, para abordarmos aspectos não contemplados com a vídeo-gravação

As entrevistas foram agendadas para serem realizadas nas próprias escolas dos professores, local onde as implementações ocorreram, em data e horário definidos em comum acordo entre o pesquisador e os professores, em datas distintas.

Agendamos como local a biblioteca das escolas, onde não haveria problemas com ruídos sonoros. Reservamos um período de 45 minutos para cada entrevistado, sendo que levamos para cada uma delas em média 40 minutos.

As entrevistas com os professores foram marcadas para serem realizadas em datas distintas e ocorreram em março de 2005, onde os dois entrevistados compareceram no horário marcado.

Com o objetivo de iniciar a entrevista e inserir as questões de interesse explicitamos o objetivo da entrevista e informações pertinentes. No apêndice F encontra-se o roteiro e no G a transcrição da entrevista realizada com a Professora MS.

A tabela 5 sintetiza os instrumentos, usos e funções. Com as ações mencionadas acima, reunimos trechos do questionário, da entrevista realizada com os alunos e com os professores e a produção escrita dos alunos, para começar a estabelecer inferências, com base nas informações colidas. Sendo assim, no próximo capítulo passamos a apresentar os resultados obtidos, com base nos dados coletados, através dos instrumentos utilizados.

## registros de informações - Usos e Funções

Usos	Funções
Registrar as respostas dos alunos às perguntas feitas.	<ul style="list-style-type: none"> <li>Investigar o grau de familiaridade dos alunos com as situações análogas.</li> </ul>
Registrar a forma de trabalho com as Atividades Didáticas Baseadas em Analogias implementadas. Registrar as interações com os alunos, as maneiras de agirem com as situações que surgiram durante as implementações, as participações durante a realização das atividades.	<ul style="list-style-type: none"> <li>Analisar a prática encaminhada pelo professor durante o ensino e o grau de contemplação dos passos do Modelo TWA por eles.</li> <li>Examinar os possíveis obstáculos conceituais enfrentados pelos alunos durante a aprendizagem, bem como aspectos relativos à construção do conhecimento, questionamentos, observações e discussões.</li> </ul>
Registrar informações sobre o desempenho dos estudantes acerca das atividades solicitadas pelos professores nas atividades.	<ul style="list-style-type: none"> <li>Identificar os tipos de correspondências estabelecidas entre análogo e alvo.</li> <li>Analisar o nível de explicitação dos limites de validade da analogia identificados pelos alunos e o grau de elaboração de sínteses conclusivas sobre a situação alvo.</li> </ul>
Registrar as respostas dos alunos e dos professores. Registrar aspectos não contemplados com a vídeo-gravação	<ul style="list-style-type: none"> <li>Investigar o grau de familiaridade dos alunos com as situações análogas.</li> <li>Examinar as preocupações, expectativas e procedimentos dos professores em situações de aula ao usar as analogias.</li> </ul>



## CAPÍTULO IV

### RESPONDENDO ÀS QUESTÕES DA PESQUISA

“PENSAMOS QUE AS ANALOGIAS SÃO COMO PÁRA-QUEDAS: PODEM SER MUITO ÚTEIS PARA CHEGARMOS AO DESTINO, PORÉM UMA VEZ NA TERRA DEVEMOS DESPRENDERMOS DO PÁRA-QUEDAS OU NOS DIFICULTARÁ AVANÇAR NO NOVO TERRITÓRIO”.

(GODOY, 2002a)

Neste capítulo apresentamos os resultados de nossa pesquisa, tanto em relação ao estudo sobre o grau de familiaridade dos alunos com os análogos utilizados quanto ao acompanhamento das implementações realizadas em sala de aula.

Como mencionado anteriormente, nosso interesse centralizou-se em estudar o uso de analogias no ensino de conteúdos conceituais. Para tanto, é fundamental conhecermos a familiaridade dos alunos em relação aos análogos a serem utilizados.

Duit (1991), em revisão de literatura sobre o uso de analogias no Ensino de Ciências, afirma que as investigações realizadas até o ano de 1991 sobre o uso de analogias, mesmo com resultados desfavoráveis, contribuíram para as investigações que se seguiram, pois mostraram aspectos que as analogias devem contemplar, de modo a tornar a aprendizagem eficaz. Entre eles está a questão de que a familiaridade do análogo não deve ser considerada *a priori* pelo professor como sendo plenamente conhecida pelos alunos, mesmo que ele esteja de alguma forma presente no cotidiano deles.

Concordamos com Dagher (1995), quando coloca que devemos conhecer as condições a partir das quais as analogias podem levar a resultados promissores, do ponto de vista didático. Uma destas condições é a seleção de análogos que sejam realmente do conhecimento dos alunos.

Neste sentido, resulta imprescindível investigar previamente qual o grau de familiaridade dos alunos com os análogos, para ele ser levado em consideração na preparação de atividades com uso de analogias, por parte dos professores. Com isso, os professores podem usar os parâmetros aqui descritos quando na prática docente cotidiana/usual, não sendo necessário realizar todas as ações desenvolvidas nesta investigação.

Sendo assim, uma de nossas primeiras ações de pesquisa foi investigar o grau de familiaridade dos estudantes com diferentes análogos utilizados em Atividades Didáticas baseadas em Analogias, que compõem o acervo de atividades didáticas, já mencionado anteriormente, do projeto LFC, visando respondermos à primeira questão de pesquisa.

#### 4.1 Estudo exploratório sobre o grau de familiaridade dos alunos com os análogos

Como já mencionamos no capítulo anterior, para investigarmos o grau de familiaridade dos alunos com os análogos, lançamos mão de questionários, aplicados aos alunos dos professores colaboradores, especificamente nas turmas onde iríamos implementar as Atividades Didáticas baseadas em Analogias. Sendo que deixamos a critério dos professores a escolha das turmas. Em conversas, os professores afirmaram que as turmas escolhidas foram aquelas que, aparentemente, apresentavam alunos mais esforçados e comprometidos com o processo de aprendizagem.

Os questionários foram aplicados no início do ano letivo de 2004. Combinamos com os professores as datas da aplicação em encontros realizados com estes, a fim de acertarmos alguns procedimentos.

A aplicação ocorreu na presença dos alunos, em um período de tempo de aproximadamente 40 minutos, em uma aula de cada professor, sem a presença do pesquisador. Sendo assim, utilizamos parte de uma aula de cada professor. Com este procedimento maximizaríamos a possibilidade de conseguirmos uma amostra maior de questionários respondidos.

Os professores entregariam o questionário a cada aluno presente, juntamente com uma folha de papel almaço que serviria para o aluno responder as questões. Como acertado, os professores realizariam a leitura dos objetivos do questionário e procedimentos para respondê-lo.

O questionário foi aplicado a 157 alunos. Este valor refere-se ao número de alunos que estavam presentes no dia da aplicação, uma vez que o número de alunos de cada turma é maior.

Comentamos os resultados obtidos com a aplicação do questionário primeiramente de forma geral e, a seguir, de forma detalhada, análogo por análogo. Procuramos comentar todos os análogos, tentando agrupá-los por assuntos de física.

O grau de familiaridade dos alunos com os análogos foi avaliado (quantificado) mediante um índice percentual. Os índices aqui apresentados são resultado da tabulação do questionário aplicado aos alunos.

Na tabela 6 apresentamos os índices, absolutos e percentuais, de familiaridade dos alunos com os análogos que foram considerados familiares e os que não o foram.

Tabela 6 – Índices, absolutos e percentuais, de familiaridade dos alunos com os análogos utilizados nas Atividades Didáticas baseadas em Analogias

Número de Ordem	Análogos/Situações/Conceitos	Familiar		Não Familiar	
		Quantidade	%	Quantidade	%
01	Circuito hidráulico	58	52	54	48
02	Funcionamento de vasos comunicantes	37	33	75	67
03	Fluxo de pessoas no corredor de um <i>shopping center</i>	105	94	07	06
04	Mudança de velocidade no movimento de um carinho ao mudar de terreno	63	56	49	44
05	Passagem de parte de um feixe de bastões (palitos de fósforo) incidindo numa grelha (peneira de fendas)	60	53,6	52	46,4
06	Agitação mecânica das bolas de isopor localizadas nos nós de uma rede elástica tridimensional	29	64,5	16	35,5
07	Energia potencial de um sistema mecânico (sistema corpo-mola)	43	38	69	62
08	Cheiro emanado de um vidro de perfume aberto	112	100	00	00
09	Fluxo de água em um cano	112	100	00	00
10	Funcionamento de uma máquina fotográfica	102	91	10	09
11	“Ola” em um estádio de futebol	42	93	03	07
12	Sistema planetário	98	87,5	14	12,5
13	Pudim de ameixas ou passas	58	52	54	48
14	Cebola cortada ao meio	112	100	00	00
15	Água escoando por um ralo	112	100	00	00
16	Malha de um sistema ferroviário	72	64	40	36
17	Sistema circulatório humano	102	91	10	09
18	Intensidade da força gravitacional	29	26	83	74
19	Campo gravitacional da terra	22	19,6	90	80,4
20	Livros alocados em uma estante	112	100	00	00
21	Energia potencial gravitacional	38	34	74	66
22	Alunos participando de uma aula	112	100	00	00

Como comentários gerais, da familiaridade dos 157 alunos com os 22 (vinte e dois) análogos, devemos destacar que 48% dos alunos não consideram como familiar um circuito hidráulico. Aqueles que o consideram associam-no a outras situações tais como o ciclo d'água em uma usina hidroelétrica, o sistema de direção hidráulica de um carro, como pode ser percebido nos respostas transcritas abaixo.

*“Uma hidrelétrica, a água faz gerar energia elétrica (com o impacto d'água)”. (J.D.)*

*“Um sistema de direção hidráulica de carros, e pelo prefixo hidro deve ser algo com água”. (M.M.)*

*"Imagino que seja o ciclo por onde passa a água em uma usina hidráulica". (C.C.)*

Porém, quando questionados sobre a familiaridade com o fluxo de água em um cano a totalidade dos alunos afirmam que esta situação é familiar. Este fato mostra que os alunos não percebem esta situação como derivada da primeira.

Uma alternativa para o ensino de circuitos elétricos seria a utilização de uma analogia tendo como análogo o sistema circulatório humano, considerado como familiar por 91% dos respondentes, como nas justificativas reproduzidas abaixo.

*"Sim, composto por vasos e veias, que saem do coração passam por todo o corpo e voltam ao coração". (E.A.N.)*

*"Sim, um conjunto de líquidos contendo glóbulos brancos e vermelhos trabalhando em grande sintonia [...]". (D.C.)*

Como justificativa para a familiaridade do sistema circulatório, alguns alunos associam esta situação a outras analogias tais como:

*"É como um labirinto tendo que percorrer várias direções". (G.Q.)*

*"Um circuito hidráulico". (M.G.)*

*"É como se fosse um circuito de fórmula 1". (C.M.)*

Surpreende-nos o fato de 36% dos alunos considerarem não familiar um sistema ferroviário. Isto, talvez, deve-se ao fato da inexistência deste tipo de transporte na região onde vivem muitos alunos. Fato semelhante pode ser percebido na fala de um aluno quando questionado sobre o grau de familiaridade do fluxo de pessoas no corredor de um *shopping center*, embora tenha sido considerada familiar por 94% dos respondentes.

*"[...] não vejo isto em meu município, mas em outras cidades, onde um grande número de pessoas circulam por um corredor em busca de algo que as atraia". (B.B.M.)*

Para o ensino do processo de eletrização por contato contamos com o análogo funcionamento de vasos comunicantes. Porém, tal situação foi considerada não familiar por uma quantidade expressiva de alunos, 67%, o que pressupõe que uma situação já estudada não garante a efetividade como

análogo. Fato semelhante foi constatado na 7<sup>a</sup>, 18<sup>a</sup>, 19<sup>a</sup> e 21<sup>a</sup> situações apresentadas: energia potencial de um sistema mecânico (sistema corpo-mola), intensidade da força gravitacional, campo gravitacional da Terra e energia potencial gravitacional, onde 62% dos respondentes não consideram como familiar a primeira situação, 74% a segunda, 80,4% a terceira e 66% a quarta, respectivamente.

A modificação da trajetória de duas rodas presas a um eixo ao mudarem de terreno foi considerada como familiar para 56% dos alunos. A maioria deles faz menção apenas à mudança da trajetória e poucos se referem à mudança na velocidade. Os que fazem referência à mudança na velocidade associam esta ao atrito existente. Essas constatações estão explícitas nos trechos reproduzidos abaixo.

*“Depende do terreno que está podendo estar molhada ou seco, com isso modifica toda sua trajetória”. (D. S.)*

*“[...] é como um carro, andando numa estrada asfaltada, e ir para uma não asfaltada, conseqüentemente o carro deverá andar com menor velocidade pois tem mais atrito”. (G. Q.)*

Os análogos considerados como mais familiares pelos alunos foram aqueles vivenciados no cotidiano, o que é bastante razoável de se esperar. Isto pode ser comprovado pelos altos índices encontrados na 3<sup>a</sup>, 08<sup>a</sup>, 09<sup>a</sup>, 10<sup>a</sup>, 11<sup>a</sup>, 14<sup>a</sup>, 15<sup>a</sup>, 20<sup>a</sup> e 22<sup>a</sup>, onde a maior parte delas obteve 100% de familiaridade, com exceção do fluxo de pessoas num corredor de um *shopping center* que obteve 94%, funcionamento de uma máquina fotográfica, 91%, e a Ola em um estádio de futebol, 93%. Este fato está de acordo com o tipo de analogia classificada, por Queiroz (2000), como vivenciada.

Para o estudo dos modelos atômicos de Thomson e Rutherford contamos com os seguintes análogos: pudim de ameixas ou passas e o sistema planetário. Especificamente, para o modelo atômico de Bohr sugerimos dois análogos, uma cebola cortada ao meio ou livros alocados em uma estante, ambos considerados familiares pelos sujeitos questionados. Todavia, frisamos que o segundo análogo poderá ser mais útil no ensino do modelo de Bohr por apresentar maior número de atributos a serem compartilhados.

Os análogos de números 08 e 19 foram sugeridos para introduzir a aprendizagem do conceito de campo elétrico. Nossa expectativa inicial é que o análogo de número 08 fosse considerado familiar, o que foi confirmado. Todavia, este análogo é validado para discutir o campo elétrico criado por uma carga elétrica, não sendo possível abordar a discussão do campo elétrico resultante criado por várias cargas elétricas, onde é necessário entrar na discussão do princípio da superposição. Para estudar este princípio sugerimos o uso de uma analogia que utiliza como análogo os alunos em uma sala de aula, considerada familiar por 100% dos estudantes.

Na continuação nos deteremos nas justificativas apresentadas pelos seis alunos entrevistados, da 1ª turma do professor LLS, para considerarem determinados análogos familiares.

#### 4.2 Justificativas apresentadas, pelos 06 (seis) alunos entrevistados, para a familiaridade com os análogos

Como mencionado anteriormente, na 1ª turma do professor LLS, especificamente, as justificativas para a familiaridade com os análogos, apresentadas pelos alunos no questionário não foram significativas. Esta ocorrência nos levou a realizar entrevistas, audio-gravadas e posteriormente transcritas, individualmente com 06 (seis) alunos da classe, onde procurávamos um aprofundamento, por parte do entrevistado, das justificativas apresentadas nas respostas ao questionário para considerarem os análogos familiares ou não.

Os 06 (seis) alunos, 2 (dois) meninos e (4) meninas, foram escolhidos de forma aleatória, em sorteio realizado pelo Prof. LLS, entre os mais assíduos nas 02 (duas) primeiras semanas do ano letivo de 2004, sendo um número razoável/possível de entrevistados.

O sorteio foi realizado em uma aula do Prof. LLS com a participação dos alunos da turma. Nesta aula relatamos, de forma geral, os motivos para a

entrevista, onde obtivemos o consentimento dos sorteados para a realização desta.

Após a seleção, solicitamos que os alunos comparecessem na escola, em horário e data marcados para a entrevista, no período vespertino, com o objetivo de não comprometer a presença nas demais disciplinas, uma vez que cursavam a 3ª série do Ensino Médio no período matutino e, também, em horário possível dos alunos comparecerem. Outro motivo da escolha do período matutino se deve aos alunos, já que os sorteados sugeriram que as entrevistas fossem realizadas no período da tarde, tendo em vista que cursavam a disciplina de Educação Física neste período, sendo assim, aproveitariam o deslocamento para a escola na data marcada não somente para a entrevista como também para a aula desta disciplina.

As entrevistas foram agendadas para serem realizadas na própria escola. Agendamos o local na vive direção da escola, que nos forneceu a Sala dos Professores.

Reservamos um período de 40 minutos para cada entrevistado, sendo que levamos para cada uma delas em média 30 minutos. As entrevistas foram realizadas na Sala de Professores da escola, pois no período marcado para a realização delas este ambiente não é freqüentado, tendo em vista que os possíveis freqüentadores, professores deste turno, estavam ministrando suas aulas, com isso poderíamos realizá-las sem nenhum ruído sonoro.

As entrevistas com os 06 sujeitos sorteados foram marcadas para serem realizadas em uma mesma data. Apenas um aluno não compareceu, o que acabou ocorrendo em data posterior novamente agendada.

Durante as entrevistas procurávamos motivar o entrevistando, a fim de obtermos um número maior de informações com base nas falas. Com o objetivo de iniciar a entrevista e inserir as questões de interesse utilizamos também, para estimular a resposta dos entrevistados, figuras dos análogos presentes em extratos de páginas das coleções didáticas, revistas livros e artigos de onde as analogias foram identificadas. Estes extratos estão presentes no anexo F.



Sendo assim, passamos a relatar as justificativas apresentadas pelos alunos entrevistados. Apresentamos os casos que nos parecem mais significativos em função de nosso propósito, redigindo os trechos mais expressivos, procurando aproximar do leitor mais elementos para a confirmação dos resultados. As justificativas que conseguimos organizar, a partir das informações coletadas na entrevista, serão apresentadas aluno por aluno, sendo que a ordem de apresentação segue a cronologia das entrevistas, onde preservaremos os nomes citando apenas suas iniciais, são eles: UDVJ, APM, JFR, CGGR, LWO, LCC.

Ao perguntamos a UDVJ a justificativa para considerar um circuito hidráulico familiar, ele argumenta a familiaridade em virtude de sua experiência de vida, como percebemos em sua fala.

*“Já ouvi falar no curso de mecânica do SENAI e lá foi discutido varias coisas. É familiar por causa do curso que eu fiz. Tem bomba d’água”.*

O mesmo acontece quando questionado sobre o fluxo de água em um cano, como observamos na fala reproduzida abaixo:

*“Sim, porque eu já trabalhei também como instalador de cano, já instalei bastante, já trabalhei como encanador, consertava colocava junta, joelho, tinha que fechar o registro. Considero familiar em virtude de meu trabalho”.*

O sistema ferroviário é considerado familiar para UDVJ, pois:

*“Eu já viajei muito de trem, fui daqui a Cacequi de trem, os trens ficam na estação ferroviária, que agora esta detonada, agora eles não ficam, lá tem trilhos locomotiva e dois vagões. E nas cidades grandes tem trem para tudo quanto é lado, trem e metro para mim é a mesma coisa quase, anda em cima de trilho para mim é trem”.*

No trecho acima, novamente, percebemos que UDVJ considerou tal situação familiar em função de já ter viajado de trem. Ao ser questionado sobre o sistema circulatório humano UDVJ, afirma que este sistema é familiar, pois:

*“Já ouvi falar. Sim, é família, Se não corre sangue por ti tu não pode viver. É formado por várias veias, corre sangue é constituído de glóbulos brancos, vermelhos”.*

O segundo aluno a ser entrevistado foi APM. Este aluno apresenta maior número de argumentações e justificativas nas perguntas realizadas. APM considerou o circuito hidráulico familiar justificado por toda residência possuí-lo, como comprovado em sua fala abaixo.

*“Toda casa tem um, a água passa por ele porque ela vem de um ponto mais alto ai da [...] é como nos vasos comunicantes ela tem que se juntar até a pressão tem que ser igual dos dois lados ou alguma coisa assim, ai a água vem escoando ai ela não chega a ter um equilíbrio daí ela sai com uma certa pressão na torneira. O professor explicou uma vez acho que foi no segundo ano. É constituído por canos interligados entre eles e liquido passando por dentro deles”.*

Na justificativa de APM percebemos maiores argumentos para considerar a situação familiar. APM também relaciona a situação com o fluxo de líquidos em vasos comunicantes, mencionando a pressão nos vasos e a pressão quando a água sai na torneira. No entanto, quando perguntamos a APM se considerava o fluxo de líquidos em vasos comunicantes familiar este aluno respondeu:

*“Não considero familiar, porque não é uma coisa assim que eu convivo com ele ou vejo todos os dias. Só vejo em exercícios de Física e desenhado nas folhas”.*

Ao questionarmos este aluno sobre a sua familiaridade com o cheiro emanado de um vidro de perfume aberto APM afirma:

*“É, eu já vi um aberto, se ele tiver aberto ele ta vaporizando, ta saindo de dentro dele, daí se deixar muito tempo dependendo do conteúdo do perfume ele vai vaporizar. Estou julgando familiar o que eu já vi”. (Grifo nosso)*

Nesta fala, assim como na anterior, o aluno deixa explicito o critério que está utilizando para considerar o análogo familiar, somente o que visualizar/vivenciar será considerado familiar para APM. Quando perguntamos sobre o funcionamento de uma máquina fotográfica, APM mostra-se bem familiarizado, relacionando com uma câmara escura e com o globo ocular, como evidenciado na sua entrevista.

*“É bem familiar porque eu já vi, eu sei como é que funciona, sei como é que é, é que né, embora eu tenha visto aqui na folha, mas eu já sabia que tinha a ver bem com o globo ocular eu estou sempre verificando esses negócios de ciências assim,*

*esses negócios das máquinas eu já sabia, é constituída de uma câmara escura e uma lente é necessário que tenha luz em volta dela que daí, é como para a gente enxergar, que daí os objetos refletem a luz pra lente e inverte no filme inverte as posições. Estudei em livros, o Mundo de Beakman. Eu as vezes vou na biblioteca ler um livro louco assim de ciências, eu queria fazer física e trabalhar tipo estas pessoas que ficam nos observatórios. Eu tenho lido a superinteressante lá tem umas coisas assim”.*

APM mostra-se interessado em assuntos de ciências, indo a procura de livros e programas de televisão que abordam temas de ciências, o que ficou bem explícito em sua fala. Mostra-se, também, familiarizado com o sistema planetário.

*“Nos vivemos num e eu já vi vários vezes em livros e coisas que falam sobre ... que eles estão todos unidos a uma estrela no centro, que no nosso caso é o sol, unidos por causa da gravidade, porque eles orbitam, exercem gravidade uns sobre os outros também”.*

O análogo empregado para o estudo do poder das pontas foi considerado familiar por APM Este aluno associa esta situação com uma rampa onde é colocada água na parte superior, e considerou familiar, esta situação, em virtude de sua experiência de vida na construção civil.

*“Isso vem com gravidade também, por que para um ralo funcionar tem que ter um desnível. Isso eu já trabalhei com o meu pai em construções, quando a gente vai fazer um piso a gente faz um desnível, tem a ver com a gravidade. A gente pega uma mangueira com água dentro e tira o nível. Daí a água escoar para baixo ela vai caindo como descer uma rampa, se tu largar água numa rampa ela vai descer, eu não sei porque ela desce , eu sei que tem a ver com a gravidade”.*

Quando questionado sobre o sistema circulatório humano APM compara tal sistema com o circuito hidráulico, deixando claro aspectos envolvidos no primeiro.

*“É familiar. Estudei na 7ª série, é bem como um sistema hidráulico, o coração exerce uma pressão no sangue que faz toda a circulação, que daí ele leva todas as células que fazem as trocas de oxigênio, daí volta pra o coração, ele tem a função de bombear. O sangue é composto por células, hemácias, glóbulos, leucócitos as plaquetas e o plasma”.*

A aluna JFR, também, relacionou o circuito hidráulico com o circuito elétrico na primeira situação análoga apresentada.

*"É familiar porque eu já ouvi falar, circuito elétrico tem a ver com condutor elétrico e hidráulico com água".*

Quanto ao sistema ferroviário JFR considerou familiar, embora tenha respondido que não é muito utilizado em sua cidade, fazendo referência a outras cidades na qual seria mais familiar.

*"Não fui, mas eu já vi de perto. Lá na estação ferroviária. Os vagões parados nos trilhos. Em Santa Maria não são muito usados por pessoas, mas em POA sim tem o metrô, lá em São Paulo também usam mais até o metrô".*

O sistema circulatório também é considerado familiar, justificado pelo estudo em séries anteriores.

*"Já estudei na 8ª série ou 7ª série que estudei o corpo humano. Tem ver com o sangue que circula nas veias, no coração, nas artérias. Todo mundo tem um".*

Ao ser questionado sobre o campo gravitacional JFR relaciona a situação à intensidade da força gravitacional, provavelmente já estudada pela aluna em etapas anteriores da vida escolar.

*"Está relacionado com a intensidade da força gravitacional".*

As justificativas apresentadas por CGGR não foram expressivas, sendo suas justificativas muito superficiais. Portanto, não apresentamos nenhuma de suas justificativas. Passamos a apresentar algumas justificativas de LWO.

Ao perguntarmos para LWO sobre o circuito hidráulico este aluno afirma ser familiar comparando este circuito com o sistema circulatório humano, como podemos observar na sua fala:

*"Tipo como o corpo humano da gente tem, nas veias tão sempre circulando o sangue, não tem por onde sair, tá sempre circulando no mesmo lugar, indo e voltando...não deixa de ser um circuito".*

Quanto ao fluxo de pessoas no shopping LWO associa a situação com a de pessoas nas ruas. E justifica a familiaridade das situações por ser do cotidiano.

*“Porque não precisa estar no shopping, nas ruas tu sempre cruza com pessoas, algum lugar que sempre vá muita gente. Tá no cotidiano da gente”.*

Fato semelhante ocorre no análogo utilizado para o ensino do fenômeno da refração, apresentada a LWO onde afirma:

*“É como se fosse um carro saindo da garagem, no caso onde tem as rodas, o eixo que conduz assim saindo da garagem para a grama para o asfalto”.*

Verificamos, mais uma vez, que os alunos geram analogias ou comparam determinadas situações com outras, o que está de acordo com muitos autores quando afirmam que o ser humano é pré-disposto a pensar analogicamente.

Em continuidade, entrevistamos LCC. Ao ser questionada sobre a familiaridade da situação de modificação da trajetória de rodas ao trocarem de terreno para o estudo do fenômeno da refração da luz, LCC argumenta:

*“Que eu tenha feito isso não, mas, deixa eu ver, tipo pegar assim um palito botar duas rodinhas e passa dela para um outro lugar? É. Porque eu pegava quando eu era menor, pegava um palitinho e botava dois botõezinhos e daí eu fazia tipo um carrinho assim sabe pra mim, daí pra mim e os meus primos quando eu brincava com eles. Então pra mim é familiar”.*

No trecho acima percebemos que LCC apresenta uma situação semelhante, vivenciada na infância para justificar sua familiaridade com a situação apresentada, o que nos sugere que os alunos recorrem a situações já vivenciadas para considerarem as situações como familiares.

Ao perguntarmos a LCC se considera a passagem de parte de um feixe de bastões, no caso palitos de fósforo, incidindo numa grelha (peneira de fendas) familiar, ela expõe:

*“Não. Porque eu nunca vi ninguém fazendo isso e porque eu nunca fiz isso, então pra mim não é familiar”.*

Perguntamos, então, se conhecia uma peneira e palitos de fósforos, LCC respondeu:

*“Sim. Eu acho que não é familiar pra mim porque eu conheço essas coisas, mas eu nunca fiz, nunca peguei os palitos e*

*coloquei numa peneira e fiquei, nesse caso não seria na minha opinião”.*

Nos trechos da entrevista realizada com LCC, reproduzida acima, constatamos que, embora as partes constituintes da situação sejam consideradas familiares por LCC, a circunstância como um todo não é, em virtude da aluna não ter presenciado tal situação. Quanto ao fluxo de água em um cano LCC responde:

*“Água passando por um cano? É. Quer dizer não via a água passando no cano porque ele é fechado, mas dá para adivinhar que ali está passando água, adivinhar não, mas ver a lógica disso”.*

Esta fala indica que LCC imaginou a situação apresentada para poder justificar sua familiaridade, visto que não vê o fluxo dentro do cano, mas sim, somente o cano. Neste caso, assim como em outros, os alunos muitas vezes recorrem a modelos mentais para “visualizar” situações.

O sistema Planetário é considerado familiar para LCC, em virtude de uma visita ao planetário da UFSM e aquele ter sido estudado neste local, como constatamos na entrevista e nas demais.

*“É, porque eu já tive na universidade lá tem né o planetário. Sim, porque eu vi já a gente foi lá daí a gente viu tudo o que acontece os planetas as constelações, foi isso que a gente viu a lua. É formado pelos planetas, o sol, a lua, os planetas ficam em torno do sol”.*

O análogo proposto para o modelo atômico de Thomson, pudim de ameixas ou passas, não foi considerado como familiar para LCC, pois:

*“Seria familiar, vamos supor, se eu já tivesse comido ele, eu já comi pudim, mas não disso, então para mim não é familiar. Eu só conheço pudim de laranja, e outras coisas, mas de ameixas ou passas não para mim não é familiar porque eu nunca comi destas duas coisas, eu já comi pudim se fosse só o pudim assim tudo bem”.*

Quanto ao análogo “Água escoando por um ralo” este aluno afirma:

*“É familiar. Se eu estou vendo é, não estou lá embaixo no ralo para ver o que acontece, mas para mim é familiar”.*

No trecho acima, LCC especifica uma condição para considerar o análogo familiar, ou seja, ser visível. A energia potencial gravitacional não é

considerada familiar para LCC, pois a mesma relatou, durante a entrevista, que É a primeira vez que eu estou ouvindo falar. Isto evidencia que um assunto estudado anteriormente, em outra etapa escolar, não garante a efetividade como análogo. Já em relação à situação de alunos em uma sala de aula ela considerou familiar, tendo em vista a convivência diária neste ambiente, como afirma em sua fala.

*“É familiar, porque eu convivo diariamente na sala de aula, é constituída de classes, cadeiras, quadros, alunos, professores, passam coisas no quadro explicam, falam, conversam”.*

Esta primeira etapa contribuiu na medida em que se levantou o grau de familiaridade de um grupo de alunos em relação a um conjunto de análogos. Com ela foi possível determinar alguns obstáculos que poderíamos encontrar ao utilizá-los nas Atividades Didáticas baseadas em Analogias.

Após algumas considerações sobre o grau de familiaridade dos alunos com os análogos avançamos na discussão detalhada dos resultados das implementações realizadas, por atividade didática e por turma de cada professor implementador, sem nela deixarmos de lado os índices de familiaridade descritos nesta seção.

#### 4.3 Implementação das Atividades Didáticas Baseadas em Analogias

Apresentamos os resultados obtidos nas implementações ocorridas por Atividade Didática baseada em Analogia e por turma de cada professor, e dentro da análise destas damos ênfase, para respondermos as duas últimas questões norteadoras, tomando por base os seguintes aspectos: 1) grau de estabelecimento de correspondências entre alvo e análogo; 2) nível de identificação dos limites de validade da analogia; 3) grau de elaboração de sínteses conclusivas sobre a situação alvo e 4) grau de contemplação dos passos do modelo TWA pelos professores implementadores.

Antes de apresentarmos os resultados descrevemos a preparação dos professores para a implementação das ADA em salas de aula.

Para implementarmos as ADA em aulas de Física realizamos encontros com os professores implementadores em datas agendadas conforme a disponibilidade deles. Em geral, os encontros duravam cerca de 4 (quatro) horas. Os encontros com o Professor ALE ocorriam na cidade de Candelária, na escola em que este professor ministra as aulas e com a Professora MS no Núcleo de Educação em Ciências do Centro de Educação da Universidade Federal de Santa Maria (NEC/CE/UFSM). Em ambos os casos, as preparações eram feitas conjuntamente com o Professor LLS, autor deste trabalho.

No entanto, em um primeiro momento os professores apenas mencionaram a disponibilidade de ceder as turmas para o pesquisador implementar as ADA. Vencida esta resistência inicial, estabelecemos com eles um acordo tácito, onde se comprometeram em implementar as ADA e participar dos encontros de preparação.

Nos encontros de preparação debatemos questões tanto de ordem conceitual quanto de ordem metodológica. Neles, primeiramente apresentamos as ADA para os professores e realizamos a leitura das ADA. Após, discutimos a viabilidade de implementação. Recorremos, então, ao questionário para verificar o grau de familiaridade dos alunos com os análogos, a fim de selecioná-los. Feito isso, apresentamos o modelo TWA e a sua forma de utilização. Em continuidade, os professores apresentaram suas dúvidas e sugestões em cada ADA.

As informações obtidas no questionário foram utilizadas não somente para a seleção das atividades que iriam ser implementadas em sala de aula, mas também na preparação dos professores, uma vez que os índices obtidos nos forneceriam o nível que o professor deveria contemplar os passos 2 e 3 do modelo TWA, durante a implementação da atividade em sala de aula.

Durante as preparações, os professores mapeavam as semelhanças e as diferenças a serem identificadas pelos alunos. Além disso, em muitos casos recorremos às fontes originais de onde as analogias haviam sido retiradas, tendo em vista que em diversas ADA os professores apresentaram dificuldades em mapear as semelhanças e diferenças, e também em diferentes fontes bibliográficas para sanarmos dúvidas conceituais. Concomitantemente, os professores indicavam encaminhamentos para os passos 1 e 2 no modelo



TWA, por exemplo, sugeriam materiais e experimentos possíveis de utilização para introduzir a situação alvo e análoga. Além disso, neste espaço de preparação construíamos os modelos físicos representativos do alvo ou do análogo que seriam utilizados nas ADA e as fichas de produção escrita dos alunos.

Destacamos que nem todas as ADA foram implementadas por todos os professores nem vídeogravadas. As implementações vídeogravadas foram registradas nas turmas do Professor ALE e nas turmas da Professora MS pelo pesquisador, autor deste trabalho, e nas turmas deste por uma auxiliar de pesquisa contratada para vídeogravar as aulas do Professor LLS. Em todas as turmas a câmera era posicionada no fundo da sala de aula de maneira a registrar as ações dos professores quando em atividade docente, bem como as manifestações dos alunos.

Avançamos agora na discussão detalhada dos diferentes casos que nos interessa mostrar, colocando as respostas ao questionário, a produção dos alunos e trechos das entrevistas realizadas. Para tanto, realizamos uma leitura cuidadosa dos questionários e das produções dos alunos, onde destacamos os pontos considerados relevantes para a comprovação dos resultados desta pesquisa. Estes pontos foram complementados com trechos das entrevistas realizadas com os professores.

Iniciamos descrevendo as implementações realizadas nas turmas de 2ª séries e após, nas turmas de 3º anos. Na tabela 7 informamos as atividades desenvolvidas em salas de aula, professores responsáveis e as vídeograções realizadas.

(AD) implementadas e professores responsáveis

ANALOGIA UTILIZADA		Professor responsável (implementador)	Uso de Vídeo gravação
Alvo	Análogo		
Efeito térmica das partículas ou átomos cristalina de um sólido	Agitação mecânica das bolas de isopor localizadas nos nós de uma rede elástica tridimensional	ALE	X
		MS	X
Vibração de uma corda	“Ola” em um estádio de futebol	ALE	---
		MS	X
Condução por contato	Funcionamento de vasos comunicantes	ALE	---
		MS	X
		LLS (1ª turma)	X
		LLS (2ª turma)	X
Resistência elétrica “escoando” por tubulância	Água escoando por um ralo	LLS	---
Efeito elétrico	Cheiro emanado de um vidro de perfume aberto	MS	---
		LLS	X
Efeito elétrico criado por várias cargas	Alunos participando de uma aula	LLS	X
Efeito elétrica no interior de um fio metálico	Fluxo de pessoas no corredor de um <i>shopping center</i>	ALE	X
		MS	---
		LLS (1ª turma)	---
		LLS (2ª turma)	X
Elétrico Simples	Circuito hidráulico	ALE	X
Elétrico Simples	Sistema Circulatório/Sangüíneo	MS	---

plementadas (AD) e professores implementadores (continuação)

ANALOGIA		Professor Implementador	Vídeo gravação
Alvo	Análogo		
Elétrico Simples	Malha de um Sistema Ferroviário	LLS (1ª turma)	X
		LLS (2ª turma)	X
Atômico de Thomson	Pudim de Ameixa	ALE	---
		MS	X
		LLS (1ª turma)	---
		LLS (2ª turma)	X
Atômico de Rutherford	Sistema Planetário	ALE	---
		MS	X
		LLS (1ª turma)	---
		LLS (2ª turma)	X
Atômico de Bohr	Livros alocados em uma estante	ALE	---
		MS	X
		LLS (1ª turma)	---
		LLS (2ª turma)	X
Mudança da trajetória de um feixe de luz ao mudar de meio	Modificação da trajetória de duas rodas presas a um eixo ao mudarem de terreno	ALE	X
		MS	---
Funcionamento do Olho Humano	Funcionamento de uma máquina fotográfica	ALE	X
		MS	X

#### 4.3.1 Atividade Didática 01 – Agitação térmica das partículas ou átomos da rede cristalina de um sólido/agitação mecânica de bolas de isopor localizadas nos nós de uma rede elástica tridimensional

No tópico de Física Térmica implementamos uma ADA que procura auxiliar na compreensão do fenômeno da dilatação, a partir de uma abordagem microscópica. Nela, buscamos fazer com que os alunos compreendessem o fenômeno da dilatação de um objeto como resultado do aumento da distância média entre as partículas constituintes e não do aumento das dimensões do próprio objeto.

Para o leitor acompanhar os resultados, especificamos nos quadros 6 e no 7 um conjunto de relações analógicas que servem como “expectativa de resposta” para a atividade a ser realizada pelos alunos. Desde já, adiantamos que estas relações funcionam apenas como um guia para o professor encaminhar esta atividade didática. São aquelas que conseguimos estabelecer como uma previsão, uma pretensão.

Os alunos poderão se aproximar ou se afastar desta expectativa, dependendo de cada situação particular. Além disso, sabemos também que é possível acontecer de algum aluno apresentar uma nova relação analógica que seja plausível e que não estava prevista. Daqui por diante, chamaremos esta previsão de “conjunto de relações analógicas pretendidas”.

	ANÁLOGO	ALVO
	Agitação mecânica das bolas de isopor localizadas nos nós de uma rede elástica tridimensional	Agitação térmica das partículas ou átomos da rede cristalina de um sólido
SIMILARIDADES	Bolinhas de isopor em uma rede elástica tridimensional	Partículas/átomos/moléculas/íons de uma rede cristalina de um sólido
	Forças elásticas das molas atuando entre as bolinhas e sustentando a rede	Forças elétricas atuando entre as partículas e sustentando a rede
	Vibração mecânica das bolinhas de isopor	Vibração térmica das partículas
	Afastamento médio entre duas bolinhas adjacentes	Afastamento médio entre duas partículas adjacentes
	Aumento (diminuição) do volume total da rede elástica, pelo efeito total do aumento (da diminuição) do afastamento médio entre cada par de bolinhas adjacentes.	Aumento (diminuição) do volume total da rede cristalina, pelo efeito total do aumento (da diminuição) do afastamento médio entre cada par de partículas adjacentes.

Quadro 6 – Conjunto de relações analógicas pretendidas na ADA para o ensino do fenômeno da dilatação - Similaridades

	Agitação mecânica das bolas de isopor localizadas nos nós de uma rede elástica tridimensional/Agitação térmica das partículas ou átomos da rede cristalina de um sólido
LIMITES DE VALIDADE	<ul style="list-style-type: none"> <li>• As proporções das partículas da rede cristalina de um sólido não podem ser comparadas com as das bolinhas de isopor da rede elástica.</li> <li>• Há exceções quanto ao comportamento térmico das substâncias. O exemplo clássico é o da água. Enquanto a maioria dos líquidos se expandem ao serem aquecidos, a água, ao variar de 0°C para 4°C, ou seja, ao aumentar a sua temperatura por aquecimento, nesse intervalo, <i>manifesta uma diminuição de volume e um aumento de densidade.</i></li> </ul>

Quadro 7 – Limites de validade presentes na ADA para o ensino do fenômeno da Dilatação

#### 4.3.1.1 Familiaridade dos alunos com o análogo utilizado

O quadro 8 apresenta os índices, absolutos e percentuais, do grau de familiaridade dos alunos com o análogo empregado. Separamos as informações obtidas por turma de cada professor implementador.

Número de Ordem	Situação Análoga	Prof. (a)	Familiar		Não Familiar	
			Quantidade	%	Quantidade	%
01	<i>Agitação mecânica das bolas de isopor de uma rede elástica tridimensional</i>	ALE	16	64	09	36
02		MS	13	65	07	35

Quadro 8 – Grau de familiaridade dos alunos com o análogo Agitação Mecânica das bolas de isopor, localizadas nos nós de uma rede elástica tridimensional

Os índices contidos no Quadro 8 revelam que, em relação ao total, uma quantidade expressiva de alunos não considerou o análogo familiar. Os percentuais aproximaram-se em grande escala em ambas as turmas, 36% na turma do Professor ALE e 35% na da Professora MS.

Além disso, nas duas turmas a grande maioria não apresentou nenhuma justificativa para a familiaridade. Uma possível razão para o elevado percentual de não familiaridade pode ser a linguagem empregada para apresentar o análogo. Talvez os alunos não estejam familiarizados com os termos *Agitação Mecânica e Rede Elástica Tridimensional*, o que os levou a não considerarem como familiar este análogo.

Uma vez que os professores estavam informados dos índices obtidos do grau de familiaridade dos alunos com o análogo a ser utilizado, solicitamos que eles contemplassem plenamente o 2º e o 3º passos do modelo TWA, durante as implementações, com a finalidade de tornar o análogo familiar aos alunos que não o consideraram como conhecido.

#### 4.3.1.2 Produções dos alunos: correspondências estabelecidas, limites identificados e sínteses elaboradas

##### A implementação do Professor ALE

Com altos índices de não familiaridade com o análogo, a expectativa era de que o Professor ALE contemplasse plenamente o 2º e o 3º passo do modelo TWA, para que os alunos passassem a conhecer o análogo e,

consecutivamente, conseguissem estabelecer as relações e identificar falhas. Em relação a estes dois últimos aspectos, a análise das fichas preenchidas pelos alunos revela que, em geral, eles não estabeleceram as relações presentes na ADA.

Durante a implementação o professor utilizou um modelo físico representativo do análogo, uma rede elástica tridimensional composta de molas helicoidais e bolinhas de isopor, como na figura 10.

Na explicação do análogo, o Professor ALE solicitou a ajuda da aluna Martina, que deveria fornecer energia ao sistema puxando uma das bolinhas e depois a soltando, fazendo vibrar as outras. Esta solicitação fez com que os alunos identificassem a Martina com a fonte da energia fornecida ao sistema.

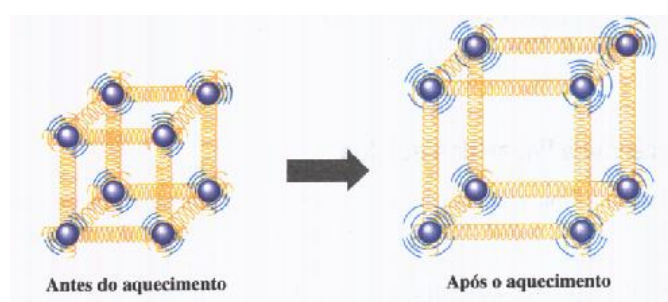


Figura 10 – Modelo físico representativo do análogo utilizado pelo Professor ALE na implementação da ADA para o ensino do fenômeno da dilatação

As similaridades identificadas pelos alunos estão listadas no quadro abaixo.

Agitação mecânica das bolas de isopor de uma rede elástica tridimensional	Agitação térmica das partículas/átomos da rede cristalina de um sólido
Bolas de isopor	Átomos
Molas	Ligação dos átomos
Energia fornecida pela Martina	Produção de energia, calor, energia externa
Agitação das bolinhas produzida pela Martina	Agitação dos átomos, devido à energia externa que foi fornecida ao sistema

Quadro 9 – Correspondências estabelecidas pelos alunos do Professor ALE na ADA para o ensino do fenômeno da dilatação

Esperávamos que os alunos identificassem o limite de validade que se refere às dimensões dos sistemas, o que de fato ocorreu. Em virtude da natureza da segunda limitação ser diferente da primeira, o Professor ALE a expôs para os alunos. As figuras abaixo expressam as limitações mapeadas pela totalidade da turma.

**FICHA 2**

Nome: K P Turma: 2EM

Preencher o quadro abaixo com as características da situação análoga que não encontram correspondência na situação alvo e vice-versa, ou seja, pontos onde a analogia falha.

<p>O tamanho do sistema é bem maior que a realidade.          Possuem diferentes fontes energéticas, se fosse uma fonte de calor, o sistema derreteria.</p>
-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

Figura 11 – Limite de validade explicitado pela aluna KP

**FICHA 2**

Nome: K F Turma: 2.º E.M.

Preencher o quadro abaixo com as características da situação análoga que não encontram correspondência na situação alvo e vice-versa, ou seja, pontos onde a analogia falha.

<p>Tamanho, diferente fonte de energia, ocorre a energia mecânica se ocorre a energia por fonte de calor pegaria fogo nas bolinhas de isopor.</p>
---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

Figura 12 – Limite de validade explicitado pela aluna KF

Com as relações analógicas estabelecidas e o limite identificado pelos alunos, foi possível compreender o fenômeno da dilatação, ou seja, não foi necessário identificar as comparações expressas na atividade para que entendessem o fenômeno da dilatação.

A utilização de um modelo físico, representativo do análogo pelo professor contribuiu muito para o entendimento do fenômeno em estudo, porque com ele simula-se o que ocorre a nível microscópico na dilatação. Este



fato pode ser comprovado nas sínteses conclusivas dos alunos. A título de exemplo reproduzimos algumas delas a seguir.

**FICHA 3**

Nome: Â Turma: 2º EM

De acordo com as comparações feitas na FICHA 1, tente elaborar uma síntese, apresentando suas conclusões sobre o fenômeno da dilatação térmica apontando os pontos principais do mesmo. Transcreva seu texto nesta ficha.

Dilatação é qdo os átomos se movimentam e aumentam a forma do corpo ou objeto. Isso ocorre pq há algum agente externo fornecendo energia para os átomos, fazendo com que os átomos se distanciem um dos outros, ocorrendo a dilatação.

Figura 13 – Síntese conclusiva elaborada pelo aluno Â

**FICHA 3**

Nome: GG Turma: 2º EM

De acordo com as comparações feitas na FICHA 1, tente elaborar uma síntese, apresentando suas conclusões sobre o fenômeno da dilatação térmica apontando os pontos principais do mesmo. Transcreva seu texto nesta ficha.

É o aumento da distância entre as moléculas quando ocorre o aumento da energia armazenada, causada por um agente externo.

Figura 14 – Síntese conclusiva elaborada pelo aluno GG

**FICHA 3**

Nome: Martina Turma: 2º e.m.

De acordo com as comparações feitas na FICHA 1, tente elaborar uma síntese, apresentando suas conclusões sobre o fenômeno da dilatação térmica apontando os pontos principais do mesmo. Transcreva seu texto nesta ficha.

Eu entendi que a dilatação só ocorre se fornecermos algum tipo de energia ao material a ser dilatado, pode ser energia em forma de calor, ...  
Um bom exemplo de dilatação e contração é o caso de um termómetro, que o mercúrio se dilata com o calor e contrai com o frio, marcando a temperatura do ambiente.

Figura 15 – Síntese conclusiva elaborada pela aluna Martina

**FICHA 3**

Nome: A W S B Turma: 2º E.M.

De acordo com as comparações feitas na FICHA 1, tente elaborar uma síntese, apresentando suas conclusões sobre o fenômeno da dilatação térmica apontando os pontos principais do mesmo. Transcreva seu texto nesta ficha.

<p>É o aumento de energia sendo para o calor ou para o frio que consequentemente aumento de tamanho do sistema. Mas nunca poderia ser visto a olho nu, só com um sistema feito de qualquer material implícito a vel que seria impossível.</p>
-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

Figura 16 – Síntese conclusiva elaborada pela aluna AWSB

A primeira síntese conclusiva mostra que o aluno Â associou corretamente o fenômeno da dilatação ao aumento nas distâncias entre as partículas componentes do objeto. Este aluno explicou a ocorrência do fenômeno pelo fato do fornecimento de energia ao sistema, por um agente externo não especificado, consequentemente fazendo os átomos se distanciarem.

A segunda que é representativa da produção da grande maioria da turma, revela uma compreensão da dilatação como resultado do aumento da distância entre as partículas, em função do aumento de sua vibração, provocado pelo aquecimento.

No terceiro caso, verificamos que a aluna Martina foi capaz de aplicar o que aprendeu na situação em estudo, para a análise de uma nova situação, referindo-se não somente à expansão, como também à contração.

A última produção indica que a aluna AWSB permaneceu com a concepção mais comumente compartilhada, qual seja, a de associar a dilatação do objeto ao aumento de cada um de seus átomos.

Para que os alunos não permaneçam com esta idéia é fundamental que o professor retorne ao alvo, fazendo um fechamento da atividade, ou seja, contemple o 6º passo do modelo TWA. Isto acabou não acontecendo nesta implementação.

A Tabela 8 apresenta o grau de contemplação dos passos do modelo TWA evidenciado no desenvolvimento da ADA, pelo Professor ALE.

Tabela 8 – Grau de contemplação dos passos do modelo TWA pelo Professor ALE na implementação da ADA para o ensino do fenômeno da dilatação

Grau de contemplação com os passos do modelo TWA	PASSOS					
	1	2	3	4	5	6
Contemplou	X	X		X		
Contemplou parcialmente					X	
Não contemplou			X			X

Uma possível justificativa para os alunos não terem estabelecido as correspondências previstas na atividade pode ser a não contemplação do 3º passo pelo Professor ALE. Como mencionamos anteriormente, a utilização de um modelo físico representativo do análogo, durante execução do 2º passo, foi um fator determinante para a compreensão do fenômeno da dilatação pelos alunos. Na entrevista realizada com o Professor ALE este afirmou que esta ADA:

*“Só é possível com a utilização do modelinho das bolinhas de isopor. Isto contribui, pois imaginar só na mente como seria fica meio difícil, assim este modelo serviu como uma base quase perfeita para o trabalho que foi realizado e para ficar com uma base como os átomos podem estar ligados entre si. Assim, ficou mais fácil para o professor explicar e para os alunos entender como acontece a dilatação”. (A.L.E.)*

#### A implementação da Professora MS

A ADA para o ensino do fenômeno da dilatação também foi implementada na turma de 2ª série da Professora MS. Nesta implementação, os resultados assemelham-se aos obtidos na turma do Professor ALE. No entanto, os alunos desta professora identificaram outras correspondências não mapeadas pelos do Professor ALE, entre elas: Força elástica/Força elétrica.

As correspondências mapeadas pela maioria dos alunos da Professora MS encontram-se no Quadro 10.

Agitação mecânica das bolas de isopor de uma rede elástica tridimensional	Agitação térmica das partículas/ átomos da rede cristalina de um sólido
Bolas de isopor	Átomo
Isopor	Partículas (elétrons, prótons, neutrons)
Molas	Condutor de energia
Bolinhas e as molas se mexendo	Partículas se agitando
Energia elástica	Energia térmica
Força elástica	Força elétrica

Quadro 10 – Correspondências estabelecidas pelos alunos da Professora MS na ADA para o ensino do fenômeno da dilatação

Um fator que contribuiu para que os alunos estabelecessem estas comparações foi o modelo físico elaborado para a atividade, utilizado pela Professora MS.

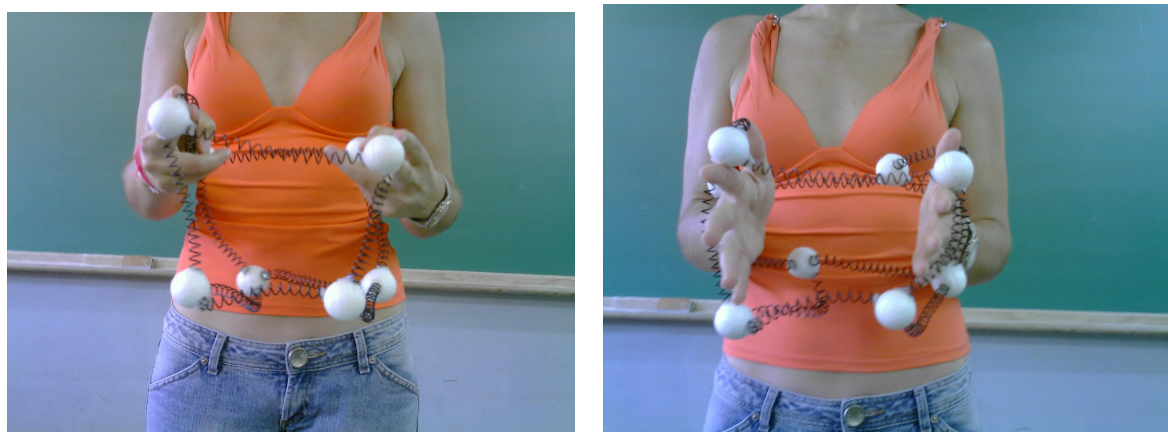


Figura 17 – Modelo físico representativo do análogo utilizado pela Professora MS na implementação da ADA para o ensino do fenômeno dilatação

A análise da figura 18 mostra que os alunos identificaram o limite de validade presente na ADA. No entanto, eles referem-se apenas à palavra “tamanho”, sem maiores argumentações. A figura abaixo representa, em geral, os limites identificados pela turma.

FICHA 2		
Nome:	Turma:	N°:
Preencha a FICHA 2 com as características da situação análoga que não encontram correspondência na situação alvo e vice-versa, ou seja, pontos onde a analogia falha.		
Tamanho na simulação com os átomos de insetos, sobre uma escala microscópica e no caso dos moléculas a agitação é térmica.		

Figura 18 – Limites de validade explicitados por um aluno da Professora MS

As figuras abaixo são sínteses conclusivas elaboradas por alunos da Professora MS.

FICHA 3		
Nome:	Turma:	N°:
Tente elaborar uma síntese, apresentando suas conclusões sobre o processo de Dilatação Térmica apontando os pontos principais do mesmo. Transcreva seu texto nesta ficha.		
Dilatação é o movimento de contração ou aumento devido a uma modificação térmica.		

Figura 19 – Síntese conclusiva elaborada por um aluno da Professora MS

FICHA 3		
Nome:	Turma:	N°:
Tente elaborar uma síntese, apresentando suas conclusões sobre o processo de Dilatação Térmica apontando os pontos principais do mesmo. Transcreva seu texto nesta ficha.		
É uma transformação que o corpo sofre, numa barra de ferro se colocarmos fogo em baixo, a barra (tamanho) aumenta. Pois as moléculas vão passando o calor uma para as outras e com isso uma vai se afastando das outras, tornando o corpo maior.		
Nessa barra de ferro se colocarmos ela no congelador ocorrerá a mesma coisa só que as moléculas vão se juntar, diminuindo o corpo.		

Figura 20 – Síntese conclusiva elaborada por um aluno da Professora MS

FICHA 3		
Nome: <i>[assinatura]</i>	Turma:	Nº:
Tente elaborar uma síntese, apresentando suas conclusões sobre o processo de Dilatação Térmica apontando os pontos principais do mesmo. Transcreva seu texto nesta ficha.		
<i>É QND RECEBE UMA CERTA ENERGIA, ELA AUMENTA O SEU TAMANHO, COMO O EXEMPLO TEM AS PONTES QUE SÃO CONSTRUÍDAS COM UM ESPAÇO P/ O CASO DE DILATAÇÃO COM O SOL.</i>		

Figura 21 – Síntese conclusiva elaborada por um aluno da Professora MS

FICHA 3		
Nome:	Turma:	Nº:
Tente elaborar uma síntese, apresentando suas conclusões sobre o processo de Dilatação Térmica apontando os pontos principais do mesmo. Transcreva seu texto nesta ficha.		
<i>Dilatação: Quando aplicamos calor em um elemento condutor de energia, sua energia aumenta e as partículas vibram, com essa vibração as partículas aumentam, esse é dilatação. Isso também pode dilatar quando a temperatura diminui e o objeto diminui.</i>		

Figura 22 – Síntese conclusiva elaborada por um aluno da Professora MS

Podemos notar pelas conclusões dos alunos, apresentadas nas fichas reproduzidas acima, que a grande maioria conceituou dilatação como o aumento ou contração das dimensões totais do objeto. Na penúltima síntese notamos que o aluno associou o fenômeno a uma situação do cotidiano e na última que a aluna escreveu “aplicamos calor” referindo-se ao fato de fornecermos energia.

Poucos são os alunos que se referem à dilatação como um aumento da distância média entre as partículas. Além disso, é bem provável que alguns alunos tenham permanecido com a idéia de dilatação/aumento das partículas, como comprovamos na última síntese acima. Este aspecto poderia ser minimizado com a contemplação do 6º passo do modelo TWA. A Tabela a seguir expressa o nível de contemplação dos passos do modelo TWA pela Professora MS nesta implementação.

Tabela 9 – Grau de contemplação dos passos do modelo TWA pela Professora MS na implementação da ADA para o ensino do fenômeno da dilatação

Grau de contemplação com os passos do modelo TWA	PASSOS					
	1	2	3	4	5	6
Contemplou	X	X			X	
Contemplou parcialmente			X	X		
Não contemplou						X

Devemos ressaltar que esta ADA foi a primeira na qual os alunos tiveram contato com este tipo de atividade. Sendo assim, era esperado que os alunos não obtivessem um alto grau de desempenho nas tarefas solicitadas.

Assim como o Professor ALE, a Professora MS é partidária da utilização do modelo físico, uma vez que facilita o entendimento da estrutura da rede cristalina. Segundo ela:

*“Olha do meu ponto de vista ela é muito complicada esta atividade, por ser muito abstrata e o que ajudou bastante foi o modelinho apresentado para os alunos das bolinhas de isopor”.*

#### 4.3.2 Atividade Didática 02 – Onda em uma corda/“OLA” em um estádio de futebol

O conceito de onda ocupa um lugar de destaque na estrutura conceitual da física, nas explicações científicas de muitos fenômenos e também nas programações curriculares das escolas. Em relação a este conceito, podemos dizer que tanto autores de livros didáticos como professores em salas da aula, normalmente, utilizam-se de analogias no seu ensino, porém de forma não organizada.

Sendo assim, procurando estabelecer formas mais organizadas de uso de analogias, elaboramos uma ADA tendo como alvo *Onda em uma corda* e como situação análoga a *“Ola” em um estádio de futebol*. Com esta atividade pretendemos propiciar ao aluno uma compreensão qualitativa do conceito de onda, na qual abordamos diversos aspectos como: a) pulso que se propaga em uma corda; b) perturbação e c) transporte de energia.

Para o leitor acompanhar os resultados, especificamos nos quadros 11 e 12 o conjunto de relações analógicas que servem como “expectativa de resposta” para à atividade a ser realizada pelos alunos.

	ANÁLOGO	ALVO
	“Ola” em um estádio de futebol	Onda em uma corda
SIMILARIDADES	Conjunto de pessoas como meio de propagação	Corda como meio de propagação
	Cada pessoa individualmente	Porção física do meio
	Quantidade de pessoas	Quantidade de “porções unitárias” (porções físicas) do meio
	Perturbação causada por estímulo (agente) próprio	Perturbação causada por um estímulo (agente) externo
	Evento em campo ou mediante um “animador de torcida”	Mecanismo/pessoas que perturba
	Vontade própria das pessoas	Características fixas do meio (elasticidade, rigidez)

Quadro 11 – Conjunto de relações analógicas pretendidas na ADA para o ensino do conceito Onda - Similaridades



	Onda em uma corda/"Ola" em um estádio de futebol
LIMITES DE VALIDADE	<ul style="list-style-type: none"> <li>• O movimento de pessoas, na "Ola", em um estádio de futebol não é propriamente uma onda, mas este movimento produz um efeito tipo onda, e somente existe enquanto o movimento for contínuo e sincronizado, repetitivo e tenha um período definido.</li> <li>• As pessoas têm vontade própria. No entanto, as porções físicas do meio não têm vontade própria, ficam condicionadas aos estímulos externos.</li> </ul>

Quadro 12 – Limites de validade presentes na ADA para o ensino do conceito de Onda

Para implementarmos esta ADA em salas de aula, primeiramente investigamos o grau de familiaridade dos alunos com a situação análoga, uma vez que se a visão que os alunos possuísem do análogo não se orientasse na direção pretendida pelos professores, as comparações entre um domínio e outro não conduziriam à aprendizagem esperada.

Na seqüência, apresentamos os índices obtidos quanto ao grau de familiaridade dos alunos com o análogo e os resultados referentes às produções dos alunos nas implementações ocorridas em salas de aula.

#### 4.3.2.1 Familiaridade dos alunos com o análogo utilizado

O quadro 13 apresenta os índices, absolutos e percentuais, acerca do grau de familiaridade dos alunos com o análogo usado.

Número de Ordem	Situação Análoga	Prof. (a)	Familiar		Não Familiar	
			Quantidade	%	Quantidade	%
01	<i>"Ola" em um estádio de futebol</i>	ALE	23	92	02	08
02		MS	19	95	01	05

Quadro 13 – Grau de familiaridade dos alunos com o análogo "Ola" em um estádio de futebol

Os dados contidos no quadro acima informam que, em ambas as turmas, a grande maioria dos alunos do Professor ALE e da Professora MS, 92% e 95%, respectivamente, responderam que estavam familiarizados com a "Ola" em um estádio de futebol, o que se aproximava de nossas expectativas, já que

esta situação é comum no cotidiano dos alunos. Aqueles que não consideraram o análogo como familiar não apresentaram justificativas. Entre as justificativas apresentadas para a familiaridade encontramos:

*“Sim, em jogos de futebol as pessoas levantam seus braços de forma a originar uma onda”. (M.T.)*

*“Sim, quando estamos em um estádio de futebol e os torcedores vão levantando os braços em seqüência estão formando uma olá.” (I.P.)*

*“Sim, onde as pessoas se levantam de forma alternada, formando um efeito tipo onda”. (C.S.)*

*“Sim, isso se vê muito em jogos de futebol, etc. Eu já participei”. (P.D.S.)*

Obtidos os índices de familiaridade com o análogo passamos a relatar os resultados referentes às produções dos alunos nas implementações realizadas na turma do Professor ALE e na da Professora MS, respectivamente.

#### 4.3.2.2 Produções dos alunos: correspondências estabelecidas, limites identificados e sínteses elaboradas

##### A implementação do Professor ALE

Na turma do Professor ALE o análogo foi considerado familiar pela maioria dos alunos. Sendo assim, esperávamos que os alunos conseguissem estabelecer as correspondências entre análogo e alvo, o que pouquíssimo ocorreu. Em geral, os alunos estabeleceram 02 correspondências das 06 previstas, são elas: conjunto de pessoas/corda, cada pessoa/porção de massa.

Em relação aos limites de validade os alunos se referiram a aspectos não pertinentes à situação em estudo.

Nas sínteses conclusivas constatamos que os alunos não conceituaram Onda de forma ampla e com uma argumentação cuidadosa. A grande maioria apenas escreveu que *“Onda é uma seqüência de pulsos”*, como no exemplo abaixo.

FICHA 3		
Nome:	Turma:	Nº:
Tente elaborar uma síntese, apresentando suas conclusões sobre Ondas e apontando os pontos principais da mesma. Transcreva seu texto nesta ficha.		
Ondas → sequência de pulsos		
* Ousta		
* vale.		

Figura 23 – Síntese conclusiva elaborada por um aluno do Professo ALE

Podemos atribuir o desempenho insatisfatório dos alunos a pelo menos 02 fatores principais; são eles: 1) falta de segurança/experiência do professor em realizar a atividade, pois esta foi a segunda a ser desenvolvida por ele e 2) falta de habilidade dos alunos para trabalhar com este tipo de atividade, uma vez que ela foi a segunda realizada com estes alunos.

Não incluímos entre os fatores acima o grau de contemplação dos passos do modelo TWA, pelo Professor ALE, em virtude de não contarmos com a vídeo-gravação desta implementação.

#### A implementação da Professora MS

A Professora MS iniciou a aula perguntando aos alunos o que era uma Onda e pediu para eles citarem exemplos delas. Os alunos então apresentaram suas idéias acerca do conceito de Ondas.

Com esta introdução, a professora percebeu que os alunos possuíam a idéia de que uma onda transmitia matéria, a partir do exemplo da onda do mar mencionada pelos alunos. Portanto, mediante esta atividade seria necessário fazer com que os alunos modificassem esta idéia.

Em relação à primeira tarefa, os alunos não tiveram maiores dificuldades em estabelecer relações analógicas próximas das pretendidas. No quadro 14 listamos as similaridades mapeadas por estes alunos.

Ola em um estádio de futebol	Onda em uma corda
Propaga-se na pessoa	Propaga-se na corda
Pessoas	Quantidade de massa
Necessita de energia química para levantar-se	Energia mecânica é transferida a corda
Ocorre por movimentos repetitivos	Ocorre por perturbações

Quadro 14 – Similaridades mapeadas pelos alunos da Professora MS na ADA para o ensino do conceito de onda

As produções, abaixo reproduzidas, expressam as limitações identificadas pelos alunos. Com base nelas, podemos evidenciar que os alunos identificaram pontos falhos sem a ajuda da professora.

FICHA 2		
Nome: F	Turma: 201	Nº: 13
Preencha a FICHA 3 com as características da situação análoga que não encontram correspondência na situação alvo e vice-versa, ou seja, pontos onde a analogia falha.		
<p>Na da há falha, pois nem todas pessoas levantam ao mesmo tempo. Se todos levantarem e ela fosse seguida em reta, poderia ser uma onda. Já a corda em movimento é uma onda.</p>		

Figura 24 – Limite de validade explicitado pela aluna F

FICHA 2		
Nome: DA	Turma: 201	Nº: 09
Preencha a FICHA 3 com as características da situação análoga que não encontram correspondência na situação alvo e vice-versa, ou seja, pontos onde a analogia falha.		
<p>A onda é uma sucessão de pulsos e a ela parece uma onda mas é um pulso por que tem um fim e não continua sem fim.</p> <p>Ela falha onde umas pessoas não levantam na hora certa, não é onda.</p>		

Figura 25 – Limite de validade explicitado pela aluna DA

FICHA 2		
Nome: FBL	Turma: 201	Nº: 12
Preencha a FICHA 3 com as características da situação análoga que não encontram correspondência na situação alvo e vice-versa, ou seja, pontos onde a analogia falha.		
<p>A da não é como onda e só um movimento. O curso da da ficou diferente da corda porque a da começa muito logo e termina no outro, porém faz um pulso e não vai muito fazendo o mesmo movimento.</p>		

Figura 26 – Limite de validade explicitado pelo aluno FBL

Ao analisarmos as sínteses conclusivas, verificamos que, ao final dessa atividade, alguns alunos mostraram compreensão de que em uma onda ocorre a propagação de energia e não de matéria. Um exemplo disto encontra-se na síntese elaborada pela aluna LG, reproduzida a seguir.

FICHA 3		
Nome: <u>L G</u>	Turma: <u>201</u>	Nº:
Tente elaborar uma síntese, apresentando suas conclusões sobre Ondas e apontando os pontos principais da mesma. Transcreva seu texto nesta ficha.		
<p>É uma perturbação ritmada de pulsos. Ela <u>tr</u>  <u>porta</u> energia, mas não transporta matéria.          Pode ser <u>transversal</u> ou <u>longitudinal</u>, e <u>classifi</u>  <u>ca-se</u> em <u>Mecânicas</u> e <u>Eletromagnéticas</u>. Ela possui  <u>cristas</u> e <u>vales</u>, pode-se propagar no vácuo ou no ar.          Ela <u>possu</u> <u>reflexão</u>, <u>refração</u>, <u>difração</u>, <u>resonân</u>  <u>cia</u> e <u>polarização</u>. Ela apresenta <u>amplitude</u>, <u>comprimento</u>  <u>período</u> e <u>freqüência</u>.</p>		

Figura 27 – Síntese conclusiva elaborada pela aluna LG

No entanto, muitos alunos apenas conceituaram *Onda* como uma seqüência ritmada de pulsos e outros apresentaram exemplos de *Ondas* em suas conclusões, como nos exemplos abaixo reproduzidos.


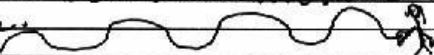
FICHA 3		
Nome: <u>L M</u>	Turma: <u>201</u>	Nº: <u>2</u>
Tente elaborar uma síntese, apresentando suas conclusões sobre Ondas e apontando os pontos principais da mesma. Transcreva seu texto nesta ficha.		
<p>Onda é todo aquele movimento que ocorre em          meios cordas, ou seja, nos fios, se observarmos, quando          deslocamos uma pedra <u>em um</u> <u>meio</u> <u>ondas</u> <u>circulares</u> no          mar. Ex: </p> <p>Na corda também podemos fazer ondas, se          se um indivíduo ficar de um lado e outro na es-          tra pente, veremos que os movimentos e corda <u>faz</u>  <u>uma</u> <u>onda</u>. Ex: </p>		

Figura 28 – Síntese conclusiva elaborada pela aluna AL

FICHA 3		
Nome: <u>CAS</u>	Turma: <u>201</u>	Nº: <u>07</u>
Tente elaborar uma síntese, apresentando suas conclusões sobre Ondas e apontando os pontos principais da mesma. Transcreva seu texto nesta ficha.		
<u>ONDA → SEQUÊNCIA DE MOVIMENTOS, CRISTA, VÁZC</u>		
<u>AMPLITUDE DE UMA ONDA → ALTURA MÁXIMA QUE A ONDA ATINGE.</u>		
<u>COMPRIMENTO DE ONDA → A DISTÂNCIA ENTRE UMA CRISTA E OUTRA.</u>		
<u>PERÍODO DE UMA ONDA → TEMPO NECESSÁRIO PARA UMA OSCILAÇÃO COMPLETA.</u>		
<u>FREQÜÊNCIA DE UMA ONDA → Nº DE OSCILAÇÕES QUE OCORREM POR SEGUNDO.</u>		

Figura 29 – Síntese conclusiva elaborada pelo aluno CAS

Tendo em vista que esta ADA foi a segunda atividade com a qual os alunos tiveram contato, consideramos que o desempenho deles foi satisfatório. Contribuíram para isso, os seguintes fatores:

- o análogo ser familiar aos alunos;
- a Professora MS ter utilizado um modelo físico (uma mola helicoidal) durante a realização do passo 1 do modelo TWA;
- a Professora MS ter simulado uma “Ola” na sala de aula, organizando uma “dramatização” feita pelos alunos, o que os motivou bastante.

Segundo esta professora, a simulação foi realizada em razão de perceber que alguns alunos não conheciam a “Ola”, como mostra o trecho a seguir.

*“Esta analogia eu também implementei; foi feito a simulação dela; os alunos mesmos foram para a frente da sala de aula e foi feita a simulação, mas eu percebi assim, no decorrer da implementação que muitos alunos eles não conheciam a “Ola”, por exemplo. Ai foi feita a simulação. Foi chamado os alunos para a frente, na sala de aula e foi feita a simulação pra eles compreenderem, tornar familiar a eles o análogo”.*

Consideramos, também, que a Professora MS se adequou bastante ao uso do modelo TWA, contemplando, ainda que parcialmente, os passos previstos (ver tabela 10). Provavelmente, isto contribuiu para o desempenho satisfatório dos alunos, já apontado anteriormente.

Dado os resultados obtidos, podemos afirmar que esta ADA mostrou-se eficaz no ensino do conceito de Onda, uma vez que os alunos superaram a

habitual concepção de transmissão de matéria apresentada no início da atividade.

Tabela 10 – Grau de contemplação dos passos do modelo TWA pela Professora MS na implementação da ADA para o ensino do conceito de onda

Grau de contemplação com os passos do modelo TWA	PASSOS					
	1	2	3	4	5	6
Contemplou	X	X				
Contemplou parcialmente			X	X	X	X
Não contemplou						

#### 4.3.3 Atividade Didática 03 – Eletrização por contato/funcionamento de vasos comunicantes

Os professores, ao ensinarem tópicos de eletricidade, freqüentemente recorrem ao uso de analogias para explicar conceitos considerados “difíceis”. Por exemplo, a corrente elétrica é estudada a partir das imagens que comumente se têm da água que flui por um cano. Porém, muitas vezes este ensino não é desenvolvido de forma organizada. Para superar esta carência, elaboramos um conjunto de Atividades Didáticas baseadas em Analogias, para o ensino de tópicos de eletricidade, como eletrização por contato, campo elétrico, corrente elétrica e circuito elétrico simples.

Especificamente para o ensino do processo de eletrização por contato, elaboramos uma ADA na qual buscávamos que os alunos compreendessem que o “maior condutor” ficaria com a maior quantidade de carga, procurando superar a habitual idéia de que ambos os objetos ficam com a mesma quantia de cargas.

Para o leitor acompanhar os resultados especificamos, nos quadros 15 e 16, o conjunto de relações analógicas que servem como “expectativa de resposta” para a atividade a ser realizada pelos alunos.

	ANÁLOGO	ALVO
	Funcionamento de vasos comunicantes	Eletrização por contato
SIMILARIDADES	Distribuição de líquido entre dois vasos comunicantes	Distribuição de cargas entre dois condutores em contato
	Quantidade de água (massa=m ou volume=V)	Quantidade de carga (Q)
	O líquido se movimenta pela ação da gravidade (fenômeno mecânico)	As cargas se movimentam por fenômeno elétrico
	A redistribuição do líquido cessa quando se atinge o equilíbrio hidráulico	O movimento encerra se a distribuição de cargas cessa, quando os objetos atingem o equilíbrio eletrostático
	Equilíbrio hidrostático ( $h_a=h_b / P_{A \text{ fundo}}=P_{B \text{ fundo}}$ )	Equilíbrio eletrostático ( $V_A=V_B$ )
	Altura da coluna d'água/Pressão no fundo do recipiente ( $h/P_{\text{fundo}}$ )	Potencial elétrico (V)

Quadro 15 – Conjunto de relações analógicas pretendidas na ADA para o ensino da eletrização por contato - Similaridades



	Funcionamento de vasos comunicantes/Eletrização por contato
LIMITES DE VALIDADE	<ul style="list-style-type: none"> <li>Nos vasos comunicantes, a ligação deve ser feita, preferencialmente, próxima à base dos recipientes. No entanto, para colocar dois condutores em contato, a ligação pode ser feita em qualquer ponto.</li> <li>No caso dos vasos comunicantes temos o movimento de um fluido; porém, no processo de eletrização o movimento de cargas pode ser visto como um movimento de objetos individuais.</li> </ul>

Quadro 16 – Limites de validade presentes na ADA para o ensino da eletrização por contato

Como nos casos anteriores, a seguir apresentamos os índices de familiaridade com o análogo.

#### 4.3.3.1 Familiaridade dos alunos com o análogo utilizado

O quadro 17 apresenta os índices, absolutos e percentuais, do grau de familiaridade dos alunos com o análogo utilizado.

Número de Ordem	Situação Análoga	Prof. (a)	Familiar		Não Familiar	
			Quantidade	%	Quantidade	%
01	<i>Funcionamento de vasos comunicantes</i>	ALE	05	26	14	74
02		MS	21	72	08	28
03		LLS	05	13	32	87
04			06	22	21	78

Quadro 17 – Grau de familiaridade dos alunos com o análogo *Funcionamento de vasos comunicantes*

Verificamos, assim, que 74% dos alunos do Professor ALE não consideram como familiar o funcionamento de vasos comunicantes. A justificativa apresentada pelos alunos para a não familiaridade foi o desconhecimento do funcionamento de vasos comunicantes. Apenas 05 alunos consideraram a situação como familiar. Abaixo, apresentamos a justificativa de

03 deles, onde percebemos que se referem ao fato da água permanecer em um mesmo nível.

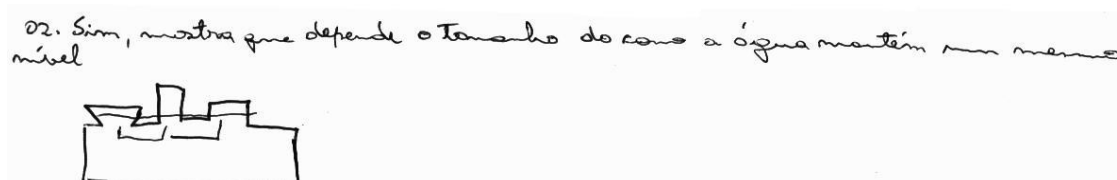


Figura 30 - Justificativa apresentada pelo aluno FS

02) São recipientes diferentes que interligados que apresentam o mesmo nível.

Figura 31 - Justificativa apresentada pelo aluno GQ

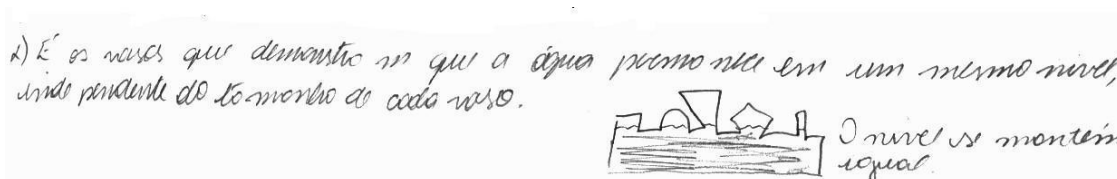


Figura 32 - Justificativa apresentada pelo aluno C

Altos índices de não familiaridade também foram verificados nas turmas do Professor LLS. Nelas, os valores indicam que, na primeira turma, 87% dos alunos não consideram o funcionamento de vasos comunicantes como familiar e na segunda 78%. Apenas na turma da Professora MS encontramos índices mais elevados de familiaridade, sendo que 72% dos alunos responderam estarem familiarizados com a situação. Algumas justificativas para a familiaridade dos alunos da Professora MS com a situação análoga são apresentadas a seguir.

*"Pode ser a comunicação de 2 ou mais tangues de mangas onde o "líquido" tenta estabelecer igualdade na pressão".  
(T. B.)*

"Sim por exemplo dois recipientes com tamanho e forma desprezível cujas bases estão ligadas por meio de um tubo." (A. C. P.)

"Sim quando meu pai estava fazendo a casa ajudei muito meu pai tirar nível." (J)

"Sim, são mangas de nível para construção para que a parede fique reta." (T)

"Sim, porque apresenta vários vãos, interligados, com forma e largura diferentes, que ao colocarmos água, ou outro líquido qualquer, o líquido atinge a mesma altura em todos os recipientes." (R. F.)

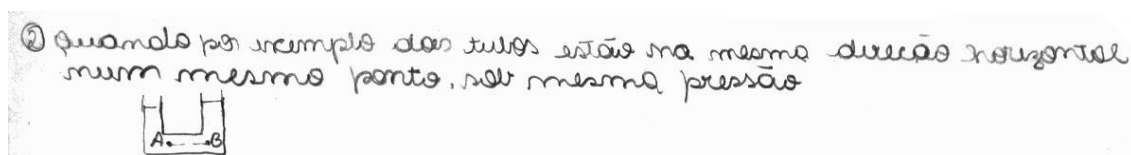


Figura 33 - Justificativa apresentada pela aluna RF

No conjunto destes exemplos de justificativas, podemos observar que elas avançam em sentidos diferentes. Enquanto alguns alunos recorrem a situações vivenciadas, experiências de vida, para justificarem a familiaridade com o análogo, outros recorrem a conhecimentos que se enquadram no domínio dos conteúdos escolares. No primeiro, quinto e sexto casos, um conhecimento de natureza científica é utilizado pelos alunos e no terceiro e quarto casos, um conhecimento baseado no cotidiano. Nos casos apresentados, os alunos não apenas possuem conhecimentos e informações científicas, provavelmente aprendidos na escola como fora dela, como também se utilizam destes conhecimentos e informações para produzirem suas respostas.

Os altos índices de *não* familiaridade com o análogo *Funcionamento de vasos comunicantes*, nas turmas dos professores ALE e LLS, talvez possam ser explicados pelo fato dos alunos não terem estudado este assunto em séries anteriores, ou não o terem aprendido suficientemente, o que mostra que uma situação já estudada não garante a efetividade como análogo.

Como mencionamos anteriormente, as analogias que utilizam análogos com origem no próprio domínio científico específico, mas procedentes de outro tópico conceitual, podem ser chamadas de *analogias internas* (QUEIROZ, 2000). Estas analogias poderão não ser familiares aos alunos, o que constitui sempre algum risco para sua utilização como recurso didático ser bem sucedida. No entanto, cabe ao professor verificar o nível de familiaridade de seus alunos com o análogo a ser utilizado, o que implicará no grau de contemplação dos passos 2 e 3 do modelo TWA, uma vez que o professor irá contemplar, com maior ou menor ênfase, os referidos passos, em virtude do grau de familiaridade.

Investigado este grau, passamos a relatar os resultados das implementações ocorridas nas turmas dos professores, anteriormente mencionados.

#### 4.3.3.2 Produções dos alunos: correspondências estabelecidas, limites identificados e sínteses elaboradas

##### A implementação do Professor ALE

Apresentamos inicialmente o desempenho dos alunos do Professor ALE nas tarefas da ADA, utilizando-se o análogo vasos comunicantes. A primeira delas diz respeito ao estabelecimento de semelhanças entre alvo e análogo. Nela, os alunos tiveram dificuldades em estabelecer as relações analógicas. A grande maioria dos alunos, que preencheu a Ficha 1, apenas descreveu o processo de eletrização por contato. Eles não foram capazes de identificar atributos e relacioná-los. Percebemos que os alunos apenas transcrevem para a ficha as falas/explicações do professor, como no exemplo abaixo.

## FICHA 1

Nome: J. B.M. Turma: 3

Que comparações podem ser feitas entre o alvo e o análogo? Preencher as duas colunas desta ficha, procurando estabelecer relações de semelhanças entre grandezas, características, aspectos, conceitos, modelos, processos, etc., presentes em cada situação apresentada.

Funcionamento de vasos comunicantes	Eletrização por contato
Quando eles entram em contato de uma eletroscópio fica carregado negativa - assim, quando ele está neutro ele recebe cargas positivas e negativas quando ele entra fica carregado posi- tivamente podendo transmitir uma quantidade de cargas elétricas de um objeto a outro	Quando os eletros negativos entram em contato com uma eletroscópio neutro, também recebe tanto as cargas negativas e as positivas com a mesma quantidade. Assim, todos os objetos com a mesma quantidade de cargas elétricas de inicial igual a quantidade final

Figura 34 – Correspondências estabelecidas pela aluna JBM

Fato semelhante ocorreu na identificação dos limites de validade, onde os alunos não os identificaram, sendo esta tarefa realizada pelo professor.

Esperávamos que os alunos produzissem sínteses pobres em argumentações e com poucas frases, tendo em vista que era a primeira atividade na qual os alunos estavam realizando, o que de fato ocorreu. Ao analisarmos as sínteses conclusivas, constatamos que a grande maioria da turma elaborou a síntese com pouca argumentação.

Os alunos apenas entenderam que, na eletrização por contato, dois condutores ficam eletrizados com cargas de mesmo sinal, mas não que o condutor de maior dimensão ficará com número superior de cargas em relação ao menor, como comprovado nas fichas abaixo reproduzidas. A maioria deles permanece com a concepção de que ambos os objetos ficam com o mesmo número de cargas.

## FICHA 3

Nome: ..... Turma: .....

De acordo com as comparações feitas na FICHA 1, tente elaborar uma síntese, apresentando suas conclusões sobre o processo de "Eletrização por contato" e apontando os pontos principais do mesmo. Transcreva seu texto nesta ficha.

Para acontecer eletrização por contato inicialmente um objeto está neutro, e o outro eletrizado. Então vai haver um contato onde se eletriza para também para o neutro eletrizado. Então eles ficaram com a mesma quantidade, ou seja,  $Q_A = Q_B$ .

Figura 35 – Síntese conclusiva elaborada por um aluno do Professor ALE

## FICHA 3

Nome: S ..... Turma: S .....

De acordo com as comparações feitas na FICHA 1, tente elaborar uma síntese, apresentando suas conclusões sobre o processo de "Eletrização por contato" e apontando os pontos principais do mesmo. Transcreva seu texto nesta ficha.

⇒ Inicialmente temos um condutor eletrizado e o outro neutro, para o neutro ficar eletrizado temos que estabelecer através de um contato entre os dois. O neutro vai ficar eletrizado quando aproximarmos o mesmo no de carga eletrizada.

→ Quanto maior a carga eletrizada, mais o potencial.

$Q_A = Q_B$  entre os dois

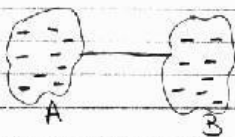


Figura 36 – Síntese conclusiva elaborada pela aluna S

Podemos atribuir o desempenho insatisfatório dos alunos nas duas primeiras tarefas, em virtude de ser a primeira atividade na qual eles tiveram contato com este tipo de aprendizagem. Outros dois fatores que podem ter influenciado para o desempenho insatisfatório é o baixo grau de familiaridade, já que 73,7% afirmaram não estarem familiarizados com a situação e a falta de domínio de alguns procedimentos indispensáveis neste tipo de tarefa. Não podemos relacionar o índice de aproveitamento nas tarefas ao grau de contemplação dos passos do modelo TWA pelo Professor ALE, tendo em vista que não possuímos a vídeo-gravação desta implementação.

## A implementação da Professora MS

Na turma da Professora MS obtivemos melhores resultados em comparação com a turma do Professor ALE. Nela, os alunos estabeleceram um número maior de correspondências, tanto estruturais como funcionais. A produção abaixo é um bom exemplo das relações analógicas estabelecidas na turma da Professora MS.

**FICHA 1**

Nome: A. E. Turma: 3

Que comparações podem ser feitas entre o alvo e o análogo? Preencher as duas colunas desta ficha, procurando estabelecer relações de semelhanças entre grandezas, características, aspectos, conceitos, modelos, processos, etc., presentes em cada situação apresentada.

Funcionamento de vasos comunicantes	Eletrização por contato
Reservatório ligado ao mar por dois canais de água	Corpo eletrizado
O contato deve ser feito na base dos recipientes	A quantidade de carga, no eletro
O volume de água, quando o nível está em equilíbrio, depende do diâmetro de cada um dos recipientes	A transparência de cargas, uma quantidade qualquer e mesma potência
A transparência de água cessa quando os dois recipientes ficam com o mesmo nível de água	

Figura 37 – Correspondências estabelecidas pela aluna AE

Podemos dizer que, em relação à identificação de pontos falhos da analogia, em geral os alunos tiveram uma maior dificuldade de apontá-las, o que acabou sendo executado pela Professora MS.

Nas conclusões sobre a situação alvo, elaboradas pelos alunos da turma da Professora MS, percebemos que eles atingiram um nível mais elevado de compreensão do processo de eletrização por contato, em comparação com os da turma do Professor ALE.

Os indícios que possuímos para esta afirmação encontram-se nas produções realizadas pelos alunos, reproduzidas na seqüência. Nas sínteses conclusivas, verificamos que os alunos referem-se não somente ao fato dos condutores ficarem com cargas de mesmo sinal, após o contato, mas, também, ao fato do condutor de maior dimensão ficar com a maior quantidade de cargas

(ver exemplo disso no trecho assinalado nas reproduções das sínteses conclusivas nas fig. 38 e fig. 39).

Além disso, manifestaram o conhecimento do princípio da conservação da carga elétrica (ver exemplo disso no trecho assinalado nas reproduções das sínteses conclusivas nas fig. 39 e fig. 40). No entanto, a maioria mencionou em suas produções que a eletrização corresponde sempre a um deslocamento de cargas do corpo eletrizado para o neutro, ou seja, a “passagem de elétrons” ocorre apenas do corpo eletrizado para o corpo neutro.

Talvez possa se explicar este fato, em virtude da Professora MS ter se utilizado apenas de um único exemplo, onde haviam um condutor eletrizado negativamente e outro neutro para explicar o processo em estudo.

FICHA 3

Nome: E. M. Turma: 3

De acordo com as comparações feitas na FICHA 1, tente elaborar uma síntese, apresentando suas conclusões sobre o processo de "Eletrização por contato" e apontando os pontos principais do mesmo. Transcreva seu texto nesta ficha.

Inicialmente um corpo está neutro e o outro eletrizado e então um corpo é encostado no outro passando a carga do corpo eletrizado para o que estava neutro, quando atinge o equilíbrio, os 2 corpos tem a mesma carga. Mas a quantidade de carga de cada corpo depende do tamanho do corpo. Para deixar os corpos neutros novamente basta encostar o "DEDO".

Figura 38 – Síntese conclusiva elaborada pelo aluno EM



**FICHA 3**

Nome: 10 5 Turma: 3

De acordo com as comparações feitas na FICHA 1, tente elaborar uma síntese, apresentando suas conclusões sobre o processo de "Eletrização por contato" e apontando os pontos principais do mesmo. Transcreva seu texto nesta ficha.

Inicialmente um neutro e o outro eletrizado, para P  
 que esta neutro ficar eletrizado, estabelecendo o contato  
 entre os dois, se houverem cargas de igual magnitude para  
 o contato. As cargas de ambos vão sendo transferidas  
 do eletrizado para o neutro. A quantidade de um  
 será a mesma do outro dependendo do tamanho  
 sendo em vista que o n° de cargas iniciais  
 deve ser igual ao n° de cargas finais.

Figura 39 – Síntese conclusiva elaborada pelo aluno LS

**FICHA 3**

Nome: 21 31 Turma: 3

De acordo com as comparações feitas na FICHA 1, tente elaborar uma síntese, apresentando suas conclusões sobre o processo de "Eletrização por contato" e apontando os pontos principais do mesmo. Transcreva seu texto nesta ficha.

Na eletrização por contato ocorre o contato entre dois corpos condutores, um eletrizado e o outro neutro. São iguais o parâmetro de elétrons de um para o outro, ficando um que o corpo neutro se eletriza.  
 As cargas em ambos os condutores eletrizando mutuamente se equalizam e alguma eletrização passará para o corpo neutro, ficando um que ele fique também com eletrização em ambos e, portanto, eletrizados mutuamente.  
 Os corpos ficam com cargas de mesma sinal.  
 A soma das cargas é igual antes e após o contato.

Figura 40 – Síntese conclusiva elaborada pela aluna VN

Sendo esta a primeira atividade na qual os alunos tiveram contato com o uso de analogias para a discussão de “conceitos científicos”, consideramos que eles obtiveram índices razoáveis de aprendizagem percebidos pelas suas sínteses conclusivas. Isto pode ser justificado mais pela familiaridade dos alunos com o análogo utilizado do que pelo uso do modelo TWA pela professora, já que ela contemplou apenas 03 passos. A tabela 11 apresenta o grau de contemplação dos passos do modelo TWA pela Professora MS.

Tabela 11 - Grau de contemplação dos passos do modelo TWA pela Profa. MS na implementação da ADA para o ensino do processo de eletrização por contato

Grau de contemplação com os passos do modelo TWA	PASSOS					
	1	2	3	4	5	6
Contemplou		X		X	X	
Contemplou parcialmente	X		X			
Não contemplou						X

Segundo a Professora MS, um fator que auxiliou os alunos na compreensão da analogia foi a utilização do modelo físico representativo do análogo, construído por eles e utilizado por ela durante o desenvolvimento da atividade, como mostra a figura 41.

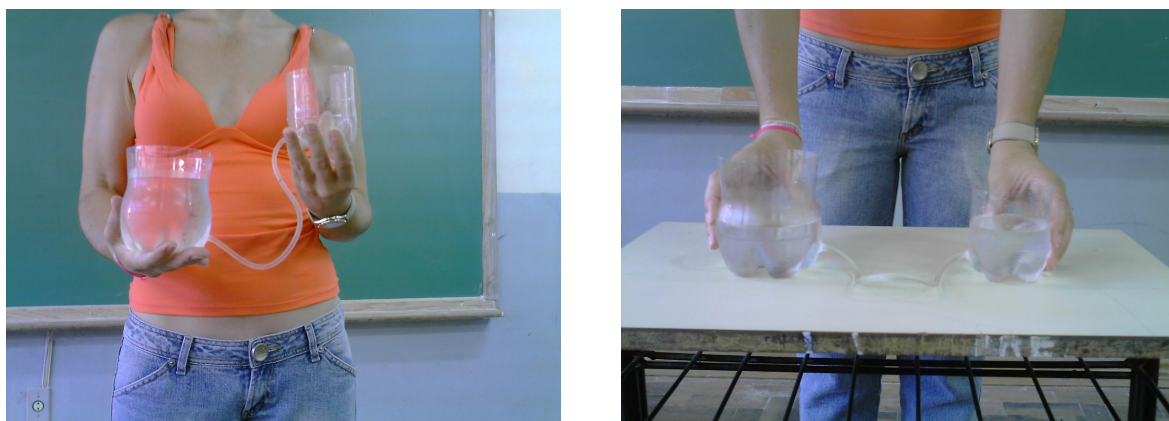


Figura 41 – Modelo físico representativo do análogo utilizado pela Professora MS na implementação da ADA para o ensino do processo de eletrização por contato

Sobre a validade do uso desta ADA para o ensino e sobre o uso deste modelo físico representativo a professora expõe:

*“Essa foi uma das atividades bem interessantes, foi uma das que os alunos assim, eles [...] por terem uma visualização melhor de fácil representação, foi uma atividade assim, que eles conseguiram compreender melhor, em virtude da fácil representação dos vasos comunicantes, onde eles mesmos construíram os vasos comunicantes. Eu solicitei a atividade a eles e eles*

*mesmos confeccionaram o experimento sobre vasos comunicantes”.*

### As implementações do Professor LLS

Os dados coletados na implementação realizada pelo Professor LLS, em sua primeira turma, revelam que os alunos tiveram grandes dificuldades em todas as tarefas requisitadas. Nela obtivemos os mais baixos índices de desempenho nas tarefas.

No estabelecimento de correspondências, verificamos que os alunos estabeleceram as relações analógicas que dependiam de um menor esforço cognitivo, ou seja, as mais fáceis de serem comparadas pela simples “visualização” de ambas as situações, por exemplo, água/cargas, vasos/condutor.

Na identificação de pontos falhos, a grande maioria dos alunos não conseguiu mapeá-los. Perceberam a analogia apenas como um processo de semelhança e não também de diferenças. Os alunos argumentaram que não viram falhas na analogia, como no exemplo da figura 42. Os poucos alunos que executaram a tarefa de identificação de limites de validade da analogia, expressaram um ponto falho diferente daquele previsto na atividade. Um exemplo disso encontra-se reproduzido na figura 43. Desses exemplos, podemos inferir que alunos com melhores habilidades cognitivas são capazes de identificar pontos falhos com maior facilidade.

Nome: A M	FICHA 3	Turma: 3	Nº: 2
Preencha a FICHA 3 com as características da situação análoga que não encontram correspondência na situação alvo e vice-versa, ou seja, pontos onde a analogia falha.			
2		NÃO vejo falhas.	

Figura 42 – Ficha do aluno AM

FICHA 3		
Nome: J H	Turma: 3	N°:
Preencha a FICHA 3 com as características da situação análoga que não encontram correspondência na situação alvo e vice-versa, ou seja, pontos onde a analogia falha.		
Na eletrização tem que haver contato e nos vasos comunicantes precisa de um condutor (como que transporta a água de um vaso para o outro).		

Figura 43 – Limite de validade explicitado pelo aluno JH

Ao analisarmos as sínteses conclusivas notamos que estas carecem de argumentação, como é facilmente verificado no exemplo da ficha reproduzida abaixo.

FICHA 4		
Nome: F B A	Turma: 3	N°:
Tente elaborar uma síntese, apresentando suas conclusões sobre o processo de "Eletrização por contato" e apontando os pontos principais do mesmo. Transcreva seu texto nesta ficha.		
NA ELETRIZAÇÃO POR CONTATO DOIS CORPOS ENTRAM EM CONTATO E NA TROCA DE CARGAS, SENDO QUE O MAIOR FICA COM MAIS CARGA. A TROCA DE CARGA OCORRE EM QUALQUER PARTE DOS CORPOS.		

Figura 44 – Síntese conclusiva elaborada pelo aluno FGA

Nenhum aluno mencionou que, ao final do processo de eletrização por contato, dois objetos ficam eletrizados com cargas de mesmo sinal. Isto evidencia que o uso desta analogia não foi significativo no contexto de aprendizagem destes alunos. Uma possível explicação pode ser a não familiaridade dos alunos com o análogo. Podemos afirmar que, especificamente, nesta turma, a atividade contribuiu muito mais para o entendimento do funcionamento de vasos comunicantes do que para a compreensão do processo de eletrização por contato.

Parece pouco provável atribuímos os baixos índices de desempenho dos alunos nas tarefas solicitadas à falhas conceituais ou ao uso do modelo TWA pelo Prof. LLS. A tabela 12 mostra o grau de contemplação dos passos do modelo TWA pelo Prof. LLS. É mais provável atribuímos os baixos índices de aprendizagem ao pequeno grau de familiaridade com a situação análoga,

visto que 86,5% dos alunos informaram não estarem familiarizados com ela, e em maior escala a um déficit procedimental.

Destacamos que esta atividade foi a primeira na qual os alunos tiveram contato com este tipo de linguagem, o que provavelmente, também, contribuiu para os baixos índices obtidos.

Tabela 12 – Grau de contemplação dos passos do modelo TWA pelo Prof. LLS na implementação, em sua 1ª turma, da ADA para o ensino do processo de eletrização por contato

Grau de contemplação com os passos do modelo TWA	PASSOS					
	1	2	3	4	5	6
Contemplou	X	X		X	X	
Contemplou parcialmente			X			X
Não contemplou						

Na 2ª turma de implementação da atividade pelo Prof. LLS, as informações coletadas mostram que, os alunos relacionaram tanto os aspectos estruturais, como os funcionais entre análogo e alvo. As relações estabelecidas foram aquelas que os alunos conseguiram “visualizar” com base no análogo; por exemplo, “a água fica no mesmo nível/as cargas se igualam negativamente”.

Os alunos não compararam o equilíbrio eletrostático com o equilíbrio hidrostático (mesma pressão no fundo de ambos os recipientes). Isto pode ser justificado pela falta de conhecimento dos alunos sobre os conceitos envolvidos no funcionamento de vasos comunicantes, uma vez que 78% dos estudantes desta turma afirmaram não estarem familiarizados com a situação análoga. O quadro 18 apresenta as correspondências estabelecidas pelos alunos do Prof. LLS.

Funcionamento de vasos comunicantes	Eletrização por contato
Transferência de água	Transferência de elétrons
Vasos	Condutores
Vaso com água	Condutor eletrizado
Vaso vazio	Condutor neutro
A água fica no mesmo nível, mesma altura	Os condutores entram em equilíbrio
Vaso maior com maior quantidade de água	Corpo maior com maior quantidade de cargas
Volume de água nos dois recipientes dependem do tamanho de cada um	Quantidade de carga é proporcional ao tamanho do condutor
O contato deve ser feito através de um objeto que possibilite a passagem do líquido	O contato pode ser feito através de fios ou diretamente

Quadro 18 – Correspondências estabelecidas pelos alunos da 2ª turma do Professor LLS na ADA para o ensino do processo de eletrização por contato

Verificamos que os alunos “visualizaram” o ponto falho, o que possibilitou a eles o mapearem. Nas figuras abaixo temos exemplos de limites de validade mencionados pela turma.

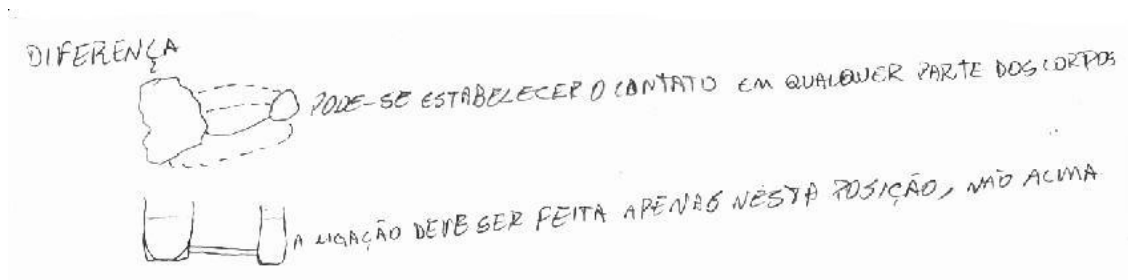


Figura 45 – Limite de validade explicitado pelo aluno FJ



Figura 46 – Limite de validade explicitado pelo aluno FR

No uso deste análogo é possível acontecer que os alunos desenvolvam a concepção que o processo de eletrização por contato ocorre somente do corpo eletrizado para o neutro, uma vez que eles podem criar tal concepção ao associar o vaso com água com o corpo eletrizado e, o outro vaso vazio com o condutor neutro. Em algumas sínteses conclusivas percebemos que isto pode ter ocorrido. A título de exemplo reproduzimos algumas delas.

**FICHA 3**

Nome: RE Turma: \_\_\_\_\_

De acordo com as comparações feitas na FICHA 1, tente elaborar uma síntese, apresentando suas conclusões sobre o processo de "Eletrização por contato" e apontando os pontos principais do mesmo. Transcreva seu texto nesta ficha.

Para eletrizar por contato é necessário ter um corpo eletrizado (positiva ou negativamente) e um corpo neutro. Quando estabelecido um contato entre eles, o qual independe do local em que se faça, as cargas do corpo eletrizado vão para o corpo neutro até que os dois corpos atinjam o mesmo potencial. No final do processo, os dois corpos têm, necessariamente, a mesma intensidade de cargas, pois a quantidade de mesma é dependente e diretamente proporcional ao tamanho do corpo.

Figura 47 – Síntese conclusiva elaborada pelo aluno RE

**FICHA 3**

Nome: FR Turma: 3

De acordo com as comparações feitas na FICHA 1, tente elaborar uma síntese, apresentando suas conclusões sobre o processo de "Eletrização por contato" e apontando os pontos principais do mesmo. Transcreva seu texto nesta ficha.

Para eletrizar um corpo por contato deve haver um contato, estando um corpo neutro e o outro eletrizado. ocorre a transferência de carga que passa do corpo eletrizado para o neutro. Então quando eles estão com o mesmo potencial de carga, eles estão em equilíbrio, atingindo assim um potencial elétrico.

→ A quantidade de carga que passa de um condutor para outro, depende do tamanho do corpo.

Figura 48 – Síntese conclusiva elaborada pelo aluno FR

Entre todos os 27 alunos desta turma, verificamos que apenas uma aluna refere-se ao análogo na explicação da situação alvo. A produção desta aluna está reproduzida abaixo.

**FICHA 3**

Nome: Lu Turma: 5

De acordo com as comparações feitas na FICHA 1, tente elaborar uma síntese, apresentando suas conclusões sobre o processo de "Eletrização por contato" e apontando os pontos principais do mesmo. Transcreva seu texto nesta ficha

Para explicar como ocorre a eletrização por contato foi utilizada um sistema de vasos comunicantes. Neste sistema a água contida em um vaso (vaso e corpo eletrizado) passa para um outro vaso maior (vaso neutro) através de uma mangue firmada na parte superior dos vasos (na eletrização por contato o fio que liga os corpos pode estar firmado em qualquer parte destes). A transferência de água nessa qdo atinge a mesma pressão ou equilíbrio hidrostático. A transferência de elétrons do corpo eletrizado para o neutro numa qdo a quantidade de carga nos dois se equilibra.

Figura 49 – Síntese conclusiva elaborada pela aluna C

O desempenho satisfatório nas tarefas, de estabelecimento de correspondências, identificação de pontos falhos e elaboração de síntese conclusiva, não pode ser justificada pela familiaridade dos alunos com o análogo empregado nesta atividade, visto que 78% afirmaram não estarem familiarizados com esta situação.

É mais provável que este desempenho satisfatório seja devido à utilização de um modelo físico representativo do análogo durante as aulas, o que possibilitou aos alunos “visualizarem” os atributos a serem comparados. Na Figura 50 mostramos o modelo físico utilizado pelo professor para introduzir a situação alvo e identificar suas características relevantes.

Associado a este fator, o grau de contemplação dos passos do modelo TWA pelo Prof. LLS, expresso na Tabela 13, também deve ter contribuído para o desempenho satisfatório nas tarefas solicitadas.





Figura 50 – Modelo físico representativo do análogo utilizado pelo Prof. LLS na implementação da ADA para o ensino do processo de eletrização por contato

Tabela 13 – Grau de contemplação dos passos do modelo TWA pelo Prof. LLS na implementação, em sua 2ª turma, da ADA para o ensino do processo de eletrização por contato

Grau de contemplação com os passos do modelo TWA	PASSOS					
	1	2	3	4	5	6
Contemplou		X	X	X	X	
Contemplou parcialmente	X					X
Não contemplou						

Embora a maioria dos alunos, em todas as turmas, tenha entendido que, ao final do processo do processo de eletrização por contato, dois objetos apresentam cargas de sinais iguais e que o contato pode se dar em qualquer parte do condutor, a grande maioria mencionou que o processo acontece do condutor eletrizado para o condutor neutro. Sendo assim, devemos ter muita cautela ao utilizar esta analogia, pois ao mesmo tempo em que ela poderá estar ajudando os alunos a não reforçarem uma concepção errônea, poderá estar contribuindo para a criação de outra.

Nesta atividade houve uma ressignificação do análogo, fazendo os alunos compreenderem não somente o processo de eletrização por contato

como também, os conceitos envolvidos no funcionamento de vasos comunicantes.

Sobre a validade do uso didático desta ADA em aulas de Física, os professores afirmaram, nas entrevistas, que esta foi uma das atividades mais interessantes, pois os alunos tiveram uma boa visualização do análogo, e ele era de fácil representação. Para a professora MS nesta atividade:

*“Eles conseguiram compreender melhor, em virtude da fácil representação dos vasos comunicantes, onde eles mesmos construíram os vasos comunicantes, eu solicitei a atividade a eles e eles mesmos confeccionaram o experimento sobre vasos comunicantes”.*

Após implementarmos a atividade didática para a compreensão do processo de eletrização por contato, desenvolvemos uma ADA para o estudo do “poder das pontas”, tendo como análogo a água escoando por um ralo.

#### 4.3.4 Atividade Didática 04 – Carga elétrica “escoando” por uma protuberância (poder das pontas)/água escoando por um ralo

Esta atividade foi implementada somente pelo Professor L.L.S em sua 1ª turma. Passamos a descrever os resultados do grau de familiaridade dos alunos com o análogo e das produções escritas.

Para o leitor acompanhar os resultados, especificamos no quadro 19 e 20 o conjunto de relações analógicas que servem como “expectativa de resposta” para a atividade a ser realizada pelos alunos.

	ANÁLOGO	ALVO
	Água escoando por um ralo	Carga elétrica “escoando” por uma protuberância
SIMILARIDADES	Tanque/Pia	Superfície condutora
	Água contida em um tanque/pia	Cargas elétricas distribuídas pela superfície condutora
	Ralo do Tanque/Pia	Protuberância ou região pontiaguda na superfície condutora

Quadro 19 – Conjunto de relações analógicas pretendidas na ADA para o ensino do “poder das pontas” – Similaridades

	Água escoando por um ralo/carga elétrica “escoando” por uma protuberância
LIMITE DE VALIDADE	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Na “situação análoga” temos o movimento de um fluido; porém, na “situação alvo” temos o movimento de cargas que pode ser visto como um movimento de “objetos individuais”.</li> <li>• Na “situação alvo” temos que romper a rigidez dielétrica do ar. Na situação análoga isto não ocorre, pois não necessitamos “romper” nada.</li> </ul>

Quadro 20 – Limites de validade presentes na ADA para o ensino do “poder das pontas”

Consideramos esta atividade muito simples e de fácil entendimento, em razão de ter poucos atributos a serem relacionados entre alvo e análogo e também pela situação análoga ser comum no cotidiano dos alunos. Neste

sentido, esperávamos alto grau de familiaridade e índices satisfatórios de aprendizagem, o que não ocorreu neste último aspecto.

#### 4.3.4.1 Familiaridade dos alunos com o análogo utilizado

Em relação ao grau de familiaridade, 100% dos alunos consideraram o análogo como familiar. Enquanto a maioria justificou a familiaridade pela visualização da situação no dia-a-dia, três alunos associaram ao desnível do piso, como pode ser constatado nos exemplos abaixo, e apenas 01 aluno referiu-se a ação da força gravitacional como responsável pelo escoamento da água.

*"Sim, vejo esse fato todos os dias quando tomo banho".  
(C.M.)*

*"Sim, a água escoava para o local mais baixo". (R.P.)*

*"Sim, isso se deve pelo desnível do piso". (A.M.)*

*"Sim, a água escoava para o ralo por meio de certo desnivelamento do piso". (O.T.G.)*

*"Sim, devido à força gravitacional puxando a água". (G.Q.)*

#### 4.3.4.2 Produções dos Alunos: correspondências estabelecidas, limites identificados e sínteses elaboradas

Com relação à aprendizagem, podemos dizer que na primeira tarefa, os alunos, em geral, identificaram os atributos presentes nas situações. No entanto, não conseguiram estabelecer as comparações entre os atributos. Esta ocorrência pode ser justificada pela falta de domínio desta capacidade, uma vez que a atividade foi a segunda a ser implementada nesta turma. Percebemos que os alunos com maior domínio das habilidades de comparar executaram as tarefas satisfatoriamente. As produções do aluno FGA, reproduzidas abaixo são exemplos desta afirmação.

FICHA 1			
Nome: F	6	A	Turma: 3 Nº: 15
Que comparações podem ser feitas entre o alvo e o análogo? Preencher as duas colunas desta ficha, procurando estabelecer relações de semelhanças entre grandezas, características, aspectos, conceitos, modelos, processos, etc., presentes em cada situação apresentada.			
Água escoando por um ralo		Poder das pontas	
* HÁ UM ACUMULO DE ÁGUA		* HÁ UM ACUMULO DE CARGA	
* VISÍVEL		* NÃO VISÍVEL	
* RALO É A CURVA QUE DES-CARREGA A ÁGUA		* A SETA É A CURVA QUE DESCARREGA A CARGA	

Figura 51 – Correspondências estabelecidas pelo aluno FGA

FICHA 2			
Nome: F	6	A	Turma: 3 Nº: 15
Preencha a FICHA 3 com as características da situação análoga que não encontram correspondência na situação alvo e vice-versa, ou seja, pontos onde a analogia falha.			
* A ÁGUA É VISÍVEL E AS CARGAS NÃO SÃO VISÍVEIS			
* NAS CARGAS HÁ ATRAÇÃO E REPELÇÃO, E NA ÁGUA <del>ATRAÇÃO</del> NÃO OCORRE.			
* ÁGUA É UM FLUÍDO			

Figura 52 – Limites de validade explicitados pelo aluno FGA

Ao final da atividade, a grande maioria dos alunos apenas mencionou, nas sínteses conclusivas, que em objetos pontiagudos há maior acúmulo de cargas, não havendo uma elaboração mais cuidadosa e rica em argumentações.

Como já mencionamos anteriormente, esperávamos bons índices de aprendizagem, tendo em vista o alto grau de familiaridade dos alunos com o análogo, o que quase não ocorreu.

Sendo assim, não podemos atribuir o desempenho insatisfatório dos alunos ao grau de familiaridade, visto que a totalidade da turma o considerou familiar, nem ao grau de contemplação dos passos do modelo TWA pelo Prof. LLS, uma vez que não possuímos a videogravação desta implementação. Uma provável justificativa possa ser a falta de habilidade dos alunos com as tarefas presentes na atividade, ou seja, eles não estão habituados com os procedimentos necessários para a aprendizagem mediante o uso de analogias.

Pensamos que um número maior de atividades implementadas poderia minimizar as dificuldades apresentadas pelos alunos.

Relatamos na seqüência os resultados das ADA para o ensino dos conceitos de campo elétrico e campo elétrico criado por várias cargas.

#### 4.3.5 Atividade Didática 05 – Intensidade do campo elétrico/Campo de cheiro

Para o ensino do conceito de campo elétrico elaboramos uma ADA que tem como análogo o Campo de Cheiro. Para o leitor acompanhar os resultados, especificamos nos quadros 21 e 22 o conjunto de relações analógicas que servem como “expectativa de resposta” para a atividade a ser realizada pelos alunos.

	ANÁLOGO	ALVO
	Cheiro emanado de um vidro de perfume aberto	Campo elétrico
SIMILARIDADES	Frasco com perfume líquido (solução)	Partícula ou objeto
	Porção de perfume: “fonte do campo de cheiro”	Partícula ou objeto carregado: “fonte do campo elétrico”
	Campo de cheiro é inseparável da porção de perfume	Campo elétrico inseparável da carga elétrica
	Usualmente é detectado pelo nariz	Usualmente é detectado por uma carga de prova
	A intensidade do cheiro varia, diminuindo com a distância	A intensidade do campo elétrico varia, diminuindo com a distância

Quadro 21 – Conjunto de relações analógicas pretendidas na ADA para o ensino do conceito de Campo elétrico - Similaridades

	Cheiro emanado de um vidro de perfume aberto	Campo elétrico
LIMITES DE VALIDADE	É material	Não é material
	A existência do campo de cheiro é garantida pela “evaporação” contínua/permanente de substâncias. Portanto, ele tem uma duração relacionada diretamente à quantidade de perfume contida no frasco.	O campo elétrico é permanente, ou seja, ele existe junto com a carga elétrica. Por exemplo, consideramos que de uma partícula não emana nenhum material para a produção do campo elétrico, que implique na sua quantidade de carga diminuir.

Quadro 22 – Limites de validade presentes na ADA para o ensino do conceito de Campo elétrico

Esta ADA foi implementada em sala de aula pela Professora MS e pelo Professor LLS em sua primeira turma. A seguir, mostramos os índices obtidos do ao grau de familiaridade dos alunos destes professores com o análogo e os resultados das suas produções.

#### 4.3.5.1 Familiaridade dos alunos com o análogo utilizado

Para o análogo *Campo de cheiro* esperávamos altos índices de familiaridade, uma vez que o consideramos como sendo do cotidiano dos alunos. Obtivemos 100% de familiaridade em ambas as turmas, o que não é surpreendente, estando dentro de nossas expectativas.

Entre as justificativas para a familiaridade apareceram as abaixo reproduzidas, onde os alunos mencionaram a evaporação do perfume, aspecto abordado como um dos limites de validade da analogia.

*"Sim, onde o aroma do perfume sai e fica evaporando no ar." (D.S.)*

*"Sim, sentimos o cheiro da fragrância, as vezes fragrâncias doces, cítricas, florais, amadeiradas... porém se deixarmos o vidro de perfume muito tempo aberto ele irá evaporar." (G.F.)*

*"Sim, o perfume expalha seu cheiro, devido a gases que evaporam e expalham no ar." (C.L.)*

*"Sim, o perfume sai p/ fora do vidro, quem está mais perto sente mais forte, quem está mais longe sente mais fraco". (L.S.B.)*

De posse do grau de familiaridade dos alunos com o análogo utilizado passamos a implementar a ADA nas turmas dos professores acima mencionados. Os resultados do desempenho dos alunos nesta atividade são apresentados a seguir.

#### 4.3.5.2 Produções dos Alunos: correspondências estabelecidas, limites identificados e sínteses elaboradas

##### A implementação da Professora MS

O primeiro aspecto a ser analisado é o nível de correspondências estabelecidas pelos alunos. Em geral, a turma da Professora MS estabeleceu as correspondências pretendidas sem dificuldades. Porém, os alunos compararam o perfume (líquido dentro do vidro) com a carga elétrica como pode ser visualizado no exemplo abaixo.

FICHA 1	
Nome: <b>C</b>	Turma: _____ N°: <b>9</b>
Que comparações podem ser feitas entre o alvo e o análogo? Preencher as duas colunas desta ficha, procurando estabelecer relações de semelhanças entre grandezas, características, aspectos, conceitos, modelos, processos, etc., presentes em cada situação apresentada.	
CAMPO DE CHEIRO	CAMPO ELÉTRICO
quanto mais perto do campo de vidro mais o cheiro	quanto mais perto do campo elétrico mais atração
quanto mais longe menos o cheiro	quanto mais longe menos atração
<b>líquido</b>	<b>carga</b>
o vidro é o alvo.	o vidro é uma carga positiva

Figura 53 – Correspondências estabelecidas pelo aluno C

O segundo aspecto é a tarefa de identificação dos limites, na qual os alunos executaram com sucesso, visto que, a grande maioria listou os pontos falhos. Além dos limites previstos, os alunos ainda listaram a limitação *Cargas não são visíveis/O perfume (líquido) é visível*, como na produção da aluna SW na figura 54.



FICHA 2		
Nome: <u>S. W.</u>	Turma:	Nº:
Preencha a FICHA 3 com as características da situação análoga que não encontram correspondência na situação alvo e vice-versa, ou seja, <u>pontos onde a analogia falha.</u>		
→ NO CAMPO ELÉTRICO, AS CARGAS NÃO SÃO VISÍVEIS.		
→ NO CAMPO DE CHEIRO, PERCEBESSE (SENTIMOS) O CHEIRO.		
→ NO CAMPO ELÉTRICO NÃO HÁ EVAPORAÇÃO.		
→ NO CAMPO DE CHEIRO HÁ EVAPORAÇÃO DO LÍQUIDO.		

Figura 54 – Limites de validade explicitados pela aluna SW

A análise das sínteses conclusivas evidência que, os alunos elaboraram as conclusões de forma muito breve, sem muitas argumentações. A produção abaixo é um exemplo de uma síntese elaborada por um aluno. No entanto, percebemos que eles compreenderam a noção de campo elétrico e que sua intensidade está relacionada com a distância, como na produção a seguir.

FICHA 3		
Nome:	Turma:	Nº:
Tente elaborar uma síntese, apresentando suas conclusões sobre Campo Elétrico e os pontos principais do mesmo. Transcreva seu texto nesta ficha.		
<p>Uma carga cria em sua volta uma região que será campo elétrico, que terá repulsão ou atração, isto relacionado com a distância. E mais perto da carga, mais a carga, mais longe, menor a carga. No campo elétrico não se vê a carga mas se sente.</p>		

Figura 55 – Síntese conclusiva elaborada por um aluno do Prof. LLS

Sendo esta atividade a segunda na qual os alunos da Professora MS entraram em contato com este tipo de recurso, consideramos que eles tiveram um desempenho satisfatório nas tarefas e consecutivamente na aprendizagem, em virtude dos índices alcançados no estabelecimento de correspondências, na identificação de limites e elaboração de sínteses conclusivas. Podemos atribuir o desempenho satisfatório ao grau de familiaridade dos alunos com o análogo utilizado e ao pequeno número de correspondências e limitações a serem mapeadas.

O professor ALE mencionou em sua entrevista que utiliza esta analogia fazendo referência ao campo de fedor para a repulsão entre cargas iguais. Para a Professora MS esta ADA foi uma das mais interessantes porque:

"No momento que eu percebi que eles entenderam, eles começaram a usar outros análogos, o cheiro de comida, por exemplo, à medida que eles fossem se aproximando ao chegar em casa ao meio-dia, se aproximando de um colega após o período da educação física, o mau cheiro causado, o odor no caso, então aí é que eu senti quando eles começaram a citar exemplos que foi uma analogia legal, ela é muito interessante e de fácil compreensão para eles".

### A implementação do Prof. LLS

Os resultados obtidos da implementação da ADA na turma do Prof. LLS foram semelhantes aos obtidos na turma da Professora MS. A análise da Fichas 1 revelou que os alunos, de forma geral, estabeleceram duas das correspondências como nos exemplos a seguir.

FICHA 1	
Nome: <u>J N B</u>	Turma: <u>3</u> N°:
Que comparações podem ser feitas entre o alvo e o análogo? Preencher as duas colunas desta ficha, procurando estabelecer relações de semelhanças entre grandezas, características, aspectos, conceitos, modelos, processos, etc., presentes em cada situação apresentada.	
CAMPO DE CHEIRO	CAMPO ELÉTRICO
O cheiro é mais forte perto do pessoal e mais fraco longe.	O campo é mais intenso perto da carga.
Quem detecta o cheiro é o nariz.	Quem detecta o campo elétrico é uma carga.

Figura 56 – Correspondências estabelecidas pela aluna JNB

FICHA 1	
Nome: <u>U D J</u>	Turma: <u>3</u> N°: <u>Ultimo</u>
Que comparações podem ser feitas entre o alvo e o análogo? Preencher as duas colunas desta ficha, procurando estabelecer relações de semelhanças entre grandezas, características, aspectos, conceitos, modelos, processos, etc., presentes em cada situação apresentada.	
CAMPO DE CHEIRO	CAMPO ELÉTRICO
No cheiro podemos perceber o líquido não é o cheiro mais forte perto do pessoal e mais fraco longe.	No líquido pode ser observado como as cargas. Próximo ao campo a distância é mais intenso as cargas.
Quem detecta o cheiro é o nariz.	A a carga pode detectar o campo elétrico e como o "nariz".

Figura 57 – Correspondências estabelecidas pelo aluno UDVJ

A produção acima mostra uma outra relação sugerida pelos alunos. Estes propuseram a correspondência *Evaporação/Neutralização de um condutor*.

Analisando as fichas de número 2, constatamos que os alunos não tiveram dificuldades em identificar os limites, mapeando pontos falhos além daqueles previstos na atividade. A título de exemplo reproduzimos abaixo três produções nas quais os alunos identificam as limitações da ADA.

FICHA 2			
Nome: L. G. L.	Turma: 3	N°:	
Preencha a FICHA 3 com as características da situação análoga que não encontram correspondência na situação alvo e vice-versa, ou seja, <u>pontos onde a analogia falha.</u>			
- No campo elétrico não conseguimos ver as cargas. No campo elétrico também não, mas o nariz detecta o cheiro.			
- No campo elétrico a repulsão e atração no campo de cheiro só há o cheiro.			

Figura 58 – Limites de validade identificados pela aluna LCC

FICHA 2			
Nome: U. D. V. J.	Turma: 3	N°: Último	
Preencha a FICHA 3 com as características da situação análoga que não encontram correspondência na situação alvo e vice-versa, ou seja, <u>pontos onde a analogia falha.</u>			
O campo de cheiro só tem um campo quando <del>está</del> aberto e o campo elétrico tem o campo o <del>glóbulos</del> líquido.			
No cheiro podemos ver o líquido e <del>o</del> sentir o cheiro e no eletrizado <del>podemos</del> não podemos ver mas sentir a força de carga.			

Figura 59 – Limites de validade identificados pelo aluno UDVJ

FICHA 2			
Nome: I. D. E. C.	Turma: 3	N°:	
Preencha a FICHA 2 com as características da situação análoga que não encontram correspondência na situação alvo e vice-versa, ou seja, <u>pontos onde a analogia falha.</u>			
- NO CAMPO ELÉTRICO, AS CARGAS NÃO SÃO VISÍVEIS, MAS O EFEITO É VISÍVEL.			
- NO " " DE CHEIRO, PERCEBESSE O <del>líquido</del> LÍQUIDO, E SENTE-SE O CHEIRO.			
- NO CAMPO ELÉTRICO NÃO HA EVAPORAÇÃO E NO CAMPO DE CHEIRO HA EVAPORAÇÃO.			

Figura 60 – Limites de validade identificados pela aluna IC

No primeiro caso, a aluna LCC apontou que o campo elétrico não é visível, não podemos ver as cargas, assim como o campo de cheiro, no entanto o nariz pode detectar este. Após, a aluna identificou que no campo elétrico pode haver repulsão e atração e no de cheiro só há atração.

No segundo caso, o aluno UDVJ expôs que o campo elétrico existe sempre e o campo de cheiro a partir do momento em que abrimos o vidro. Já a aluna IC argumentou que no campo de cheiro temos o vidro que é visível e no campo elétrico temos a carga que não é visível, por isso não o vemos, mas somente os seus efeitos.

Assim como na turma da Professora MS, a análise das sínteses conclusivas evidenciou que os alunos elaboraram as conclusões de forma muito breve, sem muitas argumentações. A produção reproduzida a seguir é um exemplo típico do nível de síntese elaborada pela grande maioria dos alunos.

FICHA 3		
Nome:	Turma:	Nº: 9
Tente elaborar uma síntese, apresentando suas conclusões sobre Campo Elétrico e os pontos principais do mesmo. Transcreva seu texto nesta ficha.		
<p>carregando um corpo ele cria um campo elétrico e se os corpos estiverem próximos o campo elétrico é maior e se estiverem mais distantes menor a distância. Para detectar que há um campo elétrico é necessário uma carga de prova.</p>		

Figura 61 – Síntese conclusiva elaborada por um aluno do Prof. LLS

Destacamos que, em relação aos procedimentos de comparar e identificar, os alunos, em geral, a partir desta atividade mostraram um crescimento nestas tarefas. No entanto, os alunos são deficientes em relação ao procedimento de sintetizar idéias, pareciam requisitar das explicações do professor, de suas informações para elaborarem as sínteses conclusivas.

A Tabela 14 apresenta o grau de contemplação dos passos do modelo TWA executados pelo Prof. LLS nesta atividade didática.

Tabela 14 – Grau de contemplação dos passos do modelo TWA pelo Prof. LLS na implementação da ADA para o ensino do conceito de campo elétrico

Grau de contemplação com os passos do modelo TWA	PASSOS					
	1	2	3	4	5	6
Contemplou		X	X	X	X	
Contemplou parcialmente	X					
Não contemplou						X

#### 4.3.6 Atividade Didática 06 – Campo elétrico criado por várias cargas/Alunos participando de uma aula

A ADA anterior foi elaborada para o ensino do conceito de campo elétrico. No entanto, com ela nos restringíamos ao campo elétrico criado somente por uma carga. Sendo assim, era necessário entrar na discussão do princípio da superposição para abordar a resultante do campo elétrico criado por várias cargas elétricas.

Para tanto, utilizamos uma analogia que tem como análogo Alunos participando de uma aula. Esta ADA foi implementada somente pelo Prof. LLS, após o desenvolvimento da analogia com o Campo de cheiro.

Para o leitor acompanhar os resultados, especificamos nos quadros 23 e 24 o conjunto de relações analógicas que servem como “expectativa de resposta” para a atividade a ser realizada pelos alunos.

	ANÁLOGO	ALVO
	Alunos em uma sala de aula	Campo elétrico criado por várias cargas
SIMILARIDADES	Alunos	Cargas elétricas
	Desenvolvimento de uma aula	Campo elétrico resultante
	Distância entre os alunos	Distância entre as cargas
	Aula inseparável dos alunos	Campo inseparável das cargas

Quadro 23 – Conjunto de relações analógicas pretendidas na ADA para o ensino do Campo elétrico criado por várias cargas - Similaridades

	Campo de cheiro/Campo elétrico
LIMITES DE VALIDADE	<ul style="list-style-type: none"> <li>• O caráter humano da interação em aula ficará evidente se metade dos alunos se retirarem da sala, uma vez que ela é influenciável pela presença de espectadores, no caso elétrico isto não ocorre.</li> <li>• O controle da atenção é uma característica de seres vivos. Já cargas elétricas não podem “prestar atenção” ou “se distrair”. As interações orais entre seres humanos caracterizam um diálogo. Já cargas elétricas não “dialogam”.</li> <li>• Na aula a informação flui do professor para o aluno, enquanto que o mesmo não ocorre com o campo.</li> </ul>

Quadro 24 – Limites de validade presentes na ADA para o ensino do Campo elétrico criado por várias cargas

#### 4.3.6.1 Familiaridade dos alunos com o análogo utilizado

Esperávamos 100% de grau de familiaridade para este análogo, o que ocorreu, não sendo surpreendente, ou seja, estando dentro de nossas expectativas, uma vez que os alunos o vivenciam dia-a-dia, como mencionado nas justificativas apresentadas por eles.

#### 4.3.6.2 Produções dos Alunos: correspondências estabelecidas, limites identificados e sínteses elaboradas

Ao iniciar a atividade o professor desenvolveu o passo 1 do modelo TWA (introduzir a situação alvo), onde explicou o campo elétrico resultante criado por várias cargas usando o princípio da superposição. Ao introduzir a situação análoga (alunos em uma sala de aula), os alunos sugeriram que o Prof. LLS mantivesse a mesma analogia do campo elétrico criado por uma carga e generalizasse a situação para vários vidros de perfumes abertos, pois as comparações seriam as mesmas, restando apenas serem mapeadas as diferenças.

Em frente a esta sugestão, o professor expôs que deveríamos considerar o mesmo perfume (mesma fragrância). Contrapondo o professor, os alunos argumentaram que poderiam ser de diferentes fragrâncias, que consideraríamos as diferentes fragrâncias como cargas elétricas com diferentes módulos.

Ao final deste momento, o professor optou por manter a analogia com “Alunos participando de uma aula”, que havia sido considerada familiar por 100% dos estudantes e, além disso, já estava incluída em seu planejamento.

Na seqüência o Prof. LLS introduziu a situação análoga utilizada e identificou as características relevantes do alvo e do análogo. Após, solicitou aos alunos que estabelecessem as correspondências. Nesta tarefa o desempenho dos alunos foi satisfatório, uma vez que os alunos identificaram 03 correspondências, das 04 previstas, talvez em virtude dos poucos atributos

a serem relacionados. O quadro 25 apresenta as comparações feitas pelos alunos do Prof. LLS.

Alunos em uma sala de aula	Campo elétrico criado por várias cargas
Alunos e professor	Cargas
Distância entre os alunos	Distâncias entre as cargas
Sala de aula	Campo elétrico resultante

Quadro 25 – Correspondências estabelecidas pelos alunos do Prof. LLS na ADA para o ensino do campo elétrico criado por várias cargas

Após os alunos estabelecerem as correspondências, o Prof. LLS listou as semelhanças no quadro juntamente com eles. Na continuidade da implementação solicitou que os alunos identificassem as falhas da comparação. Os limites identificados por eles são apresentados a seguir.

*“Saindo um aluno da sala de aula não interfere na aula, saindo uma carga interfere no campo elétrico resultante, pois é a soma de todos campos elétricos.” (F. G. A.)*

*“Na sala de aula se houver 30 alunos e sair apenas 1, não interfere em nada o conjunto; mas se sair a metade interfere o conjunto.” (J. F. R.)*

*“No campo elétrico existem cargas individualmente, uma carga não interfere no campo elétrico da outra.” (J. F. R.)*

Os alunos nas duas primeiras limitações apresentadas acima se referem ao fato do professor continuar a ministrar a aula sem a presença de um ou mais alunos, mas a aula ficaria prejudicada com a falta de um número considerável de estudantes. No caso elétrico o campo resultante sempre será afetado, já que este depende da soma dos campos criados pelas cargas individuais.

Como no exemplo abaixo, nas sínteses conclusivas os alunos declararam que o campo elétrico criado por várias cargas é o somatório dos campos elétricos criados por cada carga, e que cada campo existe individualmente, sendo que uma carga não modifica o campo elétrico criado por outra.

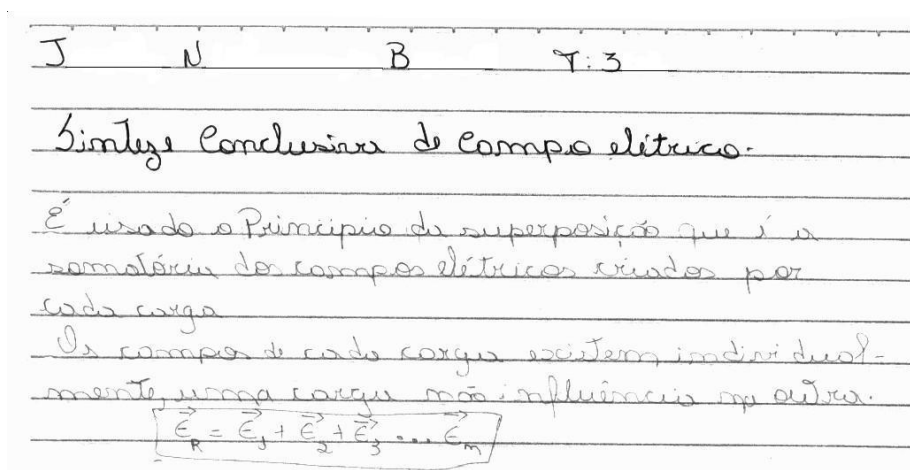


Figura 62 – Síntese conclusiva elaborada pela aluna JNB

Nas sínteses conclusivas temos a impressão que os alunos parecem requisitar da explicação do professor para as elaborarem. Considerando, no entanto, que eles tiveram um desempenho razoável. O grau de familiaridade com o análogo possivelmente contribuiu para que os alunos estabelecessem as relações analógicas e identificassem os limites de validade, juntamente com o grau de contemplação dos passos 1, 2 e 3 do modelo TWA pelo professor.

A Tabela 15 apresenta o grau de contemplação dos passos do modelo TWA executados pelo Prof. LLS nesta atividade didática.

Tabela 15 – Grau de contemplação dos passos do modelo TWA pelo Prof. LLS na implementação da ADA para o ensino do campo elétrico criado por várias cargas

Grau de contemplação com os passos do modelo TWA	PASSOS					
	1	2	3	4	5	6
Contemplou	X	X	X		X	
Contemplou parcialmente				X		X
Não contemplou						

Até o presente momento podemos afirmar que os resultados indicam um crescimento, ainda que pequeno, em todas as tarefas, indo do estabelecimento de correspondências, passando pela identificação de limitações, e em menor grau na elaboração de sínteses conclusivas. Este fato pode ser atribuído aos procedimentos desenvolvidos pelos alunos nas atividades obtendo um melhor desempenho nelas.



#### 4.3.7 Atividade Didática 07 – Corrente elétrica no interior de um condutor metálico/Fluxo de pessoas num corredor de *shopping center*

O estudo da corrente elétrica foi desenvolvido utilizando-se uma analogia que tem como análogo o “fluxo de pessoas num corredor de shopping center”. Nela procurávamos que os alunos compreendessem o conceito de corrente elétrica como o fluxo de elétrons no interior de um condutor metálico, sem abordarmos o ensino de modelos atômicos, uma vez que este tópico seria trabalhado posteriormente, e sem formalizar e transformar os conceitos ensinados em simples relações algébricas.

Não levamos em considerações, ainda, correntes no interior de soluções eletrolíticas (baterias, pilhas) ou correntes no interior de lâmpadas fluorescentes, onde temos íons (átomos carregados) se movimentando conjuntamente com elétrons, e também em sentido contrário a estes.

Para o leitor acompanhar os resultados, especificamos nos quadros 26 e 27 o conjunto de relações analógicas que servem como “expectativa de resposta” para a atividade a ser realizada pelos alunos.

	ANÁLOGO	ALVO
	Fluxo de pessoas no corredor de um shopping center	Corrente elétrica no interior de um condutor metálico
SIMILARIDADES	Pessoas	Elétrons
	Corredor	Condutor metálico
	Numa situação usual, as pessoas se movimentam “desordenadamente” no corredor de um <i>shopping center</i>	Num condutor metálico não conectado a uma fonte de tensão, os elétrons se movimentam “desordenadamente” no seu interior
	Conservação de pessoas	Conservação da carga elétrica/ elétrons
	Fluxo de pessoas (nº de pessoas que atravessam um trecho do corredor por unidade de tempo)	Fluxo de elétrons (nº de elétrons que atravessam uma seção reta do condutor por unidade de tempo)
	Alarme de incêndio soando no corredor do <i>Shopping Center</i>	Campo elétrico atuando no interior do fio condutor

Quadro 26 – Conjunto de relações analógicas pretendidas na ADA para o ensino do conceito de corrente elétrica no interior de um condutor metálico – Similaridades

	Fluxo de pessoas no corredor de um shopping center/Corrente elétrica
LIMITES DE VALIDADE	<ul style="list-style-type: none"> <li>• As pessoas possuem vontade própria os elétrons não, ou seja, o movimento ordenado das pessoas fica condicionado ao som do alarme. Portanto dizer que as pessoas estão todas em movimento ordenado é idealizar uma situação.</li> <li>• Boa parte dos receptores comuns em circuitos não são feitos de materiais metálicos. Nesses casos não é aplicável o modelo de elétrons livres.</li> <li>• Geralmente, há uma tendência de se identificar elétrons com carga elétrica ao se imaginar uma corrente elétrica em um condutor. No entanto, é necessário observar que o fluxo de elétrons é conceitualmente diferente do fluxo de cargas elétricas.</li> <li>• Os elétrons são objetos que possuem a propriedade carga elétrica. No caso de condutores metálicos os elétrons é que constituem a corrente elétrica. No entanto, em outras situações, como por exemplo, correntes no interior de soluções eletrolíticas (baterias, pilhas) ou correntes no interior de lâmpadas fluorescentes, temos íons (átomos carregados) movimentando-se conjuntamente com elétrons, em sentido contrário a esses. Nesses casos não é adequado associar corrente elétrica apenas aos elétrons em movimento.</li> </ul>

Quadro 27 – Limites de validade presentes na ADA para o ensino do conceito de corrente elétrica no interior de um condutor metálico

#### 4.3.7.1 Familiaridade dos alunos com o análogo utilizado

Os índices, absolutos e percentuais, do grau de familiaridade dos alunos com o análogo utilizado na atividade didática para o ensino do conceito de corrente elétrica são apresentados no quadro 28.

Número de Ordem	Situação Análoga	Prof. (a)	Familiar		Não Familiar	
			Quantidade	%	Quantidade	%
01	<i>Fluxo de pessoas no corredor de shopping center</i>	ALE	19	100	00	00
02		MS	24	83	05	17
03		LLS	35	94,6	02	05,4
04			27	100	00	00

Quadro 28 – Grau de familiaridade dos alunos com o análogo *Fluxo de pessoas no corredor de um shopping center*

Os dados contidos no quadro 28 informam que o análogo foi considerado familiar pelos alunos. As justificativas variam de aluno para aluno. Apresentamos algumas delas a seguir.

*“Sim, é como um formigueiro, todos indo para lugares diferentes.” (L. D.)*

*"Sim já fui em um shopping e vi várias pessoas de um lado para outro, á procura de alguma coisa." (E. P.)*

*"Sim, fica muito abafado e apertado como se o ar condicionado não funcionasse principalmente nas quartas-feiras que o cinema é pela metade do preço." (M. M.)*

Os índices podem ser justificados pelo análogo fazer parte do cotidiano dos alunos, já que a grande maioria deles morra em centros urbanos, o que não é o caso dos alunos da Professora MS. Na turma desta professora 17% afirmaram que não estavam familiarizados com esta situação. Isto, talvez, possa ser justificado pelo fato dos alunos morarem em uma localidade rural e não fazer parte do cotidiano deles, como expressa a aluna BBM em sua justificativa.

*"[...] não vejo isto em meu município, mas em outras cidades, onde um grande número de pessoas circulam por um corredor em busca de algo que as atraia". (B. B. M)*

O fato acima mencionado nos permite afirmar que é função do professor selecionar o análogo que mais o convém a ser utilizado, dentro da realidade social de seus alunos, ou adaptar a uma outra situação, como sugere a aluna LWO em sua justificativa.

*"Porque não precisa estar no shopping, nas ruas tu sempre cruza com pessoas, algum lugar que sempre vá muita gente. Tá no cotidiano da gente." (L. W. O.)*

Depois de descrevermos os índices de familiaridade com o análogo utilizado nesta atividade, passamos a descrever os resultados das produções escritas. Lembramos que este foi a segunda analogia implementada nas turmas dos professores.

#### 4.3.7.2 Produções dos Alunos: correspondências estabelecidas, limites identificados e sínteses elaboradas

##### A implementação do Professor ALE

Na segunda ADA implementada pelo Professor ALE, em sua turma de 3º ano, os alunos no estabelecimento de semelhanças, em geral, relacionaram apenas duas correspondências, são elas: pessoas/elétrons, alarme/bateria.

Apenas o aluno DBT estabeleceu um número maior de correspondências. A produção deste aluno é reproduzida abaixo.

**FICHA 1**

Nome: P. B. T. Turma: 3ª PPT

Que comparações podem ser feitas entre o alvo e o análogo? Preencher as duas colunas desta ficha, procurando estabelecer relações de semelhanças entre grandezas, características, aspectos, conceitos, modelos, processos, etc., presentes em cada situação apresentada.

Fluxo de Pessoas	Corrente elétrica
alarme (DAR SENTIDO)	bateria
elétrons	peças
movimento de seres humanos	movimento de cargas elétricas
shopping	fio de ligação
porta de saída	pólo positivo

Figura 63 – Correspondências estabelecidas pelo aluno DBT

Lendo a respectiva produção, percebemos que para DBT a função da bateria/alarme é dar sentido para a corrente. Além disso, ele considerou a porta de saída como sendo o pólo positivo.

As limitações foram identificadas pelos alunos em diferentes graus. Consideramos que nesta tarefa eles obtiveram um desempenho satisfatório, uma vez que esta atividade foi a segunda a ser desenvolvida. Reproduzimos abaixo as limitações levantadas pelos alunos.

*"Na analogia as pessoas tem várias opções de passagem e não haverá um sentido ordenado." (C. P. F.)*

*"A bateria atrai os elétrons passando pela mesma, as pessoas já não passam pelo alarme e sim pelas portas." (C. P. F.)*

*"Os elétrons necessariamente passarão pelo fio até sua fonte as pessoas não são atraídas por nada e se quiserem podem permanecer onde estão." (C. P. F.)*

*"Na corrente elétrica, a intensidade pode ser achada por uma fórmula e num shopping por um dispositivo de controle." (L. H.)*

*"A velocidade em que os elétrons se movimentam é muito maior que as pessoas no shopping." (J. B.)*

A compreensão que, em geral, a turma adquiriu pode ser representada pelas produções dos alunos ERH, AR e LFH abaixo.

## FICHA 3

Nome: B. R. &c. Turma: 3ª E.M.

De acordo com as comparações feitas na FICHA 1, tente elaborar uma síntese, apresentando suas conclusões sobre a Corrente elétrica apontando os pontos principais do mesmo. Transcreva seu texto nesta ficha.

É a passagem e a movimentação de elétrons por um fio condutor.

Figura 64 – Síntese conclusiva elaborada pela aluna ERH

## FICHA 3

Nome: A. R. Turma: 3ª E.M.

De acordo com as comparações feitas na FICHA 1, tente elaborar uma síntese, apresentando suas conclusões sobre a Corrente elétrica apontando os pontos principais do mesmo. Transcreva seu texto nesta ficha.

Corrente elétrica é a locomoção de elétrons por um fio condutor, indo em direção ao polo positivo.

Figura 65 – Síntese conclusiva elaborada pela aluna AR

## FICHA 3

Nome: L. J. B. Turma: 3ª E.M.

De acordo com as comparações feitas na FICHA 1, tente elaborar uma síntese, apresentando suas conclusões sobre a Corrente elétrica apontando os pontos principais do mesmo. Transcreva seu texto nesta ficha.

Corrente elétrica é a passagem de elétrons por um fio quando este está ligado a uma bateria fechando o circuito e movimentando os elétrons num movimento "circular".

Figura 66 – Síntese conclusiva elaborada pela aluna LFH

Nos exemplos acima reproduzidos, verificamos que os alunos não estavam habituados com práticas de escrita, pois se assim fosse eles teriam maior argumentação em suas redações. A análise das sínteses conclusivas mostra que boa parte dos alunos não organizou suas idéias nem criou

explicações/argumentações, sendo que nelas as frases apareciam de forma isolada.

A compreensão que os alunos obtiveram de corrente elétrica foi apenas a do movimento de elétrons dentro de um fio condutor. Embora tenham mencionado, nas limitações, que no shopping pode haver várias saídas para as pessoas, nas sínteses conclusivas, a grande maioria, não expõem que há somente um sentido para a corrente elétrica, tampouco que há um movimento ordenado de elétrons. No entanto reconhecem que há a necessidade de uma fonte/bateria/DDP para haver corrente, como na produção da aluna LFH, reproduzida anteriormente.

A síntese mais elaborada é do mesmo aluno que estabeleceu um maior número de relações de semelhança, já mencionado acima. A figura 67 apresenta a síntese elaborada por DBT.

**FICHA 3**

Nome: Daniel B. T. Turma: 3º PPT

De acordo com as comparações feitas na FICHA 1, tente elaborar uma síntese, apresentando suas conclusões sobre a Corrente elétrica apontando os pontos principais do mesmo. Transcreva seu texto nesta ficha.

<p>Um circuito elétrico só pode ser denominado corrente elétrica quando há uma fonte de energia para dar movimento ao sistema. Antes de instalar a bateria o movimento realizado pelos elétrons é aleatório, ou seja, sem sentido; após a instalação de uma bateria os elétrons ganham sentido e só então podemos afirmar que existe uma corrente elétrica.</p>
-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

Figura 67 – Síntese conclusiva elaborada pelo aluno DBT

A síntese conclusiva de BDT nos indica que ele percebeu a necessidade de uma bateria para haver corrente e fornecer energia ao sistema. Ao final da síntese o aluno ainda expõe que o movimento dos elétrons, antes de aplicarmos uma DDP (embora não se expresse com estes termos), era aleatório e que após a aplicação a corrente passa a ter um único sentido.

Não podemos atribuir o baixo índice de aproveitamento, de muitos alunos, ao grau de familiaridade com o análogo, uma vez que, a totalidade da

turma o considerou como familiar. O baixo índice de desempenho dos alunos na tarefa de estabelecimento de correspondências pode ser justificado pela falta de habilidade deles com este procedimento, já que, esta atividade foi a segunda na qual tiveram contato.

Por sua vez, o baixo desempenho na elaboração de uma síntese conclusiva pode ser explicado pela mesma justificativa apresentada acima e pela falta de práticas de escrita. Outro aspecto que pode ter influenciado no desempenho dos alunos é o grau de contemplação dos passos do modelo TWA pelo Professor ALE, pois este não executou na íntegra os passos do referido modelo. A tabela 16 apresenta os passos executados e o nível de execução.

Tabela 16 – Grau de contemplação dos passos do modelo TWA pelo Prof. ALE na implementação da ADA para o ensino do conceito de corrente elétrica

Grau de contemplação com os passos do modelo TWA	PASSOS					
	1	2	3	4	5	6
Contemplou	X	X				
Contemplou parcialmente			X	X	X	
Não contemplou						X

#### A implementação da Professora MS

Os resultados obtidos na implementação da Professora MS aproximam-se em grande escala aos da turma do Professor ALE. Esta professora optou por modificar a ADA, utilizando o análogo “pessoas nos corredores de um supermercado”, tendo em vista que o primeiro análogo não era uma situação vivenciada pelos seus alunos em seu município. Segundo a Professora MS:

*“Esta atividade ela teve que ser re-adaptada, mas foi muito válida, em função de que na cidade, no caso, não apresenta shopping e aí então foi re-adaptada para o fluxo de pessoas nos corredores de um supermercado. Fiz uma*

*adaptação desta atividade, por que o shopping no caso dos meus alunos não é familiar”.*

Nas primeiras produções comprovamos que uma quantidade expressiva dos alunos não consegue listar atributos, nem os relacionarem. Os alunos apenas descrevem, na ficha 1, a situação em estudo, como no exemplo da figura 68. Em geral, os alunos reconheceram três correspondências, são elas: elétrons/pessoas, fios/corredor e DDP/alarme, como no exemplo da produção do aluno FF (figura 69). Nela, verificamos que o aluno associou a DDP como responsável pelo fluxo de elétrons e não a ação do campo elétrico no interior do condutor.

FICHA 1		
Nome: <i>W. N.</i>	Turma: <i>3.º</i>	Nº:
Que comparações podem ser feitas entre o alvo e o análogo? Preencher as duas colunas desta ficha, procurando estabelecer relações de semelhanças entre grandezas, características, aspectos, conceitos, modelos, processos, etc., presentes em cada situação apresentada.		
Corrente Humana	Corrente Elétrica	
<i>Em um supermercado as pessoas passam pelos corredores procurando o que irão comprar. Todos as pessoas não se juntam e vão para a mesma direção.</i>	<i>Em uma lâmpada os elétrons se movem através dos fios e se juntam no mesmo ponto todos na mesma direção.</i>	

Figura 68 – Correspondências estabelecidas pelo aluno WN

FICHA 1		
Nome: <i>F. F.</i>	Turma: <i>3.º</i>	Nº: <i>11</i>
Que comparações podem ser feitas entre o alvo e o análogo? Preencher as duas colunas desta ficha, procurando estabelecer relações de semelhanças entre grandezas, características, aspectos, conceitos, modelos, processos, etc., presentes em cada situação apresentada.		
Corrente Humana	Corrente Elétrica	
<i>ELÉTRONS</i>	<i>PESSOAS</i>	
<i>FIOS</i>	<i>CORREDORES</i>	
<i>DDP</i>	<i>ALARME</i>	

Figura 69 – Correspondências estabelecidas pelo aluno FF

A identificação de pontos falhos foi realizada pela professora MS. No entanto, os alunos mencionaram outros dois limites, além daqueles previstos na atividade. Listamos abaixo os pontos falhos identificados por eles.



"Os elétrons nós não enxergamos e as pessoas sim, pois elas são visíveis e os elétrons não." (D. Z.)

"Só podemos medir o fluxo de pessoas se tivermos uma entrada." (L.)

O entendimento dos alunos foi expresso nas sínteses conclusivas. Reproduzimos a seguir três produções que expressam, em geral, o entendimento da turma.

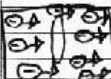
FICHA 3		
Nome: <u>D. M. N.</u>	Turma: <u>3º</u>	Nº: <u>5</u>
Tente elaborar uma síntese, apresentando suas conclusões sobre "Corrente Elétrica" apontando os pontos principais do mesmo. Transcreva seu texto nesta ficha.		
<u>direção. corrente elétrica são todos elétrons com o mesmo</u>		
		

Figura 70 – Síntese conclusiva elaborada pela aluna DAM

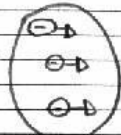
FICHA 3		
Nome: <u>A. S.</u>	Turma: <u>3º</u>	Nº: <u>02</u>
Tente elaborar uma síntese, apresentando suas conclusões sobre "Corrente Elétrica" apontando os pontos principais do mesmo. Transcreva seu texto nesta ficha.		
<u>corrente elétrica é quando os elétrons se juntam para ir na mesma direção.</u>		
		

Figura 71 – Síntese conclusiva elaborada pela aluna CS


FICHA 3		
Nome: <u>R.</u>	Turma: <u>3º</u>	Nº: <u>27</u>
Tente elaborar uma síntese, apresentando suas conclusões sobre "Corrente Elétrica" apontando os pontos principais do mesmo. Transcreva seu texto nesta ficha.		
<u>Entendi que corrente elétrica é quando os elétrons se unem e vão em uma mesma direção.</u>		
		

Figura 72 – Síntese conclusiva elaborada pelo aluno R

Nelas verificamos que os alunos não possuíam nenhuma argumentação para justificar seus conhecimentos. As sínteses elaboradas careciam de justificativas e mostraram-se podres em argumentações, não passavam de frases soltas e isoladas sem explicações completas para descreverem o modelo de corrente elétrica. Os alunos apenas expressaram que a corrente é a união de elétrons em uma mesma direção, embora quisessem se referir a um mesmo sentido.

Não possuímos a vídeo-gravação desta implementação, portanto, os fatos acima mencionados não podem ser justificados pelo baixo grau de contemplação dos passos do modelo TWA pela Professora MS. Também não podemos atribuir os índices insatisfatórios de aprendizagem a falta de domínio conceitual. É mais provável atribuímos a argumentação deficitária, nas sínteses conclusivas a uma carência procedimental. Vale a pena lembrar que esta ADA foi a terceira implementada na turma.

#### As implementações do Prof. LLS

As últimas duas implementações da Atividade Didática baseada em Analogia para o ensino de corrente elétrica ocorreu nas turmas do Prof. LLS. Na primeira delas os alunos obtiveram um nível satisfatório de aprendizagem, já que executaram com êxito as tarefas presentes nas atividades, fato este que nos surpreendeu, uma vez que esta turma apresentava grandes dificuldades, tanto conceituais como procedimentais.

Devemos destacar, no entanto, que as tarefas foram realizadas com o auxílio do professor. Abaixo, listamos as comparações estabelecidas pelos alunos, sendo que, em geral, eles estabeleceram em torno de quatro correspondências.

Fluxo de pessoas num corredor de shopping center	Corrente elétrica no interior de um condutor metálico
Pessoas	Elétrons
Corredor	Condutor
Saída	Pólo positivo
Entrada	Pólo negativo
Catraca/roleta	Amperímetro
Intensidade da corrente humana (quociente da variação de elétrons pela variação de tempo)	Intensidade da corrente elétrica (quociente da variação de pessoas pela variação de tempo)

Quadro 29 – Correspondências estabelecidas pelos alunos da 1ª turma do Prof. LLS na ADA para o ensino do conceito de corrente elétrica no interior de um condutor metálico

A figura 73 também representa as comparações estabelecidas pela grande maioria da turma e, em especial, pelo aluno FGA. Com base nesta, verificamos que o aluno declarou que a intensidade de corrente elétrica é medida tomando-se o quociente da variação de elétrons pela variação do tempo.

FICHA 1

Nome: FELIPE GABRIEL AREND Turma: 302

Que comparações podem ser feitas entre o alvo e o análogo? Preencher as duas colunas desta ficha, procurando estabelecer relações de semelhanças entre grandezas, características, aspectos, conceitos, modelos, processos, etc. presentes em cada situação apresentada.

CORRENTE ELÉTRICA	"CORRENTE HUMANA"
- ELÉTRONS	- PESSOAS
- CONDUTOR	- CORREDOR/SHOPPING
- PÓLO	- PORTA
- INTENSIDADE DA COR. EL. É O QUOCIENTE DA VARIAÇÃO DE ELÉTRONS PELA VARIAÇÃO DE TEMPO	- INTENSIDADE COR. HUM. É O QUOCIENTE DA VARIAÇÃO DE PESSOAS PELA VARIAÇÃO DE TEMPO

Figura 73 – Correspondências estabelecidas pelo aluno FGA

Apenas um aluno estabeleceu a relação “O nº de elétrons que saem no pólo - deve ser o mesmo nº que sai no pólo +” (A.M.C). Com isso podemos

afirmar que este aluno compreendeu o princípio da conservação da corrente elétrica.

Em relação à identificação de pontos falhos, o Prof. LLS ajudou os alunos identificando uma limitação, que se refere ao fato de considerarmos a situação de apenas uma saída no shopping. Realizando a leitura das produções verificamos que os alunos estabeleceram mais duas limitações, são elas:

*"Os elétrons ã são visíveis, as pessoas são visíveis." (A. M.)*

*"Os elétrons tem carga as pessoas tem massa." (A. M. C.)*

A última tarefa, que se refere à elaboração de uma redação com as conclusões pessoais sobre o conceito de corrente elétrica, foi realizada de maneira satisfatória, com diferentes graus de redação e argumentação. A título de exemplificação, na seqüência apresentamos algumas delas.

Nome: F 6 A <sup>FICHA 2</sup> Turma: 3

De acordo com as comparações feitas na FICHA 1, tente elaborar uma síntese, apresentando suas conclusões sobre a corrente elétrica e apontando os pontos principais da mesma. Transcreva seu texto nesta ficha.

SÃO ELÉTRONS QUE SE DESLOCAM ATRAVÉS DE UM CONDUTOR EM UMA DETERMINADA DIREÇÃO, SENDO NECESSÁRIO UMA BATERIA PI ENTADA DE ELÉTRONS (POLO  $\ominus$ ) E PI SAÍDA (POLO  $\oplus$ )

INTENSIDADE É MEDIDA PELO QUOCIENTE DE ELÉTRONS PELO VARIACÃO DE TEMPO

Figura 74 – Síntese conclusiva elaborada pelo aluno FGA

Nome: J N.B FICHA 3 Turma: 3

De acordo com as comparações feitas na FICHA 1, tente elaborar uma síntese, apresentando suas conclusões sobre a corrente elétrica e apontando os pontos principais da mesma. Transcreva seu texto nesta ficha.

A corrente elétrica ocorre com os elétrons dentro de um condutor. Não podemos ver a corrente, vemos somente seus efeitos. O sentido é do maior potencial p/ o menor. A intensidade é a velocidade da m<sup>o</sup> de elétrons pelo decorrer do tempo.

Figura 75 – Síntese conclusiva elaborada pela aluna JNB

Nome: L e.c. FICHA 3 Turma: 3

De acordo com as comparações feitas na FICHA 1, tente elaborar uma síntese, apresentando suas conclusões sobre a corrente elétrica e apontando os pontos principais da mesma. Transcreva seu texto nesta ficha.

A corrente elétrica leva energia para uma lâmpada por exemplo. Os elétrons da energia estão dentro de um condutor mais está de forma desordenada, mas se esse condutor for ligado em uma pilha, os elétrons ficam ordenados. Os elétrons acontecem em um intervalo de tempo.

Figura 76 – Síntese conclusiva elaborada pela aluna LCC

Nome: A M FICHA 3 Turma: 3

De acordo com as comparações feitas na FICHA 1, tente elaborar uma síntese, apresentando suas conclusões sobre a corrente elétrica e apontando os pontos principais da mesma. Transcreva seu texto nesta ficha.

Os elétrons do condutor ficam em movimento desordenado, etc. dar por uma diferença de potencial, se os elétrons se movem do maior potencial para o menor potencial. A quantidade de elétrons que passam num determinado parte do fio por um determinado espaço de tempo, informa a intensidade.

Figura 77 – Síntese conclusiva elaborada pelo aluno AM

Na primeira síntese é possível constatar que o aluno FGA reconhece que os elétrons deslocam-se em um mesmo sentido (embora use o termo direção), assim como a necessidade de uma fonte de energia. Ao final da síntese este aluno descreve como é realizado o cálculo da intensidade da corrente elétrica.

A produção da aluna JNB mostra que ela declarou três aspectos da situação alvo; são eles: 1) que não é possível visualizarmos a corrente elétrica, mas somente seus efeitos, ainda que não os mencione; 2) que o sentido da corrente é do maior potencial para o menor, adotando o sentido convencional que é o do deslocamento para cargas positivas, mesmo referindo-se a elétrons; e 3) que a intensidade da corrente elétrica é calculada com base na variação de elétrons, pela variação do tempo.

Na terceira produção podemos observar que para a aluna LCC a função da corrente é levar energia, por exemplo, para uma lâmpada. A aluna LCC compreendeu que dentro do condutor os elétrons estão desordenadamente e após o condutor ser ligado em uma pilha os mesmos ficam ordenados.

Entendimento semelhante, ao da aluna LCC, foi apresentado pelo aluno AM. Este expressou em sua síntese que os elétrons do condutor ficam em movimento desordenado, até o momento que antecede a aplicação de uma DDP. AM, assim como JNB, adotou em sua conclusão o sentido convencional da corrente, mencionando o sentido do maior potencial para o menor. O último aspecto descrito por este aluno foi que a quantidade de elétrons que atravessa uma determinada área do condutor por um intervalo de tempo fornece a amperagem, termo não mencionado pelo professor, o que evidencia que o aluno já possuía conhecimentos sobre corrente elétrica.

Com os aspectos mencionados, consideramos que os alunos obtiveram um índice de aprendizagem satisfatório, tendo em vista que descrevem aspectos da situação alvo em suas sínteses conclusivas. O nível de aprendizagem alcançado pelos alunos pode ser justificado pelo grau de familiaridade com a situação análoga, já que esta situação foi considerada familiar por 94,6% deles.

Na 2ª turma, em geral, obtivemos os melhores resultados nas tarefas de estabelecimento de correspondências e identificação de limitações, entre as quatro turmas, nas quais a ADA foi implementada.

Com base na leitura das produções evidenciamos que os alunos da turma estabeleceram em torno de quatro correspondências, sendo que algumas correspondências foram mais estabelecidas que outras, como por exemplo: sirene/alarme/DDP e pessoas/elétrons. Listamos abaixo todas as comparações estabelecidas na turma.

Fluxo de pessoas no corredor de um shopping center	Corrente elétrica
Pessoas	Elétrons
Corredor	Condutor elétrico
Pessoas caminhando em $\neq$ direções	Movimento caótico
Pessoas caminhando em uma só direção	Fluxo de elétrons
Portas de entrada e saída	Pólos
Roleta	Área de contagem
Incêndio	Gerador
Sirene indicando incêndio (saída das pessoas por uma única porta)	Surgimento de uma DDP que faz com que os campos elétricos impulsionem os elétrons em uma única direção

Quadro 30 – Correspondências estabelecidas pelos alunos da 2ª turma do Prof. LLS na ADA para o ensino do conceito de corrente elétrica no interior de um condutor metálico

Um desempenho satisfatório também foi verificado na identificação de limitações. As fichas dos alunos confirmam que, em média, cada aluno mapeou duas limitações na atividade, como observamos na produção do aluno FS.

FICHA 2		
Nome: F. S.	Turma:	Nº:
Preencha a FICHA 3 com as características da situação análoga que não encontram correspondência na situação alvo e vice-versa, ou seja, pontos onde a analogia falha.		
1. Ao disparar o alarme as pessoas não se deslocam em um único sentido como ocorre com os elétrons.		
2. No shopping existem mais de uma saídas, o que não ocorre no caso dos elétrons.		

Figura 78 – Limites de validade identificados pelo aluno FS

No exemplo acima, percebemos que FS refere-se ao fato termos um único sentido para a corrente, o que não ocorre com as pessoas na situação análoga, visto que procurariam a porta de saída mais próxima na tentativa de sobrevivência. A segunda limitação refere-se ao fato de considerarmos situação em que há apenas uma porta de saída no shopping. Além destas limitações identificadas por FS, os alunos mencionaram outras, apresentadas a seguir.

*"Os elétrons livres nunca estão parados, mas as pessoas poderiam parar." (M.)*

*"Os elétrons não são visíveis." (M.)*

*"Se os bombeiros forem acionados, estarão fazendo um movimento contrário ao das pessoas que estão saindo." (L. F. R.)*

*"As pessoas tem diferentes massas, enquanto nos elétrons vão ter a mesma carga." (F. V.)*

*"No shopping se morrer alguma pessoa não terá conservação de pessoas, no entanto nos elétrons terá conservação de carga." (R. M. B.)*

*"Corpos estranhos entrariam no 1º caso como exemplo os bombeiros, já no segundo não entraram corpos estranhos na corrente elétrica." (R. M. B.)*

Tendo ocorrido um desempenho satisfatório nas duas primeiras tarefas, esperávamos que os alunos elaborassem uma síntese conclusiva rica em argumentação, o que ocorreu pouquíssimo. As sínteses foram elaboradas de forma sucinta, com diferentes graus de informações. No entanto, em geral, os alunos compreenderam que a corrente elétrica é o fluxo ordenado de elétrons, como constatamos nos exemplos abaixo.

FICHA 3		
Nome: M.	Turma: 3ª	Nº: 18
Tente elaborar uma síntese, apresentando suas conclusões sobre Corrente Elétrica e apontando os pontos principais do mesmo. Transcreva seu texto nesta ficha.		
Corrente elétrica é o fluxo ordenado de elétrons por um condutor devido a diferença de potencial. A corrente pode ser medida por um amperímetro.		

Figura 79 – Síntese conclusiva elaborada pela aluna M



FICHA 3		
Nome: H L	Turma: 3º	Nº: 12
Tente elaborar uma síntese, apresentando suas conclusões sobre Corrente Elétrica e apontando os pontos principais do mesmo. Transcreva seu texto nesta ficha.		
<p>corrente elétrica é o fluxo de elétrons num condutor, ele pode ser contínua: como nos pilhas e baterias, ou alternada como uma usina hidrelétrica</p>		

Figura 80 – Síntese conclusiva elaborada pelo aluno HL

FICHA 3		
Nome: R O T	Turma: 3º	Nº: 24
Tente elaborar uma síntese, apresentando suas conclusões sobre Corrente Elétrica e apontando os pontos principais do mesmo. Transcreva seu texto nesta ficha.		
<p>condutor</p> <p>condutor em contato com uma pilha ocorre um d.p.p. de potencial. formando um fluxo de energia (corrente elétrica)</p>		

Figura 81 – Síntese conclusiva elaborada pelo aluno ROT

FICHA 3		
Nome: J C	Turma: 3	Nº: 13
Tente elaborar uma síntese, apresentando suas conclusões sobre Corrente Elétrica e apontando os pontos principais do mesmo. Transcreva seu texto nesta ficha.		
<p>eu entendi que a corrente elétrica pode ser representada por um shopping com pessoas dentro. onde: pessoas = elétrons</p> <p>corredor = condutor</p> <p>Alarme = D.D.P</p> <p>contador = Amperímetro</p> <p>e também, ficou entendido que a analogia falha no caso de o shopping ter mais de uma saída, então isso foi o dal professor e também no caso de uma pessoa permanecer dentro do shopping, gerando a corrente elétrica</p>		

Figura 82 – Síntese conclusiva elaborada pelo aluno JC

Na primeira delas, figura 79, a aluna M expôs seu entendimento de corrente elétrica e o instrumento utilizado para sua medida. Na segunda produção, figura 80, o aluno HL também expôs seu entendimento de corrente elétrica, além de mencionar os tipos existentes e exemplos de onde as encontramos. Para estes dois primeiros casos podemos inferir que a aprendizagem ficou em um nível intermediário.

Na penúltima (figura 81), verificamos que o aluno ROT careceu de argumentação escrita, uma vez que sua conclusão foi elaborada de forma muito restrita, referindo-se a corrente como fluxo de energia e utilizando desenhos para expor sua compreensão, não conseguindo declarar verbalmente.

Houve apenas um caso no qual um aluno fez referência ao análogo em sua síntese conclusiva, figura 82. Nela, o aluno não faz nenhuma alusão ao conceito de corrente elétrica, somente explicitou as comparações e os pontos falhos. Tal fato pode tornasse um obstáculo ao avanço do conhecimento, uma vez que o aluno assimilou mais a situação análoga do que a situação alvo.

A realização das duas primeiras tarefas pelos alunos com êxito pode ser atribuída ao grau de familiaridade dos alunos com a situação análoga, já que ela foi considerada familiar pela totalidade da turma, como mencionamos acima e ao domínio procedimental de identificar atributos, estabelecer relações e mapear diferenças, desenvolvidos pela turma.

Outro fator que pode ter contribuído para o desempenho satisfatório dos alunos foi à contemplação dos passos do modelo TWA pelo Prof. LLS, que realizou a maior parte deles. Na tabela 17 apresentamos os nível de execução dos passos do modelo TWA pelo professor LLS.

Tabela 17 – Grau de contemplação dos passos do modelo TWA pelo Prof. LLS na implementação, em sua 2<sup>a</sup> turma, da ADA para o ensino do conceito de corrente elétrica

Grau de contemplação com os passos do modelo TWA	PASSOS					
	1	2	3	4	5	6
Contemplou	X	X		X	X	
Contemplou parcialmente			X			X
Não contemplou						

Por sua vez, o desempenho dos alunos nas sínteses conclusivas pode ser explicado pela falta de práticas contínuas de escrita. É evidente a falta de

estímulos aos alunos para a elaboração de produções escritas em sala de aula.

Ao final deste conjunto de implementações, de maneira geral, podemos dizer que ao analisarmos as sínteses conclusivas das duas primeiras Atividades Didáticas baseadas em Analogias, temos a impressão de que os conhecimentos apareciam, ainda, sob a forma de frases isoladas. Os alunos, muitas vezes, mostraram-se incapazes de organizarem suas idéias/reflexões pessoais no presente contexto e de criarem explicações satisfatórias para elas. A grande maioria dos alunos pareceu não superar a fase de coleta de elementos para chegarem ao conceito completo.

A dificuldade dos alunos de elaborarem uma síntese conclusiva parece possível de ser superada através de vivências mais freqüentes com este tipo de atividade didática.

A próxima ADA, implementada nas turmas dos professores, contempla o ensino de circuito elétrico simples. Nelas, observamos melhoras consideráveis nas tarefas executadas pelos alunos. É visível o crescimento dos alunos no estabelecimento de correspondências, na identificação de limitações e na elaboração de sínteses. Posto isso, passamos a descrever estas implementações.

#### 4.3.8 Atividades Didáticas 08, 09 e 10 – Circuito elétrico simples/Circuito Hidráulico/Sistema Circulatório/Malha de um Sistema Ferroviário

O ensino de circuitos elétricos é comumente desenvolvido com o uso de modelos analógicos tradicionais, presentes em livros didáticos, como, por exemplo, à analogia da bomba (analogia hidráulica), comentada por Bachelard. Para este autor a ciência moderna serve-se da analogia da bomba para ilustrar algumas características dos geradores elétricos, mas é para tentar esclarecer as idéias abstratas de diferenças de potencial e de intensidade de corrente (BACHELARD apud ANDRADE, 2000).

Para o ensino do Circuito Elétrico Simples elaboramos 03 Atividades Didáticas baseadas em Analogia, com análogos distintos. Com elas, procurávamos que os alunos compreendessem os elementos que compõem o circuito, suas respectivas funções, aspectos como diferença de potencial e, principalmente, a função de um circuito elétrico. Os análogos utilizados foram: um *circuito hidráulico*, um *sistema circulatório humano* e um *sistema ferroviário*.

Para o leitor acompanhar os resultados, especificamos nos quadros 31 e 32 o conjunto de relações analógicas que servem como “expectativa de resposta” para a atividade a ser realizada pelos alunos.

		ALVO	ANÁLOGOS		
		Circuito Elétrico	Circuito Hidráulico	Malha de um Sistema Ferroviário	Sistema Circulatório/Sanguíneo
SIMILARIDADES	Pilha/ Gerador	Bomba	Locomotiva	Coração	
	Interruptor/Chave	Registro	Sirene ou descarrilamento	---	
	Cargas elétricas	Água	Vagões e Locomotiva	Hemácias (GV), leucócitos (GB), plaquetas, sais minerais, água e gases (sangue)	
	Corrente elétrica (i)	Fluxo ou vazão de água ( $\phi$ )	Trem em movimento (conjunto de vagões mais a locomotiva)	Corrente Sanguínea	

Fios de Ligação	Tubulação	Trilhos (linha férrea)	Veias e Artérias
Resistor elétrico	Torneira	---	Gorduras presentes nas paredes das veias e artérias
Potencial (V)	Altura (h)	---	Pressão sanguínea
Energia potencial elétrica ( $E_{Pel}$ )	Energia potencial gravitacional ( $E_{Pgr}$ )	---	---

Quadro 31 – Conjunto de relações analógicas pretendidas na ADA para o ensino do circuito elétrico simples - Similaridades

Obs: o sinal “---” indica que não encontramos correspondência ou limitação na relação.

		ALVO	ANÁLOGOS		
		Circuito Elétrico	Circuito Hidráulico	Malha de um Sistema Ferroviário	Sistema Circulatório/ Sanguíneo
LIMITE DE VALIDADE	Temos somente um sentido para a corrente elétrica	Temos somente um sentido para o fluxo de água	Muitas vezes, os trens têm duas locomotivas, uma em um lado e outra no lado oposto. Sendo assim, é possível retornar pelo mesmo caminho da ida	Temos somente um sentido para a corrente sanguínea	
	A corrente elétrica se estabelece instantaneamente no momento do fechamento do interruptor	A passagem de água não é imediata (instantânea) deve encher a tubulação (cano)	A passagem do trem não é imediata, ele não preenche toda a extensão dos trilhos da malha	As artérias e os vasos estão sempre preenchidos	
	Aumentando o diâmetro do resistor, diminui a resistência elétrica. Portanto mantendo-se constante a tensão sobre ele haverá uma maior quantidade de cargas passando num determinado intervalo de tempo, ou seja, aumentará a corrente elétrica	Se aumentarmos o diâmetro do cano, a vazão de água continuará a mesma, porém com velocidade de escoamento maior	Não há sentido em alterar a "largura" dos trilhos	Não há sentido em alterar o diâmetro das artérias e veias	
	Aumentando o comprimento do resistor, aumentamos sua resistência elétrica. Portanto, mantendo-se a tensão sobre ele, haverá uma menor quantidade de cargas elétricas passando num determinado intervalo de tempo, ou seja, diminuirá a corrente elétrica	Se aumentarmos o comprimento da tubulação, a vazão de água vai continuar a mesma	Se aumentarmos o comprimento dos trilhos, o trem apenas irá percorrer um percurso maior	Não há sentido em alterar o comprimento das artérias e veias	

Quadro 32 – Limites de validade presentes na ADA para o ensino do circuito elétrico simples

Optamos por cada professor implementar uma atividade, pois assim poderíamos confrontar as três ADAS e inferirmos resultados gerais sobre suas potencialidades.

#### 4.3.8.1 Familiaridade dos alunos com os análogos utilizados

Os quadros 33, 34, 35 e 36 apresentam os índices, absolutos e percentuais, do grau de familiaridade dos alunos com os análogos. Separamos as informações obtidas por turma, de cada professor implementador, em virtude de tais índices condicionarem a escolha da atividade a ser implementada na respectiva turma.

Número de Ordem	Situações Análogas	Familiar		Não Familiar	
		Quantidade	%	Quantidade	%
01	<i>Circuito Hidráulico</i>	17	90	02	10
02	<i>Sistema Ferroviário</i>	08	42	11	58
03	<i>Sistema Circulatório</i>	17	90	02	10

Quadro 33 – Grau de familiaridade dos alunos do Prof. ALE com os análogos *Circuito Hidráulico, Sistema Ferroviário e Sistema Circulatório*

Observando o quadro 33 percebemos que 90% dos alunos desta turma consideraram como familiar um circuito hidráulico. Este índice talvez possa ser explicado em virtude deles residirem numa localidade rural, onde a agricultura é a principal atividade comercial da região, consecutivamente estão familiarizados com métodos de irrigação, como na justificativa apresentada pelo aluno JD.

*“Água tirada de um arroio por um cano, para por em uma lavoura.” (J. D.)*

Em relação à familiaridade com um sistema ferroviário, 58% dos alunos responderam que esta situação não é familiar. Este índice talvez também possa ser explicado pelo mesmo fator mencionado acima, ou seja, a inexistência deste tipo de transporte na região onde residem os alunos. Surpreende-nos o fato de 10,5% não considerarem como familiar o sistema circulatório. Uma provável justificativa para este índice deve-se em virtude dos alunos não terem estudado em séries anteriores este tópico curricular ou não lembrarem do mesmo.

Na turma do Professor ALE optamos, com base nos índices obtidos, por implementar a ADA que possui como análogo um circuito hidráulico.

O quadro 34 apresenta os índices, absolutos e percentuais, das situações que foram consideradas como familiares e as que não o foram na turma da Professora MS.

Número de Ordem	Situações Análogas	Familiar		Não Familiar	
		Quantidade	%	Quantidade	%
01	<i>Circuito Hidráulico</i>	16	55	13	45
02	<i>Sistema Ferroviário</i>	11	38	18	62
03	<i>Sistema Circulatório</i>	28	97	01	03

Quadro 34 – Grau de familiaridade dos alunos da Profª MS com os análogos Circuito Hidráulico, Sistema Ferroviário e Sistema Circulatório

Os índices contidos no quadro 34 mostram que 45% dos alunos não consideraram como familiar um circuito hidráulico. Aqueles que o consideraram associaram-no a outras situações tais como o ciclo d'água numa usina hidroelétrica, o sistema de direção hidráulica de um carro, como pode ser percebido nas respostas transcritas abaixo.

*“Uma hidrelétrica, a água faz gerar energia elétrica (com o impécto d'agua)” (J. D.)*

*“Um sistema de direção hidráulica de carros, e pelo prefixo hidro deve ser algo com água”. (M. M)*

*“Imagino que seja o ciclo por onde passa a agua em uma usina hidraulica”. (C. C)*

Em relação ao sistema ferroviário, a grande maioria da turma, 62%, não considerou tal situação como familiar. Esta porcentagem pode ser justificada pelo fato dos alunos residirem em uma localidade onde inexisteste este meio de transporte. Todavia, o análogo sistema circulatório obteve o maior grau de familiaridade junto aos alunos com este análogo, entre as turmas investigadas. Este fato nos levou a implementar a respectiva ADA nesta turma. Os índices mostram que 97% consideram esta situação familiar como pode ser verificado nos trechos reproduzidos abaixo.



*"[...] composto por vasos e veias, que saem do coração passam por todo o corpo e voltam ao coração". (E. A. N)*

*"Um conjunto de líquidos contendo glóbulos brancos e vermelhos trabalhando em grande sintonia [...]". (D.C.)*

Ainda, a respeito das justificativas para a familiaridade com o sistema circulatório, alguns alunos associaram esta situação a outros análogos tais como:

*"É como um labirinto tendo que percorrer várias direções". (G. Q.)*

*"Um circuito hidráulico". (M.G.)*

*"É como se fosse um circuito de fórmula 1". (C. M.)*

O quadro 35 mostra os índices, absolutos e percentuais, das situações que foram consideradas como familiares e as que não o foram na 1ª turma do Prof. LLS.

Número de Ordem	Situações Análogas	Familiar		Não Familiar	
		Quantidade	%	Quantidade	%
01	<i>Circuito Hidráulico</i>	20	54	17	46
02	<i>Sistema Ferroviário</i>	30	81	7	19
03	<i>Sistema Circulatório</i>	34	92	03	08

Quadro 35 – Grau de familiaridade dos alunos da 1ª turma do Prof. LLS, com os análogos *Circuito Hidráulico, Sistema Ferroviário e Sistema Circulatório*

Os índices, absolutos e percentuais, de familiaridade com o análogo circuito hidráulico não tiveram uma variação muito distante, sendo que, uma quantidade expressiva de alunos, 46%, considerou o análogo não familiar.

Em relação ao sistema ferroviário, a grande maioria da turma, 81%, considerou tal situação como familiar. Esta porcentagem pode ser justificada pelo fato dos alunos residirem em uma cidade que já possuiu este meio de transporte, e que teve uma importância significativa na região, sendo o primeiro meio econômico da cidade.

O análogo sistema circulatório obteve, também, alto grau de familiaridade junto aos alunos, 92% responderam que ele era familiar. No

entanto, optamos por implementar, nesta turma, a ADA que possui como análogo um sistema ferroviário que, como mencionamos anteriormente, também obteve um índice elevado (81%).

O quadro 36 mostra os índices, absolutos e percentuais, das situações que foram consideradas como familiares e as que não o foram na 2ª turma do Prof. LLS.

Número de Ordem	Situações Análogas	Familiar		Não Familiar	
		Quantidade	%	Quantidade	%
01	<i>Circuito Hidráulico</i>	05	18	22	82
02	<i>Sistema Ferroviário</i>	23	85	04	15
03	<i>Sistema Circulatório</i>	23	85	04	15

Quadro 36 – Grau de familiaridade dos alunos da 2ª turma do Prof. LLS, com os análogos *Circuito Hidráulico, Sistema Ferroviário e Sistema Circulatório*

Constatamos que 82% dos alunos não consideram o circuito hidráulico como familiar. Os índices relativos a este análogo divergiram consideravelmente em relação às outras turmas.

Os valores obtidos para as outras duas situações análogas coincidiram, sendo que, 85% consideram como familiar os análogos *Sistema ferroviário e Sistema circulatório*. Nesta turma, optamos por implementar a analogia que possui como análogo um sistema ferroviário.

#### 4.3.8.2 Produções dos Alunos: correspondências estabelecidas, limites identificados e sínteses elaboradas

##### A implementação do Professor ALE

Analisando as produções escritas dos alunos do Professor ALE, constatamos que a maioria dos alunos estabeleceu mais da metade das correspondências entre alvo e análogo. As correspondências estabelecidas, por eles foram aquelas que se referem apenas aos componentes estruturais,

sendo que os mesmos não as percebem como relações que possuem as mesmas funções em ambos os circuitos. As correspondências estabelecidas nesta turma encontram-se listas no quadro abaixo.

Circuito Hidráulico	Circuito Elétrico
Cano	Fio
Bomba	Bateria/pilha
Torneira	Lâmpada
Registro	Interruptor
Funciona através do movimento da água	Funciona através do movimento de elétrons

Quadro 37 – Correspondências estabelecidas pelos alunos do Prof. ALE na ADA para o ensino do circuito elétrico simples

Um aluno mencionou que o circuito elétrico ocorre em qualquer posição, já o circuito hidráulico deve ser apresentado na vertical. No entanto, este aluno não verbalizou este aspecto como relacionado à energia potencial gravitacional.

No que tange as limitações da analogia, grande parte dos alunos não conseguiu mencionar pontos falhos na comparação. Os alunos que o fizeram, sugeriram limites diferentes daqueles presentes na atividade, são eles:

*"Não enxergamos a corrente elétrica, já a água pode ser vista." (P. F)*

*"A torneira fornece maior/menor pressão, a lâmpada fornece maior/menor luminosidade." (P. F)*

*"No sistema elétrico há transformação de energia, no hidráulico, não." (P. F)*

Nas sínteses conclusivas sobre a situação alvo, verificamos que os alunos mencionaram os componentes do circuito elétrico e suas respectivas funções. No entanto, a grande maioria dos alunos permanece, ao final do processo, com a concepção de consumo de energia na lâmpada, como podemos observar nos exemplos de produções abaixo.

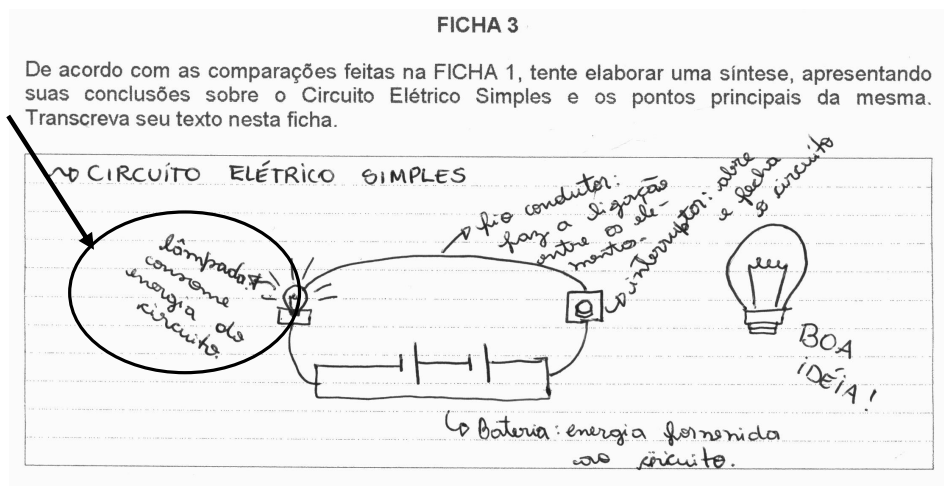
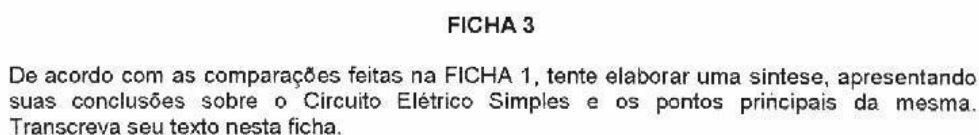


Figura 83 – Síntese conclusiva elaborada pelo aluno AR



Colocando uma pilha no suporte, dispõe de um fio com dois fios nas extremidades, um interruptor ligado a ele e uma lâmpada tiramos um circuito elétrico simples. A pilha fornece energia ao circuito, a lâmpada consome energia, no circuito o interruptor abre e fecha o circuito e o fio condutor faz a ligação entre os elementos.

Figura 84 – Síntese conclusiva elaborada pela aluna FSO

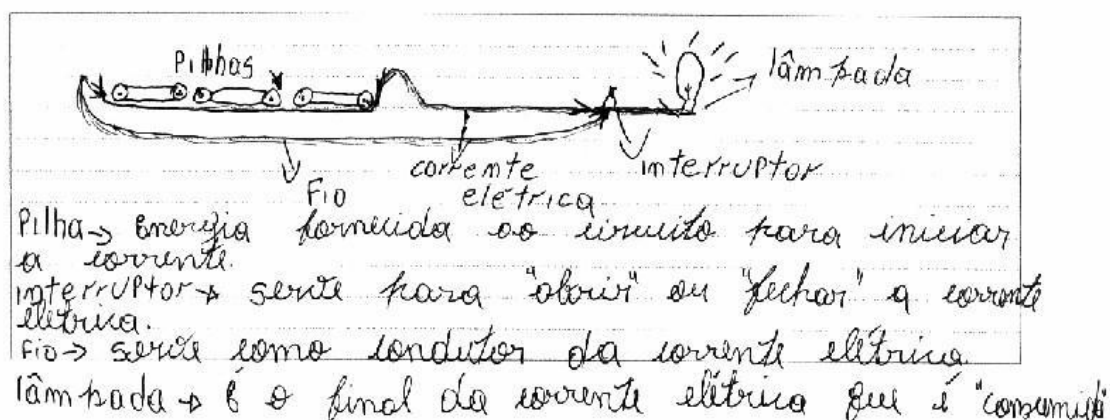


Figura 85 – Síntese conclusiva elaborada pelo aluno TMG

## FICHA 3

De acordo com as comparações feitas na FICHA 1, tente elaborar uma síntese, apresentando suas conclusões sobre o Circuito Elétrico Simples e os pontos principais da mesma. Transcreva seu texto nesta ficha.

Na eletrostática estudamos os corpos elétricos em repouso, no circuito elétrico simples comprovamos que esses corpos possuem poder de movimentação. A observação deste circuito nos proporciona vários descobertos em relação a eletricidade. Dentro desse circuito concluímos que há movimentação de elétrons e que eles são responsáveis pela produção de energia. É importante estabelecer a importância que cada elemento tem no sistema, por exemplo, se não substituíssemos o fio condutor por um dielétrico física impossível ativar a lâmpada, pois os elétrons da bateria seriam impedidos de se movimentar e conseqüentemente de ativar a lâmpada.

Figura 86 – Síntese conclusiva elaborada pelo aluno DBT

Na primeira delas (fig. 83), o aluno AR apresenta em sua síntese um desenho, onde expôs os elementos que o compõem o circuito e as funções que desempenham nele. Porém, este aluno apresenta a concepção de consumo de energia na lâmpada, assim como na segunda produção, da aluna FSO (fig. 84). Destacamos que, embora AR tenha apresentado o circuito em curto, ele desejava representar as pilhas.

Na terceira produção (fig. 85) é possível visualizar que para TMG a lâmpada é o último “ponto” da corrente elétrica, onde será consumida, não continuando seu movimento após passar pelo resistor.

Com base nos exemplos acima, podemos inferir que os alunos somente compreenderam os elementos que compõem um circuito e suas funções e não processo de transformação de energia química em elétrica e, posteriormente em térmica e luminosa, tampouco a lâmpada como resistor.

Neste sentido, ao utilizarmos esta ADA devemos levar em consideração o aspecto da torneira “gastar/eliminar/consumir” água, o que não ocorre na lâmpada, já que a mesma apenas transforma energia elétrica em térmica e luminosa. Este aspecto deve ser ressaltado pelo professor, o que não acabou ocorrendo nesta implementação, sendo assim, fundamental que o professor execute o 6º passo do modelo TWA, realizando um fechamento da atividade e retomando os aspectos principais do alvo.

A Tabela 18 apresenta o grau de contemplação dos passos do modelo TWA executados pelo Professor ALE nesta atividade didática.

Tabela 18 – Grau de contemplação dos passos do modelo TWA pelo Prof. ALE na implementação da analogia para o ensino do circuito elétrico simples

Grau de contemplação com os passos do modelo TWA	PASSOS					
	1	2	3	4	5	6
Contemplou	X	X		X		
Contemplou parcialmente			X		X	
Não contemplou						X

#### A implementação da Professora MS

A segunda ADA sugerida para o ensino do circuito elétrico tem como análogo o Sistema Circulatório/Sanguíneo. Esta ADA foi implementada pela Professora MS. Relatamos agora os resultados obtidos desta implementação.

As produções escritas dos alunos com as correspondências entre alvo e análogo mostram que, praticamente a totalidade dos alunos estabeleceu as correspondências entre alvo e análogo na íntegra. As correspondências estabelecidas pelos alunos encontram-se listadas no quadro abaixo.

Sistema Circulatório	Circuito Elétrico
Coração	Pilha/gerador
Veias e artérias	Fios
Gorduras	Interruptor
Sangue	Corrente elétrica/fluxo de cargas
Pressão do sangue/Arterial	Tensão elétrica
Hemácias	Elétrons

Quadro 38 – Correspondências estabelecidas pelos alunos da Profª MS na ADA para o ensino do circuito elétrico simples

Muitos alunos sugeriram correspondências além daquelas previstas na atividade, o que indica que eles passaram a identificar atributos e os relacionarem com mais facilidade e segurança. Estas correspondências são mencionadas no quadro abaixo.

Sistema Circulatório	Circuito Elétrico
Órgão e células (consumidores de energia)	Lâmpadas
Veias e artérias	Cabo positivo e negativo
Coagulo	Interruptor
Velocidade de escoamento do sangue	Intensidade da corrente elétrica

Quadro 39 – Correspondências estabelecidas pelos alunos da Prof<sup>a</sup> MS para além daquelas previstas na ADA para o ensino do circuito elétrico simples

As correspondências estabelecidas pelos alunos foram aquelas que se referem não apenas a estrutura, mas também as funções de ambos os atributos das situações.

O fato de os alunos terem percebido que as funções dos atributos presentes no sistema circulatório eram semelhantes aos do circuito elétrico contribuiu para que eles estabelecessem as relações e as registrassem. Este aspecto mostra que é necessário que os alunos percebam que os atributos, tanto estruturais quanto funcionais de ambas as situações são semelhantes, para que possam os relacionar.

No que tange à identificação dos limites de validade, a maioria dos alunos expressou pontos falhos não presentes na atividade. Entre eles os presentes na ficha do aluno LKS, reproduzida abaixo.

FICHA 2		
Nome: <i>h k j</i>	Turma: <i>3</i>	Nº: <i>21</i>
Preencha a FICHA 3 com as características da situação análoga que não encontram correspondência na situação alvo e vice-versa, ou seja, pontos onde a analogia falha.		
<p><i>Onde diz que o interruptor é uma necessidade no sistema elétrico, sem ele o sistema não poderia operar. Porém, a gordura em um sistema circulatório é um risco, pois em excesso causa infarto. No sist. elétrico, há apenas 1 caminho para a <sup>simplex</sup> atualidade passar e no corpo humano há vários (veias, artérias, vasos).</i></p>		

Figura 87 – Limites de validade identificados pelos alunos da Prof<sup>a</sup> MS na ADA para o ensino do circuito elétrico simples

Na produção acima, percebemos, também, outra situação possível de ser discutida em sala de aula, mediante o uso desta ADA, que é os riscos de ingerirmos alimentos gordurosos, não restringindo-nos somente ao campo conceitual da física. Este pequeno fato indica a possibilidade de trabalharmos, mediante este tipo de atividade, conteúdos de natureza atitudinal, como o acima mencionado.

Além dos limites expressos na produção anterior, outros também foram mencionados pela grande maioria da turma como, por exemplo, os abaixo citados.

*"A pessoa pode ter um ataque cardíaco pelo aumento de colesterol nas artérias, mas os elétrons ã ficam parados nos fios." (M. G.)*

*"O coração não gera o sangue só bombeia já no caso da pilha ela gera energia." (R. N. A.)*

Na elaboração da síntese conclusiva sobre a situação alvo, os alunos não tiveram nenhuma dificuldade de realizar esta tarefa. Ocorreu apenas um caso em que o aluno utilizava a analogia em sua redação final. Porém, este aluno, com base na analogia, deixou claro em sua síntese as comparações e limitações. A produção deste aluno é reproduzida abaixo.



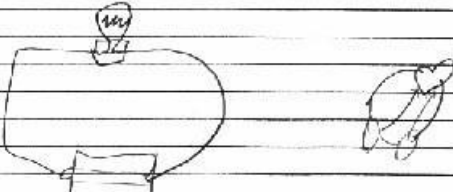
FICHA 3		
Nome: <i>M. G.</i>	Turma: <i>3ª</i>	Nº:
Tente elaborar uma síntese, apresentando suas conclusões sobre Circuito Elétrico Simples e apontando os pontos principais do mesmo. Transcreva seu texto nesta ficha.		
<p><i>Comparamos o sistema circulatorio com o circuito simples, em que são as veias e o sangue e a corrente elétrica, os elétrons são os componentes do sangue como as hemácias, leucócitos etc., o sistema circulatorio é parecido com o sistema elétrico, o circuito tem um consumidor de energia, os elétrons se movem para o consumidor e o coletor para fazer de maneira causar um ataque cardíaco</i></p>		
		

Figura 88 – Síntese conclusiva elaborada pelo aluno MG

Ao analisarmos as sínteses conclusivas dos alunos, constatamos que apenas três alunos referem-se ao resistor como consumidor de energia. Na seqüência reproduzimos uma delas a título de exemplificação.

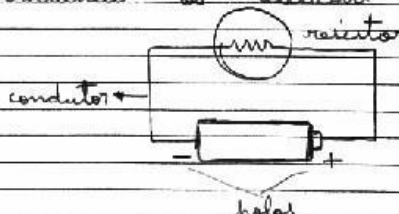
FICHA 3		
Nome: <i>L. S.</i>	Turma: <i>3ª</i>	Nº:
Tente elaborar uma síntese, apresentando suas conclusões sobre Circuito Elétrico Simples e apontando os pontos principais do mesmo. Transcreva seu texto nesta ficha.		
<p><i>o circuito elétrico simples é um sistema composto por uma bateria que dá a diferença de potencial, e condutores que fazem os elétrons ir até o consumidor (resistor) voltando os elétrons até o outro polo da bateria</i></p>		
		

Figura 89 – Síntese conclusiva elaborada pelo aluno LRS

A grande maioria dos alunos mencionou os componentes do circuito e suas funções. Além disso, declararam que a energia elétrica provém de reações químicas ocorridas dentro da pilha, e que aquela se transforma em energia luminosa e térmica na lâmpada, como podemos comprovar nas produções abaixo.

FICHA 3		
Nome: E D	Turma: 3 <sup>o</sup>	N <sup>o</sup> : 13
Tente elaborar uma síntese, apresentando suas conclusões sobre Circuito Elétrico Simples e apontando os pontos principais do mesmo. Transcreva seu texto nesta ficha.		
Neste sistema a pilha está como gerador mostrando quando a corrente elétrica flui pelo condutor acendendo as lâmpadas, quando colocamos um interruptor podemos interromper o fluxo da corrente. A energia química da pilha é transformada em energia elétrica e logo após na lâmpada é transformada em energia luminosa e energia térmica.		

Figura 90 – Síntese conclusiva elaborada pelo aluno ED

FICHA 3		
Nome: R. N. M.	Turma: 3 <sup>o</sup>	N <sup>o</sup> :
Tente elaborar uma síntese, apresentando suas conclusões sobre Circuito Elétrico Simples e apontando os pontos principais do mesmo. Transcreva seu texto nesta ficha.		
Neste sistema a pilha está como gerador mostrando como a corrente elétrica flui pelo condutor acendendo as lâmpadas, quando colocamos um interruptor podemos interromper o fluxo da corrente. A energia química da pilha é transformada em energia elétrica e logo após na lâmpada é transformada em energia luminosa e energia térmica.		

Figura 91 – Síntese conclusiva elaborada pelo aluno RNH

Os índices satisfatórios nas tarefas solicitadas e, conseqüentemente, na aprendizagem dos alunos, talvez possam ser explicados, fundamentalmente pelo grau de familiaridade dos alunos com o análogo. Além disso, os alunos já possuíam um maior domínio dos procedimentos envolvidos nas atividades com uso de analogia. Contribuíram, também, os seguintes aspectos: o professor ter utilizado um modelo representativo do alvo e utilizar imagens do análogo, projetadas no quadro.

Perante isso, pensamos que esta ADA mostrou-se potencialmente útil para o ensino do circuito elétrico simples, uma vez que a aprendizagem dos alunos foi significativa.

#### As implementações do Prof. LLS

Analisando as produções escritas dos alunos da 1<sup>a</sup> turma, constatamos que a grande maioria estabeleceu apenas as relações de natureza estrutural.

Contrariamente ao que estava planejado inicialmente, não houve participação dos alunos na identificação dos limites de validade da analogia utilizada. Apenas o professor expôs tais limites, pois os alunos não sugeriram nenhum ponto falho para a analogia.

Os passos 4 e 5 do modelo exigem um alto grau de esforço cognitivo por parte dos alunos, para relacionar situações e identificar limitações. O indicativo para este fato é não identificação das limitações pela grande maioria dos alunos, fazendo com que eles não o realizem.

Embora os alunos não tenham estabelecido as comparações na íntegra e identificado os limites de validade, nas sínteses conclusivas comprovamos que eles compreenderam os elementos que compõem um circuito elétrico simples e suas funções, como na síntese da aluna SAW (figura 92), que representa, em geral, o entendimento da turma.

FICHA 3		
Nome: <i>Sa</i>	Turma: <i>3</i>	Nº: <i>35</i>
Tente elaborar uma síntese, apresentando suas conclusões sobre Circuito Elétrico simples e apontando os pontos principais do mesmo. Transcreva seu texto nesta ficha.		
<i>O sistema elétrico é formado por um gerador, um resistor (lâmpada), um interruptor e os fios.</i>		
<i>A corrente elétrica vai da extremidade de maior potencial do gerador, passa pelos fios, pela lâmpada a qual transforma a energia elétrica em luminosa e térmica, e volta para o gerador em sua extremidade de menor potencial.</i>		
<i>O interruptor pode abrir o circuito interrompendo o fluxo de elétrons.</i>		

Figura 92 – Síntese conclusiva elaborada pela aluna SAW

Não podemos atribuir os baixos índices, nas duas primeiras tarefas, ao grau de contemplação dos passos do modelo TWA pelo Prof. LLS, expressos na tabela 19, já que este professor contemplou boa parte dos passos do referido modelo. Também não podemos atribuir os resultados ao grau de familiaridade com o análogo, tendo em vista que obtivemos um bom índice de familiaridade nesta turma. É mais provável atribuímos os resultados a uma carência procedimental dos alunos.

Uma justificativa para os alunos terem assimilado com ênfase as partes constituintes do circuito elétrico simples é a montagem, realizada por eles, de

um circuito elétrico, o que pode ter contribuído em maior escala para o entendimento do que a analogia usada.

A Tabela 19 apresenta o grau de contemplação dos passos do modelo TWA executados pelo Prof. LLS nesta atividade didática.

Tabela 19 – Grau de contemplação dos passos do modelo TWA pelo Prof. LLS na implementação, em sua 1ª turma da ADA para o ensino do circuito elétrico simples

Grau de contemplação com os passos do modelo TWA	PASSOS					
	1	2	3	4	5	6
Contemplou	X	X		X	X	
Contemplou parcialmente			X			
Não contemplou						X

Na 2ª turma do Prof. LLS obtivemos melhores resultados em comparação com os obtidos na turma anterior.

Analisando as produções escritas evidenciamos que, a maioria dos alunos não teve dificuldade em estabelecer as correspondências entre o “análogo” e o “alvo”. Os alunos mapearam a maior parte dos atributos, tanto estruturais quanto funcionais. As correspondências estabelecidas por eles encontram-se listas no quadro abaixo.

Sistema Ferroviário	Circuito Elétrico
Sirene	Interruptor
Trilhos	Fios
Trem	Corrente elétrica
Vagões	Elétrons
Locomotiva	Pilha
Carvão	Elementos químicos

Quadro 40 – Correspondências estabelecidas pelos alunos da 2ª turma do Prof. LLS na ADA para o ensino do circuito elétrico simples

Além destas correspondências, muitos alunos explicitaram outras similaridades, mencionadas no quadro a seguir.

Sistema Ferroviário	Circuito Elétrico
Obstáculo nos trilhos	Lâmpadas
Velocidade do trem	Intensidade da corrente
Combustão	Perda da capacidade da pilha
Fornalha	Resistor

Quadro 41 – Correspondências estabelecidas pelos alunos da 2ª turma do Prof. LLS para além daquelas previstas na ADA para o ensino do circuito elétrico simples

O índice satisfatório de estabelecimento de correspondências, talvez possa ser explicado pelo fato do professor ter utilizado um modelo representativo do análogo (ferrorama) em sala de aula, o que pode ter contribuído para que os alunos identificassem facilmente os atributos a serem comparados



Figura 93 – Modelo físico representativo do análogo utilizado pelo Prof. LLS na implementação da ADA para o ensino do circuito elétrico simples

Com respeito à identificação dos limites de validade da analogia, podemos dizer que, a grande maioria dos alunos conseguiu identificá-los sem

dificuldade. Para exemplificação, reproduzimos abaixo a produção de uma aluna contendo as falhas mencionadas pela grande maioria dos alunos.

FICHA 2		
Nome: <i>A. J.</i>	Turma:	Nº:
Preencha a FICHA 3 com as características da situação análoga que não encontram correspondência na situação alvo e vice-versa, ou seja, <u>portos onde a analogia falha.</u>		
- No circuito elétrico a energia é transformada em luz, e na malha ferroviária em energia mecânica.		
- No circuito elétrico a corrente elétrica pode ter mais de um caminho e na malha não pode.		
- No circuito elétrico a fonte está parada e na malha ferroviária a locomotiva anda junto e as vagões <small>que é a fonte</small>		

Figura 94 – Limites de validade identificados pela maioria dos alunos da 2ª turma do Prof. LLS na ADA para o ensino do circuito elétrico simples

Além dos limites expressos na produção acima, outros também foram mencionados pela grande maioria da turma como, por exemplo, os listados abaixo.

*"Os trilhos têm espaços entre eles, para a dilatação devido ao calor. No circuito elétrico não pode haver isso". (L. B. G. B.)*

*"Os elétrons são invisíveis, e o trem não". (A. M.)*

Tento em vista que os alunos tiveram êxito no estabelecimento de similaridades e na identificação de pontos falhos, esperávamos que eles elaborassem sínteses conclusivas ricas em argumentações. Estas foram elaboradas em diferentes graus de redação e argumentação.

Evidenciamos que, a grande maioria da turma declarou ter conhecimento da constituição do circuito elétrico simples, os elementos que o compõem e as suas respectivas funções, bem como as transformações de energia ocorridas no circuito, como pode ser observado nas produções abaixo, que expressam, em geral, o entendimento da turma.

FICHA 3		
Nome: <u>Y. A. M.</u>	Turma: <u>3º</u>	Nº:
Tente elaborar uma síntese, apresentando suas conclusões sobre Circuito Elétrico Simples e apontando os pontos principais do mesmo. Transcreva seu texto nesta ficha.		
<p>Num circuito elétrico simples, a energia elétrica necessria para a sua ocorrência é utilizada de um aparelho e conduzida por meio de fios que estão materiais condutores.</p> <p>Essa energia elétrica pode, transformar-se em algum outra tipo de energia útil (luminosa, térmica, mecânica, etc.) e isso acontece através de um resistor chamado lâmpada.</p> <p>Ho também, em alguns casos, o interruptor, que corta o sistema ou mesmo por pressão, e automaticamente religado quando desligado.</p>		

Figura 95 – Síntese conclusiva elaborada pelo aluno FLM

FICHA 3		
Nome: <u>LO</u>	Turma: <u>3º</u>	Nº:
Tente elaborar uma síntese, apresentando suas conclusões sobre Circuito Elétrico Simples e apontando os pontos principais do mesmo. Transcreva seu texto nesta ficha.		
<p>PARA OCORRER UM CIRCUITO ELÉTRICO É NECESSÁRIO TER UM GERADOR (PILHA), INTERRUPTOR, RESISTOR (LÂMPADA), FIOS CONDUTORES, PLACA METÁLICA.</p> <p>Funções: gerador → gerar energia  interruptor → interromper a corrente elétrica  resistor → exerce a função do resistor que gera a energia luminosa e térmica.  fios → conduzem energia nas formas de elétrons LIVRES.</p>		

Figura 96 – Síntese conclusiva elaborada pela aluna L

Podemos justificar o desempenho satisfatório dos alunos nas tarefas e, conseqüentemente, na aprendizagem aos seguintes aspectos: a) grau de familiaridade dos alunos com o análogo, uma vez que 85% deles o consideraram familiar; b) grau de contemplação dos passos do modelo TWA, executados pelo professor LLS, expressos na tabela 20; c) uso do modelo físico representativo do análogo durante a implementação; d) domínio dos procedimentos envolvidos na atividade.

Tabela 20 – Grau de contemplação dos passos do modelo TWA pelo Prof. LLS na implementação, em sua 2<sup>a</sup> turma, da ADA para o ensino do circuito elétrico simples

Grau de contemplação com os passos do modelo TWA	PASSOS					
	1	2	3	4	5	6
Contemplou	X	X	X	X	X	
Contemplou parcialmente						X
Não contemplou						

Os dados que possuímos, das implementações ocorridas e descritas neste item, indicam certo nível de compreensão dos conceitos por parte dos estudantes. Além disso, o nível de aprendizagem dos alunos, na última implementação, se mostra bastante simétrico em relação aos obtidos na turma da Professora MS.



#### 4.3.9 Atividades Didáticas 11, 12 e 13 – Modelos atômicos de Thomson/Pudim de Ameixas, Rutherford/Sistema Planetário e Bohr/Livros alocados em uma estante

O conhecimento adequado da estrutura da matéria é de grande importância para a correta compreensão de fenômenos físicos. Os estudantes, quando ao trabalharem com este assunto poderão ter dificuldades de entender como é constituída a matéria, pelo fato de estarem relacionados conceitos teóricos e, portanto, não existirem exemplares perceptíveis no ambiente.

Tentamos, freqüentemente, ensinar tais conceitos recorrendo ao uso de modelos analógicos. Assim sendo, propomos a utilização de ADA para o ensino dos modelos atômicos de Thomson, Rutherford e Bohr, tendo como análogos um pudim de ameixas, o sistema planetário e livros alocados em uma estante, respectivamente.

Como notado previamente, estes análogos são freqüentemente populares e usados em livros didáticos, porém, utilizados de forma não sistemática. Optamos por estes modelos por serem, em geral, os inseridos nas programações curriculares de física e, também, por possuímos análogos para eles. No entanto, não descartamos o ensino de outros modelos por professores de física, tais como o de Dalton, como também não a existência de análogos para aqueles.

Para o leitor acompanhar os resultados, especificamos nos quadros 42 e 43 o conjunto de relações analógicas que servem como “expectativa de resposta” para a atividade a ser realizada pelos alunos.

MODELOS ATÔMICOS				
	<i>Rutherford</i>		<i>Bohr</i>	
Modelo	Alvo	Análogo	Alvo	Análogo
Modelo pudim	Prótons e nêutrons	Massa solar	Elétrons	Livros
Modelo pudim	Elétrons (carga negativa) girando em torno do núcleo	Planetas do sistema solar girando em torno do sol	Energia potencial do sistema	Energia potencial do sistema
Modelo pudim	Núcleo atômico positivamente carregado como região central	Sol como centro	Núcleo atômico	Solo/chão/piso
Modelo pudim	Órbita dos elétrons	Órbita dos planetas	Níveis de energia	Prateleiras
Modelo pudim	Atração elétrica entre cargas opostas é que manteria os elétrons em suas órbitas	Atração gravitacional mantém os planetas girando em volta do Sol	Força elétrica	Força gravitacional

Modelos atômicos pretendidos na ADA para o ensino de modelos atômicos – Similaridades

MODELOS ATÔMICOS				
	<i>Rutherford</i>		<i>Bohr</i>	
Modelo	Alvo	Análogo	Alvo	Análogo
Tamanho microscópico	Tamanho microscópico	Tamanho macroscópico	Tamanho microscópico	Tamanho macroscópico
Elétron precisa parar	Os elétrons não seguem um trajeto claro e inequívoco quando se movem	Planetas seguem trajetórias bem definidas, sendo possível determinarmos suas S e V	Elétrons em movimento	Livros permanecem em repouso
Elétron gira	Sabemos que os elétrons giram ao redor do núcleo, mas não em órbitas. Para ser considerada uma órbita, o movimento do elétron deveria ser sempre num mesmo plano, o que na prática não acontece.	Os planetas giram em órbitas fixas	Nem todos os níveis de energia do átomo têm a mesma capacidade para armazenar/abrigar elétrons	Todas as estantes teriam, a princípio, a mesma capacidade para armazenar/abrigar livros.
Elétron decai	---	---	Elétron "sobe" para camada superior provoca a instabilidade do átomo. O elétron decai espontaneamente depois de um tempo	Colocar livro na estante superior não provoca instabilidade

Modelos Atômicos na ADA para o ensino de Modelos Atômicos

MODELOS ATÔMICOS

MODELOS ATÔMICOS				
	<i>Rutherford</i>		<i>Bohr</i>	
Modelo	Alvo	Análogo	Alvo	Análogo
	---	---	Níveis energéticos distribuídos de forma não eqüidistante	Estantes colocadas, em geral, de uma forma eqüidistante.
	---	---	Os níveis de energia não têm em uma existência física real	As estantes têm uma existência física real, por exemplo, são feitas de madeira.
	No modelo atômico as cargas estão sujeitas à atração e repulsão.	Os planetas estão sujeitos somente à atração (gravitacional)		
	Contraria uma lei fundamental da física clássica. Cargas em movimento emitem radiação eletromagnética perdendo energia continuamente. Com isso, os elétrons em trânsito deveriam descrever órbitas cada vez menores chocando-se contra o núcleo.	---	---	---

Modelos Atômicos na ADA para o ensino de Modelos Atômicos (continuação)

#### 4.3.9.1 Familiaridade dos alunos com os análogos utilizados

Os quadros 44, 45, 46 e 47 apresentam os índices, absolutos e percentuais, dos análogos que foram considerados como familiares e os que não o foram por turma de cada professor implementador.

Número de Ordem	Situações Análogas	Familiar		Não Familiar	
		Quantidade	%	Quantidade	%
01	<i>Pudim de ameixas ou passas</i>	15	79	04	21
02	<i>Sistema planetário</i>	17	90	02	10
03	<i>Livros alocados em uma estante</i>	19	100	00	00

Quadro 44 – Grau de familiaridade dos alunos do Prof. ALE com os análogos *Pudim de ameixas ou passas, Sistema planetário, Livros alocados em uma estante*

Os dados contidos no quadro acima mostram que, 79% dos alunos responderam que um pudim de ameixas ou passas era familiar. No entanto, 21% não o consideraram como familiar. Estes índices talvez possam ser explicados pelo fato de tratar-se de um prato não típico na região dos alunos.

O *Sistema Planetário* foi considerado familiar para a maioria dos alunos, 90%, justificada pela visita ao Planetário da UFSM. No entanto, 10% não consideraram esta situação como familiar, talvez por não terem estudado este tópico em outra etapa da escolarização. Reproduzimos abaixo algumas respostas de alunos como exemplo de justificativas para a familiaridade com o *sistema planetário*.

*"Sim quando fui no planetário em Santa Maria." (M. P)*

*"Sim, localizam-se no universo, estão sempre em órbita ao redor do sol no movimento de rotação e translação." (F. P)*

*"Vários planetas soltos no espaço sideral, entre estrelas, que estudamos em geografia." (A. M)*

*"São oito planetas no qual um deles é a terra, em órbita elíptica em torno do sol." (R. D)*

Nossa expectativa inicial é que a situação *Livros alocados em uma estante* fosse considerada familiar pela totalidade da turma, o que foi confirmado, uma vez que os alunos estão em contato, nas escolas, com livros e freqüentando bibliotecas.

O quadro 45 apresenta os índices, absolutos e percentuais, dos análogos que foram considerados como familiares e os que não o foram na turma da Professora MS.

Número de Ordem	Situações Análogas	Familiar		Não Familiar	
		Quantidade	%	Quantidade	%
01	<i>Pudim de ameixas ou passas</i>	20	69	09	31
02	<i>Sistema planetário</i>	23	80	06	20
03	<i>Livros alocados em uma estante</i>	29	100	00	00

Quadro 45 – Grau de familiaridade dos alunos da Prof<sup>a</sup> MS com os análogos Pudim de ameixas ou passas, Sistema planetário, Livros alocados em uma estante

Observando o quadro 45, percebemos que 69% dos alunos da Professora MS consideraram como familiar *Um pudim de ameixa ou passas*. Porém, nesta turma o percentual de alunos que não o consideraram, 31%, aumentou em relação à turma do Professor ALE. Este índice talvez, também, possa ser explicado pelo fato de tratar-se de um prato típico que não é comum na culinária da região onde vivem os alunos, ou seja, não sendo popular na região onde este estudo ocorreu.

O *Sistema Planetário* foi considerado familiar por 80% dos alunos. No entanto, o índice de não familiaridade com esta situação, 20%, cresceu em comparação com a turma do Professor ALE. Uma explicação para este acréscimo, talvez, possa se dar em virtude da não visita ao Planetário da UFSM (realizada pela maioria das escolas da região de Santa Maria), ou ainda por não terem estudado com ênfase este tópico curricular ou, ainda, não recordarem o mesmo.

Como era esperada a totalidade da turma considerou familiar a situação de *Livros alocados em uma estante*, uma vez que ela faz parte do cotidiano dos alunos.

No Quadro 46 encontram-se os índices, absolutos e percentuais, dos análogos que foram considerados como familiares e os que não o foram na 1ª turma do Prof. LLS.

Número de Ordem	Situações Análogas	Familiar		Não Familiar	
		Quantidade	%	Quantidade	%
01	<i>Pudim de ameixas ou passas</i>	13	35	24	65
02	<i>Sistema planetário</i>	33	89	04	11
03	<i>Livros alocados em uma estante</i>	37	100	00	00

Quadro 46 – Grau de familiaridade dos alunos da 1ª turma do Prof. LLS com os análogos Pudim de ameixas ou passas, Sistema planetário, Livros alocados em uma estante

Na 1ª turma do Prof. LLS a situação de número 1 não foi considerada familiar pela maioria da turma, 65% do total. Entretanto as duas outras situações obtiveram altos índices de familiaridade, sendo 89% para o *Sistema Planetário*, relativamente igual ao da turma do Professor ALE e 100% para *Livros alocados em uma estante*.

As justificativas para a familiaridade com os análogos avançam em sentidos diferentes. Enquanto alguns alunos recorrem aos conhecimentos estudados na escola, outros recorrem a situações vivenciadas, experiências de vida, para justificarem a familiaridade com os análogos. Como exemplo, reproduzimos abaixo algumas respostas dos alunos:

*"Aprendi que foi um dos primeiros "modelos" de átomos." (V. B)*

*"Sim, estudo na geografia, onde o sol fica no centro e os planetas e estrelas giram ao seu redor." (B. B. M)*

*"Sim, tenho uma estante em casa." (F. M.)*

*"Já vi vários livros empilhados muitos em ordem alfabética, outros em coleções nas disciplinas, já carreguei muitos livros." (C. R.)*

No quadro 47 encontram-se os índices, absolutos e percentuais, dos análogos que foram considerados como familiares e os que não o foram na 2ª turma do Prof. LLS.

Número de Ordem	Situações Análogas	Familiar		Não Familiar	
		Quantidade	%	Quantidade	%
01	<i>Pudim de ameixas ou passas</i>	10	37	17	63
02	<i>Sistema planetário</i>	25	93	02	07
03	<i>Livros alocados em uma estante</i>	27	100	00	00

Quadro 47 – Grau de familiaridade dos alunos da 2ª turma do Prof. LLS com os análogos Pudim de ameixas ou passas, Sistema planetário, Livros alocados em uma estante

Como pode ser verificado, mediante a leitura dos dados contidos no quadro 47, entre todas as turmas, na 2ª turma do Prof. LLS obtivemos os mais altos índices de familiaridade dos alunos com as situações 02 e 03, 93% e 100%, respectivamente. Contudo, obtivemos, também, o maior índice de não familiaridade com a primeira situação, sendo que 63% dos alunos não consideraram *Um pudim de ameixas ou passas* familiar.

Os índices aqui expressos, talvez possam ser justificados pelas mesmas razões mencionadas anteriormente, ou seja, pelo fato dos alunos, provavelmente, já terem trabalhado o tópico *Sistema planetário* em outra etapa escolar, no caso da situação análoga 02; e no caso da situação 01 o baixo índice de familiaridade pode ser explicado pelo fato de não estarem habituados a este tipo de prato.

#### 4.3.9.2 Produções dos Alunos: correspondências estabelecidas, limites identificados e sínteses elaboradas

Implementações da ADA para o Ensino do Modelo Atômico de Thomson

##### A implementação do Professor ALE

Na turma do Professor ALE, a análise das produções dos alunos mostra que eles conseguiram estabelecer as relações analógicas sem nenhuma dificuldade, o que também foi verificado para os limites de validade, sendo que



os alunos identificaram duas limitações não presentes na atividade, reproduzidas abaixo.

*"Os elétrons não tem o mesmo tamanho das passas. E os prótons não tem o mesmo tamanho das massas." (D. R.)*

*"Os elétrons estão em constante movimento no átomo, enquanto as passas estão paradas, e entre os prótons e os elétrons existe um "vazio" o que não ocorre entre as passas e a massa." (A. M.)*

Nas sínteses conclusivas notamos, também, que grande parte da turma explicou o modelo atômico de Thomson tomando por base o modelo de pudim, como na síntese reproduzida a seguir.

FICHA 3		
Nome: <u>Ja</u> <u>Q</u> <u>Q</u> <u>R</u>	Turma: <u>3</u>	Nº: <u>06</u>
Tente elaborar uma síntese, apresentando suas conclusões sobre Modelo Atômico de Thomson e apontando os pontos principais do mesmo. Transcreva seu texto nesta ficha.		
<p><u>O Modelo Atômico de Thomson é o modelo de pudim. Ele tem uma carga positiva distribuída uniformemente e os elétrons estão distribuídos uniformemente.</u></p>		

Figura 97 – Síntese conclusiva elaborada pela aluna CQQR

Nas implementações dos modelos atômicos, não contamos com a vídeo-gravação das aulas do Professor ALE, para podermos justificar o desempenho satisfatório dos alunos em função do grau de contemplação dos passos do modelo TWA. Uma possível justificativa para o bom desempenho dos alunos nesta atividade é o número pequeno de relações analógicas a serem identificadas, sendo, em nossa opinião, uma analogia onde os atributos são facilmente comparados.

#### A implementação da Professora MS

Na turma da Professora MS, a grande maioria dos alunos não teve dificuldade em estabelecer as relações analógicas pretendidas, na íntegra. No entanto, eles comparam o pudim como o átomo e não com o volume esférico do modelo de Thomson. Uma argumentação para isto pode ser percebida na produção reproduzida na Figura 98.

FICHA 1		
Nome:	Turma:	Nº:
Que comparações podem ser feitas entre o alvo e o análogo? Preencher as duas colunas desta ficha, procurando estabelecer relações de semelhanças entre grandezas, características, aspectos, conceitos, modelos, processos, etc., presentes em cada situação apresentada.		
Pudim de Ameixa		Modelo Atômico de Thomson
<p>o pudim de ameixa não é o modelo de Thomson na esfera na minha opinião e só minha opinião a massa seria a forma da doce e seria a carga positiva e a parte negativa dentro e fora das ameixas</p>		<p>isso massa</p>

Figura 98 – Produção escrita de um aluno da Profª MS

Além das relações analógicas de semelhança presentes na atividade, os alunos estabeleceram a comparação “as passas são fixas e unidas à massa/os elétrons são fixos e grudados com as cargas positivas”.

Na identificação dos limites, também não constatamos dificuldades por parte dos alunos, uma vez que a grande maioria identificou a limitação do modelo de Thomson, como verificado em uma das produções abaixo, onde reproduzimos o limite explicitado pelo aluno.

*“Cargas opostas se neutralizam, elas tem que estar separadas e não misturadas com o no modelo do pudim.”*  
(M. B.)

Na elaboração de uma síntese conclusiva sobre o alvo, a grande maioria dos alunos apresentou em suas explicações o análogo utilizado na atividade, juntamente com aspectos do alvo. Esta ocorrência pode tornar-se um obstáculo ao avanço da aprendizagem. Como exemplo, reproduzimos abaixo a síntese conclusiva de dois alunos com esta ocorrência.

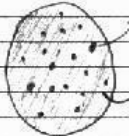
FICHA 3		
Nome: <i>MG</i>	Turma: <i>3</i>	Nº:
Tente elaborar uma síntese, apresentando suas conclusões sobre o Modelo Atômico de Thomson apontando os pontos principais do mesmo. Transcreva seu texto nesta ficha.		
<p>é uma massa sólida positiva (<math>P^+</math>) com os elétrons grudados e imóveis que podem ser comparado a um pudim de passas, a massa e a parte positiva das passas os elétrons grudados nela. nos modelos após deu certo pois se as cargas, a positiva e negativa ficam em juntas, e em contato</p> <p>átomo fixo e neutro e não grudado.</p>		
		

Figura 99 – Síntese conclusiva elaborada pela aluna MG

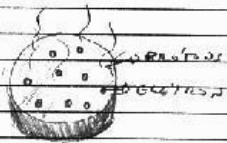
FICHA 3			
Nome: R. G.	Turma: 3	N°:	
Tente elaborar uma síntese, apresentando suas conclusões sobre o Modelo Atômico de Thomson apontando os pontos principais do mesmo. Transcreva seu texto nesta ficha.			
<p>REPRESENTOU O ÁTOMO DE UMA FORMA SIMPLES E FÁCIL DE COMENDER. DEU COMO EXEMPLO UM PUDIM, ONDE A MASSA REPRESENTAVA OS PRÓTONS, AS AMeixas, OS ELÉTRONS, MAS EM QUALQUER Ponto DE ABSENTAVA AS CARGAS UNIDAS, SEU FORNTOVA O ÁTOMO NEUTRO. É VALIHO MAS É FALHO.</p>			
			

Figura 100 – Síntese conclusiva elaborada pela aluna RG

Os bons índices de aproveitamento dos alunos, nesta atividade, nos procedimentos de comparar e identificar, podem ser justificados pelo grau contemplação dos passos do modelo TWA executados pela Professora MS quando da implementação, expressos na tabela 21.

No entanto, pensamos que o bom desempenho dos alunos nesta atividade está mais associado ao pequeno número de atributos a serem relacionados. Para a Professora MS:

*“Essa analogia também ela foi muito interessante onde os alunos trouxeram pra sala de aula o pudim, o análogo, pra depois no final da aula poder ver a representação e foi muito interessante assim, foi uma analogia de fácil compreensão e que eu acredito que eles compreenderam mesmo o conteúdo”.*

Tabela 21 – Grau de contemplação dos passos do modelo TWA pela Profa. MS na implementação da ADA para o ensino do Modelo Atômico de Thomson

Grau de contemplação com os passos do modelo TWA	PASSOS					
	1	2	3	4	5	6
Contemplou	X	X	X		X	
Contemplou parcialmente				X		
Não contemplou						X

## As implementações do Prof. LLS

Na 1ª turma os resultados são semelhantes aos da turma da Professora MS. Nela, houve um caso, de uma aluna que sugeriu uma analogia com um brigadeiro, onde a pasta/massa do brigadeiro seria a carga positiva e os granulados seriam os elétrons. Porém, esta analogia foi rapidamente abandonada, pois uma aluna argumentou que nesta analogia os elétrons ficariam somente na superfície, em não em toda a massa como no pudim. Mesmo assim, a aluna que propôs esta analogia enfatizou, na Ficha 2, que a comparação melhor seria com o brigadeiro, como pode ser observado na figura abaixo.

FICHA 2		
Nome: <i>MA</i> de <i>CA</i>	Turma: 3º	Nº: 18
Preencha a FICHA 3 com as características da situação análoga que não encontram correspondência na situação alvo e vice-versa, ou seja, pontos onde a analogia falha.		
<i>O modelo atômico de Thomson considerava o átomo como esférico, para comparar com o pudim, este também deveria ser, porém, é plano.</i>		
<i>Uma comparação, talvez, mais analisável seria com um brigadeiro (esférico e com "granulados"), ainda que um átomo "atômico" (<math>\oplus \ominus \rightarrow \circ</math>)</i>		

Figura 101 – Limite de validade identificado pela aluna MA

Com respeito ao estabelecimento de correspondências, em geral, os alunos estabeleceram todas as relações pretendidas sem nenhuma dificuldade. Já na identificação dos limites de validade, os alunos, na grande maioria, também apontaram a limitação do modelo atômico de Thomson, como no exemplo abaixo.

FICHA 2		
Nome: <i>MA</i> de <i>CA</i>	Turma: 3º	Nº: 06
Preencha a FICHA 2 com as características da situação análoga que não encontram correspondência na situação alvo e vice-versa, ou seja, pontos onde a analogia falha.		
<i>A analogia falha pois as cargas de elétrons não são encontradas somente na superfície, mas em toda a massa, para as partículas de elétrons tem que estar espalhadas</i>		

Figura 102 – Limite de validade explicitado pelos alunos do Prof. LLS na ADA para o ensino do Modelo Atômico de Thomson

Nas sínteses conclusivas a totalidade da turma mencionou o análogo utilizado, como na produção abaixo.

FICHA 3		
Nome: S	Turma: 3º	Nº: 3
Tente elaborar uma síntese, apresentando suas conclusões sobre Modelo Atômico de Thomson e apontando os pontos principais do mesmo. Transcreva seu texto nesta ficha.		
<p>Eu entendi que, para ficar mais claro a explicação de um átomo, pode compará-lo com um pudim de passas. (pois o elemento do pudim significava uma coisa de dentro, como o núcleo atômico).</p>		

Figura 103 – Síntese conclusiva elaborada pela aluna SL

No final da atividade o professor retomou a discussão do modelo atômico, tendo em vista que a grande maioria da turma mencionou o análogo em suas conclusões sobre este modelo.

Na 2ª turma os alunos sugeriram uma analogia com um *Panetone de Natal* para o modelo atômico de Thomson ao invés de um *Pudim de Passas ou Ameixas*, pois justificaram que estavam mais familiarizados com esta situação.

Um aluno sugeriu a correspondência “no panetone temos a massa do pão/no átomo temos a massa atômica”. Na figura 104 apresentamos uma produção que expressa, em geral, as relações analógicas estabelecidas pela maioria dos alunos nesta atividade, os quais estabeleceram as relações esperadas.

FICHA 1	
Nome: G	Turma: 3º N°: 09
Que comparações podem ser feitas entre o alvo e o análogo? Preencher as duas colunas desta ficha, procurando estabelecer relações de semelhanças entre grandezas, características, aspectos, conceitos, modelos, processos, etc., presentes em cada situação apresentada.	
<b>Pudim de ameixa - PANETONE</b>	<b>Modelo Atômico de Thomson</b>
o panetone tem uma massa,	→ tem a esfera;
os frutos embutidos,	→ os elétrons;
o panetone é redondo,	→ é assim que Thomson também;
no panetone tem as frutas,	→ no modelo atômico não tem.

Figura 104 – Correspondências estabelecidas pela aluna CW

Nesta produção percebemos que a aluna explicita uma das limitações presente na atividade que se refere às dimensões das situações. Ainda em relação a este aspecto, os alunos, em geral, identificaram diferenças para além daquelas previstas na atividade. No quadro 48, encontram-se listadas as limitações identificadas pelos alunos.

Panetone de Natal	Modelo Atômico de Thomson
Vemos as frutas	Não vemos os elétrons
Podemos encontrar o Panetone em migalhas se partirmos ele	Podemos transferir cargas elétricas, mas não podemos partir o átomo
Temos diversos tipos de frutas cristalizadas	Temos apenas os elétrons
Não é esférico e sim cilíndrico	É esférico
Pode-se pegar e ser cortado	Não pode ser cortado
As frutas ficam paradas	Os elétrons não ficam parados
O volume do panetone varia, existem panetones de vários tamanhos	O volume do modelo não varia
Se tirar uma fruta nada ocorre	Se retirar um elétron o modelo se transforma num cátion

Quadro 48 – Limitações explicitadas pelos alunos da 2ª turma do Prof. LLS na ADA para o ensino do Modelo Atômico de Thomson

Na maioria das sínteses conclusivas percebemos que os alunos aceitaram a provisoriedade do modelo estudado. Nesta atividade foi possível destacar que o conhecimento científico não é algo acabado, mas construído ao longo do tempo, com a contribuição de diversas pessoas. A título de exemplo reproduzimos na seqüência 03 (três) sínteses que apresentam argumentação para a afirmação acima.

FICHA 3		
Nome: P	Turma: 3ª	Nº:
Tente elaborar uma síntese, apresentando suas conclusões sobre Modelo Atômico de Thomson e apontando os pontos principais do mesmo. Transcreva seu texto nesta ficha.		
<p><i>É um dos primeiros modelos a tentar explicar o átomo, sua forma e constituição. Está certo em algumas coisas, mas também há pontos duvidosos, falhas, como a falta de neutrons.</i></p>		

Figura 105 – Síntese conclusiva elaborada pelo aluno PF

FICHA 3		
Nome: R. N.	Turma: 3º	Nº:
Tente elaborar uma síntese, apresentando suas conclusões sobre Modelo Atômico de Thomson e apontando os pontos principais do mesmo. Transcreva seu texto nesta ficha.		
<p>O modelo de Thomson é uma esfera homogênea com carga positiva e ele todo no seu interior, ele é bem simples de compreender mas com muitas modelar atuais, o importante é que dele vieram várias outras explicações sobre os átomos.</p>		

Figura 106 – Síntese conclusiva elaborada pelo aluno RN

FICHA 3		
Nome: Y. L.	Turma: 3º	Nº: ??
Tente elaborar uma síntese, apresentando suas conclusões sobre o Modelo Atômico de Thomson apontando os pontos principais do mesmo. Transcreva seu texto nesta ficha.		
<p>Para os padrões da época (1900), Thomson deu a primeira ideia inicial para pesquisas mais avançadas no campo da atomística. - Nesse tempo, não haviam muitas tecnologias para pesquisas microscópicas, ficando assim os resultados restritos ao ponto da física e da matemática. Não se pode negar, intuitivamente, que o modelo atômico de Thomson colaborou muito para a interpretação correta da atomística.</p>		

Figura 107 – Síntese conclusiva elaborada pelo aluno FL

Nesta turma muitos alunos também mencionaram a situação análoga nas sínteses conclusivas, como pode ser visualizado na figura 107, fato este que pode tornar-se, em vez de um aspecto facilitador da aprendizagem, um obstáculo ao avanço desta.

FICHA 3		
Nome: M. A.	Turma: 3º	Nº: 09
Tente elaborar uma síntese, apresentando suas conclusões sobre Modelo Atômico de Thomson e apontando os pontos principais do mesmo. Transcreva seu texto nesta ficha.		
<p>Porém o modelo de Thomson é uma esfera que pode ser comparada a uma esponja. Ele é uma esfera que não possui uma estrutura rígida, mas sim uma estrutura porosa e irregular.</p>		

Figura 108 – Síntese conclusiva elaborada pela aluna CW

FICHA 3		
Nome: <u>J. S. G.</u>	Turma: <u>3</u>	Nº: <u>22</u>
Tente elaborar uma síntese, apresentando suas conclusões sobre o Modelo Atômico de Thomson apontando os pontos principais do mesmo. Transcreva seu texto nesta ficha.		
<p>O modelo atômico de Thomson é como um pudim. Os pontos positivos das descobertas uniformemente distribuídos os elétrons e a massa representada a carga positiva. Já o pudim, em geral, apresenta o átomo propriamente dito, onde apresenta algumas falhas como o não movimento dos elétrons e falhas que não dão ao modelo identidade própria.</p>		

Figura 109 – Síntese conclusiva elaborada pelo aluno LFG

No entanto, o número de alunos que mencionaram o análogo nas sínteses conclusivas reduziu em comparação com as turmas anteriores. Isto pode ser justificado pelo fato do professor ter explicado aos seus alunos que descrevessem nas sínteses apenas o entendimento acerca do alvo.

A vídeo-gravação da aula do Prof. LLS mostra que este executou completamente a maioria dos passos do modelo TWA (ver tabela 22).

Tabela 22 – Grau de contemplação dos passos do modelo TWA pelo Prof. LLS na implementação, em sua 2ª turma, da ADA para o ensino do Modelo Atômico de Thomson

Grau de contemplação com os passos do modelo TWA	PASSOS					
	1	2	3	4	5	6
Contemplou	X	X		X	X	
Contemplou parcialmente			X			X
Não contemplou						

Com base nas implementações, ocorridas da ADA para o ensino do Modelo Atômico de Thomson, podemos afirmar que em relação à aprendizagem, os índices obtidos foram satisfatórios, já que os alunos, em geral, estabeleceram as relações, identificaram as diferenças e elaboraram sínteses conclusivas, o que remeteu a uma aprendizagem significativa, pois conectaram o novo conhecimento por meio de um mais familiar.



Implementações da ADA para o Ensino do Modelo Atômico de Rutherford

### A implementação do Professor ALE

Nela, verificamos que os alunos estabeleceram as comparações de forma satisfatória. Em geral, eles não tiveram dificuldades de estabelecer as semelhanças, sendo que cada aluno estabeleceu em média 04 comparações, tanto de origem estrutural como funcional. O quadro 49 apresenta as semelhanças mapeadas pelos alunos.

Sistema Planetário	Modelo Atômico de Rutherford
Sol	Núcleo
Planetas	Elétrons
Órbitas dos planetas	Órbitas dos elétrons
Movimento dos planetas	Movimento dos elétrons
Os planetas giram em torno do sol	Os elétrons giram em torno do núcleo
Força gravitacional	Força elétrica
Espaço entre planetas (vácuo)	Espaço entre órbitas (vazio)
Sol (estrela principal)	Carga positiva
Região do universo entre planetas e Sol	Eletrosfera

Quadro 49 – Semelhanças apontadas pelos alunos do Prof. ALE na ADA para o ensino do Modelo Atômico de Rutherford

Na identificação dos limites de validade, os alunos mapearam apenas a falha apresentada pelo modelo atômico de Rutherford, mencionada pelo professor durante suas explicações. A título de ilustração reproduzimos a seguir a produção de um aluno que comprova esta afirmação.

FICHA 2		
Nome: M	M	Turma: 3 <sup>o</sup> N <sup>o</sup> : 2
Preencha a FICHA 2 com as características da situação análoga que não encontram correspondência na situação alvo e vice-versa, ou seja, pontos onde a analogia falha.		
<p><i>Não se pode comparar o alvo com a analogia no seguinte aspecto: no modelo atômico, os elétrons em trânsito, ou seja, ao longo em movimento emitem radiação eletromagnética, isto significa que, os elétrons descrevem órbitas menores ali se chocam com o núcleo, causando a destruição de mesmo</i></p>		

Figura 110 – Limite de validade explicitado pelo aluno MM

Nas sínteses conclusivas, verificamos que 48% dos alunos mencionaram o análogo nas sínteses, do total de 19, como no exemplo da produção do aluno DRM.

FICHA 3		
Nome: <i>D R M</i>	Turma: <i>3º</i>	Nº: <i>08</i>
Tente elaborar uma síntese, apresentando suas conclusões sobre Modelo Atômico de Rutherford e apontando os pontos principais do mesmo. Transcreva seu texto nesta ficha.		
<p><i>O modelo atômico de Rutherford compara o átomo com o sistema solar, os elétrons, como planetas, descreveriam orbitas em torno do núcleo (sol), mas como os elétrons ao perderem energia se aproximariam do núcleo, colidindo com esse, torna esse sistema falho.</i></p>		

Figura 111 – Síntese conclusiva elaborada pelo aluno DRM

No entanto, percebemos melhoras significativas no estabelecimento de correspondências e identificação de pontos falhos, em comparação com as atividades que antecederam estas implementações. Constatamos que, poucos são os alunos que não se expressaram verbalmente. Os alunos que se expressaram de forma não verbal elaboram desenhos em suas produções, como o do exemplo abaixo.

FICHA 3		
Nome: <i>31 E</i>	Turma: <i>3º</i>	Nº:
Tente elaborar uma síntese, apresentando suas conclusões sobre Modelo Atômico de Rutherford e apontando os pontos principais do mesmo. Transcreva seu texto nesta ficha.		

Figura 112 – Síntese conclusiva elaborada pelo aluno VF

Na produção acima, podemos observar que o aluno representa em seu desenho os atributos presentes tanto na situação alvo como na análoga de maneira correta.

### A implementação da Professora MS

Na turma da Professora MS os alunos não tiveram dificuldades em estabelecer as similaridades. O mesmo ocorreu na identificação dos limites de validade. No entanto, os alunos reproduziram a fala da professora quando apresentava a limitação do modelo atômico de Rutherford durante seu diálogo em sala de aula, como na produção abaixo:

*“Cargas em movimento emitem radiação eletromagnética perdendo energia continuamente. Com isso descrevem órbitas cada vez menores chocando-se com o núcleo numa fração de segundo. Se isso acontecesse não sobraria nenhum átomo no universo.” (D. F.)*

Para a professora MS os alunos não tiveram dificuldades em estabelecer as semelhanças “por eles já conhecer o análogo, já ter estudado no caso o modelo planetário em geografia, então não teve problema nenhum, foi eficaz” (M. S.).

A análise das sínteses conclusivas mostra que, 17 alunos, do total de 29, fizeram referência ao sistema planetário em suas produções, ou seja, 58% dos alunos mencionaram o sistema planetário na explicação sobre o modelo atômico de Rutherford, como nos exemplos abaixo.

FICHA 3		
Nome:	Turma:	Nº:
Tente elaborar uma síntese, apresentando suas conclusões sobre Modelo Atômico de Rutherford e apontando os pontos principais do mesmo. Transcreva seu texto nesta ficha.		
<p>Bom, eu entendo que o modelo atômico de Rutherford é o modelo que compara o átomo com o sistema solar, onde os <math>e^-</math> são os planetas, suas órbitas são as órbitas elétricas e o sol é o núcleo. Que foi um modelo que bateu de frente com as afirmações sobre a estrutura molecular da água, não sendo muito aceita pelos cientistas mais conservadores.</p>		

Figura 113 – Síntese conclusiva elaborada por um aluno da Profª MS

FICHA 3		
Nome: O	Turma: 2º	Nº: 21
Tente elaborar uma síntese, apresentando suas conclusões sobre Modelo Atômico de Rutherford e apontando os pontos principais do mesmo. Transcreva seu texto nesta ficha.		
<p>O modelo atômico de Rutherford é uma comparação feita entre o átomo e o sistema planetário, onde o núcleo seria o sol, os elétrons caracteriz. Os planetas, os nêutrons e prótons é comparado a massa do sol e a força elétrica seria a força gravitacional dos planetas. Então, poderíamos comparar o G. atômico com o sistema planetário, mas essa analogia possui falhas porque se diz que os elétrons vão perdendo energia por causa da radiação eletromagnética, então eles iriam se chocar com o núcleo e desaparecer e não existiria átomo.</p>		

Figura 114 – Síntese conclusiva elaborada pelo aluno O

O índice mencionado acima, considerado elevado, é preocupante visto que pode tornar-se um obstáculo ao avanço da aprendizagem. Perante isto, é extremamente relevante que os professores executem o 6º passo o modelo TWA, o que não aconteceu nesta implementação, como mostra a tabela 23.

A execução do referido passo tornasse fundamental para que os alunos não permaneçam com idéias errôneas e não fixem o análogo, já que este deve ser um meio para facilitar a aprendizagem e não um fim.

Constatamos que a Professora MS, após o desenvolvimento de um conjunto de atividades executa os passos do modelo TWA com maior segurança, contemplando a maior parte deles.

Tabela 23 – Grau de contemplação dos passos do modelo TWA pela Profa. MS na implementação da ADA para o ensino do Modelo Atômico de Rutherford

Grau de contemplação com os passos do modelo TWA	PASSOS					
	1	2	3	4	5	6
Contemplou		X	X	X	X	
Contemplou parcialmente	X					
Não contemplou						X

As implementações do Prof. LLS

A 3ª implementação desta atividade ocorreu na 1ª turma do Prof. LLS. Nela, os resultados obtidos não foram satisfatórios, pois a grande maioria dos alunos estabeleceu em torno de duas ou três semelhanças, entre elas: sol/núcleo, planetas/elétrons, força gravitacional/força elétrica. Tal fato nos surpreende, visto que 89% dos alunos informaram que estavam familiarizados com o Sistema Planetário. Além disso, percebemos que não houve uma uniformidade no estabelecimento de semelhanças, ou seja, enquanto muitos alunos estabeleceram algumas comparações, outros estabeleceram outras.

Os alunos apenas estabeleceram correspondências entre os atributos que compõem as duas situações, não associando os mesmos com a estrutura e funções que ocupam nos respectivos sistemas, preocuparam-se apenas em identificar os componentes de ambos os sistemas e relacioná-los.

Na identificação dos limites de validade, constatamos, novamente, que a grande maioria dos alunos apontou somente a falha apresentada pelo modelo atômico de Rutherford e apresentada por LLS em sala de aula, como na produção abaixo. Uma provável justificativa para isso pode ser a ênfase atribuída a este aspecto durante a implementação da atividade pelo Prof. LLS. A título de exemplo reproduzimos na figura 115 a ficha de um aluno com a limitação explicitada.

FICHA 2		
Nome: F. G. A.	Turma: 3	Nº:
Preencha a FICHA 2 com as características da situação análoga que não encontram correspondência na situação alvo e vice-versa, ou seja, pontos onde a analogia falha.		
CARBAS EM MOVIMENTO EMITEM RADIAÇÃO ELETROMAGNÉTICA		
COM ISSO, PERDEM ENERGIA CONTINUAMENTE, DESCREVEN-		
DO ORBITAS, CADA VEZ MENORES, NO FINAL CHOANDO-SE		
COM O NÚCLEO.		
O SIST. PLANETÁRIO É VISÍVEL E O MODELO ATÔMICO		
DE RUTHERFORD NÃO É VISÍVEL		

Figura 115 – Limite de validade explicitado pelo aluno FGA

Nesta turma obtivemos o maior índice de alunos, 90%, que elaboraram a síntese fazendo referência ao sistema planetário, como percebemos na síntese abaixo, elaborada pelo aluno JH.

FICHA 3		
Nome: J H	Turma: 3	Nº: 20
Tente elaborar uma síntese, apresentando suas conclusões sobre Modelo Atômico de Rutherford e apontando os pontos principais do mesmo. Transcreva seu texto nesta ficha.		
<p>Ele tentou fazer um modelo Planetário, concluiu que os átomos se estruturam assim como minúsculo sistema solar e que a maior parte de seu espaço interior seria formada por uma região vazia, atravessada por pequenas e poucas diminutas partículas. A carga positiva estaria toda concentrada em um núcleo central, e os elétrons pelo movimento das partículas.</p>		

Figura 116 – Síntese conclusiva elaborada pelo aluno JH

Ainda, nesta turma as sínteses conclusivas não foram elaboradas pelos alunos com muito cuidado, não passaram de frases com pouca argumentação. Reproduzimos na seqüência uma das sínteses, do total de 02 (duas), a qual o aluno não fez referência ao análogo. Ela é considerada a melhor síntese da turma, mesmo sendo “bem compacta”, sem nenhuma redação mais elaborada.

FICHA 3		
Nome: F G A	Turma: 3	Nº:
Tente elaborar uma síntese, apresentando suas conclusões sobre Modelo Atômico de Rutherford e apontando os pontos principais do mesmo. Transcreva seu texto nesta ficha.		
<p>HÁ UM NÚCLEO FORMADO POR PRÓTONS E NEUTRONS, E AO REDOR DESTES NÚCLEOS ESTÃO OS ELÉTRONS, QUE ORBAM EM TORNO DO DELES EM ÓRBITAS.</p> <p>A FORÇA ELÉTRICA É QUE MANTÉM AS ÓRBITAS DOS ELÉTRONS</p>		

Figura 117 – Síntese conclusiva elaborada pelo aluno FGA

Podemos inferir que nesta turma os alunos não adquiriram um entendimento completo do Modelo Atômico de Rutherford, já que conseguiram estabelecer poucas relações, ou seja, o entendimento dos alunos sobre o modelo atômico aumentaria se o número de relações estabelecidas fosse maior.

Uma possível justificativa para os baixos índices de rendimento dos alunos nas atividades pode ser a falta de habilidades e procedimentos não dominados por eles, como por exemplo: estabelecer relações, levantar hipóteses, identificar, escrever.

Na 2ª turma do Prof. LLS obtivemos os melhores resultados em termos de semelhanças e diferenças identificadas, entre as 4 turmas analisadas, na atividade para o ensino do Modelo Atômico de Rutherford.

Em geral, os alunos estabeleceram mais da metade das relações analógicas, sendo que as semelhanças identificadas são aquelas que relacionam aspectos estruturais, como por exemplo, o sol como núcleo. As correspondências estabelecidas pelos alunos desta turma encontram-se listas no quadro abaixo.

Sistema Planetário	Modelo atômico de Rutherford
Sol (maior concentração de massa)	Núcleo com prótons e nêutrons
Planetas	Elétrons
Órbita	Eletrosfera
Força gravitacional	Força elétrica
Os planetas orbitam em torno do sol	Os elétrons orbitam em torno do núcleo (próton)
Translação	Movimento dos elétrons

Quadro 50 – Correspondências estabelecidas pelos alunos da 2ª turma do Prof. LLS na ADA para o ensino do Modelo Atômico de Rutherford

Quanto aos limites de validade, em termos gerais, os alunos conseguiram identificar os pontos falhos, mapeando-os para além daqueles previstos na atividade. Os alunos mencionaram que não encontraram correspondência para o movimento de rotação, identificando falhas que vão deste as dimensões de ambos os modelos, passando pela natureza das forças envolvidas neles, até a falha apresentada pelo modelo de Rutherford que, consecutivamente, levou Bohr a elaboração de um novo modelo. Assim, os alunos identificaram os limites abaixo listados:

*“Os elétrons não giram em torno do seu próprio eixo, os planetas sim.” (E. M. R.) (até este momento os alunos não tinham conhecimento sobre o spin)*

*“Tamanho do sol em relação ao átomo.” (E. M. R.)*

*“Os elétrons são todos iguais, já os planetas podem ser sólidos ou gasosos.” (E. M. R.)*

*"Os planetas não possuem carga e o elétron possui." (E. M. R.)*

*"Falha na correspondência de elementos como massa, densidade, velocidade e distância (em proporção) das órbitas, proporção de tamanho, intensidade das forças (gravitacional e elétrica)." (C. B.)*

*"Os planetas giram em torno do sol sempre com a mesma trajetória e os elétrons não seguem sempre a mesma trajetória." (J. S. V.)*

*"Não há proporção entre as massas dos planetas e as dos elétrons." (D. B.)*

*"Tipo de forças diferentes Elétrica – Gravitacional." (C. D.)*

*"Os elétrons giram em órbita até colidir com o núcleo, já os planetas não colidem com o sol em seu movimento de órbita." (A. R.)*

*"As partículas  $\alpha$  atravessam a lâmina de ouro que ele utilizou para sua experiência, enquanto os raios do sol não atravessam um planeta inteiro." (E. M. R.)*

*"Os elétrons possuem energia que é perdida com o tempo, devido a isso as orbitas ficam cada vez mais curtas fazendo com que os elétrons se choque com o núcleo." (J. M. P.)*

*"Alguns dos planetas são vistos a olho nu, agora os elétrons não (é um modelo microscópico)." (S. W.)*

Nas sínteses conclusivas 07 alunos, do total de 27, mencionaram o análogo em suas produções finais. Porém, nesta turma o índice foi menor em comparação com as turmas anteriores. Este fato pode ter sido modificado após o Prof. LLS ter retomado a discussão do alvo, como sugere o 6º passo do modelo TWA.

Com os bons índices de rendimento dos alunos nas tarefas anteriores, esperávamos que este se mantivesse na atividade final, o que de certa forma ocorreu, uma vez que os alunos passaram a ter maior argumentação.

Verificamos que os alunos além de escreverem, utilizaram imagens na elaboração de conclusões. Há alunos que elaboram suas sínteses com maior argumentação e com desenhos que representam o modelo atômico, como nos exemplos a seguir. Na primeira delas, embora a aluna tenha feito referência ao sistema planetário, ela produziu uma síntese considerada boa, a qual mostra que ela compreendeu o modelo em estudo.



FICHA 3		
Nome: R. M. N.	Turma: 3 <sup>o</sup>	N <sup>o</sup> :
Tente elaborar uma síntese, apresentando suas conclusões sobre Modelo Atômico de Rutherford e apontando os pontos principais do mesmo. Transcreva seu texto nesta ficha.		
<p>segundo Rutherford, a maior parte de espaço interior de átomo é permeada por uma nuvem vazia, atravessada em pontos pelas diminutas partículas <math>\alpha</math>. A carga positiva estaria toda concentrada em um núcleo central, sustentada pelo rebatimento das partículas. Separados da carga positiva pela vazia, os elétrons modernos girariam em volta do núcleo, como os planetas em torno do sol.</p>		

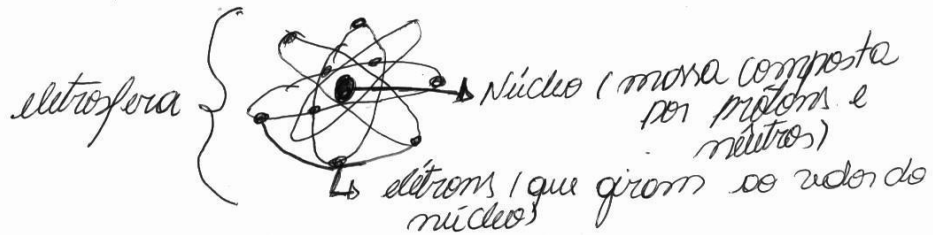


Figura 118 – Síntese conclusiva elaborada pela aluna RMN

FICHA 3		
Nome: J.	Turma: 3 <sup>o</sup>	N <sup>o</sup> : 17
Tente elaborar uma síntese, apresentando suas conclusões sobre Modelo Atômico de Rutherford e apontando os pontos principais do mesmo. Transcreva seu texto nesta ficha.		
	<p>É um átomo com eletrosfera onde se encontra os elétrons eletrizados em órbita ao redor do núcleo que fixam energia e consequentemente diminuem a velocidade fazendo com que os elétrons se choquem com o núcleo.</p>	

Figura 119 – Síntese conclusiva elaborada pela aluna JSV

FICHA 3		
Nome: C.	Turma: 3 <sup>o</sup>	N <sup>o</sup> : 7
Tente elaborar uma síntese, apresentando suas conclusões sobre Modelo Atômico de Rutherford e apontando os pontos principais do mesmo. Transcreva seu texto nesta ficha.		
<p>Rutherford propôs um modelo onde o núcleo possui carga positiva e os elétrons movem-se em órbitas. Porém, cargas elétricas em movimento produzem radiação eletromagnética. Logo, em virtude cada vez mais as órbitas, o que levaria, em determinado momento, o choque de elétrons com o núcleo e a consequente destruição do átomo.</p>		

Figura 120 – Síntese conclusiva elaborada pela aluna CB

Os bons índices de aproveitamento dos alunos, nas tarefas solicitadas, talvez possam ser explicados por dois fatores, são eles: a) grau de contemplação da maior parte dos passos do modelo TWA pelo Prof. LLS, expressos na tabela 24 e b) grau de familiaridade com o análogo utilizado, pois 92,6% responderam que estavam familiarizados com esta situação.

Tabela 24 – Grau de contemplação dos passos do modelo TWA pelo Prof. LLS na implementação, em sua 2ª turma, da ADA para o ensino do Modelo Atômico de Rutherford

Grau de contemplação com os passos do modelo TWA	PASSOS					
	1	2	3	4	5	6
Contemplou	X	X	X	X	X	
Contemplou parcialmente						X
Não contemplou						

Ao final das implementações da segunda ADA para o ensino dos modelos atômicos, podemos dizer que, de maneira geral, os alunos já apresentaram maior argumentação nas conclusões. Os conhecimentos não apareciam mais sob a forma de frases isoladas. Percebemos um avanço significativo nas tarefas realizadas. Os alunos já eram capazes de organizar suas idéias e criar explicações satisfatórias e corretas para elas.

No entanto, uma quantidade expressiva de alunos incorporou os análogos na sua estrutura cognitiva. Este fato foi percebido em virtude da grande maioria dos alunos ter mencionado os análogos nas sínteses conclusivas. Sob o ponto de vista pedagógico, este fato pode tornar-se um obstáculo ao avanço do conhecimento, uma vez que os alunos internalizaram o análogo. Em relação a este aspecto Bachelard afirma:

[...] há que desqualificar o uso figurativo de analogias e metáforas quando pretendem ser imagens-reflexo, mais ou menos exatas, de uma realidade oferecida à investigação, ou seja, quando pretendem passar por cópias fiéis desta realidade; há que as desqualificar quando se transformam em esquemas gerais que permanecem, em vez de assumirem um papel transitório (BACHELARD, 1951, apud ANDRADE, 2000)

Concordamos com Godoy (2002a) quando afirma que as analogias são como pára-quedas: podem ser muito úteis para chegarmos ao destino, porém uma vez na terra devemos desprender do pára-quedas ou nos dificultará avançar no novo território. Uma dificuldade que encontramos é garantir que realmente os alunos tenham se despreendido do pára-quedas.

Implementações da ADA para o Ensino do Modelo Atômico de Bohr

### A implementação do Professor ALE

Os resultados, nas tarefas de estabelecimento de correspondências e identificação de limitações, obtidos na última implementação na turma do Professor ALE melhoraram significativamente em comparação com as primeiras. Sendo assim, os alunos estabeleceram a maior parte das correspondências. No entanto, o grau de estabelecimento não foi uniforme, ou seja, variou entre os alunos. As correspondências estabelecidas por eles estão listadas no quadro 51.

Livros alocados em uma estante	Modelo Atômico de Bohr
Estante	Átomo
Base da estante	Núcleo
Livros	Elétrons
Prateleiras	Órbitas do átomo/camadas eletrônicas
Mudar de lugar o livro da prateleira	Um elétron mudar de órbita
Cair um livro no chão ou juntar o livro e por na prateleira	Excitar o elétron
Força gravitacional	Força elétrica

Quadro 51 – Semelhanças identificadas pelos alunos do Prof. ALE na ADA para o ensino do Modelo Atômico de Bohr

Quanto aos limites de validade, em geral, os alunos conseguiram identificá-los. Nesta ADA, perceberam que deveriam considerar a base da estante e não o chão como núcleo, tendo em vista que o núcleo tem de estar “junto” ao átomo, no caso do alvo. A título de exemplo reproduzimos abaixo 04 produções escritas nas quais os alunos identificam os pontos falhos da analogia.

FICHA 2		
Nome: R B	Turma: 3.º	Nº:
Preencha a FICHA 3 com as características da situação análoga que não encontram correspondência na situação alvo e vice-versa, ou seja, pontos onde a analogia falha.		
A ESTANTE É UM MODELO MACROSCÓPICO, O ÁTOMO É MICROSCÓPICO, OS LIVROS NÃO PODERIAM COLAR UM AO OUTRO; POIS SE O SOLO É O NÚCLEO, OS ELÉTRONS DESA DADG CERIA A SE COLAR COM O NÚCLEO.		

Figura 121 – Limites de validade explicitados pelo aluno RG

FICHA 2		
Nome: M G	Turma: 3.º	Nº:
Preencha a FICHA 3 com as características da situação análoga que não encontram correspondência na situação alvo e vice-versa, ou seja, pontos onde a analogia falha.		
O número de elétrons que cada camada possui ter, (capacidade), Se a estante fosse em as camadas o solo seria o núcleo não eles ali seria da cam. "1" + até a última chegou até o núcleo (solo) e os elétrons atômico, ele tem limites m cada camada + externa até a + interna se tiverem mais camadas, se tiverem 2 um em cima número poderia entrar em contato com o núcleo.		

Figura 122 – Limites de validade explicitados pelo aluno MG

FICHA 2		
Nome: A S	Turma: 3	Nº: 3
Preencha a FICHA 3 com as características da situação análoga que não encontram correspondência na situação alvo e vice-versa, ou seja, pontos onde a analogia falha.		
A estante representa o átomo e o solo representa o núcleo, ocorre falha porque o núcleo deveria estar junto ao átomo, o que não acontece e o solo e a estante se não foi encarado como um sistema.		

Figura 123 – Limites de validade explicitados pela aluna AS

FICHA 2		
Nome:	Turma:	Nº:
Preencha a FICHA 3 com as características da situação análoga que não encontram correspondência na situação alvo e vice-versa, ou seja, pontos onde a analogia falha.		
tem acho que o núcleo não deveria ser o solo no sistema e por que quando o livro (elétron) entra em contato com o núcleo (núcleo) atalando com o átomo.		

Figura 124 – Limites de validade explicitados por um aluno do Prof. ALE

Nas sínteses conclusivas, também, percebemos um aumento, na argumentação dos alunos, comparativamente com as primeiras produções. As sínteses conclusivas contam, não somente com frases, mas também com diagramas/desenhos, fato este atribuído ao domínio de procedimentos. Por exemplo, as produções abaixo representam as sínteses conclusivas elaboradas pelos alunos.

FICHA 3		
Nome: C. G.	Turma: 3 <sup>ª</sup>	Nº: 6
Tente elaborar uma síntese, apresentando suas conclusões sobre o processo de Modelo Atômico de Bohr e apontando os pontos principais do mesmo. Transcreva seu texto nesta ficha.		
Bohr incorporou o conceito quântico de energia, os elétrons saltam de uma órbita a outra, trocando energia com o meio, ele disse também que o átomo é dividido em camadas, cada uma com um certo número de elétrons.		
elétrons m camada.		

Figura 125 – Síntese conclusiva elaborada pela aluna CG

FICHA 3		
Nome: LRS	Turma: 3 <sup>ª</sup>	Nº:
Tente elaborar uma síntese, apresentando suas conclusões sobre o processo de Modelo Atômico de Bohr e apontando os pontos principais do mesmo. Transcreva seu texto nesta ficha.		
É uma correção do modelo de Rutherford incorporando o modelo quântico de energia. Nele o elétron só se move em determinadas órbitas e a distância de núcleo a órbita de energia se mantém quando o elétron troca de órbita, quando ele faz isso diz-se que o átomo está em estado excitado.		

Figura 126 – Síntese conclusiva elaborada pelo aluno LRS

FICHA 3		
Nome: LSS	Turma: 3 <sup>ª</sup>	Nº:
Tente elaborar uma síntese, apresentando suas conclusões sobre o processo de Modelo Atômico de Bohr e apontando os pontos principais do mesmo. Transcreva seu texto nesta ficha.		
O modelo de Bohr é composto por um núcleo onde em contram-se prótons e nêutrons e sete camadas das eletrônicas onde distribuem-se os elétrons em órbitas.		
A medida que os elétrons trocam de camada há o aumento ou diminuição de energia potencial e cinética.		

Figura 127 – Síntese conclusiva elaborada pela aluna LSS

FICHA 3		
Nome: <u>A</u>	Turma: <u>3º</u>	Nº: <u>21</u>
Tente elaborar uma síntese, apresentando suas conclusões sobre o processo de Modelo Atômico de Bohr e apontando os pontos principais do mesmo. Transcreva seu texto nesta ficha.		
		<p>O elétron só pode se mover em determinados níveis situados a distâncias precisas do núcleo, mas quais não irradia energia.</p>
K L M N O P Q		
2 8 18 32 32 18 8		

Figura 128 – Síntese conclusiva elaborada pela aluna AM

### A implementação da Professora MS

Na turma da Professora MS, os resultados no desempenho dos alunos melhoraram em comparação com as atividades anteriores. Com base na análise das produções escritas, podemos afirmar que os alunos, na grande maioria, conseguiram estabelecer as correspondências entre alvo e análogo. O quadro 52 apresenta as correspondências estabelecidas por eles.

Livros alocados em uma estante	Modelo Atômico de Bohr
Divisórias da estante	Estados estacionários
Livros em cada divisória	Elétrons distribuídos nas camadas
Base da estante	Núcleo
Força gravitacional	Força elétrica
Cair ou elevar um livro	Elétron excitado

Quadro 52 – Semelhanças identificadas pelos alunos da Prof<sup>a</sup> MS na ADA para o ensino do Modelo Atômico de Bohr

Em relação à segunda tarefa, identificar os limites de validade, os alunos mapearam a maior parte dos pontos falhos, aproximando-se das nossas expectativas. As figuras a seguir expressam os limites identificados por eles.

FICHA 2		
Nome: <i>Y. J.</i>	Turma: <i>3º</i>	Nº: <i>?</i>
Preencha a FICHA 3 com as características da situação análoga que não encontram correspondência na situação alvo e vice-versa, ou seja, pontos onde a analogia falha.		
<p><i>Os livros na estante, que por sua vez ultrapassam os elétrons de a terra, não se movem como os elétrons. Um livro tem a capacidade, com sua energia potencial - cinética de chocar-se contra o chão. Já a a terra, por sua vez, não choca-se contra a nuvem, uma vez que permanece no mínimo na camada mais interna da atmosfera.</i></p> <p><i>Não é possível para os livros transcenderem as prateleiras, mas já os elétrons transcendem as camadas energéticas.</i></p>		

Figura 129 – Limite de validade explicitado pelo aluno FL

FICHA 2		
Nome: <i>G. M.</i>	Turma: <i>3º</i>	Nº: <i>14</i>
Preencha a FICHA 3 com as características da situação análoga que não encontram correspondência na situação alvo e vice-versa, ou seja, pontos onde a analogia falha.		
<p><i>Não podemos considerar o chão como núcleo, as partículas não podemos falar quanto livros vivem, mas nos camadas de elétrons cabem tantos em cada camada 2, 8, 18, 32, 32, 18, 8.</i></p>		

Figura 130 – Limite de validade explicitado pelo aluno GM

Além destas, os alunos identificaram outras diferenças, entre elas as abaixo listadas:

*"Um é macroscópico o outro e micro." (CG)*

*"Os livros só voltam para seu lugar se alguém pegar, os elétrons podem voltar." (MM)*

*"Os elétrons ao passar de uma camada para outra, não passa pelo espaço intermediário. Em uma estante, os livros não tem como desaparecer e passar para outra prateleira." (CG)*

O melhor desempenho dos alunos da Professora MS, ainda que de forma lenta, foi perceptível nas argumentações presentes nas sínteses conclusivas. Consideramos que os alunos, em geral, elaboraram sínteses com os aspectos principais do Modelo Atômico de Bohr. Indicativo desta afirmação pode ser verificado nos exemplos abaixo.

FICHA		
Nome: <i>cl de A</i>	Turma: <i>3</i>	Nº: <i>18</i>
Tente elaborar uma síntese, apresentando suas conclusões sobre o processo de Modelo Atômico de Bohr e apontando os pontos principais do mesmo. Transcreva seu texto nesta ficha.		
<p><i>O modelo atômico de Bohr é formado por um núcleo positivo, e com cargas neutras, que é cercado por cargas negativas, elétrons que só podem se movimentar de uma órbita para outra, além de só perderem energia quando "saltam" de uma camada para outra.</i></p> <p><i>Desta forma, os elétrons estão em constante movimento, pois tendem a preencher as camadas mais externas.</i></p>		

Figura 131 – Síntese conclusiva elaborada pelo aluno MM

FICHA 4		
Nome: <i>f M</i>	Turma: <i>3º</i>	Nº: <i>14</i>
Tente elaborar uma síntese, apresentando suas conclusões sobre o processo de Modelo Atômico de Bohr e apontando os pontos principais do mesmo. Transcreva seu texto nesta ficha.		
<p><i>O modelo atômico é composto por um núcleo onde encontramos os prótons e os nêutrons, apresenta também camadas, órbitas que contém os elétrons que podem variar de uma camada para outra fazendo troca de energia, e assim podendo se distanciar do núcleo ganhando ou perdendo energia.</i></p>		

Figura 132 – Síntese conclusiva elaborada pela aluna JM

Podemos atribuir o desempenho satisfatório dos alunos a três fatores, são eles: a) grau de familiaridade deles com o análogo utilizado, uma vez que a totalidade da turma respondeu estar familiarizada com este, b) grau de contemplação dos passos do modelo TWA pela Professora MS, expressos na tabela 25, c) domínio dos procedimentos de comparar e identificar.

Tabela 25 – Grau de contemplação dos passos do modelo TWA pela Prof<sup>a</sup> MS na implementação da ADA para o ensino do Modelo Atômico de Bohr

Grau de contemplação com os passos do modelo TWA	PASSOS					
	1	2	3	4	5	6
Contemplou	X	X	X		X	
Contemplou parcialmente				X		X
Não contemplou						



Com a vídeo-gravação foi possível percebermos um avanço no grau de contemplação dos passos do modelo TWA pela Professora MS. A análise da vídeo-gravação nos permite afirmar que à medida que os professores adquirem uma maior segurança em trabalhar com o modelo TWA é de se esperar níveis maiores de contemplação dos passos do modelo adotado, o que foi verificado.

#### As implementações do Prof. LLS

Na 1ª turma do Prof. LLS a quase totalidade dos alunos estabeleceu as relações de semelhança mais superficiais, ou seja, aquelas facilmente identificáveis. São elas: livros/elétrons e prateleiras/camadas.

Em virtude dos alunos não terem estabelecido a maior parte das relações de semelhança previstas, esperávamos que eles também não identificassem os pontos falhos. No entanto, os alunos mapearam mais da metade dos limites de validade, entre eles os abaixo listados.

*“Os elétrons estão em movimento na orbita e os livros estão parados”. (L. C. C.)*

*“Na estante todas as prateleiras cabem o mesmo número de livros, já nas camadas do átomo há um número diferente para cada uma”. (F. G. A.)*

*“Estante visível, átomo não visível”. (F. G. A.)*

*“Entre os é e o núcleo existe um vazio, enquanto entre os livros e o solo existe a atmosfera”. (A. M.)*

As sínteses conclusivas mais elaboradas seguem basicamente o mesmo conteúdo das abaixo reproduzidas. Nelas, percebemos que os alunos obtiveram um grau satisfatório de compreensão, tendo em vista as argumentações expressas nas sínteses. No entanto, em muitas produções permanecem as falas reproduzidas pelo professor em sua exposição, como na figura 133.

FICHA 3		
Nome: F. G. A.	Turma: 3	Nº:
Tente elaborar uma síntese, apresentando suas conclusões sobre Modelo Atômico de Bohr e apontando os pontos principais do mesmo. Transcreva seu texto nesta ficha.		
O ÁTOMO DE BOHR POSSUI 7 CAMADAS (K, L, M, N, O, P, Q)		
E CADA UMA DESTAS CAMADAS SUPORTA UM CERTO NÚMERO DE ELÉTRONS (K=2, L=8, M=18, N=32, O=32, P=18, Q=8)		
QUANDO O ELÉTRON SE MOVIMENTA PRÓXIMO AO NÚCLEO PARA DISTANTE DO NÚCLEO ELE GANHA ENERGIA POTENCIAL E QUANDO O ELÉTRON SE MOVIMENTA DISTANTE DO NÚCLEO PARA PRÓXIMO DO NÚCLEO ELE GANHA ENERGIA CINÉTICA		

Figura 133 – Síntese conclusiva elaborada pelo aluno FGA

FICHA 3		
Nome: L. C. C.	Turma: 3	Nº:
Tente elaborar uma síntese, apresentando suas conclusões sobre Modelo Atômico de Bohr e apontando os pontos principais do mesmo. Transcreva seu texto nesta ficha.		
Bohr linearizou os conceitos quânticos de energia: os elétrons do átomo de uma órbita para outra, trocando energia com a luz		
Os elétrons podem se movimentar em determinadas órbitas situadas em distâncias precisas do núcleo.		

Figura 134 – Síntese conclusiva elaborada pela aluna LCC

Os índices de aproveitamento dos alunos, nas atividades solicitadas, podem ser atribuídos ao grau de familiaridade dos alunos com a situação análoga, já que esta situação é extremamente familiar, uma vez que se insere no cotidiano dos alunos e, além disso, a totalidade da turma afirmou que estava familiarizada com ela.

Tendo sido a última ADA implementada nesta turma durante o ano letivo, evidenciamos um crescimento nos alunos, ainda que pequeno, no domínio dos procedimentos de comparar, identificar e argumentar. Devemos destacar que o desenvolvimento destas habilidades, especificamente, nesta turma, foi mais lento em comparação com as demais turmas. Em geral, os alunos da 1ª turma do Prof. LLS realizavam as atividades em um espaço de tempo maior, sendo que na maioria das implementações eles necessitavam da ajuda do professor para executarem as tarefas.

Na 2ª turma do Prof. LLS os alunos, em geral, estabeleceram as semelhanças sem nenhuma dificuldade. Contribuiu para isso o grau de familiaridade dos alunos com a situação análoga, visto que 100% deles

consideraram-na como uma situação familiar. No Quadro 4.46, encontram-se listadas as semelhanças identificadas pelos alunos.

Livros alocados em uma estante	Modelo Atômico de Bohr
Prateleiras	Camadas de valência (K, L, M, N, O, P, Q)
Livros	Elétrons
Chão	Núcleo
Queda ou elevação do livro	Salto quântico
Força gravitacional	Força elétrica
Capacidade de armazenamento de livros em cada prateleira	Número de valência (2, 8, 18, 32, 32, 18, 8)
Livro só pode ficar em determinadas alturas fixas/prateleiras	Elétrons só podem se mover em determinadas órbitas

Quadro 53 – Semelhanças identificadas pelos alunos da 2ª turma do Prof. LLS na ADA para o ensino do Modelo Atômico de Bohr

Embora a maioria dos alunos tenha estabelecido a correspondência “Chão/Núcleo”, muitos perceberam a necessidade de considerar a base “bem de baixo” (a 1ª prateleira) da estante e não o chão como núcleo na situação análoga. Pois, no caso de um livro cair, de uma prateleira, iria colidir diretamente com o chão, o que não poderia ocorrer na situação alvo, já que o elétron pode saltar até o nível mais baixo, caso contrário iríamos esbarrar na limitação do modelo atômico de Rutherford.

Quanto aos limites da analogia, não houve dificuldades por parte dos alunos em identificar os pontos falhos. No entanto, o grau de identificação varia entre os alunos, sendo que alguns identificam um maior número de limitações que outros. As falhas apontadas pelos alunos são descritas na seqüência.

*“Que ao passar de uma órbita para outra os elétrons simplesmente sumiriam e após surgiriam no outro orbital instantaneamente, o que não ocorre no livro que a gente vê caindo”. (C. B.)*

*“Na estante pode colocar quantos livros quiser e na camada tem um número x”. (S. B.)*

*“O modelo atômico de Bohr possui apenas 7 camadas (órbitas) diferente da estante que pode possuir mais do que sete camadas ou prateleiras”. (J. D.)*

"Os livros são macros e o modelo é micro". (E. M. R.)

"As prateleiras de uma estante normalmente cabe o mesmo número de livros em todas as prateleiras, enquanto no átomo varia de 2 a 32 elétrons em cada camada". (D. S.)

"Na estante os livros ã se mechem / No nível de energia os elétrons pulam de uma camada p/ outra". (A. R.)

"Na prateleira ã se tem restrição de qtos livros podem ser colocados / Nas camadas de valência tem um no certo de elétrons que ã pode ser ultrapassado". (A. R.)

"As dimensões da estante para as dimensões do átomo". (V. S.)

"Não é possível comparar os efeitos causados pelos deslocamentos dos elétrons". (C. D.)

"A força de atração existente entre elas são diferentes uma é gravitacional a outra eletromagnética". (V. C.)

Analisando as sínteses conclusivas dos alunos, constatamos que estes não tiveram dificuldades em elaborar as conclusões, elaborando-as de forma correta. A título de exemplo, reproduzimos na seqüência uma série de sínteses conclusivas.

FICHA 3		
Nome: R S	Turma: 3º	Nº:
Tente elaborar uma síntese, apresentando suas conclusões sobre Modelo Atômico de Bohr e apontando os pontos principais do mesmo. Transcreva seu texto nesta ficha.		
<p>Bohr</p> <p>No modelo de Bohr, o elétron não pode se mover em determinadas órbitas, situadas a distâncias precisas do núcleo, no qual não ocorre energia. A troca de energia com o "estado estacionário" da órbita ocorre através de um salto externo. Um quantum de energia, o elétron salta de uma órbita original para outra órbita estorrel mais próxima do núcleo.</p>		
<p>1 2 3 4 5 6 7 (núcleis)</p> <p>energia potencial</p> <p>energia cinética</p> <p>2 8 18 32 32 18 8 (número máximo de elétrons que podem ocupar no nível)</p> <p>K L M N O P Q (camadas)</p>		

Figura 135 – Síntese conclusiva elaborada pela aluna RS

FICHA		
Nome: C D	Turma: 3º	Nº: 21
Tente elaborar uma síntese, apresentando suas conclusões sobre o processo de Modelo Atômico de Bohr e apontando os pontos principais do mesmo. Transcreva seu texto nesta ficha.		
O Modelo Atômico de Bohr veio complementar e modificar um pouco o Modelo de Rutherford.		
Bohr verificou que existiam 7 camadas ao redor do núcleo e denominou-as K L M N O P Q (2-8-18-32-32-18-8)		
Ele sugeriu que os elétrons girariam ao redor do núcleo em órbitas circulares, formando a região de estabilidade. Quanto mais perto do núcleo, maior a energia cinética e menor a potencial.		

Figura 136 – Síntese conclusiva elaborada pela aluna CD

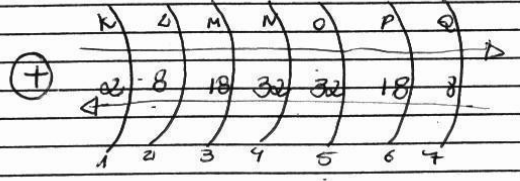
FICHA		
Nome: H P	Turma: 3	Nº:
Tente elaborar uma síntese, apresentando suas conclusões sobre o processo de Modelo Atômico de Bohr e apontando os pontos principais do mesmo. Transcreva seu texto nesta ficha.		
		
<p>É a representação do átomo, mostrando suas sub-divisões, chamadas, com os elétrons em volta do núcleo.</p> <p>A energia, por se afastar, a energia cinética se aproxima do núcleo.</p> <p><math>E_p \neq E_k</math></p>		

Figura 137 – Síntese conclusiva elaborada pelo aluno MP

FICHA 3		
Nome: S P	Turma: 3ª	Nº: 24
Tente elaborar uma síntese, apresentando suas conclusões sobre Modelo Atômico de Bohr e apontando os pontos principais do mesmo. Transcreva seu texto nesta ficha.		
Bohr incorporou o conceito quântico de energia: os elétrons saltam de uma órbita para outra, trocando energia com o meio, isso quer dizer, que ocorre apenas quando o elétron passa de um desses "estados estacionários" para outro. Assim, ao receber do meio exterior um quantum de energia, o elétron salta de sua órbita original para outra órbita estável mais afastada do núcleo.		

Figura 138 – Síntese conclusiva elaborada pela aluna SP

Na primeira produção a aluna RS elaborou um desenho da representação do modelo, com as camadas e a distribuição eletrônica, o que também é observado na produção do aluno MP.

Assim, consideramos que os alunos alcançaram um nível de compreensão elevado, resultando em uma aprendizagem significativa, uma vez que conseguiram conectar os novos conhecimentos aos anteriores. Contribuíram para isso:

- a) o professor ter explicado detalhadamente o alvo e o análogo;
- b) o análogo ser familiar aos alunos;
- c) os alunos possuírem habilidades necessárias para a execução das atividades, ou seja, dominarem alguns procedimentos;
- d) o prof. LLS ter contemplado a maior parte dos passos do modelo TWA (ver tabela 26).

Tabela 26 – Grau de contemplação dos passos do modelo TWA pelo Prof. LLS na implementação, em sua 2ª turma, da ADA para o ensino do Modelo Atômico de Bohr

Grau de contemplação com os passos do modelo TWA	PASSOS					
	1	2	3	4	5	6
Contemplou	X	X	X	X	X	
Contemplou parcialmente						
Não contemplou						X

Nestas últimas atividades percebemos que os alunos não mais se referem ao análogo nas sínteses conclusivas, em geral, eles recorrem as suas próprias explicações para elaborarem as conclusões.

#### 4.3.10 Atividades Didáticas 14 – Refração da luz/Mudança de velocidade no movimento de um carinho

Na ADA para o ensino do fenômeno da refração buscávamos que os alunos compreendessem este como uma mudança na velocidade e não apenas como uma mudança na direção.

Para o leitor acompanhar os resultados, especificamos nos quadros 54 e 55 o conjunto de relações analógicas que servem como “expectativa de resposta” para a atividade a ser realizada pelos alunos.

	ANÁLOGO	ALVO
	Mudança de velocidade no movimento de um carinho	Refração da luz
SIMILARIDADES	Movimento do carinho	Propagação do raio de luz
	Papel – Superfície 1	Ar – Meio 1
	Carpete – Superfície 2	Vidro – Meio 2
	Velocidade do movimento do carinho	Velocidade de propagação do raio de luz
	Mudança de direção do movimento do carinho	Mudança de direção de propagação do raio de luz

Quadro 54 – Conjunto de relações analógicas pretendidas na ADA para o ensino do fenômeno da refração - Similaridades

	Mudança de velocidade no movimento de um carinho/ Refração da luz
LIMITE DE VALIDADE	<ul style="list-style-type: none"> <li>• O carinho se desloca inicialmente numa superfície lisa com certa velocidade e depois passa a se deslocar numa superfície rugosa com velocidade menor, tendendo ao repouso mais rapidamente devido ao aumento do atrito. Em ambas as superfícies, há tendência de diminuição de velocidade devido ao atrito. No caso da luz, há redução da velocidade de propagação ao mudar de meio, mas ela continua a se propagar com velocidade constante.</li> <li>• Um meio se caracteriza pelo índice de refração dado por <math>n=v_1/v_2</math>.</li> <li>• Uma superfície se caracteriza pelo seu coeficiente de atrito <math>\mu</math> em relação ao material que nele se desloca.</li> </ul>

Quadro 55 – Limite de validade presente na ADA para o ensino do fenômeno da refração

#### 4.3.10.1 Familiaridade dos alunos com o análogo utilizado

O quadro 56 apresenta os índices, absolutos e percentuais, do grau de familiaridade dos alunos, do Professor ALE e da Professora MS, com o análogo utilizado.

Número de Ordem	Situação Análoga	Prof.	Familiar		Não Familiar	
			Quantidade	%	Quantidade	%
01	<i>Mudança de velocidade no movimento de um carrinho ao mudar de terreno</i>	ALE	17	90	02	10
02		MS	26	90	03	10

Quadro 56 – Grau de familiaridade dos alunos com o análogo *Mudança de velocidade no movimento de um carrinho*

Verificamos que o análogo empregado era familiar aos alunos, visto que a grande maioria respondeu estar familiarizada com ele. Muitos alunos nas respostas mencionaram a mudança na velocidade ocorrida no carrinho ao mudar de terreno e, também, o atrito existente nos terrenos, o que mostra que os alunos possuíam conhecimento da situação análoga. Na seqüência reproduzimos as respostas de alguns alunos a título de exemplificação.

*“Sim quando as rodas mudam de terreno, a velocidade altera sua trajetória.” (T. P)*

*“Sim, as duas rodas mudam-se de um lugar para outro, mas em relação ao eixo continuam paradas.” (F. M)*

*“Sim, pois muda completamente o atrito.” (UD)*

*“Sim, é como um carro andando numa estrada asfaltada e ir para uma na asfaltada conseqüentemente o carro deverá andar com menos velocidade pois tem mais atrito.” (G. Q)*

*“Sim, ao mudar de terreno as rodas diminui a velocidade, e balança mais.” (J. V)*

O alto grau de familiaridade dos alunos pode ser explicado, possivelmente, pelo conhecimento que já possuíam dos aspectos presentes na situação análoga, o que ficou evidenciado nas justificativas apresentadas por eles.



#### 4.3.10.2 Produções dos Alunos: correspondências estabelecidas, limites identificados e sínteses elaboradas

##### A implementação do Professor ALE

O professor iniciou a introdução do alvo utilizando um desenho no quadro, abaixo reproduzido, que serviu para que o mesmo explicasse o fenômeno da refração.

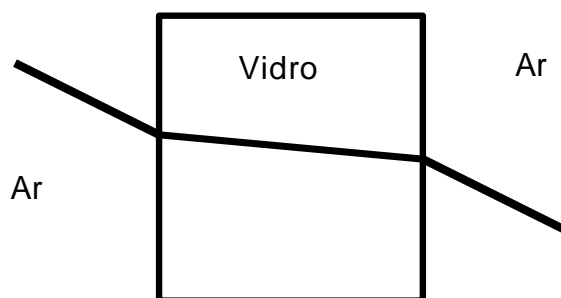


Figura 139 – Desenho elaborado pelo Prof. ALE para explicar o fenômeno da refração

Após explicar detalhadamente os aspectos envolvidos nesta situação, o professor introduziu o análogo e identificou suas características relevantes da mesma forma que o alvo, ou seja, utilizando um desenho semelhante ao presente na ADA, reproduzindo-o no quadro.

Na continuidade da implementação, o Professor ALE solicitou aos alunos que estabelecessem as comparações entre ambas as situações. Nesta ADA já não havia mais dificuldades, por parte dos alunos, em executar as tarefas com êxito, uma vez que estavam habituados com este tipo de atividade. Com isso, obtivemos alto índice de aproveitamento dos alunos, tendo em vista que a quase totalidade da turma comparou cinco relações, do total de seis, como na produção da aluna M, abaixo reproduzida.

FICHA 1	
Nome: <i>YD</i>	Turma: _____ N°: _____
Que comparações podem ser feitas entre o alvo e o análogo? Preencher as duas colunas desta ficha, procurando estabelecer relações de semelhanças entre grandezas, características, aspectos, conceitos, modelos, processos, etc., presentes em cada situação apresentada.	
Mudança de velocidade no movimento de um carinho	Refração da luz
1) <i>carinho</i>	1- <i>gêneros de luz</i>
2) <i>velocidade (carinho)</i>	2- <i>matéria</i>
3) <i>papel</i>	3- <i>ar</i>
4) <i>mudança de direção</i>	4- <i>mudança de direção</i>
5) <i>velocidade do carinho</i>	5- <i>velocidade da luz</i>

Figura 140 – Correspondências estabelecidas pela aluna M

Na identificação de pontos falhos da analogia, encontramos os mesmos resultados da tarefa anterior, ou seja, obtivemos alto grau de identificação da limitação da analogia. Nesta turma, 15 alunos identificaram a limitação, do total de 19. A produção escrita da aluna KB é um exemplo da limitação explicitada pela turma.

FICHA 2		
Nome: _____	Turma: _____	N°: _____
Preencha a FICHA 3 com as características da situação análoga que não encontram correspondência na situação alvo e vice-versa, ou seja, pontos onde a analogia falha.		
<i>No caso do carinho, ele reduz a velocidade e para e na refração da luz, a velocidade reduz porém ele não para</i>		

Figura 141 – Limite de validade identificado pela aluna KB

Os índices satisfatórios obtidos nas tarefas solicitadas até o momento, nesta atividade, podem ser atribuídos ao domínio, por parte dos alunos, de alguns procedimentos, tais como, relacionar, comparar, identificar. Procedimentos estes que foram sendo desenvolvidos por eles ao longo das implementações ocorridas.

Nas sínteses conclusivas observamos maior argumentação na escrita dos alunos. Eles sintetizam idéias de forma organizada e inserem argumentos para justificar seus conhecimentos. Um exemplo disto é a produção do aluno D que mostramos a seguir. Nela, verificamos que o aluno D descreve todo o processo no qual ocorre à refração, menciona a passagem de luz de um meio para outro, mudando suas características, tendo a velocidade reduzida e conseqüentemente a direção modificada, embora se refira à trajetória desviada.

FICHA 3		
Nome:	Turma:	Nº:
Tente elaborar uma síntese, apresentando suas conclusões sobre o fenômeno da Refração da Luz e apontando os pontos principais do mesmo. Transcreva seu texto nesta ficha.		
REFRAÇÃO É, QUANDO UM RAIO DE LUZ COM UMA DETERMINADA VELOCIDADE, PASSA POR OUTRO MEIO FÍSICO, NELE OCORRE MUDANÇA DE SUAS CARACTERÍSTICAS, ELE REDE SU VELOCIDADE E SOBRIE UMA DESVIO EM SUA TRAJETÓRIA. QUANDO ELE PASSA ESSE MEIO E VOLTA NOVAMENTE PARA O AR, AS SUAS CARACTERÍSTICAS ESTÃO DIFERENTES DAS QUE ESTAVA NO INÍCIO, COMO A VELOCIDADE E TRAJETÓRIA.		

Figura 142 – Síntese conclusiva elaborada pelo aluno D

Ao final desta atividade constatamos que os alunos declararam ter conhecimento do fenômeno da refração como sendo a mudança na velocidade e não simplesmente como uma mudança na direção, como percebido nos exemplos abaixo.

FICHA 3		
Nome:	Turma:	Nº:
Tente elaborar uma síntese, apresentando suas conclusões sobre o fenômeno da Refração da Luz e apontando os pontos principais do mesmo. Transcreva seu texto nesta ficha.		
Refração é a passagem de algo em algum meio sólido. Como por exemplo a passagem de um feixe de luz em um meio. Quando ocorre esta passagem, os meios sempre são de superfícies diferentes e suas velocidades são alteradas que passam por estes meios.		

Figura 143 – Síntese conclusiva elaborada pela aluna K

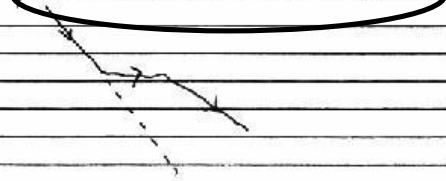
FICHA 3		
Nome:	Turma:	Nº:
Tente elaborar uma síntese, apresentando suas conclusões sobre o fenômeno da Refração da Luz e apontando os pontos principais do mesmo. Transcreva seu texto nesta ficha.		
Refração é a passagem de um meio para outro, havendo desvio de um feixe luminoso (já que estão em meios diferentes) e mudando a velocidade.		
		

Figura 144 – Síntese conclusiva elaborada pela aluna I

FICHA 3		
Nome:	Turma:	Nº:
Tente elaborar uma síntese, apresentando suas conclusões sobre o fenômeno da Refração da Luz e apontando os pontos principais do mesmo. Transcreva seu texto nesta ficha.		
<p>Para ocorrer a refração da luz, onde no momento em que um feixe de luz passa de um meio para outro, ocorre uma redução na velocidade da luz; até que ela atinja-se o meio (no caso um meio) após, inverte a vel. inicial.</p>		

Figura 145 – Síntese conclusiva elaborada pelo aluno A

No entanto, alguns alunos associaram o fenômeno como “algo” que ocorre em meio sólido, como na primeira produção (fig. 143). Isto pode ser explicado em virtude dos exemplos utilizados pelo Professor ALE, uma vez que ele não explicou a refração tomando como exemplo um meio líquido. Contudo, os alunos perceberam que são necessários dois meios diferentes e um feixe de luz para que ocorra o fenômeno.

Os bons índices de desempenho dos alunos, nesta penúltima atividade, também, podem ser atribuídos ao grau de contemplação dos passos do modelo TWA pelo Professor ALE, uma vez que executou os passos do modelo TWA com maior clareza e segurança, destacando as características relevantes em ambas as situações. A tabela abaixo especifica os passos, e grau de contemplação, executados pelo professor.

Tabela 27 – Grau de contemplação dos passos do modelo TWA pelo Prof. ALE na implementação da ADA para o ensino do fenômeno da refração

Grau de contemplação com os passos do modelo TWA	PASSOS					
	1	2	3	4	5	6
Contemplou	X	X	X		X	
Contemplou parcialmente				X		X
Não contemplou						

## A implementação da Professora MS

Na turma da Professora MS os resultados se aproximaram em grande escala dos obtidos na turma do Professor ALE. Na identificação de semelhança os alunos estabeleceram quatro das seis correspondências. Os exemplos abaixo expressam as comparações estabelecidas pela totalidade da turma.

FICHA	
Nome: <u>G. G.</u>	Turma: <u>3</u>
Que comparações podem ser feitas entre o alvo e o análogo? Preencher as duas colunas desta ficha, procurando estabelecer relações de semelhanças entre grandezas, características, aspectos, conceitos, modelos, processos, etc., presentes em cada situação apresentada.	
Mudança de velocidade no movimento de um carinho	Refração da luz
- Movimento do carrinho;	- Propagação da luz;
- Mudança do meio papel / carpete	- Mudança do meio ar para o
- Velocidade no movimento do carrinho;	meio vidro;
-	- Velocidade com que a luz se
-	propaga;
-	- Mudança de direção da pro
-	pagação da luz;

Figura 146 – Correspondências estabelecidas pela aluna GG

FICHA	
Nome: <u>G. G.</u>	Turma: <u>3</u>
Que comparações podem ser feitas entre o alvo e o análogo? Preencher as duas colunas desta ficha, procurando estabelecer relações de semelhanças entre grandezas, características, aspectos, conceitos, modelos, processos, etc., presentes em cada situação apresentada.	
Mudança de velocidade no movimento de um carinho	Refração da luz
Há uma mudança de meio papel de $U_1$ para o meio carpete de $U_2$ . A diferença de coeficiente de atrito gera uma alteração na velocidade e na direção do carrinho.	Há uma mudança de meio ar com $n_1$ para o meio vidro com $n_2$ . Como há uma diferença entre $n_1$ e $n_2$ , há uma alteração na velocidade e direção da propagação da luz.

Figura 147 – Correspondências estabelecidas pela aluna JG

Na última produção percebemos que a aluna JG mencionou o atrito como responsável pela alteração na velocidade.

Na tarefa de identificação de limites de validade, a totalidade da turma identificou o ponto falho, sendo que os alunos o expressaram de diferentes maneiras, alguns de forma breve, como a aluna LB (fig. 147), e outros de forma mais ampla, como a aluna JG (fig. 148).

FICHA 3		
Nome:	Turma:	Nº:
Preencha a FICHA 3 com as características da situação análoga que não encontram correspondência na situação alvo e vice-versa, ou seja, pontos onde a analogia falha		
O raio de luz sempre segue o caminho para		

Figura 148 – Limite de validade identificado pela aluna LB

FICHA 3		
Nome: G. G.	Turma: 3	Nº:
Preencha a FICHA 3 com as características da situação análoga que não encontram correspondência na situação alvo e vice-versa, ou seja, pontos onde a analogia falha		
Tanto na analogia quanto no alvo, há uma alteração na direção e na velocidade de propagação.		
Esta alteração no caso de carunho pede fazê-lo parar; já no caso da luz, a mudança de meio não é suficiente para pará-la.		

Figura 149 – Limite de validade identificado pela aluna JG

É nítido o melhor desempenho dos alunos, comparativamente em relação às primeiras atividades. Percebe-se o avanço que as atividades propiciaram aos alunos no domínio de procedimentos necessários na aprendizagem mediante o uso de ADA.

Podemos dizer que, os resultados obtidos nesta implementação são decorrentes das habilidades desenvolvidas pelos alunos ao longo do ano letivo, ou melhor, em virtude do domínio dos vários procedimentos trabalhados conjuntamente nas ADA. Outro fator que contribuiu para o entendimento do alvo foi o grau de familiaridade dos alunos com o análogo (90%).

Não podemos atribuir os índices obtidos ao grau de contemplação dos passos do modelo TWA pela professora, já que não possuímos a videogravação desta implementação. As produções a seguir são exemplos que representam, em geral, o entendimento da turma sobre o fenômeno da refração.

FICHA 4		
Nome: <i>JG</i>	Turma: <i>3</i>	N°:
Tente elaborar uma síntese, apresentando suas conclusões sobre o fenômeno da Refração da Luz e apontando os pontos principais do mesmo. Transcreva seu texto nesta ficha.		
<p><i>Na refração da luz há uma mudança de meio, que leva a uma alteração na velocidade e direção de propagação. Para se descobrir o ângulo de refração basta utilizar a fórmula: <math>\sin i \cdot n_1 = \sin r \cdot n_2</math></i></p>		

Figura 150 – Síntese conclusiva elaborada pela aluna JG

FICHA 4		
Nome:	Turma:	N°:
Tente elaborar uma síntese, apresentando suas conclusões sobre o fenômeno da Refração da Luz e apontando os pontos principais do mesmo. Transcreva seu texto nesta ficha.		
<p><i>Para a luz se refratar ela tem que mudar de meio. Quando incidente e o raio refratado são paralelos porque ele volta ao mesmo meio. Por mudar a velocidade muda o meio, a direção muda porque muda a velocidade.</i></p>		

Figura 151 – Síntese conclusiva elaborada pela aluna LB

FICHA 4		
Nome:	Turma:	N°:
Tente elaborar uma síntese, apresentando suas conclusões sobre o fenômeno da Refração da Luz e apontando os pontos principais do mesmo. Transcreva seu texto nesta ficha.		
<p><i>Refração da luz é a mudança de velocidade em função de meios diferentes pois o índice de refração são diferentes devido isto a luz continua a se propagar sem parar.</i></p>		

Figura 152 – Síntese conclusiva elaborada pela aluna AB

FICHA 1		
Nome: <i>CB</i>	Turma: <i>3</i>	N°:
O que você sabe sobre o fenômeno de Refração da Luz.		
<p><i>É a mudança de velocidade da luz. A velocidade muda devido a mudança de meio, (passa do meio ar/vácuo) para velocidade total relacionada com o índice de refração da luz.</i></p>		

Figura 153 – Síntese conclusiva elaborada pela aluna CB

Embora sendo elaboradas de forma reduzida as sínteses acima reproduzidas, apresentam argumentações corretas. Nelas, percebemos que os alunos declaram que há uma mudança de meio que leva a uma mudança na

velocidade de propagação do feixe de luz e, consecutivamente, na direção de propagação, sendo que a velocidade esta relacionada com o índice de refração.

Tendo em vista que os alunos apresentaram sínteses conclusivas com argumentos corretos, podemos afirmar que o uso desta ADA auxiliou na compreensão do fenômeno em estudo e, consecutivamente, numa aprendizagem com maior significado, já que os alunos associaram a refração a uma situação mais familiar.

Chegamos ao final das implementações realizadas, descrevendo os resultados da última Atividade Didática baseada em Analogia elaborada para o tópico de Óptica, tendo como situação alvo o *Funcionamento do Olho Humano* e como análogo o *Funcionamento de uma máquina fotográfica*.



#### 4.3.11 Atividades Didáticas 15 – Funcionamento do Olho Humano/ Funcionamento de uma máquina fotográfica

Nesta ADA procuramos fazer com que os alunos compreendessem não apenas as partes constituintes do olho humano como também seu funcionamento e a formação de imagens na retina.

Para o leitor acompanhar os resultados, especificamos nos quadros 57 e 58 o conjunto de relações analógicas que servem como “expectativa de resposta” para a atividade a ser realizada pelos alunos.

	ANÁLOGO	ALVO
	Funcionamento de uma máquina fotográfica	Funcionamento do Olho Humano
SIMILARIDADES	Conjunto de lentes	Córnea, cristalino, humor aquoso e humor vítreo
	Filme fotográfico	Retina
	Diafragma	Pupila
	Obturador	Íris
	Imagem Invertida no filme	Imagem Invertida na retina

Quadro 57 – Conjunto de relações analógicas pretendidas na ADA para o ensino do funcionamento do Olho Humano - Similaridades

	Funcionamento de uma máquina fotográfica	Funcionamento do Olho Humano
LIMITES DE VALIDADE	<ul style="list-style-type: none"> <li>A máquina fotográfica utiliza o flash para casos de pouca luminosidade</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Dentro de certos limites, o olho humano se adapta às condições de baixa luminosidade (escuro)</li> </ul>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>No filme, a imagem formada é gravada definitivamente</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Na retina, a imagem formada é “temporária”, durando o suficiente para a informação ser transmitida ao cérebro</li> </ul>

Quadro 58 – Limites de validade presentes na ADA para o ensino do funcionamento do Olho Humano

Nossa expectativa inicial era que o análogo fosse considerado familiar para a grande maioria dos alunos, o que foi confirmado com os valores obtidos.

#### 4.3.11.1 Familiaridade dos alunos com o análogo utilizado

O quadro 59 apresenta os índices, absolutos e percentuais, do grau de familiaridade dos alunos, do Professor ALE e da Professora MS, com o análogo *Funcionamento de uma máquina fotográfica*.

Número de Ordem	Situação Análoga	Prof. (a)	Familiar		Não Familiar	
			Quantidade	%	Quantidade	%
01	<i>Funcionamento de uma máquina fotográfica</i>	ALE	18	95	01	05
02		MS	27	93	02	07

Quadro 59 – Grau de familiaridade dos alunos com o análogo *Funcionamento de uma máquina fotográfica*

Percebemos que 95% dos alunos do Professor ALE responderam que uma máquina fotográfica era familiar. No entanto, nas respostas apresentadas muitos alunos afirmaram que desconhecem o seu funcionamento, embora conheçam algumas de suas partes, como na resposta da aluna EP a seguir.

*“Sim, tenho uma em casa, mas não sei perfeitamente como funciona.”( EP)*

Algumas respostas, apresentadas pelos alunos, são reproduzidas a seguir. Nelas, percebemos que eles manifestam o conhecimento de partes da máquina fotográfica, em especial a necessidade do flash em ambientais com pouca iluminação.

*“Sim, o “filme” fica no escuro e quando entra claridade grava no filme.” (F. S)*

*"Sim, ela é portátil, não muito grande, possui um flash que facilita fotografar o indivíduo quando estiver pouca claridade ela é composta de um filme de fotos." (F.B)*

*"Sim, precisa de claridade, tem lente, filme." (M. F)*

*"Conheço, desde que nasci, é uma máquina digital que serve para retirar a imagem que se forma dentro da mesma através de um filme." (M. C. C)*

*"Sim, abre a lente, põem-se no ângulo correto e clica num botão esperando que se saia um flexe." (V. P. K)*

O alto grau de familiaridade dos alunos com uma máquina fotográfica é facilmente explicado, uma vez que este objeto é amplamente utilizado nos dias atuais. Os índices obtidos para a não familiaridade podem, possivelmente, ser explicados pelo fato do desconhecimento por eles do funcionamento da máquina fotográfica, o que os levou a responder que não estavam familiarizados.

Após tecermos comentários em relação ao grau de familiaridade com o análogo a ser utilizado, passamos a expor os resultados das produções elaboradas.

#### 4.3.11.2 Produções dos Alunos: correspondências estabelecidas, limites identificados e sínteses elaboradas

##### A implementação do Professor ALE

O Professor ALE iniciou sua aula perguntando aos alunos quais as partes de constituíam o olho humano. Em continuidade utilizou uma transparência com a imagem de um corte transversal de um olho humano, utilizado para mediar seu diálogo com os alunos. Na transparência estavam registradas as partes constituintes do olho humano e suas funções, respectivamente.

Na seqüência, o professor utilizou uma segunda transparência na qual estava representada a formação de imagens no olho. Além disso, retornou ao

fenômeno da refração explicando que este fenômeno também ocorre no olho.

Em continuidade, o professor introduziu o análogo utilizando um modelo representativo deste, ou seja, uma máquina fotográfica. Ao fazê-lo o professor discutiu com seus alunos as partes que formavam a máquina e suas respectivas funções, e após a formação de imagens no filme fotográfico.

Ao solicitar as correspondências, o professor percebeu que os alunos já não tinham maiores dificuldades em estabelecê-las. Este fato foi verificado na análise das produções realizadas pelos alunos. Na primeira delas os alunos relacionaram quatro das cinco relações presentes na atividade. As relações de semelhança estabelecidas foram as seguintes:

*"A imagem fica invertida/A imagem fica invertida." (L.)*

*"Objetiva (lente convergente)/Cristalino, córnea." (D. B. T.)*

*"Filme registra a foto/Retina registra a imagem." (F. S. O)*

*"Diafragma é que regula a quantidade de luz necessária/pupila varia de acordo com a quantidade de luz necessária." (N.)*

Os alunos identificaram vários pontos falhos, com graus de importância variados na atividade desenvolvida, mas de extrema relevância na concepção dos alunos, estes limites são apresentados a seguir.

*"A máquina tem um dispositivo para acionar o olho está sempre ligado." (J. B.)*

*"Na máquina fotográfica, a imagem que é captada fica "fixa" e no olho é passageiro." (L.)*

*"O formato/ a máquina é objeto o olho é parte do corpo humano, o material do que são feitos." (F.)*

*"A imagem do olho é mais ampla q/ a máquina fotográfica." (E.)*

*"A "imagem" reproduzida na máquina pode ser "imprimida" e a do olho não." (N. L.)*

*" A máquina depende de alguém para funcionar, o olho não depende, é independente." (N. L)*

*"Não da pra comparar o formato do olho com o da máquina fotográfica. A luz da máquina é obtida através do "flash" e do olho é luz natural." (A. R.)*

*"A máquina é retangular e o olho é redondo, A máquina precisa de pilhas, o olho não, A máquina não possui os líquidos que o olho possui." (C.)*

Além dos limites expressos de forma escrita, os alunos mencionaram oralmente que havia diferença em utilizarmos como análogo uma máquina tradicional e uma digital.

O entendimento dos alunos foi verificado nas sínteses conclusivas. Nelas, constatamos que os alunos mostraram compreensão das partes constituintes do olho humano e suas respectivas funções, uma vez que declararam estes conhecimentos em suas produções. Percebemos, também, que os alunos já possuem maior argumentação. As sínteses conclusivas deixaram de conter simplesmente frases curtas e isoladas, como nas produções das primeiras ADA. A seguir apresentamos três fichas que exemplificam a compreensão geral da turma do Professor ALE.

FICHA 3		
Nome: R	Turma:	Nº:
Tente elaborar uma síntese, apresentando suas conclusões sobre o Funcionamento do Olho Humano e apontando os pontos principais do mesmo. Transcreva seu texto nesta ficha.		
<p>O olho é constituído primeiro pela córnea que tem um bulbo a cor do olho é a íris que varia de pessoa para pessoa, a pupila é o que aumenta e diminui a luminosidade para enxergarmos, a parte branca ao redor do olho é o cristalino que é semelhante a uma bola de vidro.</p> <p>Quando você vê uma imagem ela é reproduzida no fundo do olho na retina os neurónios mas o cérebro instantaneamente insere a imagem como a vemos, o dentro do olho tem o líquido vítreo que se em caso de acidente a pessoa pode furar o olho o líquido escure, e a pessoa fica cega, não há como recoloca-lo.</p>		

Figura 154 – Síntese conclusiva elaborada pela aluna R

FICHA 3		
Nome: M S.A	Turma:	Nº:
Tente elaborar uma síntese, apresentando suas conclusões sobre o Funcionamento do Olho Humano e apontando os pontos principais do mesmo. Transcreva seu texto nesta ficha.		
<p>O olho é composto basicamente de: córnea, íris, cristalino, pupila, retina que produz a imagem, e a esclerótica a parte branca dos olhos.</p> <p>A córnea é a parte exterior dos olhos A íris é a cor dos olhos e a pupila se dilata conforme a necessidade de luz ou se contraí se ela for demais.</p> <p>A imagem vai ser formada no fundo do olho depois de passar por todas as outras partes.</p> <p>Além das duas a imagem vem irada ao cérebro através depois. Os olhos tem 2 tipos de líquidos e uma imagem não é permanente.</p> <p>Além de seus componentes por fora dos olhos como: cílios, etc...</p>		

Figura 155 – Síntese conclusiva elaborada pela aluna MSA

FICHA 3		
Nome: <u>LC</u> <u>A.</u>	Turma:	Nº:
Tente elaborar uma síntese, apresentando suas conclusões sobre o Funcionamento do Olho Humano e apontando os pontos principais do mesmo. Transcreva seu texto nesta ficha.		
<p>O olho é formado por vários pontos:  cornéa, íris, pupila, cristalino, líquido vítreo, retina.  cornéa → é a parte brilhante do olho.  Íris → é a cor do olho que varia de pessoa para pessoa.  Pupila → é a parte que aumenta e diminui conforme a nossa visão.  Cristalino → é a parte branca que tem ao redor da íris e da pupila.  líquido vítreo → é um líquido que tem dentro do olho se por acaso por acidente furar o olho esse líquido escorre e a pessoa fica cega e não é possível colocá-lo novamente.  retina → é a parte que inverte as imagens.</p>		

Figura 156 – Síntese conclusiva elaborada pela aluna LA

Com base na leitura das sínteses, constatamos que os alunos procuraram seguir uma seqüência de argumentação. Iniciaram expondo as partes mais externas e suas respectivas funções, até chegarem as mais internas, e consecutivamente na formação invertida da imagem na retina.

O entendimento dos alunos pode, talvez, ser atribuído a vários fatores, são eles: a) alto grau de familiaridade dos alunos com o análogo; b) ampla contemplação dos passos do modelo TWA pelo Professor ALE, expressos na Tabela 28; c) utilização de modelo físico representativo do análogo e; d) domínio conceitual e procedimental por parte dos alunos.

Tabela 28 – Grau de contemplação dos passos do modelo TWA pelo Prof. ALE na implementação da ADA para o ensino do funcionamento do Olho Humano

Grau de contemplação com os passos do modelo TWA	PASSOS					
	1	2	3	4	5	6
Contemplou	X	X	X	X	X	
Contemplou parcialmente						
Não contemplou						X

Outro fator que pode ter contribuído para a compreensão do funcionamento do olho humano e a formação de imagens neste foi a projeção realizada pelo professor, no quadro, com o desenho do olho humano, em corte transversal, onde foi apresentada detalhadamente sua estrutura.

### A implementação da Professora MS

Na implementação realizada pela professora MS os resultados das tarefas solicitadas aos alunos também foram significativas. Nas relações analógicas estabelecidas, verificamos que os alunos as estabelecem segundo suas funções, como nos exemplos das produções dos alunos GM, FP e JG (fig. 156, 157 e 158, respectivamente). Apenas nas duas primeiras produções os alunos relacionaram o diafragma como pertencente ao conjunto de lentes.

FICHA 1	
Nome: <u>G. U.</u>	Turma: <u>3</u>   Nº: _____
Que comparações podem ser feitas entre o alvo e o análogo? Preencher as duas colunas desta ficha procurando estabelecer relações de semelhanças entre grandezas, características, aspectos, conceitos, modelos, processos, etc., presentes em cada situação apresentada.	
Funcionamento da Máquina Fotográfica	Funcionamento do Olho Humano
* Entrada de luz pelo diafragma	* Entrada de luz pela pupila
* filme: onde forma a imagem	* Retina onde forma a imagem.
* <u>IMAGEM INVERTIDA E MENOR</u>	* <u>IMAGEM INVERTIDA E MENOR.</u>
* diafragma: funciona como lente	* cristalino, córnea e íris funcionam como lente.

Figura 157 – Similaridades estabelecidas pela aluna GM

FICHA 1		
Nome: <i>[assinatura]</i>	Turma: 3	Nº:
Que comparações podem ser feitas entre o alvo e o análogo? Preencher as duas colunas desta ficha, procurando estabelecer relações de semelhanças entre grandezas, características, aspectos, conceitos, modelos, processos, etc., presentes em cada situação apresentada.		
Funcionamento da Máquina Fotográfica	Funcionamento do Olho Humano	
<i>a entrada da luz pelo diafragma</i>	<i>a entrada da luz pela pupila</i>	
<i>a formação da imagem no filme</i>	<i>a formação da imagem na retina</i>	
<i>o diafragma funciona como uma lente</i>	<i>o cristalino, a pupila e o humor aquoso funcionam como lentes</i>	
<i>a imagem no filme se forma menor e invertida</i>	<i>a imagem na retina se forma maior e invertida</i>	

Figura 158 – Similaridades estabelecidas pelo aluno FP

FICHA 1		
Nome: <i>[assinatura]</i>	Turma: 3	Nº:
Que comparações podem ser feitas entre o alvo e o análogo? Preencher as duas colunas desta ficha, procurando estabelecer relações de semelhanças entre grandezas, características, aspectos, conceitos, modelos, processos, etc., presentes em cada situação apresentada.		
Funcionamento da Máquina Fotográfica	Funcionamento do Olho Humano	
<i>FORMAÇÃO DA IMAGEM: no filme</i>	<i>FORMAÇÃO DA IMAGEM: na retina</i>	
<i>REGULAGEM DA ENTRADA DE LUZ: com diafragma</i>	<i>REGULAGEM DA ENTRADA DE LUZ: na pupila</i>	
<i>CONJUNTO DE LENTES: Objetivas</i>	<i>CONJUNTO DE LENTES: humor aquoso, cristalino, córnea</i>	

Figura 159 – Similaridades estabelecidas pela aluna JG

Na identificação de limitações, a grande maioria dos alunos identificou os dois pontos falhos, compreendendo a necessidade do flash para ambientes pouco iluminados, sendo que declaram que o olho se adapta as condições do meio, como expresso nas produções das alunas JG (figura 160) e D (figura 161).

FICHA 2		
Nome: <i>[assinatura]</i>	Turma: 3	Nº:
Preencha a FICHA 3 com as características da situação análoga que não encontram correspondência na situação alvo e vice-versa, ou seja, <u>pontos onde a analogia falha</u>		
<i>Sempre há uma diminuição da intensidade da luz, a máquina fotográfica tem a necessidade de um dispositivo, o FLASH, para formar com maior clareza a imagem.</i>		
<i>Para o olho humano, a pupila se dilata se há uma diminuição da quantidade de luz, para possibilitar uma melhor formação de imagem.</i>		

Figura 160 – Limite de validade identificado pela aluna JG



FICHA 2		
Nome: Q	Turma: 3	Nº: 04
Preencha a FICHA 3 com as características da situação análoga que não encontram correspondência na situação alvo e vice-versa, ou seja, pontos onde a analogia falha.		
* Na máquina foi gravado no filme, e no olho foi apenas alguns segundos,		
* A máquina é simples e o olho é um mais complexo		
* A máquina é maior que o olho.		
* O olho capta luz do ambiente e a máquina através de flash.		

Figura 161 – Limite de validade identificado pela aluna Q

Com base nas sínteses conclusivas, podemos afirmar que os alunos compreenderam o funcionamento do olho humano, em diferentes graus. Nossas expectativas foram verificadas, uma vez que a grande maioria dos alunos apresentou informações corretas nas produções. A título de exemplo reproduzimos na seqüência três produções que expressam, em geral, a compreensão da turma.

FICHA 3		
Nome: M. B. R.	Turma: 3	Nº:
Tente elaborar uma síntese, apresentando suas conclusões sobre o Funcionamento do Olho Humano e apontando os pontos principais do mesmo. Transcreva seu texto nesta ficha.		
A luz emitida de um objeto luminoso ou iluminado penetra no olho; atravessa a córnea, a pupila e o cristalino, e também os humores aquoso e vítreo, atingindo a retina, sensibilizando-a onde se forma a imagem de forma.		
Todo esse sistema óptico é simplificado e representado por uma única lente convergente de distância focal ao redor de 15mm, um diafragma e uma superfície curva onde a luz. Essa representação é chamada de olho reduzido, o qual permite a análise do sistema do olho com bastante facilidade.		

Figura 162 – Síntese conclusiva elaborada pela aluna MBR

FICHA 3		
Nome: M	Turma: 3	Nº:
Tente elaborar uma síntese, apresentando suas conclusões sobre o Funcionamento do Olho Humano e apontando os pontos principais do mesmo. Transcreva seu texto nesta ficha.		
A luz iluminada chega ao olho humano atravessando as camadas do olho sofrendo refração e sua formação acontece na retina, que a pupila controla sua entrada, sendo que a luz incide diretamente na córnea.		
A córnea, cristalino, humores aquoso e o vitreo funcionam como conjuntos de lentes.		

Figura 163 – Síntese conclusiva elaborada pela aluna M

FICHA 3		
Nome: R	F	Turma: 3
Tente elaborar uma síntese, apresentando suas conclusões sobre o Funcionamento do Olho Humano e apontando os pontos principais do mesmo. Transcreva seu texto nesta ficha.		
A luz entra na pupila		
A imagem se forma na retina, de forma menor e invertida		
Estrutura de um olho humano?		
Córnea, humor aquoso, cristalino, humor vítreo, retina e pupila.		
Cristalino → compõe o sistema de lentes p/ enxergarmos distâncias maiores, mais convergente.		
A pupila dilata em mais luz.		

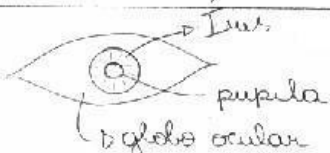
  


Figura 164 – Síntese conclusiva elaborada pela aluna RF

A primeira delas nos fornece indícios para constatarmos que a aluna MRB compreendeu que a luz refletida de um objeto iluminado passa por várias camadas (conjunto de lentes), chegando à retina onde a imagem é formada.

Na segunda síntese, destacamos que a aluna M declara que a luz sofre refração ao passar por várias camadas do olho, destacando a função da pupila, e que a formação da imagem ocorre na retina.

Na terceira, podemos observar que a aluna RF citou as partes que compõem o olho humano, mencionou as funções de algumas partes e informou que a imagem se forma invertida e menor.

O desempenho satisfatório dos alunos pode ser explicado pelos mesmos fatores da turma do Professor ALE, ou seja, alto grau de familiaridade dos alunos com o análogo, grau de contemplação dos passos do modelo TWA pela Professora MS (expressos na Tabela 29) e domínio conceitual e procedimental por parte dos estudantes.

Tabela 29 – Grau de contemplação dos passos do modelo TWA pela Profa. MS na implantação da ADA para o ensino do funcionamento do Olho Humano

Grau de contemplação com os passos do modelo TWA	PASSOS					
	1	2	3	4	5	6
Contemplou	X	X	X		X	
Contemplou parcialmente				X		
Não contemplou						X

Durante a entrevista, a professora MS afirmou que se deve ter um cuidado na implementação desta ADA. Para ela esta atividade não é válida se tomarmos como análogo às máquinas fotográficas atuais, em virtude dos vários recursos tecnológicos apresentados pelas mesmas. Porém, a professora ressalta que a ADA é válida se enfocarmos um contexto histórico sobre a evolução das máquinas fotográficas, como podemos verificar com base na leitura de um trecho da entrevista, abaixo reproduzido.

*“Também foi assim, muito valiosa esta atividade sobre o olho humano e a máquina fotográfica. Porém, eu acredito, assim que se deve ter um cuidado, como já foi citado anteriormente, quando se utiliza uma analogia. Essa por exemplo, ela foi válida se você comparar com as máquinas fotográficas antigas, mas com essas mudanças com esse avanço tecnológico e você analisar as máquinas fotográficas de hoje em dia, no caso o professor deve ter um cuidado, para fazer uma distinção com relação a estes novos modelos. Então a gente deve ter um cuidado muito grande com relação a isso”.*

#### 4.4 Sistematização dos resultados

Em relação ao estudo do grau de familiaridade dos alunos com os análogos

- No conjunto de dados coletados, observamos que as justificativas, para a familiaridade com os análogos, avançaram em sentidos diferentes. Enquanto alguns alunos recorrem a situações vivenciadas, experiências de vida, para justificarem a familiaridade com o análogo, outros recorrem a conhecimentos que se enquadram no domínio dos conteúdos escolares. Os alunos não apenas possuem conhecimentos e informações científicas, provavelmente aprendidos na escola como fora dela, como também se utilizam destes conhecimentos e informações para produzirem suas respostas.
- Os análogos considerados como mais familiares pelos alunos foram aqueles vivenciados no cotidiano, o que era bastante razoável de se esperar.
- As analogias que utilizam análogos com origem no próprio domínio científico específico, porém proveniente de outro tópico conceitual, podem ser chamadas de analogias internas (Queiroz, 2000). Nestes casos, estas analogias poderão ser pouco familiares aos alunos. Isto foi verificado pelos altos índices de não familiaridade dos alunos com os análogos provenientes de conteúdos conceituais de Física, o que constitui sempre algum risco para a utilização bem sucedida de ADA, do ponto de vista didático. Assim, cabe ao professor verificar o nível de familiaridade de seus alunos com o análogo a ser utilizado, o que implicará no grau de contemplação dos passos 2 e 3 do modelo TWA, uma vez que o professor irá contemplar, com maior ou menor ênfase, os referidos passos, em virtude do grau de familiaridade de seus alunos com o análogo a ser utilizado.
- Com base nas respostas dos questionários e dos entrevistados, verificou-se que os alunos geraram analogias, comparando os análogos apresentados com outros. O que mudou de um aluno para

outro foram às analogias estabelecidas, como nas justificativas de LWO e JFR para o circuito hidráulico e APM para o fluxo de água em um cano.

- Apesar de considerarem familiares alguns análogos, os alunos não expressaram maiores conhecimentos sobre os mesmos, ficando em nível superficial suas justificativas para considerarem tais análogos como familiares ou não, além disso, eles não expressaram elementos presentes nas situações análogas.
- Embora alguns análogos não sejam, em determinadas regiões, do conhecimento dos alunos, em outras regiões tais análogos podem ser, o que evidência ser uma tarefa do professor verificar junto aos seus estudantes quais deles convém serem utilizados em um determinado contexto.
- Comprovou-se, com base nas entrevistas, que os alunos consideraram como familiares apenas os análogos que vivenciam ou vivenciaram, ou seja, mesmo conhecendo alguns elementos presentes em determinados análogos, eles não os consideraram como familiares se eles não fossem ou foram “vivenciados” pessoalmente. Este fato está em acordo com o tipo de analogia classificada como “vivenciada” por Queiroz (2000).

#### Em relação à implementação das Atividades Didáticas Baseadas em Analogias

- A partir das falas dos professores podemos inferir que na ADA para o ensino do fenômeno da dilatação o modelo físico utilizado contribuiu tanto para o entendimento da rede cristalina de um sólido, como para a compreensão do fenômeno. No entanto, os resultados indicam que a grande maioria dos alunos apresentou uma compreensão superficial do fenômeno da dilatação, não chegando a mudar a concepção inicial que eles tinham do fenômeno estudado.

- Na ADA para o ensino do conceito de ondas alguns alunos da Professora MS mostraram compreensão de que em uma onda ocorre a propagação de energia e não de matéria. Um fator que pode ter contribuído para isto foi a simulação de uma “Ola” na sala de aula, organizando uma “dramatização” feita pelos alunos, o que os motivou bastante.
- Na atividade para o ensino do processo de eletrização por contato, percebemos que muitos alunos, em todas as turmas, mostraram compreensão que ao final deste processo dois objetos apresentam cargas de sinais iguais, que o condutor de maior dimensão ficará com a maior quantidade de cargas e que o contato pode se dar em qualquer parte do condutor. No entanto, a grande maioria mencionou que o processo acontece do condutor eletrizado para o condutor neutro. Portanto, quando do uso deste análogo é possível acontecer que os alunos desenvolvam a concepção que o referido processo ocorre somente do corpo eletrizado para o neutro, uma vez que eles podem criar tal concepção ao associar o vaso com água com o corpo eletrizado e, o outro vaso vazio com o condutor neutro. Sendo assim, devemos ter muita cautela ao utilizar esta analogia, pois ao mesmo tempo em que ela poderá estar ajudando os alunos a não reforçarem uma concepção errônea, poderá estar contribuindo para a criação de outra. Nesta ADA houve uma ressignificação do análogo, fazendo os alunos compreender não somente o processo de eletrização por contato como também, os conceitos envolvidos no funcionamento de vasos comunicantes.
- Logo nas primeiras implementações, percebemos que uma quantidade expressiva dos alunos não conseguia listar atributos, nem os relacionarem e também que não estavam habituados com práticas de escrita, pois se assim fosse eles teriam maior argumentação em suas redações.
- Com relação à ADA para o ensino da corrente elétrica podemos dizer que a compreensão que os alunos obtiveram dela foi apenas a do movimento de elétrons dentro de um fio condutor. Embora tenham

mencionado, nas limitações, que no shopping pode haver várias saídas para as pessoas, nas sínteses conclusivas, a grande maioria, não expõem que há somente um sentido para a corrente elétrica, tampouco que há um movimento ordenado de elétrons. No entanto, reconheceram a necessidade de uma fonte/bateria/DDP para haver corrente.

- A análise das primeiras sínteses conclusivas mostrou que boa parte dos alunos não organizava as idéias nem criavam explicações/argumentações, sendo que nestas as frases apareciam de forma isolada. Mostraram-se incapazes de organizarem suas idéias/reflexões pessoais e de criarem explicações satisfatórias para elas. Verificamos que os alunos não possuíam nenhuma argumentação para justificarem seus conhecimentos. As primeiras sínteses elaboradas careciam de justificativas e mostraram-se pobres em argumentações, não passavam de frases soltas sem explicações completas. A grande maioria dos alunos parecia não superar a fase de coleta de elementos para chegarem ao conceito completo
- É provável atribuímos à argumentação deficitária, nas primeiras sínteses conclusivas elaboradas, a uma carência procedimental, ou seja, pela falta de práticas contínuas de escrita. Era evidente a falta de estímulos aos alunos para a elaboração de produções escritas em sala de aula, o que foi minimizado mediante vivências mais freqüentes com as ADA.
- A partir da ADA para o ensino do Circuito Elétrico Simples observamos melhoras consideráveis no estabelecimento de correspondências, na identificação de limitações e na elaboração de sínteses.
- Na turma do Professor ALE, o análogo *Circuito Hidráulico* não se mostrou eficaz para a compreensão do circuito elétrico simples por parte dos alunos, no contexto desta turma, uma vez que a aprendizagem não foi significativa para os alunos, já que eles apresentaram informações incorretas nas sínteses conclusivas, mostrando que um análogo familiar não garante a eficácia da

analogia. Este aspecto evidencia que, o êxito dos alunos numa tarefa, quando do uso de analogias em sala de aula, não depende exclusivamente da familiaridade com o análogo. A familiaridade do análogo é uma condição necessária, porém não suficiente. Outros fatores devem ser considerados, como o nível de aptidão dos alunos para com este tipo de atividade.

- Na ADA Circuito Elétrico Simples/Sistema Circulatório Humano o professor deverá ter um domínio de outro conhecimento, que vai para além do conhecimento da área da Física. Sem tal domínio a transferência de conteúdos entre diferentes áreas não seria possível.
- Na ADA Circuito Elétrico Simples/Malha de um Sistema Ferroviário o índice satisfatório de estabelecimento de correspondências, talvez possa ser justificado pelo professor ter utilizado um modelo representativo do análogo (montagem de um ferrorama) em sala de aula, o que pode ter contribuído para que os alunos identificassem facilmente os atributos a serem comparados.
- Podemos afirmar que os análogos *Sistema Circulatório* e *Malha de um Sistema Ferroviário* mostraram-se mais acessíveis para os alunos do que o *Circuito Hidráulico*, ao menos para a identificação de *correspondências e limitações*. Por tanto, os elementos presentes no Circuito Elétrico Simples parecem ser de certo ponto fáceis de serem aprendidos mediante o uso destas ADA. No entanto, sua assimilação depende em grande parte dos conhecimentos que os alunos possuem dos análogos.
- Com base nas implementações da ADA para o ensino do Modelo Atômico de Thomson podemos dizer que, embora a maioria dos estudantes tenha informado que estavam familiarizados com um pudim de ameixas ou passas, é provável que alguns deles estivessem mais familiarizados que outros, devido ao fato de alguns sugerirem a comparação com um *Panetone de Natal* ou com um *Brigadeiro*. Neste sentido, percebe-se que os estudantes geram espontaneamente analogias como as mencionadas ao invés de utilizarem a analogia proposta na ADA.



- A necessidade de compreender o significado de um determinado conceito faz com que os alunos explorem suas experiências pessoais em busca de analogias que lhes permitam entender os mesmos.
- O desempenho satisfatório dos alunos na ADA para o ensino do Modelo Atômico de Thomson, nas diferentes turmas, pode ser atribuído ao número pequeno de relações analógicas a serem estabelecidas.
- Ao final das implementações da ADA para o ensino do Modelo Atômico de Rutherford percebemos que, de forma geral, os alunos já apresentavam maiores argumentações nas sínteses conclusivas. Os conhecimentos não apareciam mais sob a forma de frases isoladas. Verificamos um avanço significativo nas diferentes tarefas solicitadas. Os alunos já eram capazes de organizar suas idéias e criar explicações satisfatórias e corretas para elas.
- Observamos que uma quantidade expressiva de alunos incorporou os análogos utilizados nas ADA para o ensino dos Modelos Atômicos de Thomson e Rutherford na estrutura cognitiva. Este fato foi percebido em virtude da grande maioria deles ter mencionado os análogos nas sínteses conclusivas. Sob o ponto de vista pedagógico, este fato pode tornar-se um obstáculo ao avanço do conhecimento, uma vez que os alunos internalizaram o análogo.
- Nas sínteses conclusivas sobre os Modelos Atômicos, percebemos que os alunos aceitaram a provisoriedade dos modelos estudados. Nas ADA para o ensino dos Modelos Atômicos foi possível enfatizar que o conhecimento científico não é algo acabado, mas construído e reconstruído ao longo das décadas, tendo a contribuição de diferentes cientistas.
- Mediante a leitura das produções, podemos afirmar que a ADA para o Modelo Atômico de Bohr cumpriu o seu papel de facilitadora da aprendizagem, uma vez que os alunos compreenderam que neste modelo os elétrons somente movimentam-se em determinadas camadas (estados estacionários), e que nestas não irradia energia,

como é percebido pela leitura das semelhanças estabelecidas, dos limites identificados e nas sínteses conclusivas elaboradas pelos alunos.

- Nas sínteses conclusivas da ADA para o ensino do fenômeno da refração percebemos que os alunos declaram ter conhecimento que no fenômeno da refração há uma mudança de meio que leva a uma mudança na velocidade de propagação do feixe de luz e, consecutivamente, na direção de propagação, sendo que a velocidade esta relacionada com o índice de refração. Observamos, ainda, maior argumentação na escrita dos alunos. Eles sintetizam idéias de forma organizada e inserem argumentos para justificar seus conhecimentos. Perante isso, podemos afirmar que o uso desta ADA auxiliou na compreensão do fenômeno em estudo e, consecutivamente, numa aprendizagem com maior significado, já que os alunos associaram a refração a uma situação mais familiar.
- A última ADA implementada contemplou o ensino do Olho Humano. Nela, a análise das sínteses evidenciou que os alunos mostraram compreensão das partes constituintes do olho humano e suas respectivas funções, uma vez que declararam estes conhecimentos em suas produções. Em geral, os alunos procuraram seguir uma seqüência de argumentação. Iniciaram expondo as partes mais externas e suas respectivas funções, até chegarem as mais internas, e consecutivamente na formação invertida da imagem na retina.
- Os dados que possuímos nos permitem afirmar que os índices satisfatórios obtidos nas últimas ADA podem ser atribuídos ao domínio, por parte dos alunos, de alguns procedimentos, tais como, relacionar, comparar, identificar. Procedimentos estes que foram sendo desenvolvidos por eles ao longo das implementações ocorridas. É nítido o melhor desempenho dos alunos, comparativamente em relação às primeiras atividades. Percebe-se o avanço que as atividades propiciaram aos alunos no domínio de procedimentos necessários na aprendizagem mediante o uso de ADA.

- A análise das produções dos alunos nos dá subsídios para afirmar que à medida que os alunos adquirem um maior entendimento do processo de ensino com uso de ADA, deve ser possível de se comprometerem com níveis mais elevados de aprendizagem, ou seja, de estabelecerem maior número de correspondências, de limites e elaborarem sínteses conclusivas com maior argumentação, o que de fato ocorreu no conjunto de atividades implementadas. Este aspecto pode ser verificado no trecho da entrevista com Professor MS. Quando questionada se os alunos tiveram dificuldades de estabelecerem as comparações e identificarem limites de validades, a entrevistada responde:

*“No início sim, eles não conseguiam estabelecer as correspondências, muito menos identificar os limites de validade, mas isso eu atribuo a eu não executar corretamente e completamente os três primeiros passos da analogia... por eu não deixar claro os três primeiros passos, não trabalhar adequadamente”.*

- De maneira geral, comprovamos que a aprendizagem e, portanto, o avanço no estabelecimento de correspondências, identificação de limitações e elaboração de sínteses conclusivas pelos alunos, aconteceu de forma progressiva. Isto é justificável por estarmos trabalhando, dentro das atividades, com ações que se classificam como conteúdos de caráter procedimental. Portanto, afirmamos que a aprendizagem de conteúdos conceituais, mediante o uso de Atividades Didáticas baseadas em Analogias, ocorre por meio de procedimentos. Por sua vez, a aprendizagem de procedimentos também ocorre de forma lenta, o que foi propiciado ao longo das atividades desenvolvidas.
- Durante as implementações realizadas, verificamos situações de insegurança no desenvolvimento dos passos do modelo TWA pelos professores. Perante isto, nas entrevistas realizadas os professores responderam que nas primeiras implementações não se sentiam seguros em realizá-las, o que foi sendo minimizado ao longo do processo, como podemos observar na fala da Professora MS.

*“No decorrer das implementações, eu acredito assim que, eu fui dominando mais, tendo mais segurança e eu consegui desenvolver os passos cada vez melhor, então eu acredito assim que não teve dificuldade no estabelecimento das correspondências. E após ter feito o levantamento também, juntamente contigo do que era familiar ao aluno e o que não era familiar, porque no início muitas analogias que a gente estava estudando e discutindo junto, achava que era familiar e não era, então quando o análogo não é familiar a analogia passa a não ter validade, do meu ponto de vista”.*

- No decorrer das implementações, percebermos um avanço no grau de contemplação dos passos do modelo TWA por parte dos professores. A análise da vídeo-gravação nos permite afirmar que à medida que os professores adquirem uma maior segurança em trabalhar com o modelo TWA é de se esperar níveis maiores de contemplação dos passos do modelo adotado, o que foi verificado. Além disso, nas últimas ADA a forma como os professores as implementavam não se resumiam as explicações verbais diretas pronunciadas oralmente. Também eram constituídas por explicações indiretas, mediadas por requisições na forma escrita. É o caso dos esquemas/representações e desenhos elaborados pelo professor durante a aula e em muitos casos reproduzidos pelos alunos nas sínteses conclusivas.
- Outro aspecto mencionado pelos professores refere-se ao tempo prolongado destinado ao desenvolvimento das atividades. Segundo o Professor ALE as ADA levam, em comparação com outras atividades, um maior tempo de realização; por isso, muitas vezes não executava o 6º passo do TWA. Em relação a este aspecto, a opinião da Professora MS diverge da opinião do Professor ALE. Ao perguntarmos a Professora MS se as ADA levavam um tempo maior para a realização, podendo atrasar a programação curricular ela responde:

*“É muito relativo. Muitas vezes você leva um tempo maior com o uso de analogias porque requer assim, uma... como é que eu posso dizer, mais paciência, mais calma, por que*

*é uma forma nova de você trabalhar, uma maneira diferente de você trabalhar do que é de costume. Então isso requer um envolvimento maior e você mesmo tem que ter mais calma para trabalhar, isso nas primeiras vezes. Eu acredito que não, tudo tranquilo. Não vai atrasar e também eu acho que nós não devemos levar em conta este tempo, que muitas vezes você leva um tempo maior, mas também você consegue um resultado melhor, você tem melhores resultados com a utilização de analogias”.*

- Na fala acima fica implícito a compreensão de que trabalhar com analogias, da maneira como foram desenvolvidas nesta pesquisa, o professor muda o foco do produto para o processo, o que é muito importante para o aluno no desenvolvimento de suas habilidades superiores, ou seja, capazes de desenvolver outras habilidades e possibilidades além da memória.
- Ao serem questionados se consideravam que as ADA ajudaram os alunos a compreenderem os conceitos ensinados os professores são unânimes em afirmar que elas auxiliaram. Um indicativo da ajuda das ADA para os alunos é observado na fala da Professora MS. Segundo esta:

*“No início, eu posso dizer assim, quando eu não estava segura ficou meio confuso, mas, no decorrer, com o passar do tempo eu passei a estudar mais e me preocupar mais com os passos e se aquilo, se determinada analogia utilizada era familiar, o análogo utilizado era familiar ao aluno. Eu acredito, do meu ponto de vista e ouvindo os alunos, também, acredito que foi válido e que os alunos tiveram assim, uma compreensão muito boa dos conteúdos trabalhados, por que muitas vezes assim, você para e escuta os alunos, ai eles dizem “no momento que você utilizou a analogia eu consegui compreender”, então eu acredito que sim”.*

- Para os professores ALE e MS a utilização de modelos físicos representativos do análogo contribuiu para a compreensão dos conceitos, por que *“tornasse mais concreto e eles conseguem visualizar melhor. Contribui na aprendizagem deles, eles conseguem fazer essa comparação entre análogo e o alvo (M. S.).*

- Em relação às mudanças em suas práticas pedagógicas mediante o uso das ADA os professores afirmam que as mudanças ocorridas são: a) o maior cuidado no ensino com analogias; b) verificam os reais objetivos do uso das analogias; c) levam em consideração a familiaridade do análogo; d) procuram seguir os passos do modelo TWA, embora acabem os executando sem deixar espaço para a participação dos alunos.
- Os professores, também, são unânimes em afirmar que na implementação de uma ADA é necessário o domínio desta, saber como implementá-la, esclarecer os 03 (três) primeiros passos do modelo TWA e verificar se o análogo é familiar, caso contrário ela não terá validade. Perante isso, segundo os professores o levantamento realizado nas turmas para verificar o grau de familiaridade dos alunos com os análogos contribuiu para a implementação das atividades.
- Os professores afirmam que, após o estudo, procuram executar os passos do modelo TWA na íntegra. Este aspecto é um avanço no processo de ensino, uma vez que os professores começam a levar em consideração as limitações dos análogos, explicitando assim, falhas que poderiam levar os alunos a desenvolverem concepções errôneas sobre os conteúdos conceituais trabalhados. No entanto, percebe-se que os professores acabam executando todos os passos do modelo TWA, não deixando nenhum espaço para a participação dos alunos.

Uma vez realizada a descrição dos resultados obtidos em cada uma das Atividades Didáticas baseadas em Analogias, implementadas em aulas de Física e respondidas as questões de pesquisa, cabe-nos esclarecer as conclusões a que chegamos da investigação realizada.

## CONCLUSÕES E CONSIDERAÇÕES FINAIS

“EMBORA NINGUÉM POSSA VOLTAR ATRÁS E FAZER UM NOVO COMEÇO, QUALQUER UM PODE COMEÇAR AGORA E FAZER UM NOVO FIM”.

(CHICO XAVIER)

Uma das contribuições desta pesquisa diz respeito à avaliação das Atividades Didáticas baseadas em Analogias utilizadas em salas de aula. Com ela foi possível determinar alguns obstáculos que poderemos encontrar ao tentar utilizar estas ADA no ensino de conteúdos conceituais. Com isso, utilizando as contribuições do presente trabalho podemos avaliar quais atividades são mais convenientes de serem utilizadas como recurso didático em salas de aula.

A análise das respostas/produções dos alunos nos dá subsídios para a reelaboração das atividades e para a elaboração de outras, levando em consideração os aspectos aqui mencionados.

Ressaltamos que os índices aqui expressos não revelam quais análogos devem ser utilizados e quais devem ser rejeitados no ensino com estas ADA, mas sim o quanto devemos nos aprofundar, em virtude do grau de familiaridade dos alunos com os análogos, quando da realização dos passos 2 e 3 do modelo TWA em sala de aula.

Quando o análogo não é familiar o aluno não possui, em sua estrutura cognitiva, conceitos que podem auxiliar na decodificação de um conteúdo conceitual. Isto foi percebido quando os professores apresentavam aos alunos tanto o análogo como o conteúdo conceitual (alvo), e as relações entre ambos, onde eles compreendiam somente partes do análogo.

Pensamos que, não necessariamente, os análogos que foram considerados familiares seriam os mais indicados. A qualidade da ADA não depende exclusivamente da natureza do análogo a ser usado. A familiaridade

com estes constitui uma condição necessária para o ensino, porém não suficiente. Outros aspectos devem também ser considerados, como, por exemplo, o número de atributos a serem compartilhados na analogia.

Estes cuidados nos parecem importantes no momento de elaboração de Atividades Didática baseadas em Analogias. Neste sentido, a eficácia de uma ADA depende, também, da habilidade que o aluno tem para estabelecer relações. Além disso, o aluno deve ter um papel ativo durante o processo.

Tendo em vista as implementações ocorridas podemos dizer que o significado que cada aluno construiu de um determinado conceito foi formado com base no conjunto de relações analógicas que conseguiu estabelecer. Quanto menor o número de relações que estabeleceu, menor o entendimento/significado que o aluno formou, ou seja, a possibilidade de entendimento/significado construído por um aluno parece aumentar com o número de relações por ele estabelecidas. O conjunto de relações analógicas estabelecidas entre as partes e o todo de ambas as situações (alvo e análogo) foi o que permitiu aos alunos reconstruírem e darem significado aos conceitos em estudo, reconhecendo as partes como elementos que o constitui.

Nossos resultados permitem concluir que a identificação das semelhanças e das diferenças que dependem de um menor esforço cognitivo em função de uma simples visualização de atributos, são identificadas mais facilmente, como, por exemplo, as do tipo estrutural e que envolvem proporções.

Há alunos que apresentam dificuldades em estabelecer relações de semelhança em algumas ADA, o que os incita a buscarem um análogo como alternativa. Neste sentido, percebemos que os estudantes geram espontaneamente analogias, fruto de experiências anteriores adquiridas na escola ou fora dela, utilizando-as como instrumento de codificação da nova informação. Isto indica um esforço deles para conectar um com novo conceito a uma situação familiar, tal esforço mostrou-se necessário para tornar a aprendizagem significativa.

Com isso, podemos inferir que análogos que parecem apropriados para cientistas ou para professores, podem não ser para os alunos, que os



rejeitariam como, por exemplo, o utilizado na analogia para o modelo atômico de Thomson, carregado de historicidade. Esta analogia poderia ser compreendida proveitosamente no momento histórico de sua elaboração e pela comunidade que dela se utiliza.

Sendo assim, a necessidade de compreender/entender o significado de um determinado conceito fez com que os alunos explorem suas experiências pessoais em busca de análogos que lhes permitissem compreender os mesmos. Tais esforços conduziram a hábitos de procurarem significados mediante seus conhecimentos pessoais, investindo-se naquele que se mostrasse mais promissor.

Nas primeiras implementações, de forma geral, as produções realizadas pelos alunos foram elaboradas de forma restrita, ou não o foram. Em muitos casos, as correspondências estabelecidas, as diferenças identificadas e as considerações realizadas (como, por exemplo, a entrada/pólo negativo/menor potencial e saída/pólo positivo/maior potencial, na ADA para o ensino da corrente elétrica com o fluxo de pessoas num corredor de *shopping center*), foram explicitadas de maneira pouco aprofundada, o que ocasionava o estabelecimento de relações incorretas. Percebia-se facilmente a falta de análise e cuidado nas tarefas solicitadas.

As sínteses conclusivas dos alunos que elaboravam resumiam-se a frases isoladas, sem nenhuma argumentação mais cuidadosa e organizada. Em síntese, nas primeiras atividades percebemos vários aspectos nos alunos; são eles:

- pouco esforço cognitivo para realizarem as atividades, não realizavam uma análise cuidadosa da situação em estudo;
- reduziam o trabalho na busca de uma explicação rápida, levando a uma solução aproximada;
- os conhecimentos apareciam sob a forma de frases isoladas;
- mostravam-se incapazes de organizar suas idéias/reflexões pessoais e de criar explicativas satisfatórias para elas;

- não superavam a fase de coleta de informações para chegar à formação do conceito;
- existia uma espera pela explicação, pela voz do professor, independentemente desta preceder as tarefas;
- requisitavam informações contidas na própria fala do professor;
- recorriam a esquemas simplificados, geralmente reduzindo-se a imagens.

Um fator que poderia explicar os aspectos acima mencionados é o nível de domínio que os alunos tinham da tarefa de aprendizagem. A maneira de ensinar os conceitos e procedimentos, mediante o uso de ADA, exige do professor determinados comportamentos que orientem de maneira organizada a aprendizagem dos alunos, para que estes se sintam autônomos e seguros de realizarem individualmente suas produções, ou seja, de não dependerem mais da ajuda de colegas e do professor. Reafirmamos que o professor:

- explique o objetivo do trabalho, os procedimentos envolvidos e a seqüência a ser seguida;
- explique a funcionalidade e os benefícios alcançados com o uso deste tipo de recurso;
- refira-se às possíveis dificuldades e erros que possam aparecer, proporcionando caminhos e ajudas necessárias para construir os conceitos.

À medida que o trabalho foi se desenvolvendo passamos a obter melhores resultados, uma vez que os alunos habituaram-se às tarefas solicitadas. Neste sentido, podemos inferir que, à medida que os alunos adquiriam uma maior compreensão do processo de aprendizagem com a utilização de analogias era possível de se comprometerem com níveis mais elevados de aprendizagem, ou seja, de estabelecerem maior número de correspondências, de diferenças e de elaborarem sínteses conclusivas com maior argumentação, o que de fato ocorreu. Tal compreensão forneceu condições à construção e transformação de significados.

Durante as implementações das últimas atividades constatamos que os alunos conseguiram verbalizar os conhecimentos construídos, de forma escrita, utilizando os procedimentos aprendidos nas atividades anteriores. Percebemos, também, que nas últimas atividades as tarefas foram realizadas pela grande maioria dos alunos com distintos graus de clareza nas redações, bem como nas argumentações expostas.

Ao compararmos as sínteses conclusivas das primeiras atividades com as das últimas, comprovamos facilmente o avanço na argumentação exposta, sendo estas mais claras e coesas. Verificamos evoluções dentro de uma mesma turma e recorrente nas turmas.

Sendo assim, podemos dizer que a capacidade de realizar registros escritos, assim como a aprendizagem dos procedimentos de comparar semelhanças e identificar diferenças, é um processo lento e que carece de práticas sucessivas. Neste sentido, as atividades propiciaram, ao longo da sua realização, evoluções significativas nos procedimentos de comparar, identificar e registrar para discussão com pares, como afirmam os professores nas entrevistas.

No entanto, cabe ressaltar que a aprendizagem de estabelecer semelhanças, identificar diferenças e elaborar sínteses não é um processo espontâneo, mas uma construção coletiva entre professor e alunos.

Com base nos dados que possuímos podemos afirmar que os alunos formaram os conceitos ensinados pelo fato de terem conectado estes aos conhecimentos pessoais, mediante relações analógicas. Em geral, eles aproximaram-se em grande parte das relações analógicas mapeadas na atividade. Um aspecto que contribuiu para isto foi à utilização de modelos físicos representativos do alvo e do análogo.

Quando um modelo físico é utilizado, uma imagem mental é construída, com isso a percepção do análogo que está sendo representado é confrontada com a percepção do alvo que se quer ensinar o que permite aos alunos identificarem mais facilmente os atributos a serem relacionados.

A utilização de modelos físicos representativos do análogo implica no reconhecimento rápido de um objeto. Diante da presença destes modelos

físicos os alunos identificam mais facilmente os atributos a serem relacionados e buscam o estabelecimento mental de correspondências. De posse destas os alunos as expõem de forma escrita. Sendo assim, constatei que o uso de modelos físicos auxilia os alunos na construção de um novo conceito que está ligado aos já conhecidos, por alguma ou algumas características, integrando-se ao universo de conhecimentos que possuem.

Em síntese, o uso de modelos físicos contribui para que o indicador de aprendizagem *"grau de identificação de relações"* seja fornecido com mais facilidade e segurança.

O uso de modelos físicos é importante quando o aluno não atribui significado ao análogo, ou ao alvo. Isto é facilmente perceptível quando o análogo não é familiar. Neste momento, o aluno terá uma maior identificação com o análogo pelo fato de estar visualizando-o e/ou manipulando-o.

O aluno deve perceber alguns aspectos da estrutura em ambas as situações, e a essência de ambas como idênticas em algum sentido. Portanto, sugerimos que professores optem, na elaboração de uma ADA, por análogos que possuam representações. Dessa maneira, os alunos recordam o análogo e fazem as conexões entre este e o alvo, conseqüentemente compreendendo a atividade.

No entanto, os alunos que atribuíram significado aos análogos, por estarem familiarizados com estes, não necessitaram, especificamente, da visualização e/ou manipulação.

Em relação a isto, os professores afirmaram nas entrevistas realizadas, que as ADA mais eficazes no ensino de conteúdos conceituais são aquelas que possuem análogos facilmente representados mediante imagens e modelos físicos e com possibilidade de participação dos alunos na construção destes, como, por exemplo, as ADA elaboradas para o ensino do Modelo Atômico de Thomson, do funcionamento de vasos comunicantes e do olho humano.

Nossa conclusão é que nenhuma ADA é melhor nem pior, pois todas apresentam aspectos distintos, sendo necessário levarmos em consideração, principalmente, suas características, a familiaridade com o análogo, as habilidades procedimentais dos alunos e o encaminhamento do professor na

implementação. Geralmente as analogias têm características múltiplas, embora em muitas delas algumas prevaleçam sobre outras, e algumas características predominantes podem ser suficientes. Em geral, o desempenho melhor dos alunos nas tarefas solicitadas foi observado nas ADA que possuíam as seguintes características: a) alvo e/ou análogo representados mediante imagens ou modelos físicos; b) análogo possível de ser dramatizado/simulado; c) menor número de atributos a serem relacionados e d) análogo extraído do cotidiano (exterior a própria área de conhecimento).

Além disso, a eficácia das ADA esteve fortemente condicionada ao encaminhamento dado pelos professores nas implementações. Portanto, com encaminhamentos diferentes, obtivemos resultados diferentes, o que ficou evidenciado nos passos do modelo TWA nas implementações dos professores.

A eficácia das ADA dependeu do comprometimento dos professores, ou seja, do conhecimento e engajamento com o processo com o uso de analogias e do conhecimento físico envolvido na atividade. Os melhores resultados foram obtidos nas implementações do Prof. LLS, tendo em vista o maior comprometimento pessoal e nas turmas dos professores ALE e MS os resultados dependeram de um interesse pessoal.

Tendo em vista que muitos alunos passaram a ter conhecimentos de aspectos dos análogos, anteriormente desconhecidos, podemos inferir que na formação de novos conceitos pelos alunos, com base em seus conhecimentos pessoais, há uma resignificação/modificação destes.

Os dados que possuímos não nos permitem afirmar com segurança que os alunos compreenderam os conceitos ensinados. No entanto, permanecem idéias melhoradas na estrutura cognitiva, que podem facilitar futuras aprendizagens. Sendo assim, não podemos concluir que as tarefas presentes nas Atividades Didáticas baseadas em Analogias foram imprescindíveis para a formação de conceitos ou se elas somente proporcionaram aos alunos um meio para se expressarem com uma linguagem que no caso não era utilizada por eles em sala de aula.

Os resultados sugerem que o entendimento que o aluno construiu não acaba nas comparações da analogia, mas que esse é um primeiro modelo desenvolvido que pode mudar e/ou evoluir com o tempo.

Reafirmamos que, no nosso entendimento, deve haver, pelo menos, seis fatores para que a aprendizagem de conteúdos conceituais venha a acontecer mediante o uso de analogias:

- a) entender o objetivo do trabalho, sua funcionalidade e benefícios, os procedimentos envolvidos e a seqüência a ser seguida;
- b) prestar atenção nos aspectos estruturais e funcionais e no comportamento do alvo, para que sejam identificados suas características relevantes;
- c) lembrar/recordar o análogo, identificando e compreendendo suas características relevantes, para obter sucesso nas tarefas a serem realizadas;
- d) possuir as habilidades necessárias para realizar as atividades, ou seja, dominar alguns procedimentos;
- e) expor de forma escrita (e/ou oral) o entendimento sobre o assunto (alvo) de maneira organizada, inserindo informações e argumentos para justificá-lo;
- f) refletir sobre todo o processo, sobre suas próprias produções, fazendo com que tomem consciência das mesmas.

É difícil sabermos se os baixos índices de aproveitamento dos alunos, em algumas tarefas são devidos a uma deficiência conceitual. Outro fator que pode estar relacionado aos baixos índices é uma deficiência procedimental. Pode ser que estejamos atribuindo a uma dificuldade conceitual o que, na verdade, é uma carência procedimental e vice-versa. Os baixos índices obtidos talvez possam ser explicados em razão de uma deficiência procedimental, ou seja, em virtude da falta de domínio de alguns procedimentos que não foram suficientemente ensinados, entre eles: estabelecer relações, identificar diferenças, sintetizar idéias entre outras. Esses procedimentos mostraram-se imprescindíveis para a realização de tarefas habituais de aprendizagem em

sala de aula. O desempenho dos alunos nas atividades propostas está fortemente condicionado, entre outros fatores, ao domínio destes procedimentos.

A aprendizagem de conteúdos conceituais mediante o uso de ADA requer a busca da superação de dificuldades não somente conceituais, mas, também, procedimentais. A formação de conceitos requer antes de qualquer coisa a utilização, pelos alunos, de procedimentos. Se desejarmos que eles formem conceitos mediante o uso de analogias, é fundamental que os alunos dominem certos procedimentos. Faz-se necessário, portanto, estimular a utilização de distintos procedimentos, a fim de evitar deficiências conceituais. Sendo assim, a estrutura/dinâmica sugerida nas Atividades Didáticas baseadas em Analogias pode servir de base para um ensino organizado, proporcionando particularmente a cada indivíduo o estabelecimento de um nível de aprendizagem.

Nesse sentido, os conteúdos procedimentais assumiram um papel imprescindível nas Atividades Didáticas baseadas em Analogias e conseqüentemente na formação de conceitos. Mediante a análise das implementações das atividades didáticas, juntamente com as produções dos alunos, identificamos os principais procedimentos desenvolvidos e ensinados aos alunos durante as aulas. Na tabela abaixo listamos alguns procedimentos possíveis de serem ensinados com o uso das ADA.

Tabela 30 – Conteúdos procedimentais trabalhados com as ADA

<i>Procedimentos</i>
Descrever conceitos/situações/fenômenos
Escrever/enunciar/relatar/registrar
Nomear/reconhecer/identificar
Comparar atributos, aspectos e situações/estabelecer relações
Analisar
Justificar
Resumir/sintetizar idéias
Contrastar
Diferenciar
Gerar alternativas
Supor/considerar
Esquematizar/representar imagens

---

Esclarecer idéias
Rever níveis de compreensão/verificar respostas
Solicitar explicações
Iniciar, dar continuidade e concluir uma tarefa

---

As tarefas solicitadas nas atividades didáticas podem ser utilizadas como meio para a avaliação dos referidos procedimentos. Com isso, o professor estará propondo tarefas que todos os alunos possam cumprir, que valorizará a escrita e a criatividade do aluno, acessando o conhecimento que ele possui e não “a resposta que o professor quer ouvir”.

Ao final do processo, sentimos a necessidade de um passo, no modelo TWA, de avaliação da atividade por parte do aluno, para este rever suas produções, com o objetivo de perceber seus avanços e erros cometidos.

Ainda com relação ao processo de aprendizagem, podemos dizer que trabalhar com o uso de ADA pressupõe planejar atividades didáticas nas quais os alunos se vejam incentivados a:

- participar das tarefas solicitadas, assim como assumir uma postura frente as situações que surjam durante aquelas;
- comprometer-se com a aceitação de responsabilidades para produções e para a tomada de decisões, assumir riscos e aprender com os erros cometidos nas sínteses conclusivas;
- aceitar as controvérsias e variações que ocorrem nos conteúdos estudados, aceitando, portanto, a provisoriedade do conhecimento;
- integrar os conhecimentos pessoais em âmbitos cada vez mais gerais;
- valorizar suas experiências de vida e seus próprios conhecimentos;
- confrontar pontos de vistas pessoais com os de outros alunos, respeitando opiniões;
- refletir sobre conclusões construídas nas quais se vêem comprometidos;
- compreender as situações que estão relacionadas ao estudo.



Os aspectos, acima mencionados, são atitudes contempladas com o uso de Atividades Didáticas baseadas em Analogias. Com este tipo de atividade é possível ensinarmos, não somente conteúdos conceituais e procedimentais, mas também atitudinais. Neste sentido, as ADA nos ajudam na formação de conceitos, no domínio de procedimentos e na formação de atitudes, possibilitando o desenvolvimento de habilidades cognitivas e motoras que são construídas durante as implementações em sala de aula.

No presente momento, arriscaríamos afirmar que as atividades didáticas mostraram-se como um dos possíveis caminhos à formação de conceitos, procedimentos e atitudes, valorizando diferentes aprendizagens, conseqüentemente, transcendendo à concepção de aprendizagem que se revela somente mediante habilidades lógico-matemáticas.

Em síntese, o que percebemos em nossa investigação é que os alunos construíram um entendimento dos conceitos estudados e habilitaram-se para realização de procedimentos possíveis de serem ensinados com este tipo de atividade. Representam, comparam, identificam, argumentam e registram, articulando o conceitual ao procedimental.

Esta pesquisa mostrou que trabalhar com Atividades Didáticas baseadas em Analogias, estabelecendo relações e identificando diferenças, permitiu aos nossos alunos obterem maior entendimento que uma explicação de um livro-texto ou uma atividade tradicional.

Nesta pesquisa desenvolvemos algumas atividades que podem ser úteis no ensino de alguns conceitos e procedimentos. Desta forma, delimitamos alguns critérios a serem seguidos por professores e alunos quando da realização deste tipo de atividade em sala de aula.

É evidente que estas atividades deveriam ser um futuro objeto de novas avaliações. Estas investigações poderiam avaliar a influência das ADA na aprendizagem de conteúdos procedimentais e atitudinais. Portanto, este trabalho pode ser um ponto de partida para novos estudos a serem realizados neste campo.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABDOUNUR, Oscar João. Matemática e música: o pensamento analógico na construção de significados. São Paulo: Escrituras, 1999.

ADROVER, Juan F.; DUARTE, Anibal. El uso de analogías en la enseñanza de las ciencias. Programa de Estudios Cognitivos, Instituto de Investigaciones Psicológicas, Facultad de Psicología, Buenos Aires: Universidad de Buenos Aires, 1995.

ADÚRIZ-BRAVO, Agustín; MORALES, Laura. El concepto de modelo en la enseñanza de la física – consideraciones epistemológicas, didácticas y retóricas. In: Caderno Brasileiro de Ensino de Física, v.19, n.1, 2002, p.79-92.

ALVES-MAZZOTTI, Alda; GEWANDSZNAJDER, Fernando. O método nas ciências naturais e sociais: pesquisa quantitativa e qualitativa. São Paulo: Pioneira, 1998.

ANDRADE, Beatrice Londero de; ZYLBERSZTAJN, Arden; FERRARI, Nadir. Analogias e metáforas no ensino de ciências à luz da epistemologia de Gaston Bachelard. In: Ensaio – Pesquisa em Educação em Ciências, v.2, n.2, 2000, p.231-245.

\_\_\_\_\_. O ensino do sistema imunológico: da metáfora à analogia da guerra. Dissertação (Mestrado) - Programa de Pós-Graduação em Educação, Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis, 2001.

ARAGÓN, Maria del Mar; BONAT, Manuel.; OLIVA, José Maria.; MATEO, Joaquín. Las analogías como recurso didáctico en la enseñanza de las ciencias. In: Alambique: Didáctica de las Ciencias Experimentales. v.22, 1999, p.109-115.

ARRUDA, Sergio M.; VILLANI, Alberto. Mudança conceitual no ensino de ciências. In: Caderno Catarinense de Ensino de Física, v.11, n.2, 1994, p.88-99.

BABBIE, Earl. Métodos de pesquisas de survey. Belo Horizonte: UFMG, 1999.

BAGNATO, Vanderlei S. O análogo mecânico da lei de Ohm. In: Revista Brasileira de Ensino de Física, v.16, n.1-4, 1994, p. 129-131.

BARRA, Eduardo Salles de Oliveira. Modelos da mudança científica: subsídios para as analogias entre história da ciência e ensino de ciências. In: Caderno Catarinense de Ensino de Física, v.10, n.2, 1993, p.118-127.

BARROS, Aidil de Jesus Paes de. Projeto de Pesquisa: propostas metodológicas. Petrópolis, RJ: Vozes, 1990.

BOGDAN, Robert; BIKLEN, Sari. Investigação qualitativa em educação: uma introdução à teoria e aos métodos. Porto, Portugal: Porto, n.12, 1994.

BORGES, A. Tarciso. Modelos mentais de eletromagnetismo. In: Caderno Catarinense de Ensino de Física, v.15, n.1, 1998, p.7-31.

\_\_\_\_\_. Como evoluem os Modelos Mentais. In: Ensaio – Pesquisa em Educação em Ciências, v.1, n.1, 1999, p. 85-125.

BOZELLI, Fernanda Cátia.; NARDI, Roberto. Analogias e metáforas no ensino de física: o discurso do professor e o discurso do aluno. In: IX ENCONTRO NACIONAL DE PESQUISA EM ENSINO DE FÍSICA, Anais... Jaboticatubas/MG, 2004.

BRÉAL, Michel. Ensaio de Semântica: ciência das significações. São Paulo: Educ, 1992, p. 52-97.

BRNA, Paul; DUNCAN, David. The analogical model – based physics system: A workbench to investigate issues in how to suport learning by analogy in physics. Disponível em: <<http://www.cbl.leeds.ac.uk/~paul/papers/caliscepaper96/html>>. Acesso em: 2006

BROWN, David E. Using examples and analogies to remediate misconceptions in physics: factors influencing conceptual change. In: Journal of Research in Science Teaching, v.29, n.1, 1992, p.17-34.

\_\_\_\_\_. Refocusing core intuitions: a concretizing role for analogy in conceptual change. In: Journal of Research in Science Teaching, v.30, n.10, 1993, p.1273-1290.

\_\_\_\_\_. Facilitating conceptual change using analogies and explanatory models. In: International Journal of Science Education, v.16, n.2, 1994, p.201-214.

BULLOCK, Bob. The use of models to teach elementary physics. In: Physics Education, v.14, 1979, p.312-317

BUNGE, Mário. Analogias e complementariedade. Filosofia da Física. São Paulo: 70, 1973, p.115-133.

BUNGE, Mario. Teoria e Realidade. São Paulo: Perspectiva, 1974.

CACHAPUZ, António. Linguagem metafórica e o ensino das ciências. In: Revista Portuguesa de Educação, v.2, n.3, 1989, p.117-129.

CASTIÑEIRAS, Xose M. Domínguez; GARCÍA-RODEJA, Eugenio; PRO, Antonio de. El uso de modelos en la enseñanza-aprendizaje de la física. In: Alambique: Didáctica de las Ciencias Experimentales. v.35, 2003, p.53-59.

CLEMENT, John. Observed methods for generating analogies in scientific problem solving. In: Cognitive Science, v.12, 1988, p.563-586.

\_\_\_\_\_. Using bridging analogies and anchoring intuitions to deal with students preconceptions in Physics. In: Journal of Research in Science Teaching, v.30, n.10, 1993, p.1241-1257.

COLINVAUX, Dominique (org.). Modelos e educação em ciências. Rio de Janeiro: Ravel, 1998.

COSGROVE, Mark. A study of science-in-the-making as students generate an analogy for electricity. In: International Journal of Science Education, v.17, n.3, 1995, p.295-310.

CURTIS, Ruth V.; REIGELUTH, Charles M. The use of analogies in written text. In: Instructional Science, v.13, 1984. p.99-117.

DAGHER, Zoubeida R. Does the use of analogies contribute to conceptual change? In: Science Education, v.78, n.6, 1994, p.601-614.

\_\_\_\_\_. Analysis of analogues used by science teachers. In: Journal of Research in Science Teaching, v.32, n.3, 1995a. p.259-270.

\_\_\_\_\_. Review of studies on the effectiveness of instructional analogies. In: Science Education, v.79, n.3, 1995b, p.295-312.

DAGHER, Zoubeida R.; THIELE, Rodney B.; TREAGUST, David F.; DUIT, Reinders. 'Comment on "Analogy, Explanation, and Education"'. In: Journal of Research in Science Teaching, v.30, n.6, 1993, p.615-617.

DELIZOICOV, Nadir Castilho. O professor de ciências e o livro didático (no ensino de programas de saúde). Dissertação (Mestrado) - Programa de Pós-Graduação em Educação, Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis, 1995.

\_\_\_\_\_. O movimento do sangue no corpo humano: História e ensino. Tese (Doutorado) - Programa de Pós-Graduação em Educação, Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis, 2002.

DUIT, Reinders. On the role of analogies and metaphors in learning science. In: Science Education, v.79, n.6, 1991, p.649-672.

DUPIN, J.J.; JOSHUA, S. Analogies and “Modeling Analogies” in teaching: some examples in basic electricity. In: Science Education, v.73, n.2, 1989, p.207-224.

\_\_\_\_\_. Una analogía térmica para la enseñanza de la corriente continua en electricidad: descripción y evaluación. In: Enseñanza de las Ciencias, v.8, n.2, 1990, p.119-126.

ESTRELA, Albano. Teoria e prática de observação de classes: uma estratégia de formação de professores. Porto/Portugal: Porto, 1994.

FARMAN, Ruth. Student teachers use of analogies in science instruction. In: International Journal of Science Education, v.18, n.7, 1996, p.869-880.

FERRAZ, Daniela Frigo. O uso de analogias como recurso didático por professores de biologia no ensino médio. Dissertação (Mestrado) - Programa de Pós-Graduação em Educação, Universidade Federal de Santa Maria. Santa Maria, 2001.

FERREIRA, Aurélio Buarque de Holanda. Novo dicionário Aurélio – Século XXI. São Paulo: Nova Fronteira, 1999.

FLICK, Larry. Where do concepts meet percepts: stimulating analogical thought in children. In: Science Education, v.75, n.2, 1991, p.215-230.

GALAGOVSKY, Lydia; ADÚRIZ-BRAVO, Agustín. Modelos y analogías en la enseñanza de las ciencias naturales. El concepto de modelo didáctico analógico. In: Enseñanza de las Ciencias, v.19, n.2, 2001, p.231-242.

GEE, Brian. Models as a pedagogical tool: can we learn from Maxwell? In: Physics Education, v.13, 1978, p.287-291.

GENTNER, Dedre. The mechanisms of analogical learning'. In: VOSNIADOU, Stella; ORTONY, Andrew (eds.). Similarity and analogical reasoning, 1989, p.199-241.

GENTNER, Dedre; GENTNER, Donald R. Flowing water on terming crowds: mental models of electricity. In: GENTNER, D. and STEVENS, A. Mental Models. Hillsdale/USA: Lawrence Erlbaum Associate Publishers, 1983.

GIL, Antonio Carlos. Como elaborar projetos de pesquisa. São Paulo: Atlas, 1999.

GILBERT, J. K.; OSBORNE, R. J. The use of models in science and science teaching. In: European Journal of Science Education, v.2, n.1, 1980, p.3-13.

GILBERT, Steven. W. An evaluation of the use of analogy, simile and metaphor in science texts. In: Journal of Research in Science Teaching, v.26, n.4, 1989, p.315-327.

GLYNN, Shawn M.; LAW, Michael; GIBSON, Nicole; HAWKINS, Charles H. Teaching science with analogies: a resource for teachers and textbooks authors. Disponível em: <[http://curry.edschool.virginia.edu/go/clic/nrrc/scin\\_ir7.html](http://curry.edschool.virginia.edu/go/clic/nrrc/scin_ir7.html)>. Acesso em: 2005.

GLYNN, Shawn M.; TAKAHASHI, Tomone. Learning from analogy-enhanced science text. In: Journal of Research in Science Teaching, v.35, n.10, 199, p.1129-1149.

GODOY, Luis A. Success and problems with analogies in teaching mechanics'. In: Journal of Science Education, v.3, n.1, 2002a, p.11-14.

\_\_\_\_\_. Sobre la estructura de las analogías en ciencias. In: Interciencia, v. 27, n. 8, 2002b, p.422-429.

GONZÁLEZ, José Fernández; GONZÁLEZ, Benigno M. Gonzáles; Moreno, Teodomiro. Las analogías como modelo y como recurso en la enseñanza de las ciencias. In: Alambique: Didáctica de las Ciencias Experimentales. v. 35, 2003, p.82-89.

GRANT, Richard. Basic electricity – A novel analogy. In: The Physics Teacher, v. 34, n. 3, 1996. p.,188-189.

GRECA, Ileana María; MOREIRA, Marco Antonio. Modelos mentales, modelos conceptuales y modelización. In: Caderno Catarinense de Ensino de Física, v.15, n.2, 1998, p.107-120.

HALFORD, Graeme S.; MCCREDDEN, J. E. Cognitive science questions for cognitive development: the concepts of learning, analogy, and capacity. In: Learning and Instruction, v.8, n.4, 1998, p.289-308.

HARRISON, Allan G.; TREAGUST, David F. Teaching with analogies: A case study in grade-10 optics. In: Journal of Research in Science Teaching, v.30, n.10, 199, p.1291-1307.

\_\_\_\_\_. Analogies: avoid misconceptions with this systematic approach. In: The Science Teacher, s.v., 1994, p.40-43.

HEYWOOD, D.; PARKER, J. Confronting the analogy: primary teachers exploring the usefulness of analogies in the teaching and learning of electricity. In: International Journal of Science Education, v.19, n.8, 1997, p.869-885.

HOFSTADTER, Douglas R. Analogías con fluidos y creatividad humana. In: WAGENSBERG (ed.), Sobre la imaginación científica. Barcelona/ESP: Tusquets, 1990. p.71-93. Disponível em: <<http://fairway.eer.purdue.edu/fre/asee/fie95/2b4/2b43/2b43.html>>. Acesso em: 22 nov. 2003.

IDING, Marie K. How analogies foster learning from science texts. In: *Instructional Science*, v.25, n.4, 1997, p.233-253.

IHAS, G. G.; MEISEL, M. W. Teaching superconductivity via analogy. In: *The Physics Teacher*, 1990, p.554-555.

INGHAN, Angela M. The use of analogies models by students of chemistry at higher education level. In: *International Journal of Science Education*, v.13, n.2, 1991, p.193-202.

JORGE, Wilton. Analogia no ensino de física. In: *Caderno Catarinense de Ensino de Física*, v.7, n.3, 1990, p.196-202.

KAUFMAN, David; PATEL, Vilma L.; MAGDER, Sheldon A. The explanatory role of spontaneously generated analogies in reasoning about physiological concepts. In: *International Journal Science Education*. v.18, n.3, 1996, p.369-386.

KRAPAS, Sonia; BORGES, Alexandre Motta Borges. Decaimento radioativo: Uma analogia para o circuito RC. In: *Caderno Catarinense de Ensino de Física*, v.15, n.1, 1998, p.47-58.

KRAPAS, Sonia; QUEIROZ, Glória Regina Pessoa Campelo; COLINVAUX, Dominique, CRESO, Franco. Modelo terminologia e sentidos na literatura de pesquisa em ensino de ciências. In: *Atas do Encontro Linguagem, Cultura e Cognição: Reflexões para o Ensino de Ciências*. Puc-Rio/UFF, 1997.

LABURÚ, Carlos E.; SILVA, Dirceu da.; CARVALHO, Ana M. P. de. Analisando uma situação de aula de terminologia com o auxílio do vídeo. In: *Revista Brasileira de Ensino de Física*, v.22, n.1, 2000, p.100-105.

LAGOKE, Bolatito A.; FEGEDE, Olugbemiro F.; PETER, K. O. Towards an elimination of the gender gulf in science concept attainment through the use of environmental analogs. In: *International Journal of Science Education*. v.19, n.4, 1997, p.365- 380.

LAWSON, Anton E. The importance of analogy: a prelude to the special issue. In: *Journal of Research in Science Teaching*, v.30, n.10, 1993, p.1213-1214.

LAWSON, David I., LAWSON, Anton E. Neural principles of memory and a neural theory of analogical insight. In: *Journal of Research in Science Teaching*, v.30, n.10, 1993, p.1327-1348.

LÜDKE, Menga; ANDRÉ, Marli E. D. A. *Pesquisa em Educação: Abordagens Qualitativas*. São Paulo: EPU, 1986. (Temas básicos de educação e ensino).

MARTINS, Robert de Andrade. Jevons e o papel da analogia na arte da descoberta experimental: o caso da descoberta dos raios X e sua investigação pré-teórica. In: *Episteme*, v.6, n.3, 1998, p.222-249.

MASON, Lucia; SORZIO, Paolo. Analogical reasoning in restructuring scientific knowledge. In: *European Journal of Psychology of Education*, v.11, n.1, 1996, p.3-23.

MASTRILLI, T. M. Instructional analogies used by biology teachers: implications for practice and teacher preparation. In: *Journal of Science Teacher Education*, v.8, n.3, 199,. p.187–204.

MÓL, Gerson. O uso de Analogias no Ensino de Química. Tese (Doutorado) - Programa de Pós-Graduação, Instituto de Química, Universidade de Brasília. Brasília, 1999.

MONTEIRO, Ivone Garcia; JUSTI, Rosária S. Analogias em livros didáticos de química brasileiros destinados ao ensino médio. In: *Investigações em Ensino de Ciências*, v.2, n.5. 2000. Porto Alegre: Instituto de Física da UFRGS. <[www.if.ufrgs.br/public/ensino/vol5/n2/v5\\_n2\\_a1.htm](http://www.if.ufrgs.br/public/ensino/vol5/n2/v5_n2_a1.htm)>. Acesso em 13 fev. 2002.

MORSE, Robert A. Feeling series and parallel resistances. In: *The Physics Teacher*, v.31, 1993, p.347.

NAGEM, Ronaldo Luiz; CARVALHAES, Dulcinéia de Oliveira.; DIAS, Jully Anne Yamauchi Teixeira. Uma proposta de metodologia de ensino com analogias. In: *Revista Portuguesa de Educação*, v.14, n.1, 2001.

NAGEM, Ronaldo Luiz.; FIGUEROA, Ana Maria Senac.; CARVALHO, Ewaldo Melo de. Metodologia de ensino com analogias: um estudo sobre a classificação dos animais. In: *IV ENCONTRO NACIONAL DE PESQUISA EM EDUCAÇÃO EM CIÊNCIAS*. Anais... Bauru, SP, 2003.

NASCIMENTO, Ana Cláudia; CACHAPUZ, António Francisco. Linguagem e construção do conhecimento didático: metáforas e analogias no ensino e aprendizagem do tema equilíbrio químico – 10º ano de escolaridade. In: *VIII ENCONTRO NACIONAL DE EDUCAÇÃO EM CIÊNCIAS*, Anais... Açores, Portugal, Universidade dos Açores, 2000.

NERSESSIAN, Nancy J. 'How do scientists think? Capturing the dynamics of conceptual change in science'. In: GIERE, R. (ed). *Cognitive models of science*. Minneapolis/USA, University of Minnesota Press, 1992, p.3-44.

OLIVA, José Maria. Rutinas y guiones del profesorado de ciencias ante el uso de analogías como recurso de aula. In: *Revista Eletrónica de Enseñanza de las Ciencias*, v.2, n.1, 2003.

OLIVA, José Maria; ARAGÓN, M. M.; MATEO, J.; BONAT, M. Una propuesta didáctica basada en la investigación para el uso de analogías en la enseñanza de las ciencias. In: *Enseñanza de las Ciencias*, v.19, n.3, 2001, p. 453-470.



\_\_\_\_\_. Cambiando las concepciones y creencias del profesorado de ciencias en torno al uso de analogías. In: Revista Interuniversitaria de Formación del Profesorado, v.4, n.1, 2001.

OTERO, Maria Rita. Como usar analogías em classes de física? In: Caderno Catarinense de Ensino de Física, v.14, n.2, 1997, p.179-187.

PASQUALI, Ricardo. El uso de analogías en física. In: Educación en Ciencias, v.3, n.8, 1999, p.71-77.

PEREIRA, Duarte Costa. Da problemática da representação aos modelos em ciência. In: Revista Portuguesa de Educação, v.2, n.3, 1989, p.75-96.

PERELMAN, C. Analogia e metáfora In: Enciclopédia Einaudi. v.11. Oral/Escrito, Argumentação. Lisboa/POR: Imprensa Nacional/Casa da Moeda, 1987.

PITTMAN, Kim M. Student-Generated analogies: Another way of knowing? In: Journal of Reserch in Science Teaching, v.36, n.1, 1999, p.1-22.

PORLÁN, Rafael; Martín, J. El diario del profesor: un recurso para la investigación en la aula. Sevilla: Díada, n.6, 1997. (Coleção Investigación y Enseñanza).

POZO, Juan Ignacio. A aprendizagem e o ensino de fatos e conceitos. In: COLL, C.; et al. Os conteúdos na reforma: ensino e aprendizagem de conceitos, procedimentos e atitudes. Porto Alegre: Artes Médicas, 2000.

QUEIROZ, Glória Regina Pessôa Campello. Professores artistas-reflexivos de física no ensino médio. Tese (Doutorado) - Programa de Pós-Graduação em Educação, Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro. Rio de Janeiro, 2000.

RADFORD, D. Promoting learning through the use of analogies in high-school biology textbooks. 1989. (ERIC Document Reproduction Service Nº. ED 306085).

ROTHKOPF, Elliot M. Teaching for understanding - analogies for learning in electrical technology. 1995. In: <http://fairway.ecn.purdue.edu/fre/asel/fie95/2b4/2b43/2b43.html>

RUMELHART, David E.; NORMAN, Donald. A.: Analogical processes in learning In: LEARNING. Cognitive Skills and their Acquisition. New Jersey/USA: Lawrence Erlbaun Associates.

SCHWARTZ, Daniel L. The construction and analogical transfer of symbolic visualizations. In: Journal of Research in Science Teaching, v.30, n.10, 1993, p.1309-1325.

SILVEIRA, Lucillana de Moraes. Analogias no ensino de física: uma contribuição para o estudo de seu potencial didático. Dissertação (Mestrado) - Programa de Pós-Graduação em Educação, Universidade Federal de Santa Maria. Santa Maria, 2001.

SILVERMAN, Mark; WORTHY, Elizabeth R. Musical mastery of a coke™ Bottle: physical modeling by analogy. In: The Physics Teacher, v.36, 1998, p.70-74.

SMITH, A. F.; WILSON, J. D. Electrical circuits and water analogies. In: The Physics Teachers. v.12, 1974, p.396-399.

SPIRO, Rand J.; FELTOVICH, Paul J.; COULSON, Richard L.; ANDERSON, Daniel K. Multiple analogies for complex concept: antidotes for analogy-induced misconceptions in advanced knowledge acquisition. 1993, p.498-531.

STAVY, Ruth. Using analogy to overcome misconceptions about conservation of matter. In: Journal of Research in Science Teaching, v.28, n.4, 1991, p.305-313.

STAVY, Ruth; TIROSH, Dina. When analogy is perceived as such. In: Journal of Research in Science Teaching, v.30, n.10, 1993, p.1229-1239.

STOCKLMAYER, Susan M.; TREAGUST, David F. Images of electricity: how do novices and experts model electric current?. In: International Journal of Science Education, v.18, n.2, 1996, p.163-178.

SUTTON, Clive. Figuring out a scientific understanding. In: Journal of Research in Science Teaching, v.30, n.10, 1993, p.1215-1227.

\_\_\_\_\_. Beliefs about science and beliefs about language. In: International Journal of Science Education, v.18, n.1, 1996, p.1-18.

TAYLOR, S. J., BOGDAN, Robert. Introducción a los métodos cualitativos de investigación. Barcelona, Espanha: Paidós, 1987.

TERRAZZAN, Eduardo A. Analogias e Metáforas no Ensino de Ciências Naturais. In: Atas del Primer Congreso Internacional de Formación Docente, Santa Fe, Argentina: Universidad Nacional del Litoral. (CD-Rom), 1996.

\_\_\_\_\_. Breve estudo sobre alguns resultados da utilização de analogias e metáforas no Ensino de Ciências. In: Marco Antônio Moreira (org), Atas da III Escola Latino-Americana sobre pesquisa em Ensino de Física, p.51-60. Porto Alegre (Canela): Instituto de Física da UFRGS, 1996.

TERRAZZAN, Eduardo A., AMORIM, Mary Angela Leivas, PIMENTEL, Naida Lena, FELTRIN, Cristiane Coden, DIAS, Daliane Spencer, FERRAZ, Daniela Frigo, SILVA, Leandro Londero da, POZZER, Lilian Leivas, GIRALDI, Patrícia Montanari. Analogias no ensino de ciências: resultados e perspectivas. In: III

SEMINÁRIO DE PESQUISA EM EDUCAÇÃO DA REGIÃO SUL. Anais... Porto Alegre, RS, 2000.

TERRAZZAN, Eduardo A.; BUSKE, Rodrigo; METKE, Jaqueline; PIMENTEL, Naida Lena; SILVA, Leandro Londero da; GAZOLA, Carine Divaneia; FREITAS, Deise Sangoi. O uso de analogias em coleções didáticas de Física, Química e Biologia segundo o “Estilo” dos autores e a “natureza” do tópico conceitual. In: IV ENCONTRO NACIONAL DE PESQUISA EM EDUCAÇÃO EM CIÊNCIAS, Anais... Bauru, SP, 2003.

TERRAZZAN, Eduardo A.; BUSKE, Rodrigo; METKE, Jaqueline; PIMENTEL, Naida Lena; SILVA, Leandro Londero da; GAZOLA, Carine Divaneia; FREITAS, Deise Sangoi; AMORIM, Mary Angela Leivas: (2003) ‘Apresentações analógicas em coleções didáticas de Biologia, Física e Química para o Ensino Médio: uma análise comparativa’. In: IV ENCONTRO NACIONAL DE PESQUISA EM EDUCAÇÃO EM CIÊNCIAS, Anais... Bauru, SP, 2003.

THAGARD, Paul. Analogy, explanation, and education. In: Journal of Research in Science Teaching, v.29, n.6, 1992, p.537-544.

THIELE, Rodney B.; TREAGUST, David F. An interpretive examination of high school chemistry teachers analogical explanations. In: Journal of Research in Science Teaching, v.31, n.3, 1995, p.227-242.

\_\_\_\_\_. Analogies in chemistry textbooks. In: International Journal of Science Education, v.17, n.6, 1995, p.783-795.

TREAGUST, David F.; DUIT, Reinders; JOSLIN, Paul; LINDAUER, Ivo. Science teacher’s use of analogies: observations from classroom practice. In: International Journal of Science Education, v.14, n.4, 1992, p.413-422.

TREAGUST, David F.; HARRISON, Allan G.; VENVILLE, Grady. Using an analogical teaching approach to engender conceptual change. In: International Journal of Science Education, v.18, n.2, 1996, p.213-229.

TREAGUST, David F.; VENVILLE, Grady; HARRISON, Allan; STOCKLMAYER, Susan; THIELE, Rodney. The far guide for teaching and learning science with analogies (Using Analogies In a Constructivist Approach). A Workshop at the International Course: “Science and Mathematics Education: Some Topics About Which We Should Think”, Santiago, Chile, 1994.

TRIVELATO, Silvia L. F. As defesas do organismo; uma analogia. In: Biologia para o cidadão do século XXI- 2ª parte, 1999, p.9-13.

TRIVIÑOS, Augusto Nivaldo Silva. Introdução à pesquisa em ciências sociais: a pesquisa qualitativa em educação. São Paulo: Atlas, 1987.

UTGES, Graciela Rita. Modelos e analogias na compreensão do conceito de ondas. Tese (Doutorado) - Programa de Pós-Graduação em Educação, Universidade de São Paulo, São Paulo, 1999.

UTGES, Graciela Rita; PACCA, Jesuína Lopes de Almeida. Modelos de onda no senso comum: a contribuição de uma análise estatística. In: II ENCONTRO NACIONAL DE PESQUISA EM EDUCAÇÃO EM CIÊNCIAS, Anais... Bauru, SP, 1999.

\_\_\_\_\_. Modelos de onda no senso comum: as analogias como ferramenta de pensamento. In: II ENCONTRO NACIONAL DE PESQUISA EM EDUCAÇÃO EM CIÊNCIAS, Anais... Bauru, SP, 1999.

VASINI, Enrique Julio; DONATI, Edgardo Rubén. Uso de analogías adecuadas como recurso didáctico para la comprensión de los fenómenos electroquímicos en el nivel universitario inicial. In: Enseñanza de las Ciencias, v.19, n.3, 2001, p.471-477.

VOSNIADOU, Stella; ORTONY, Andrew. Similarity and analogical reasoning: a synthesis. In: VOSNIADOU, S. AND ORTONY, A. (eds.), Similarity and Analogical Reasoning, 1989, p.1-17.

WONG, E. David. Self-generated analogies as a tool for constructing and evaluating explanations of scientific phenomena. In: Journal of Research in Science Teaching, v.30, n.4, 1993, p.367-380.

\_\_\_\_\_. Understanding the generative capacity of analogies as a tool for explanation. In: Journal of Research in Science Teaching, v.30, n.10, 1993, p.1259-1272.

ZABALA, Antoni. A prática Educativa: como ensinar. Porto Alegre: Artes Médicas, 1998.

ZEITOUN, H. H. Teaching scientific analogies: a proposed model. In: Research in Science and Technological Education, v.2, 1984, p.107-125.

ZOOK, Kevin B. Effects of analogical processes on learning and misrepresentation. In: Educational Psychology Review, v.3, n.1, 1991, p.41-69.

## APÊNDICES

APÊNDICE A – QUESTIONÁRIO PARA ESTUDO DA FAMILIARIDADE DE ALUNOS COM ANÁLOGOS – VERSÃO I

Nome: \_\_\_\_\_ Turma: \_\_\_\_\_

Este questionário tem por objetivo determinar o grau de familiaridade sobre algumas situações/assuntos que serão discutidos ou já foram trabalhados em outras etapas de sua escolarização. Ao respondê-lo você estará contribuindo para que o professor possa planejar suas aulas de uma maneira mais produtiva, pois estará tomando como fonte de informação para a elaboração dos planejamentos as informações presentes no questionário.

Abaixo é apresentada uma tabela onde especificamos, na segunda coluna, uma listagem de situações/assuntos/conceitos etc. Abaixo da tabela você deve responder se os assuntos especificados na segunda coluna da tabela são conhecidos/familiares a você, respondendo sim ou não e apontando justificativas para o mesmo. Também exponha, abaixo da tabela, o seu conhecimento sobre as situações apresentadas, indicando o que você sabe sobre cada uma delas, se já estudou anteriormente, etc.

Número de Ordem	Situações
01	Circuito hidráulico
02	Funcionamento de vasos comunicantes
03	Fluxo de pessoas no corredor de um shopping center
04	Mudança de velocidade no movimento de um carinho ao mudar de terreno
05	Passagem de parte de um feixe de bastões (palitos de fósforo) incidindo numa grelha (peneira de fendas)
06	Agitação mecânica das bolas de isopor localizadas nos nós de uma rede elástica tridimensional
07	Energia potencial de um sistema mecânico (sistema massa-mola)
08	Cheiro emanado de um vidro de perfume aberto
09	Fluxo de água em um cano
10	Funcionamento de uma máquina fotográfica
11	“Ola” em um estádio de futebol
12	Sistema planetário
13	Pudim de ameixas ou passas
14	Uma cebola cortada ao meio
15	Água escoando por um ralo
16	Malha de um sistema ferroviário
17	Sistema circulatório humano
18	Intensidade da força gravitacional
19	Campo gravitacional da terra
20	Livros alocados em uma estante
21	Energia potencial gravitacional
22	Alunos participando de uma aula

APÊNDICE B – QUESTIONÁRIO PARA ESTUDO DA FAMILIARIDADE DE ALUNOS COM ANÁLOGOS – VERSÃO II

Nome (opcional): \_\_\_\_\_ Turma: \_\_\_\_\_

Escola: \_\_\_\_\_ Professor(a): \_\_\_\_\_

Este questionário tem por objetivo determinar o seu grau de familiaridade com algumas situações/assuntos que serão discutidos ou já foram trabalhados em outras etapas de sua escolarização.

Ao respondê-lo você estará contribuindo para que o seu professor possa planejar suas aulas de uma maneira mais produtiva, pois ele estará tomando os resultados como fonte de informação para a elaboração dos planejamentos.

Agradecemos antecipadamente a sua colaboração em responder este questionário.

#### Instruções

- O nome a ser especificado no início é opcional, ou seja, não é necessário colocar, ficando a seu critério escrevê-lo.
- Abaixo é apresentada uma tabela onde especificamos, na segunda coluna, uma listagem de situações/assuntos/conceitos etc.
- Na folha de papel almaço, entregue por seu professor, você responderá se os assuntos especificados na segunda coluna da tabela são conhecidos/familiares e apontar justificativas para a familiaridade.

Exponha, também, na folha o seu conhecimento sobre as situações apresentadas, indicando o que você sabe/conhece sobre cada uma delas, se já estudou anteriormente, etc.



Número de Ordem	Situações/Assuntos/Conceitos
01	Circuito hidráulico
02	Funcionamento de vasos comunicantes
03	Fluxo de pessoas no corredor de um shopping center
04	Mudança de velocidade no movimento de um carinho ao mudar de terreno
05	Passagem de parte de um feixe de bastões (palitos de fósforo) incidindo numa grelha (peneira de fendas)
06	Agitação mecânica das bolas de isopor localizadas nos nós de uma rede elástica tridimensional
07	Energia potencial de um sistema mecânico (sistema massa-mola)
08	Cheiro emanado de um vidro de perfume aberto
09	Fluxo de água em um cano
10	Funcionamento de uma máquina fotográfica
11	“Ola” em um estádio de futebol
12	Sistema planetário
13	Pudim de ameixas ou passas
14	Uma cebola cortada ao meio
15	Água escoando por um ralo
16	Malha de um sistema ferroviário
17	Sistema circulatório humano
18	Intensidade da força gravitacional
19	Campo gravitacional da terra
20	Livros alocados em uma estante
21	Energia potencial gravitacional
22	Alunos participando de uma aula

## APÊNDICE C – ROTEIRO DA ENTREVISTA REALIZADA COM OS 06 (SEIS) ALUNOS DO PROF. LLS – VERSÃO I

Esta entrevista tem por objetivo determinar o seu grau de familiaridade com algumas situações/assuntos que serão discutidos ou já foram trabalhados em outras etapas de sua escolarização. Além disso, gostaríamos de conhecer suas justificativas para considerar cada situação familiar.

### Guia para o Entrevistador

- 1) Para você o que é uma analogia?
- 2) Você lembra de algum professor ter utilizado uma comparação para explicar algo para você? Qual? Em qual disciplina?
- 3) E em Física? Lembra de algum professor ter utilizado alguma analogia? Qual?
- 4) Para você, quais das seguintes situações são familiares/conhecidas? Por quê? Tente apontar justificativas, dizendo o que você conhece/sabe sobre cada uma das situações, se já estudou anteriormente, ou associa alguma à um conteúdo trabalhado em outra etapa escolar.
  - a. Um circuito hidráulico,
  - b. O funcionamento de vasos comunicantes,
  - c. O fluxo de pessoas no corredor de um shopping center,
  - d. Mudança de velocidade no movimento de um carinho ao mudar de terreno,
  - e. A passagem de parte de um feixe de bastões (palitos de fósforo) incidindo numa grelha (peneira de fendas),
  - f. Agitação mecânica das bolas de isopor localizadas nos nós de uma rede elástica tridimensional,
  - g. A energia potencial de um sistema mecânico (sistema massa-mola),
  - h. O cheiro emanado de um vidro de perfume aberto,
  - i. O fluxo de água em um cano,
  - j. Uma máquina fotográfica,
  - k. “Ola” em um estádio de futebol,
  - l. O sistema planetário,
  - m. Um pudim de ameixas ou passas,
  - n. Uma cebola cortada ao meio,
  - o. Água escoando por um ralo,
  - p. Malha de um sistema ferroviário,
  - q. O sistema circulatório humano,
  - r. A intensidade da força gravitacional,

- s. O campo gravitacional da terra,
- t. Livros alocados em uma estante,
- u. Energia potencial gravitacional,
- v. Alunos participando de uma aula.

APÊNDICE D – ROTEIRO DA ENTREVISTA REALIZADA COM OS 06 (SEIS)  
ALUNOS DO PROF. LLS – VERSÃO II

Nome do entrevistado: \_\_\_\_\_ Turma: \_\_\_\_\_

Esta entrevista tem por objetivo determinar o seu grau de familiaridade com algumas situações/assuntos que serão discutidos ou já foram trabalhados em outras etapas de sua escolarização. Além disso, gostaríamos de conhecer suas justificativas para considerar cada situação familiar.

Ao responder as perguntas você estará contribuindo para o planejamento de minhas aulas de uma maneira mais produtiva, pois estarei tomando os resultados como fonte de informação para a elaboração delas.

Agradeço antecipadamente a sua colaboração em conceder esta entrevista. Ela faz parte do meu trabalho na UFSM e sua participação é de suma importância e afirmo o caráter confidencial das informações que irá me fornecer.

Perguntas – Guia para o Entrevistador

- 1) Para você o que é uma analogia?
- 2) Você lembra de algum professor ter utilizado uma comparação para explicar algo para você? Qual? Em qual disciplina?
- 3) E em Física? Lembra de algum professor ter utilizado alguma analogia? Qual?
- 4) Para você, quais das seguintes situações são familiares/conhecidas? Por quê? Tente apontar justificativas, dizendo o que você conhece/sabe sobre cada uma das situações, se já estudou anteriormente, ou associa alguma à um conteúdo trabalhado em outra etapa escolar.
  - a. Um circuito hidráulico,
  - b. O funcionamento de vasos comunicantes,
  - c. O fluxo de pessoas num corredor de shopping center,
  - d. Mudança de velocidade no movimento de um carinho ao mudar de terreno,
  - e. A passagem de parte de um feixe de bastões (palitos de fósforo) incidindo numa grelha (peneira de fendas)
  - f. Agitação mecânica das bolas de isopor localizadas nos nós de uma rede elástica tridimensional,
  - g. A energia potencial de um sistema mecânico (sistema massa-mola),
  - h. O cheiro emanado de um vidro de perfume aberto,
  - i. O fluxo de água em um cano,

- j. O funcionamento de uma máquina fotográfica,
- k. “Ola” em um estádio de futebol,
- l. O sistema planetário,
- m. Um pudim de ameixas ou passas,
- n. Uma cebola cortada ao meio,
- o. Água escoando por um ralo,
- p. Malha de um sistema ferroviário,
- q. O sistema circulatório humano,
- r. A intensidade da força gravitacional,
- s. O campo gravitacional da terra,
- t. Livros alocados em uma estante,
- u. Energia potencial gravitacional,
- v. Alunos participando de uma aula.

a. Um circuito hidráulico,

## 22.1. Força eletromotriz

• **O que é um gerador de força eletromotriz** — Já vimos que uma pilha ou uma bateria estabelecem e mantêm uma diferença de potencial entre seus pólos. Na fig. 22-1, por exemplo, temos uma voltagem entre os pontos *A* e *B*, que são os pólos positivo e negativo da bateria. Portanto, se ligarmos um motor elétrico *M* a estes pólos, uma corrente elétrica circulará de *A* para *B*, como mostra a figura, fazendo funcionar o motor.

No exterior da bateria, as cargas elétricas que constituem a corrente, como sabemos, deslocam-se “naturalmente” do pólo positivo (potencial maior) para o pólo negativo (potencial menor). Entretanto, ao chegarem em *B*, para completar o circuito, estas cargas devem ser transportadas no interior da bateria de *B* para *A*. Este deslocamento de cargas *não* se faz “naturalmente”, pois o potencial de *B* é menor que o de *A*. O deslocamento de *B* para *A* ocorre porque, no interior da bateria, devido a reações químicas, as cargas são forçadas a se deslocar de *B* para *A*, completando o circuito e voltando a circular, de *A* para *B*, no exterior da bateria. Em outras palavras, a bateria é um dispositivo que, consumindo energia química, realiza um trabalho sobre as cargas, entregando a elas uma certa quantidade de energia (energia elétrica) ao elevar o potencial destas cargas no deslocamento do pólo negativo para o pólo positivo.

O funcionamento de uma bateria pode ser comparado ao de uma bomba d'água. Considerando o “circuito hidráulico” mostrado na fig. 22-2, sabemos que a água passa “naturalmente” do alto do edifício (maior energia potencial) para sua base (menor energia potencial), podendo realizar um certo trabalho (mover uma roda d'água, por exemplo). Isto equivale, no caso do circuito da fig. 22-1, ao deslocamento da corrente de *A* para *B*, movimentando o motor. Na fig. 22-2, para que a água se desloque de *B* para *A*, atingindo o alto do edifício e voltando a circular, é necessário a existência de uma bomba d'água. Esta bomba desempenha um papel semelhante ao da bateria, pois ela realiza um trabalho sobre a água, aumentando sua energia potencial no deslocamento de *B* para *A*.

Existem vários outros dispositivos elétricos que, como uma bateria, são capazes de realizar um trabalho sobre as cargas elétricas que passam através deles, aumentando o potencial destas cargas. Tais dispositivos são denominados geradores de corrente ou *geradores de força eletromotriz* (gerador de f.e.m.). Assim, uma pilha (ou uma bateria) é um gerador de f.e.m., pois utiliza energia química, que é transferida para as cargas sob a forma de energia elétrica. Do mesmo modo, um *dinamo*, uma *termopilha*, uma *bate-*

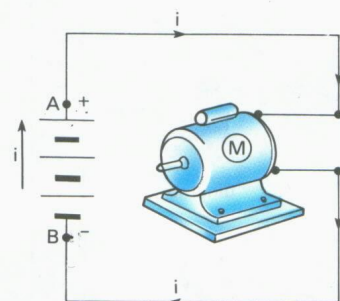


Fig. 22-1: A bateria é um dispositivo que consome energia química para realizar um trabalho sobre as cargas elétricas, elevando o potencial destas cargas.

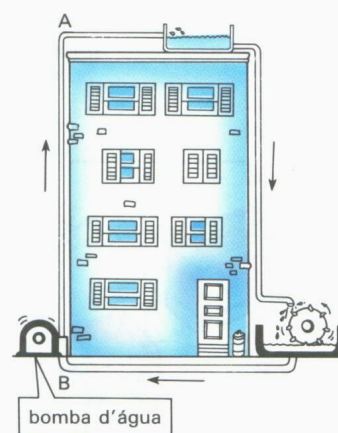


Fig. 22-2: O funcionamento de uma bateria pode ser comparado ao de uma bomba d'água.

## b. O funcionamento de vasos comunicantes,

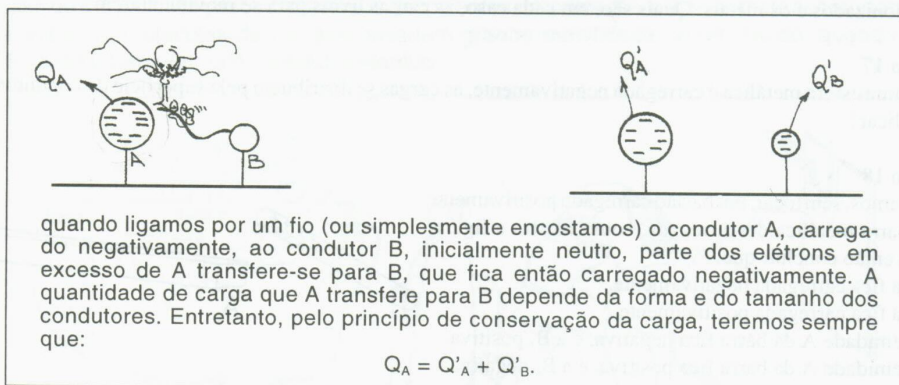
18

INTRODUÇÃO À ELETRICIDADE

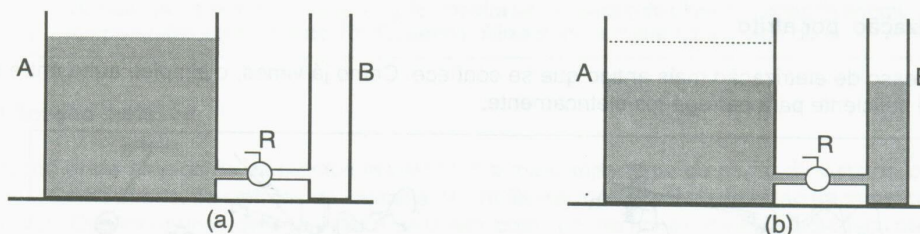
## ELETRICIDADE E MAGNETISMO

## b) Eletrização por contato

Verificou-se, no início do século XVIII, que um corpo podia ser eletrizado não apenas quando atritado com outro: ele também se carregava se fosse ligado, através de um fio condutor, a um corpo já carregado. Estava descoberta a eletrização por contato, exemplificada a seguir para a situação em que um condutor neutro é eletrizado a partir de outro, carregado negativamente:



A divisão de cargas entre dois condutores em contato pode ser compreendida com auxílio da analogia proposta na figura a seguir. Inicialmente (figura a), só o recipiente A contém água. Quando o registro é aberto (figura b), a água passa para B, até que as alturas (e, portanto, as pressões) se tornem iguais nos dois recipientes. Pelas dimensões de A e B, você pode concluir que a quantidade final de água em A será maior do que em B (o que acontecerá se B for mais largo do que A? E se ambos possuírem a mesma largura?):



## Exercício 20

Explique o que ocorre quando um condutor carregado positivamente é colocado em contato com outro, inicialmente neutro.

## Exercício 21

Uma pequena esfera metálica A, carregada com carga  $Q$ , toca outra esfera metálica B, inicialmente descarregada. Utilizando as opções:

- A) zero
- B)  $Q$
- C)  $Q/2$
- D) um valor entre zero e  $Q/2$
- E) um valor entre  $Q/2$  e  $Q$ ,

Diga quanto vale a carga de B após o contato, nas seguintes situações:

- a) a esfera B é do mesmo tamanho que a esfera A.
- b) a esfera B é um pouco maior que a esfera A.



## Exercício 22

Retome o enunciado do exercício anterior. Quais seriam as cargas de A e de B, após o contato, se a esfera B fosse muito maior do que a esfera A?

c. O fluxo de pessoas no corredor de um shopping center,

# CORRENTE, D.D.P. E ENERGIA ELÉTRICA

# 2

CAPÍTULO

## I – INTRODUÇÃO

Analisamos, no capítulo anterior, as propriedades manifestadas por corpos carregados eletricamente, e apresentamos algumas aplicações práticas dessas propriedades. É, no entanto, a nível do **movimento das cargas elétricas**, ou seja, **da corrente elétrica**, que se situam as mais comuns e importantes utilizações da eletricidade.

Certamente que, sem muito esforço, você poderia citar pelo menos uma dúzia de diferentes aplicações da corrente elétrica no seu cotidiano. No mundo industrializado em que vivemos, dependemos muito da eletricidade, tanto individual quanto coletivamente. Basta lembrar o transtorno, numa casa e numa cidade, quando ocorre uma falta de luz prolongada, não é mesmo?

Termos como corrente elétrica, voltagem e energia elétrica já fazem parte do vocabulário da maioria das pessoas. É, no entanto, muito importante que esses conceitos estejam bem definidos e ainda, se for o caso, que certas concepções errôneas sobre eles sejam modificadas. Este é o principal objetivo desse capítulo, cuja compreensão é fundamental para os capítulos seguintes.

## II – CORRENTE ELÉTRICA

Não é qualquer movimento de cargas que pode ser chamado de corrente elétrica. Para que se possa falar em **corrente**, devemos ter um **movimento direcionado**:





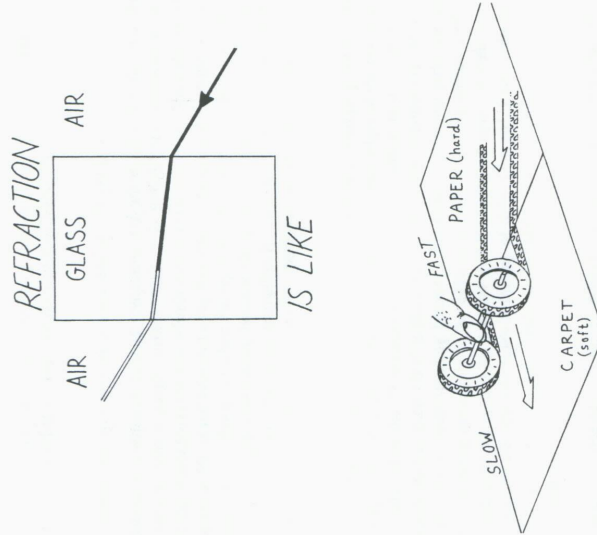


Figure 1. Refraction of light as it passes from air into glass is like a pair of wheels slowing down as it rolls obliquely from paper onto carpet.

As examination of 38 physics textbooks suitable for Grades 9–12 (Harrison, in press) revealed that 10 writers described refraction in detail but offered no explanation for the phenomenon. Of the 28 authors who offered an explanation for refraction, all employed one or more analogies. Twenty-six authors compared water-wave fronts to lightwave fronts, four used a car (or wheels) rolling from a hard surface onto sand or mud, four compared light to a line of soldiers marching from concrete onto sand, and 10 used a Newtonian inclined plane model (in which light was considered to be particles). Fourteen authors used two analogies in their explanation and two employed three analogies. No student textbook was found that offered a pure physics explanation for refraction—there was either no explanation or it was analogical. One of the student texts, Hewitt (1987), which was available to Mrs. Kay, modeled refraction using a pair of wheels rolling from a smooth to a rough surface. Mrs. Kay analogically demonstrated refraction by rolling a pair of Lego® wheels coated with paint obliquely across the interface between a smooth surface (paper) and a rough surface (carpet) as illustrated in Figure 1. This pair-of-wheels analog for refraction of a ray of light appears to be typical of how refraction is taught to 15-year-old students.

Nine university textbooks also were surveyed and, in contrast to the secondary school physics books, in each instance the Huygens principle (wave front analogy) was used. Halliday,

will be called Mrs. Kay, are reported in Harrison (1992). Mrs. Kay derived the wave nature of light from water wave characteristics, the conduction of heat through a solid was likened to the domino effect, the slowing of light and its refraction as it passes from air into glass was demonstrated using a pair of wheels rolling from a hard surface onto a soft surface, and the mole concept was taught using three short analogies in which the particles of a mole were likened to dollars, oranges, and rice grains. For this article, the third lesson taught by Mrs. Kay is discussed.

The criterion employed for school and teacher selection was purposeful sampling, about which Patton (1990) points out that "[t]he logic and power of purposeful sampling lies in selecting *information-rich cases* for study in depth" (p. 169). Mrs. Kay was purposefully chosen because she is an experienced physical science teacher, is highly regarded in her school as an innovative teacher, often uses analogies, was cooperative and was teaching in her area of expertise; furthermore, her contribution to science education has been acknowledged by the Australian Science Teachers' Association. The Grade 10 class that was studied consisted of 29 average-ability students attending a private school and students were chosen for interview on the basis of the extensiveness of their responses on a postlesson worksheet. Thus, this study does not claim to be fully representative of the local educational environment and for this reason the constructivist notions of rigor are particularly useful.

Mrs. Kay received in-service information from the researchers about the systematic approach for use of analogies in teaching both prior to the commencement of analogical instruction and before and after each lesson for the four observed lessons. Each postlesson discussion provided an opportunity for Mrs. Kay and the researchers to reflect upon the lesson just completed and to prepare for the next implementation of the model for incorporating analogies in her teaching. The teaching episode described in the following represents the third observed lesson taught by Mrs. Kay in which a class of Grade 10 girls was studying optics. The written objective for this lesson was: "Draw ray diagrams to show what happens when light enters glass along a normal or obliquely to a normal." The analogy used to teach refraction during this lesson was chosen by Mrs. Kay and is described in the next section of the article. The lesson itself was audiotaped, as were both the postlesson teacher interview and the subsequent student interviews, after which the audiotapes were transcribed verbatim. Each student who heard the analogy completed an analogy mapping worksheet at the commencement of the lesson immediately following the presentation of the analogy (Olivera & Cachupuz, 1992). This worksheet examined both the shared and the unshared attributes of the refraction analogy and these responses were then used to select the subjects for interview. Students were interviewed if they had completed all or most of the attribute matches on the worksheet irrespective of whether those responses were correct or not. The selection criterion again was purposeful sampling with the reasoning that students who provided lengthy written comments were likely to provide insightful comments during the interview.

#### Teaching about Light in Secondary School Science

The lesson on refraction took place during the third week of a four-week optics unit. The topic's first two lessons were devoted to revising wave motion coupled with the development of a theory of light in which the wavelike nature of light was dominant (Harrison, 1992). Within this unit of study, photons were mentioned but this aspect of the nature of light was not pursued. Students do have some familiarity with light bending when it passes from one transparent substance into another and the phenomenon of refraction is easy to demonstrate in the classroom. What then, constitutes a satisfactory explanation of refraction for Grade 10 students?

## d. Mudança de velocidade no movimento de um carinho ao mudar de terreno,

- e. A passagem de parte de um feixe de bastões (palitos de fósforo) incidindo numa grelha (peneira de fendas)

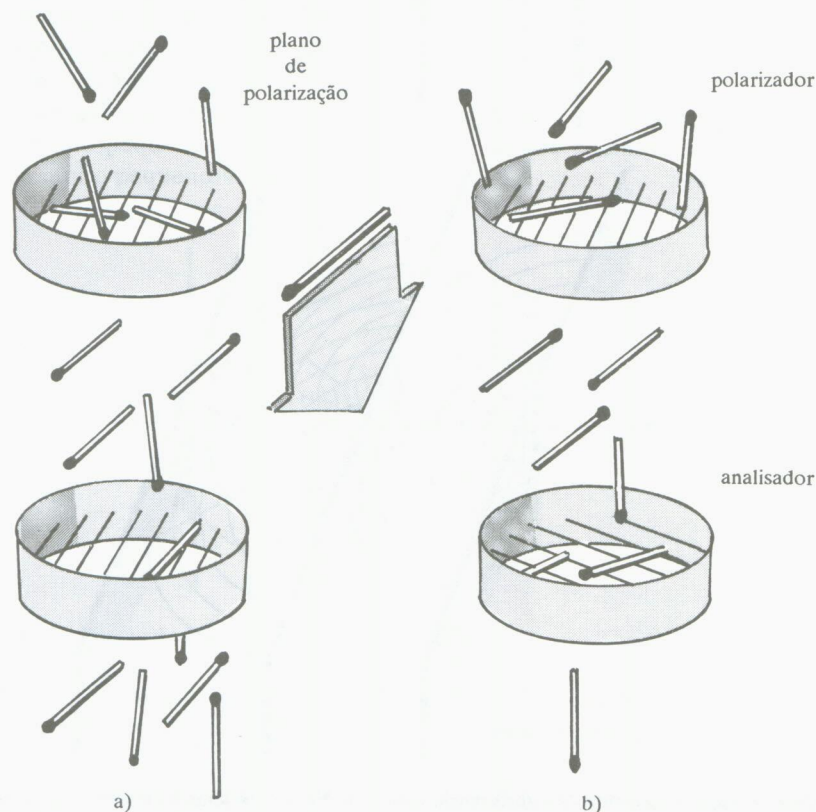
220

ÓPTICA

A polarização é um processo que ocorre quando a luz interage com certos materiais, resultando na seleção de algumas direções de vibração. Entretanto, isso só é possível se a onda for transversal. Por não possuímos no momento elementos para discutir esta interação, faremos uso de uma analogia que nos permita visualizar esse processo.

O polarizador funciona como uma “peneira”, impedindo que a luz “vibre” em todas as direções. Na situação indicada na figura 1.47, a peneira seleciona os palitos, deixando passar apenas os que incidem paralelamente às suas fendas. Na figura 1.47 (a) a direção das fendas do analisador (2º polarizador) é idêntica ao do polarizador, por isso não retêm os palitos que já passaram pelo polarizador. Em (b) a direção das fendas do analisador não coincide com a do polarizador, por isso os palitos que passaram pelo polarizador são agora retidos. Os palitos que caem verticalmente “representam ondas longitudinais e ilustram a impossibilidade de polarizar tais ondas, já que nas duas situações elas atravessam tanto o polarizador como o analisador.

fig. 1.47



Representação da polarização através de uma analogia.

f. Agitação mecânica das bolas de isopor localizadas nos nós de uma rede elástica tridimensional,

INTRODUÇÃO À TERMODINÂMICA

273

a compreensão do comportamento dessas partículas com a temperatura. Veja as figuras:

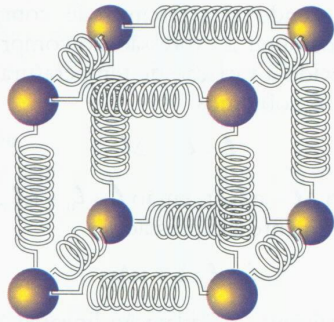


figura a

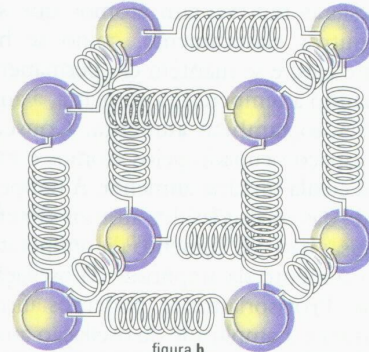


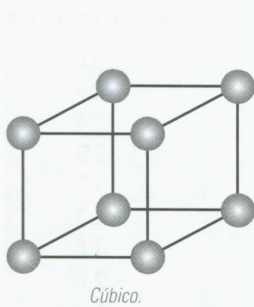
figura b

Modelo mecânico de sólido cristalino. As esferas representam os átomos, presos uns aos outros como se estivessem ligados por molas (a). Quando a temperatura varia, varia a amplitude de oscilação dessas esferas. As esferas sombreadas em lilás representam o espaço "disponível" para essas oscilações (b).

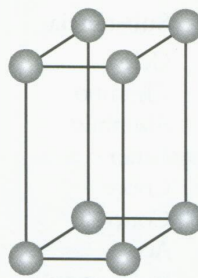
Sólidos cristalinos

Aprofundamento

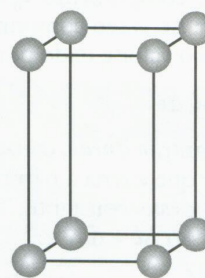
Sistemas cristalinos



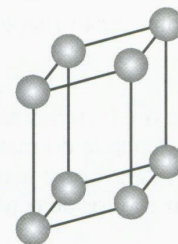
Cúbica.



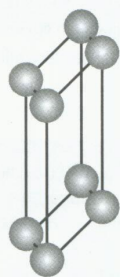
Tetragonal ou quadrática.



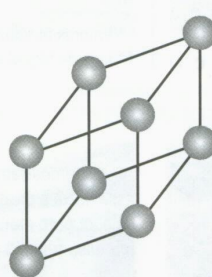
Ortorrômbica.



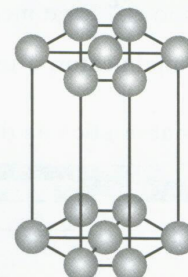
Monoclínica.



Triclinica.



Trigonal ou romboédrica.



Hexagonal.

Embora os átomos, íons e moléculas dos sólidos estejam sempre em movimento vibratório, essas partículas movem-se em torno de posições fixas, extraordinariamente próximas. Essas posições fixas têm configurações tridimensionais bem definidas, como se fossem células, que se repetem e se justapõem ao longo de toda a estrutura do material. Há basicamente sete tipos diferentes dessas células, conhecidos como células unitárias, que compõem os sistemas cristalinos, representados na figura. Todos os metais, sais e

quase todos os minerais, quando sólidos, são *cristalinos*, ou seja, a sua estrutura elementar se constitui de pelo menos um desses sistemas cristalinos.

Existem, no entanto, sólidos que não têm estrutura cristalina, isto é, seus átomos, moléculas e íons não se agrupam em sistemas ordenados e repetitivos. O modelo da sua estrutura molecular é semelhante ao dos líquidos. São sólidos *amorfo*s. Entre eles se destacam o vidro, os plásticos, a borracha, o piche e o asfalto.

g. A energia potencial de um sistema mecânico (sistema massa-mola),

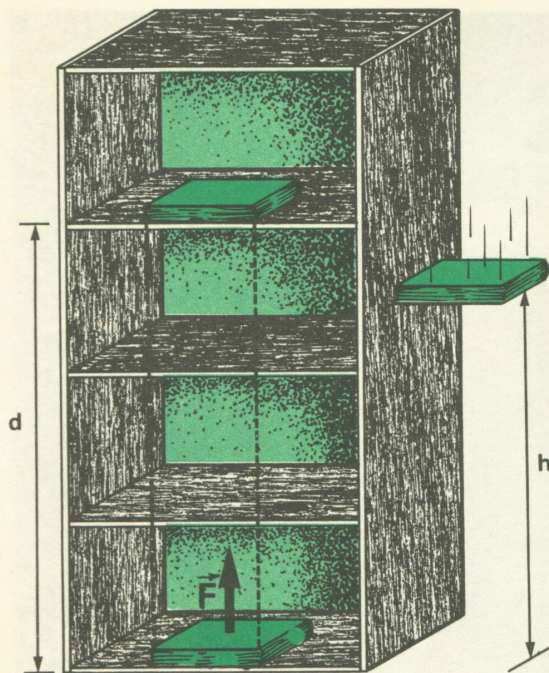


figura 1

## 1. Energia potencial mecânica

Quando você eleva um livro do chão até uma prateleira situada a uma altura  $d$  (figura 1), seus músculos realizam um trabalho  $\tau$  (letra grega; lê-se "tau"), dependendo assim uma certa quantidade de energia total  $\varepsilon_T$ .

Num determinado instante, durante o processo, o livro terá energia cinética e energia potencial, sendo a soma dessas duas energias igual à energia total fornecida até aquele instante.

Se, após alcançar a altura  $d$ , o livro permanecer nessa posição, ele não mais possuirá energia cinética e toda sua energia estará na forma de energia potencial  $\varepsilon_p$ .

$$\varepsilon_T = \varepsilon_p = \tau$$

Se agora deixamos o livro cair livremente, sob a ação da força de atração gravitacional, sua energia potencial irá se transformando em energia cinética: durante essa transformação, quando o livro se encontra a uma altura  $h$  do chão, a soma de sua energia cinética  $\varepsilon_c(h)$  com

3-2

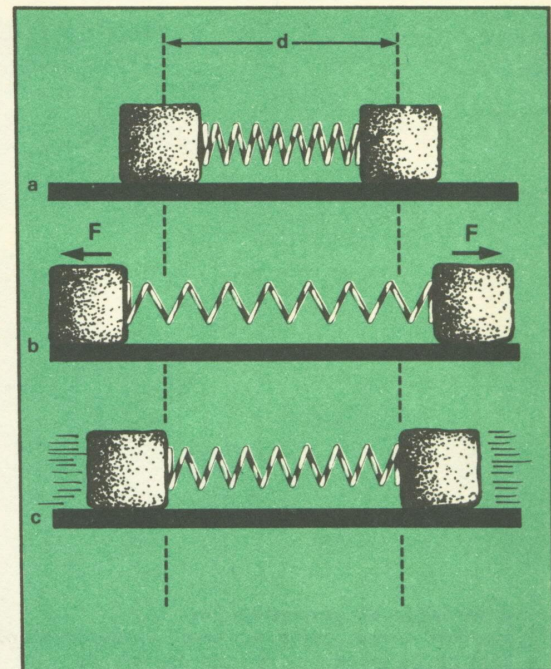


figura 2

sua energia potencial  $\varepsilon_p(h)$  é igual à energia total:

$$\varepsilon_c(h) + \varepsilon_p(h) = \varepsilon_T$$

A expressão acima resulta de uma aplicação de um dos princípios fundamentais da Física — o **princípio da conservação da energia**.

**Q1** — Que relação existe entre a energia potencial armazenada e a altura da prateleira em que o livro se encontra?

Na situação que acabamos de descrever, falamos sempre em energia cinética e potencial do livro; no entanto, não podemos nos esquecer de que o problema envolve a presença da Terra. De fato, assim como a Terra atrai o livro, este atrai o planeta com uma força de mesma intensidade.

Podemos utilizar o conceito de campo gravitacional para nos referirmos mais corretamente a esse tipo de situação. Dizemos então que, quando realizamos um certo trabalho fazendo com que o livro se afaste da Terra, esse trabalho é armazenado sob a forma de energia potencial no sistema livro-Terra, ou no campo gravitacional.

## h. O cheiro emanado de um vidro de perfume aberto,

204

ELETROMAGNETISMO

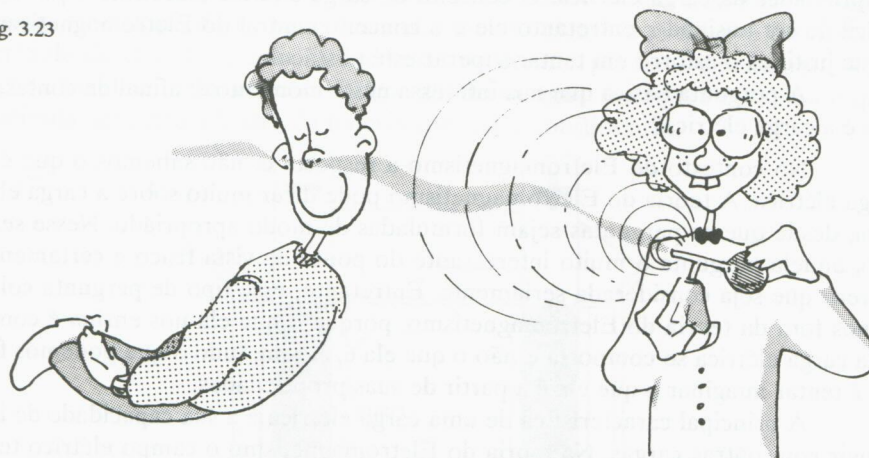
todo o espaço que a circunda. O conceito de campo elétrico podemos entender como sendo uma “aura” que envolve a carga elétrica, o que já foi discutido na parte 1.

O campo elétrico pode ser pensado como uma espécie de “substância eletromagnética” que envolve a carga.

Não existe carga elétrica sem campo. Esses dois entes, carga e campo, sempre estão juntos. Por exemplo, quando damos “um puxão” em uma carga fazendo com que essa se mova, o campo elétrico também é arrastado junto com a carga.

O campo elétrico de uma carga é eterno, sendo, por isso, incorreto pensar que uma carga emite um campo elétrico. Esta idéia pode ser melhor compreendida com uma comparação entre um frasco de perfume e a carga elétrica. De um frasco de perfume aberto emanam moléculas que preenchem todo o recinto onde ele se encontra, criando um “campo de cheiro” em todos os pontos dessa região. Se o frasco ficar aberto por muito tempo, esse “campo de cheiro” tenderá a desaparecer em razão da evaporação do perfume. Nesse sentido o “campo de cheiro” não é eterno e portanto não análogo ao campo elétrico, porque da carga elétrica não é emanado nada material ou seja, o campo elétrico não se evapora, ele existe junto com a carga e nesse sentido é eterno. É por isso que a expressão “substância eletromagnética” foi colocada entre aspas.

fig. 3.23



Representação do “campo de cheiro”.

Cada carga possui o seu campo elétrico e a relação entre os dois não pode ser modificada de nenhum modo. Com isso queremos dizer que a relação entre uma carga e o seu campo não se modifica quando colocamos ou retiramos outras cargas elétricas na mesma região do espaço.

Na figura 3.24, o campo elétrico de uma carga está representado por uma aura onde as intensidades do campo elétrico e do “tom” do sombreado estão associadas.

## i. O fluxo de água em um cano,

passa no começo e no fim do fio elétrico é a mesma. Mas não a **pressão** a que eles estão submetidos. A pressão no final será menor.

Se queremos que um cano d'água transporte mais litros por segundo, temos de aumentar a pressão dentro dele, abrindo mais a torneira para fazer entrar mais água ou usando uma bomba para forçar mais água para dentro do cano.

Se desejamos que um fio elétrico transporte mais ampères, isto é, mais coulombs de carga por segundo, temos de aumentar a **voltagem** (pressão elétrica) no fio.

Assim como a pressão da água nos canos é medida com aparelhos chamados manômetros (os repuxos produzidos no cano d'água são manômetros primitivos), a pressão, tensão ou **voltagem** nos fios elétricos é medida com aparelhos chamados **voltímetros**.

### As voltagens mais comuns

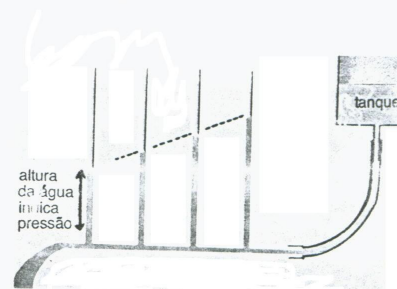
A rede elétrica doméstica usa, em geral, uma tensão, voltagem ou pressão elétrica de 110 V. Raramente se emprega 220 V, tensão mais apropriada a máquinas de porte maior que os eletrodomésticos.

Uma lâmpada neon, entretanto, precisa de uma tensão de 5.000 V para acender. Se a ligarmos na tomada de 110 V ela não funcionará, criando a necessidade de usar um "compressor" especial chamado **starter**. O starter toma carga da rede comum com 110 V e a pressiona para dentro da lâmpada a uma voltagem maior. Funciona como a bomba d'água de um prédio, que toma a água dos canos da rua à pressão normal e a submete a uma pressão maior, para fazê-la subir até a caixa d'água.

A eletricidade trazida das hidrelétricas para as cidades e indústrias chega com voltagens e pressões enormes: 110.000 V ou 300.000 V de tensão elétrica.

### 3. O WATT (W), MEDIDA DA POTÊNCIA ELÉTRICA

O que é potência? Tomemos dois jatos d'água com igual diâmetro: o mais alto é o mais potente porque possui **maior pressão**. Mas se tomarmos dois jatos d'água na mesma altura e diâmetro diverso, o mais grosso será o mais potente porque tem **mais água**. Em eletricidade, a potência depende tanto da pressão ou tensão elétrica (voltagem) como da quantidade de corrente (amperagem). Na prática, calcula-se a potência elétrica multiplicando a corrente (ampères) pela tensão (volts). Se uma pilha tem 3V e 0,5A, sua potência será de  $3 \times 0,5 = 1,5$  Watts. Se uma resistência ligada a uma rede de 220 volts for atravessada por uma corrente de 4,5 ampères, a potência desta resistência será de 990 Watt. Potências maiores são medidas em 1.000 Watt ou Kilowatt, cuja abreviatura é **KW**.

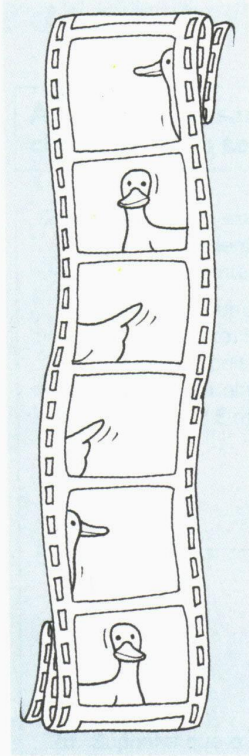


*A voltagem, ou tensão elétrica, pode ser comparada com a pressão da água. A altura da água nos quatro tubos verticais mostra como a pressão diminui ao longo do comprimento do tubo. Quanto mais perto do fim do tubo, menor a pressão da água. Quanto mais perto do início, maior a pressão. O fluxo elétrico comporta-se da mesma forma.*

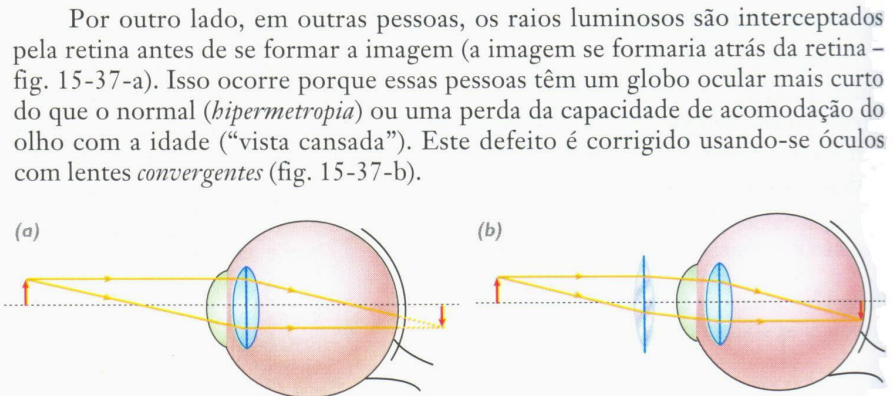
## j. O funcionamento de uma máquina fotográfica,

280

Curso de Física



A retina de nossos olhos, ao ser sensibilizada pela luz proveniente de um objeto, conserva esta imagem durante cerca de 0,1 s. Então, quando duas ou mais imagens se superpõem na retina, com intervalo igual ou inferior a este, temos a sensação de continuidade. Este fato é usado na televisão e no cinema para nos dar a impressão de que os objetos que aparecem na tela estão em movimento. Por exemplo: na figura, vemos vários instantâneos sucessivos de um objeto em movimento. Se esses instantâneos forem projetados, de tal modo que o intervalo de tempo entre a projeção de cada um e o seguinte seja inferior a 0,1 s, veremos o objeto na tela como se estivesse em movimento.



### A MÁQUINA FOTGRÁFICA

A fig. 15-38 mostra esquematicamente a formação da imagem em uma máquina fotográfica. Este instrumento, como se pode perceber, funciona de maneira muito semelhante ao olho humano. Um sistema de lentes, denominado *objetiva* da máquina, comporta-se como uma lente convergente que forma uma imagem real e invertida do objeto a ser fotografado. Para focalizar um objeto, isto é, para que sua imagem se forme nitidamente sobre o filme, existem dispositivos especiais que nos permitem afastar ou aproximar a lente do filme.

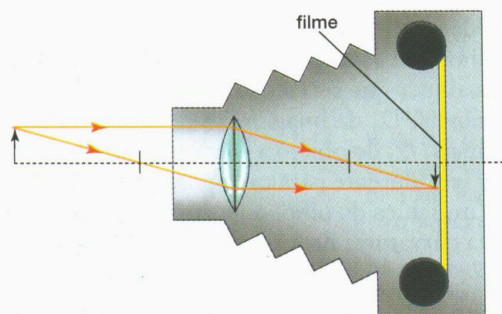


Fig. 15-38: Na máquina fotográfica, a imagem real de um objeto se forma sobre o filme.

Quando a focalização não é bem feita, a imagem não se forma exatamente sobre o filme e a fotografia obtida não é nítida.

A luz que vem do objeto, ao incidir no filme, provoca nele certas reações químicas que fazem com que a imagem fique aí gravada. Você já deve ter observado que o filme apresenta a imagem em negativo, isto é, as reações químicas são tais que as partes do filme que recebem mais luz (proveniente das partes mais claras do objeto) tornam-se escuras e vice-versa.

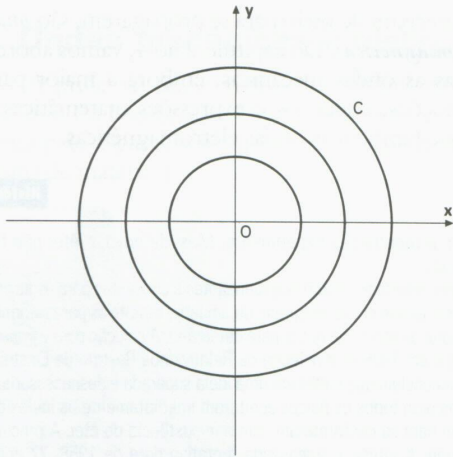
### O PROJETOR

Do mesmo modo que a máquina fotográfica, o projetor de diapositivos (projetor de *slides*) possui um sistema de lentes que atua como uma lente convergente para formar uma imagem real de um objeto. Neste caso, o objeto é um

## k. "Ola" em um estádio de futebol,

34

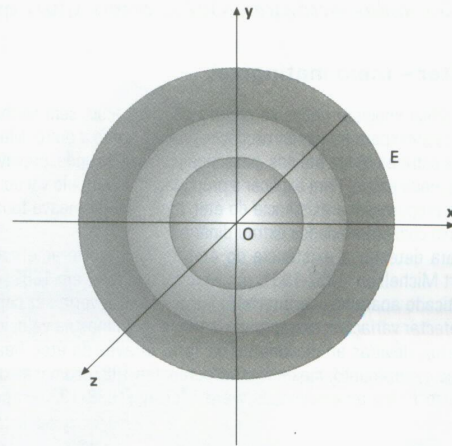
Capítulo 2



A onda propagando-se na água é bidimensional. A frente de onda é o círculo **C**, descrito pelos eixos **x** e **y**.

As ondas sonoras propagam-se por todo o espaço. São ondas *tridimensionais*, ou seja, a sua descrição matemática exige um sistema de três coor-

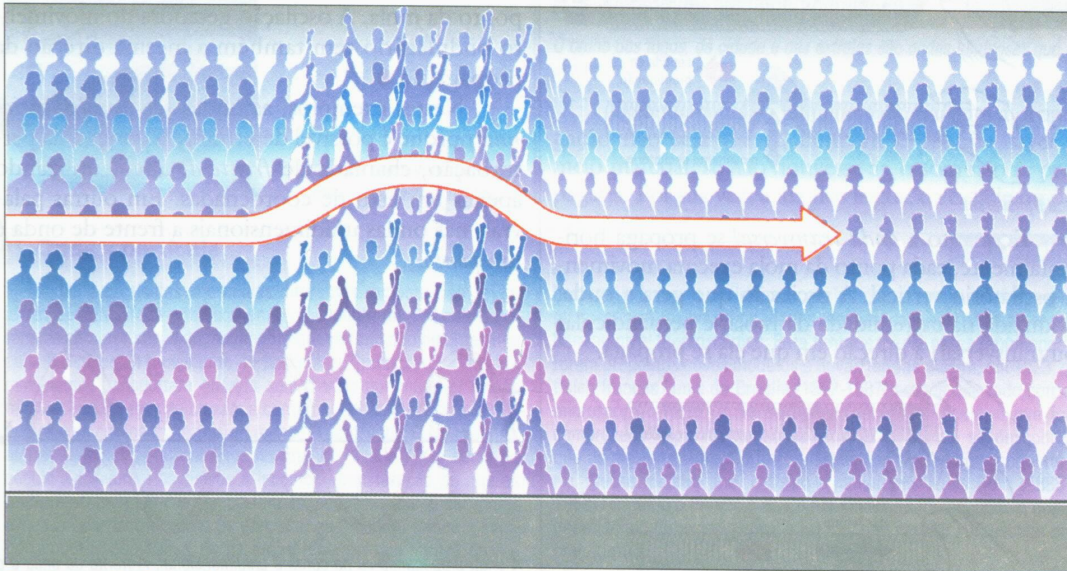
denadas. A frente de ondas tridimensionais é sempre uma *superfície*. No caso das ondas sonoras, podem ser superfícies esféricas.



A onda sonora é tridimensional. A frente de onda é a esfera **E**, descrita pelos eixos **x**, **y** e **z**.

### Qual é a "cara" de uma onda?

Cotidiano



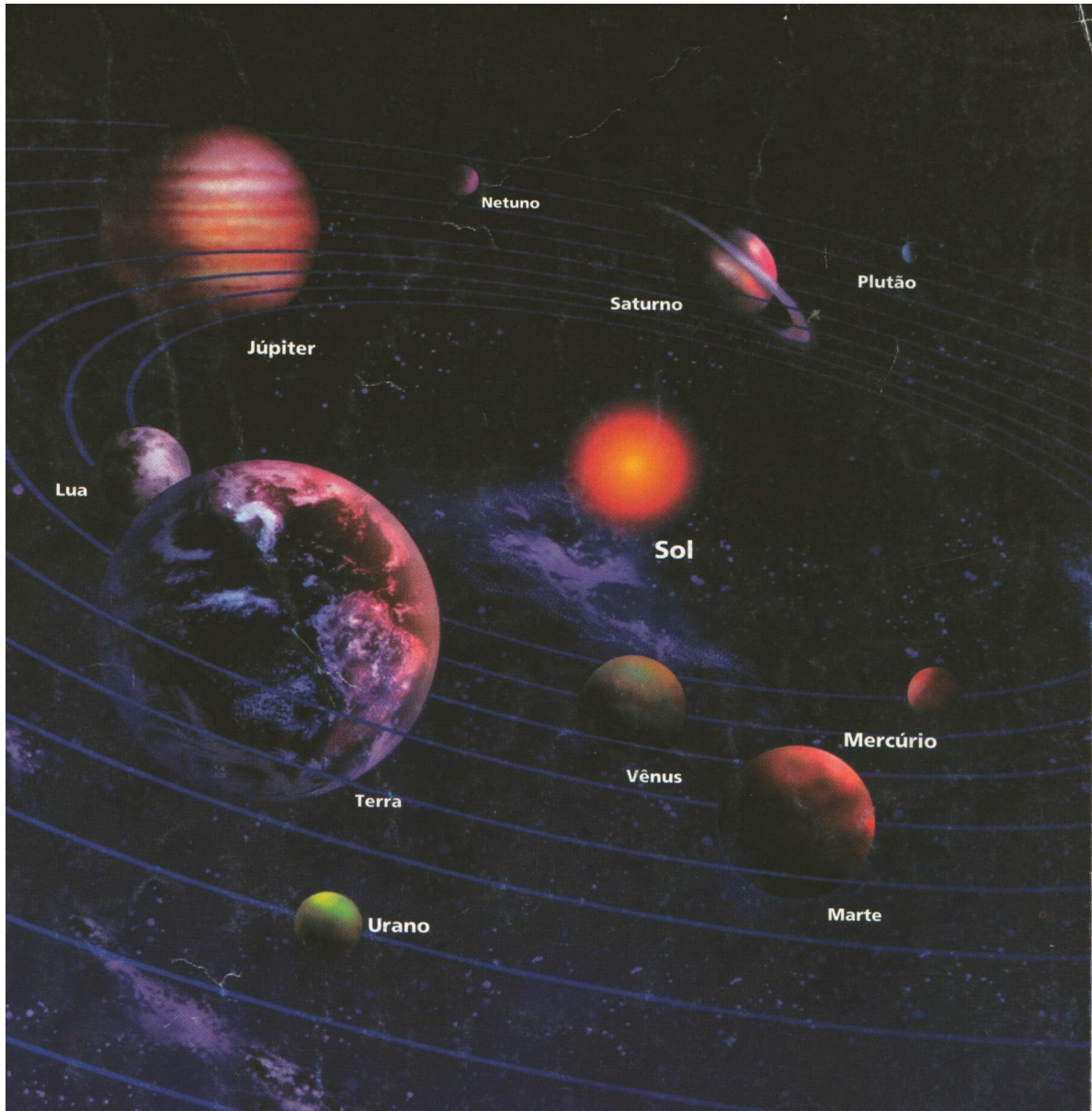
Quando as torcidas fazem a *ola*, as pessoas se levantam e se abaixam, simulando um pulso transversal.

A idéia cotidiana de onda está ligada à forma das ondas do mar. Quando alguém fala em onda, pensa em onda transversal, jamais em onda longitudinal. Quando as torcidas fazem a *ola*, palavra espanhola que significa "onda", as pessoas levantam-se e abaixam-se, simulando uma onda – na verdade, um pulso – transversal. A ninguém ocorria a idéia de balançar-se lateralmente para gerar ondas ou pulsos lon-

gitudinais. Na natureza, o exemplo mais comum de ondas longitudinais são as ondas sonoras, mas elas se propagam no ar e são invisíveis. Além de ser difícil de realizar na prática, é difícil imaginar e principalmente desenhar ondas longitudinais. Isso nos obriga, por razões didáticas, a utilizar ondas transversais na maioria das figuras, que, no entanto, são igualmente válidas para as ondas longitudinais.



## I. O sistema planetário,



m. Um pudim de ameixas ou passas,



n. Uma cebola cortada ao meio,



o. Água escoando por um ralo,



p. Malha de um sistema ferroviário,



## q. O sistema circulatório humano,

## O encanamento do corpo

Conheça algumas das veias e artérias por onde o sangue viaja.

**OS GRANDES RIOS**  
Ligadas diretamente ao coração, as **veias cavas** superior e inferior trazem o sangue carregado de gás carbônico. A cava inferior funciona como um grande rio, com vários afluentes. Os principais vêm de órgãos como o fígado e os rins.

**O TUBO DE OXIGÊNIO**  
Embora seja tecnicamente uma veia — porque vai dos tecidos para o coração —, a **veia pulmonar** carrega sangue arterial, rico em oxigênio, direto dos pulmões. Uma vez no coração, o sangue vindo dela será impulsionado pela aorta para todos os outros órgãos.

**COMBUSTÍVEL DAS PERNAS**  
Prolongamento da aorta nos membros inferiores, é da **artéria femoral** que saem todos os vasos da perna. Por carregar grandes quantidades de sangue, sua ruptura pode até matar.

**PEÇA SOBRESSALENTE**  
Embora esteja longe de ser um dos dutos principais do sangue, a veia da perna chamada **safena** ficou conhecida por servir como substituta de coronárias entupidas. Os médicos a usam para fazer uma "ponte" sobre a artéria entupida, para que o sangue possa voltar a circular normalmente.

**NA MIRA DO VAMPIRO**  
Para azar dos vampiros do cinema, as **veias jugulares** não são o local mais adequado para se achar sangue fresco. Elas trazem o sangue com gás carbônico do cérebro para a veia cava superior, por onde ele é jogado no coração. Já as **artérias carótidas**, que correm ao seu lado, vêm cheias de oxigênio. Boas de morder.

**A SUPER-RODOVIA**  
Principal artéria do corpo, a **aorta** é também a maior delas. Tem até cinco centímetros de diâmetro, e forma um arco sobre o coração, de onde partem as subclavianas (que irrigam os braços) e as carótidas (que oxigenam o cérebro).

**Atravessando as paredes**  
O oxigênio ( $O_2$ ) que vem dos pulmões ligado à hemoglobina solta-se à medida em que o sangue passa pelos capilares. Isso acontece porque os tecidos são mais ácidos do que os pulmões, o que rompe a fraca ligação do gás com a hemoglobina. A molécula de oxigênio se difunde por osmose

**Para agüentar a pressão**  
**Artérias:** Possuem uma camada muscular grossa e resistente, para suportar a pressão do sangue, que sai a todo vapor do coração.  
**Veias:** Têm uma parede muscular mais fina e menos elástica que as artérias. Mas não precisam de mais do que isso, pois o sangue corre nelas impulsionado por uma pressão muito baixa — tão baixa que algumas têm válvulas que se fecham quando o líquido passa, para que ele não volte.

para as células pelas paredes dos pequenos vasos. O gás carbônico ( $CO_2$ ), em excesso nos tecidos, também atravessa os vasos e vai parar no sangue, por onde será expelido.

**SUPERINTERESSANTE COLEÇÕES** **9**

r. A intensidade da força gravitacional,

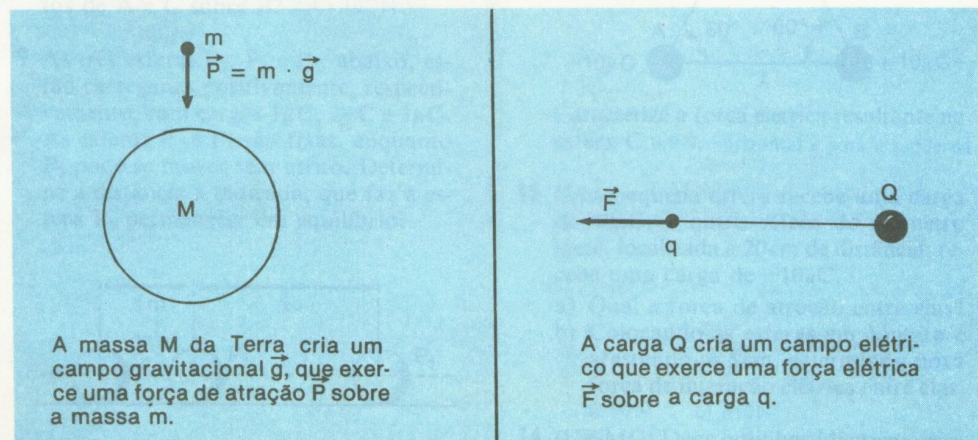
# Campo elétrico

## INTRODUÇÃO

O conceito de campo elétrico pode ser melhor apresentado fazendo-se uma analogia do campo elétrico com o campo gravitacional criado pela Terra em torno de si: a gravidade  $g$ .

Um corpo próximo à Terra fica sujeito a uma força de atração gravitacional (o seu peso), decorrente da ação do campo gravitacional  $g$  sobre a massa  $m$ .

Uma carga elétrica  $Q$  produz, em torno do espaço que a envolve, uma região afetada pela sua presença, o **campo elétrico**. Uma carga puntiforme  $q$ , na presença de um campo elétrico, fica sujeita à ação de uma força elétrica.



É importante observar que o campo elétrico é uma propriedade dos pontos da região influenciada pela presença da carga elétrica  $Q$ , não dependendo da presença da carga de prova  $q$  nesses pontos para a sua existência. A carga de prova  $q$  é utilizada somente para a verificação da existência do campo elétrico num determinado ponto da região.

Portanto:

Existe uma *região de influência da carga  $Q$*  onde qualquer carga de prova  $q$ , nela colocada, estará sob a ação de uma força de origem elétrica. A essa região chamamos de *campo elétrico*.

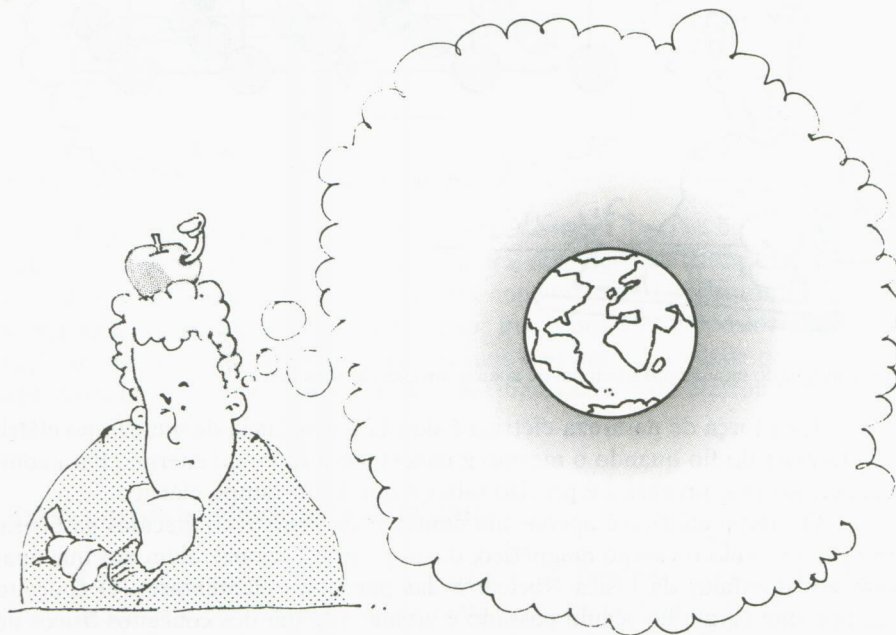
## s. O campo gravitacional da terra,

predominância em Física e permaneceu um dos conceitos físicos básicos. O campo eletromagnético é, para a Física moderna, tão real quanto a cadeira que sentamos”<sup>4</sup>.

Muitos aspectos do campo elétrico são análogos aos do campo gravitacional. Por isso a abordagem do campo elétrico no fio será precedida de uma breve apresentação do campo gravitacional, porque os efeitos deste último estão mais próximos da nossa vivência.

Do ponto de vista físico, a evidência mais comum do campo gravitacional é a força peso. O peso de um objeto qualquer, tal como o de uma maçã, é devido à ação da Terra sobre essa maçã, intermediada pelo campo gravitacional. O conceito de campo nos permite compreender como se dá essa ação. Nesse contexto, a Terra, como qualquer outro corpo com massa, é concebida como se tivesse em torno de si uma “aura”, que é o campo gravitacional. É importante ressaltar que a palavra “aura” não está sendo usada em sua conotação mística, religiosa ou espiritualista, mas com o significado de algo sutil, tênue e real, que envolve as massas. Em outras palavras, pode-se pensar no campo gravitacional como uma parte real, mas não propriamente material, do objeto com massa, que preenche todo o espaço que o circunda como sugere a fig. 1.4.

fig. 1.4



Representação do campo gravitacional da Terra através da “aura”.

4. Esta consideração encontra-se em: A. Einstein e L. Infeld *A Evolução da Física*, 2. ed., Rio de Janeiro, Zahar, 1966, p. 125.



t. Livros alocados em uma estante,

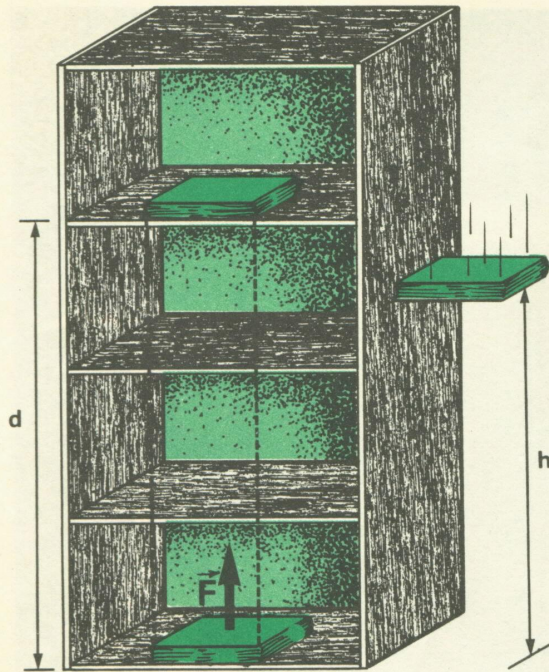


figura 1

## 1. Energia potencial mecânica

Quando você eleva um livro do chão até uma prateleira situada a uma altura  $d$  (figura 1), seus músculos realizam um trabalho  $\tau$  (letra grega; lê-se "tau"), dependendo assim uma certa quantidade de energia total  $\varepsilon_T$ .

Num determinado instante, durante o processo, o livro terá energia cinética e energia potencial, sendo a soma dessas duas energias igual à energia total fornecida até aquele instante.

Se, após alcançar a altura  $d$ , o livro permanecer nessa posição, ele não mais possuirá energia cinética e toda sua energia estará na forma de energia potencial  $\varepsilon_p$ .

$$\varepsilon_T = \varepsilon_p = \tau$$

Se agora deixamos o livro cair livremente, sob a ação da força de atração gravitacional, sua energia potencial irá se transformando em energia cinética: durante essa transformação, quando o livro se encontra a uma altura  $h$  do chão, a soma de sua energia cinética  $\varepsilon_c(h)$  com

3-2

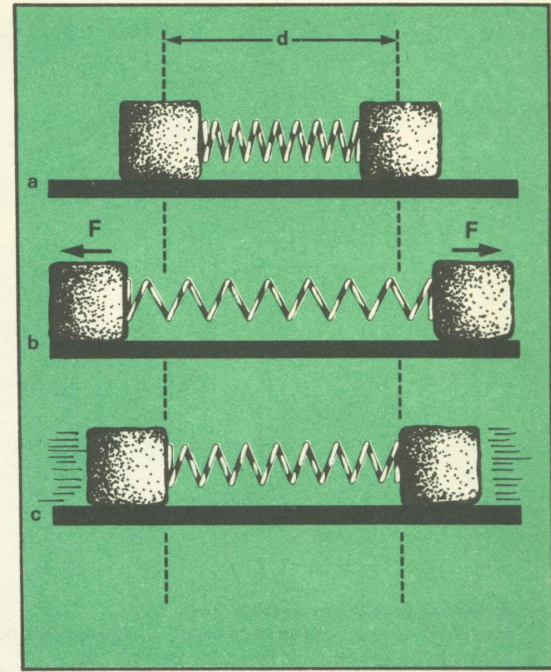


figura 2

sua energia potencial  $\varepsilon_p(h)$  é igual à energia total:

$$\varepsilon_c(h) + \varepsilon_p(h) = \varepsilon_T$$

A expressão acima resulta de uma aplicação de um dos princípios fundamentais da Física — **o princípio da conservação da energia**.

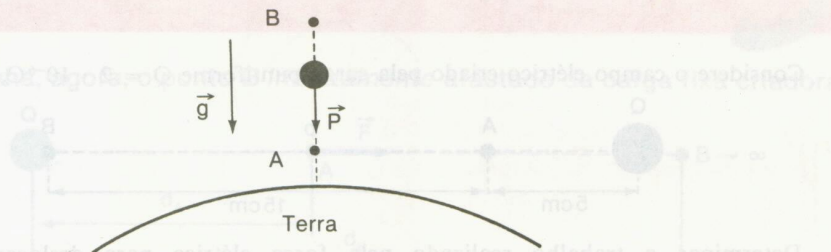
**Q1** — Que relação existe entre a energia potencial armazenada e a altura da prateleira em que o livro se encontra?

Na situação que acabamos de descrever, falamos sempre em energia cinética e potencial do livro; no entanto, não podemos nos esquecer de que o problema envolve a presença da Terra. De fato, assim como a Terra atrai o livro, este atrai o planeta com uma força de mesma intensidade.

Podemos utilizar o conceito de campo gravitacional para nos referirmos mais corretamente a esse tipo de situação. Dizemos então que, quando realizamos um certo trabalho fazendo com que o livro se afaste da Terra, esse trabalho é armazenado sob a forma de energia potencial no sistema livro-Terra, ou no campo gravitacional.

### u. Energia potencial gravitacional,

Pode-se fazer outra vez a analogia com a força-peso  $\vec{P}$ , quando elevamos um corpo de um ponto A para um ponto B, situado acima de A.



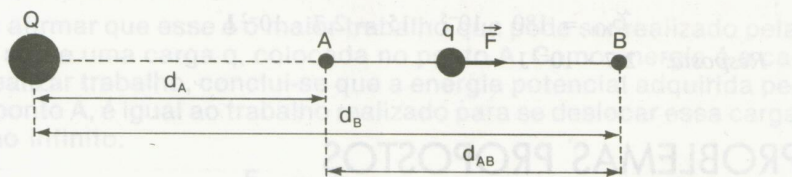
Isto é, o trabalho executado para vencer a força-peso, no deslocamento de A para B, não foi perdido, pois ficou armazenado no corpo sob a forma de *energia potencial gravitacional*, podendo ser recuperado no caminho inverso.

## EXPRESSÃO DO TRABALHO DA FORÇA ELÉTRICA

2

4

Considere um campo elétrico criado por uma carga fixa Q, e uma carga de prova q se deslocando de um ponto A para um ponto B, devido à ação da força elétrica.



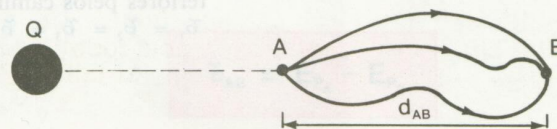
Se a força elétrica  $\vec{F}$  que atua na carga de prova q fosse constante, o trabalho realizado seria dado pela expressão geral:

$$\mathcal{W} = F \cdot d_{AB}$$

Como, porém, a força elétrica é variável com a distância, apresentaremos apenas a expressão que fornece o trabalho realizado no deslocamento de A para B, sem preocupações dedutivas, pois estas envolvem recursos de matemática superior.

$$\mathcal{W}_{AB} = q \cdot k_0 \cdot Q \cdot \left( \frac{1}{d_A} - \frac{1}{d_B} \right)$$

Deve-se observar que o trabalho da força elétrica  $\vec{F}$  não depende da trajetória, mas apenas dos pontos inicial A e final B. Essa é uma característica das forças conservativas. Assim, se a trajetória da carga q fosse alterada para ir de A para B pela ação da força elétrica  $\vec{F}$ , o trabalho continuaria o mesmo.



v. Alunos participando de uma aula.



APÊNDICE E – TRANSCRIÇÃO DA ENTREVISTA COM A ALUNA LCC E COM O ALUNO UDVJ

Neste apêndice é apresentada, como exemplo, a transcrição da entrevista, realizada com a aluna LCC e com o aluno UDVJ em 08/03/2004

- Aluna LCC

Leandro (L): Tá, LCC, né?

Lisiane (A): Uhum.

L: Tá, o que tá tratando aí, LCC, nesse, nesse texto?

A: Sobre eletrização pelo contato?

L: Sobre eletrização pelo contato?

A: É.

L: Uhum, tá. E ele usa aí uma coisa diferente aí pra trabalhar com esse conteúdo? O que que ele faz aí?

A: O que que ele... o que que ele utilizou pra fazer isso?

L: Uhum.

A: Pra fazer experiência ou pra...

L: Não, pra explicar o conteúdo. O que que ele utilizou aí? Tu notou alguma coisa diferente, assim?

A: Ah professor, eu vou ter que ler de novo pra eu poder explicar o que que eu... não eu sei que ele pegou e utilizou um fio pra , quer dizer, ele falou que , eu entendi que ele, que, que... ai como que dizia aqui... que não precisava, pra um corpo não precisava ser atritado pra ele tá carregado, não pra ele ficar eletrizado, que ele já podia... que era só ele passar um fio lá... ah e no outro aqui, que ele ia tá carregado, uma coisa assim. Foi o que eu entendi mais ou menos. Foi isso.

L: Uhum. Tá e isso aqui? Debaixo, que que ele...

A: Isso aqui?

L: Isso aqui, pra que que serve isso? Tá é pra explicar isso aqui ou não?

A: Não, eu acho que isso aqui, que isso aqui é pra explicar o que tá escrito aqui. Não que isso seja... é, é o que eu acho, eu acho que esse negócio explica o que tá falando, mas não que isso explique o que tá falando aqui.

L: É?

A: Sim.

L: Lê primeiro, pra mim essa primeira...

A: Em voz alta?

L: Isso, a primeira frase.

A: A divisão de cargas entre dois condutores em contato pode ser compreendida com o auxílio da analogia proposta na figura a seguir.

L: Humn, tá e aí?

A: E aí, o quê?

L: O que que tu percebeu aí?

A: O que eu percebi na figura?

L: Não. O que que tu, quando tu leu aí, disse assim oh: ah...

A: Hã, hã porque o que tava escrito aqui era daqui.

L: Ah tá, então isso... isso tá escrito pra, pra explicar o quê?

A: O que tava escrito aqui.

L: Ah tá. E o que que ele utilizou, então? Uma...

A: Analogia?

L: É. E o que que é uma analogia? O que que ele fala pra ti? Tu sabe?

A: Ai, é... são coisas, são semelhantes sobre coisas diferentes ou diferentes sobre coisas semelhantes... uma coisa assim.

L: Como? Repete pra mim.

A: Semelhança entre coisas diferentes.

L: Semelhança entre coisas diferentes?

A: É. Se não me engano, é.

L: Uma analogia?

A: É, porque, antes eu pensava que análogo era... ai como é que é... eram coisas que tinham a mesma função pra coisas diferentes, então que isso era relacionado com analogia, então, eu acho que analogia seja coisas semelhantes, há, tipo assim, coisa semelhante entre coisa diferente. Um negócio assim.

L: Uhum. Tá, tu lembra de algum professor ter utilizado uma comparação para explicar algo pra você?

A: Não.

L: Em outras disciplinas?

A: Ah, em outras já. Biologia.

L: Biologia?

A: Aham.

L: Que comparação, tu lembra? Que analogia? Que assunto?

A: Ah ela levou, ela levou um núcleo de um, de um corpo humano. Daí ela ficava comparando assim, mostrando.

L: Quando foi?

A: Pois é, não lembro.

L: Não lembra?

A: Foi ano retrasado isso.

L: No ano retrasado? E, em física, em outros anos, no primeiro ano, no segundo ano?

A: Em física, não, nadinha.

L: Não lembra?

A: Não.

L: De nenhuma?

A: Não lembro não, que eles não, não fizeram comparação nenhuma. Objetos, assim, não.

L: Ah tá. Tá então agora eu vou te descrever algumas situações e eu queria que tu me dissesse se te é familiar ou não e porque que é.

A: Tá.

L: Tu vai ter que justificar porque que é e porque que não é, né, se não é familiar tu vai ter que oh: não é por causa disso e daquilo.

A: Tá.

L: E se é familiar, tu vai ter que dizer porque que é e que não é. O primeiro é um circuito hidráulico, um circuito hidráulico, tu já ouviu falar num circuito hidráulico? É familiar ou não, pra ti, o circuito hidráulico?

A: Já ouvi falar, mas... mas não sei o que que é. Assim, já ouvi outras pessoas perto de mim comentarem o que que é, mas eu ia perguntar: ah o que que isso? Então, não sei.

L: Tá, então, tu considera isso familiar ou não?

A: Familiar em eu já ter ouvido falar e não familiar em não conhecer o que que é.

L: Tá, e isso, tu jogando, tu pode pensar, assim, é familiar ou não pra ti, então?

A: Sei lá, eu acho que não, porque eu não conheço o que que é.

L: Tu não conhece?

A: Não conheço.

L: Tá. Tá ok então. Então por isso não é familiar, porque tu não conhecer?

A: Não, não.

L: O funcionamento de vasos comunicantes, isso aqui tu lembra de ter trabalhado no ano passado ou não?

A: Em física, né?

L: Aham.

A: Não, acho que não porque o professor, porque ele, ele não tinha o costume, ele só passava dez, umas dez linhas, mandava a gente abrir o polígrafo, agora façam os exercícios e se a gente quisesse alguma coisa, ele ia explicar, mas ele nunca explicava no quadro, ele nunca... era sempre assim as aulas dele, daí ninguém entendia nada, então, sobre isso tenho certeza que a gente não, não viu.

L: então, e é familiar, então, isso pra ti ou não?

A: Não.

L: Não é familiar?

A: Não.

L: Por causa disso?

A: Por causa disso.

L: Por tu não ter trabalhado no ano passado?

A: É.

L: Tá.

A: Que eu me lembre não, né.

L: Uhum. Outra situação é o fluxo de pessoas num shopping center, tá o fluxo de pessoas num shopping center é familiar pra ti ou não?

A: Fluxo é todo mundo?

L: Hã?

A: Monte de pessoas?

L: Fluxo... monte de pessoas.

A: É, familiar.

L: É familiar?

A: É.

L: Por que que é familiar?

A: Não, porque eu já tive lá e já tive no meio das pessoas.

L: Uhum.

A: Por isso.

L: Por isso que é familiar?

A: É familiar.

L: Tu já foi num shopping, tu conhece...

A: Já.

L: Qual shopping?

A: Ah eu fui nesses em Santa Maria, fui no Monet, fui no Plaza, Plaza não aquele, no ai como é, o Elegância.

L: O Elegância?

A: Uhum.

L: Uhum. Então, por isso que é familiar pra ti?

A: É, por isso.

L: Tá e as pessoas ficam lá aonde? Nos corredores?

A: Ficam nos corredores, nas praças de alimentação, no cinema...

L: Uhum. Tá ok. A outra situação é a modificação da trajetória de duas rodas presas a um eixo ao mudarem de terreno. Tá? Duas rodas presas a um eixo mudando de terreno, por exemplo, do carpete pra areia. É essa situação aí. É familiar pra ti ou não?

A: Que eu tenha feito isso não, mas... ai deixa eu ver, tipo pegar assim, juntar um palito botar duas rodinhas e passar dela pra um, pra um outro lugar?

L: Isso.

A: É.

L: Você acha q isso, por exemplo, as rodas do carro, é familiar?

A: Mas dá pra imaginar com uma outra coisa menor, né?

L: Sim.

A: Já é.

L: É familiar?

A: É.

L: Tá e por que que é familiar, então, tu justificaria como?

A: Porque eu pegava quando era menor, um palitinho e botava dois botãozinhos e daí eu fazia tipo uns carrinhos, assim sabe, pra mim.

L: Uhum.

A: Quero dizer, pra mim, não, pros meus primos quando eu brincava com eles. Então, pra mim, é familiar.

L: Pra ti é familiar?

A: É.

L: Ah, tá ok, então. Hã... a passagem de parte de um feixe de bastões, no caso palitos de fósforos, incidindo numa grelha (peneira de fendas), essa situação aqui, esses palitos sendo jogados, parte tá passando oh, pelas peneiras, é familiar ou não?

A: Não.

L: Não é?

A: Não porque eu nunca vi alguém fazendo isso e porque eu nunca fiz isso. Então, pra mim, não é familiar.

L: Não é familiar?

A: Não.

L: Tá. Tu conhece palitos de fósforos?

A: Sim.

L: E peneira?

A: Também.

L: Daí, então?

A: Mas eu acho assim, eu conheço essas coisas, mas eu nunca fiz, nunca peguei os palitos e fiz uma peneira e fiquei...

L: Uhum. Tá.

A: Nesse caso, não seria. Na minha opinião, né.

L: Tá bom, então. Hã... energia potencial num sistema mecânico, sistema corpo-mola. Esse sistema aqui oh: corpos passivos com molas sendo espichado e contraído, é familiar pra ti?

A: Não.  
L: Não é?  
A: Não.  
L: Por quê?  
A: Porque eu nunca vi.  
L: Tu nunca viu?  
A: Não.  
L: Não trabalhou isso o ano passado? Em MHS...  
A: Como eu disse pra você, foram dois professores o ano passado e eles não tinham o costume de explicar o conteúdo, era só aula em tal página, querem uma ajuda, eu ajudo na classe. Eles não, não tinham costume de pegar uma coisa é assim, explicar e mostrar.  
L: Então, por isso não é familiar, porque tu não tinha trabalhado com ela?  
A: Isso.  
L: Tá ok. A outra situação é um vidro de perfume aberto, essa situação do vidro de perfume aberto, é familiar ou não?  
A: É.  
L: Por que que é familiar?  
A: porque eu já deixei várias vezes o vidro de perfume aberto.  
L: Tu já deixou várias vezes o vidro de perfume aberto?  
A: Já.  
L: E o que que acontece?  
A: Normalmente, o cheiro evapora.  
L: Então é familiar? Tu conhece o vidro de perfume?  
A: É. Conheço.  
L: Tá. Hã, o fluxo de água em um cano?  
A: Água passando por um cano?  
L: Isso. É familiar?  
A: É, quero dizer, não vi a água passando no cano porque tá fechado, né, mas dá pra adivinhar que ali tá passando água.  
L: Uhum.  
A: Adivinhar não, ter a lógica disso.  
L: Uhum.  
A: Por isso.  
L: Por isso? Na tua casa, por exemplo?  
A: Sim.  
L: Tá. Hã...uma máquina fotográfica?  
A: Tipo, conhecer ela por fora, assim?  
L: Uma máquina fotográfica, é familiar ou não?  
A: Pra mim, é.  
L: Por que que é familiar?  
A: Porque eu conheço uma.  
L: Tu conhece uma máquina?  
A: Não conheço o interior da máquina tudo mas por fora eu conheço ela.  
L: Tu tem uma máquina?  
A: Tenho.  
L: Do que que é constituído? Quais são as partes de uma máquina?  
A: Ai tem aquele, tipo um visor ali, né, pra centralizar a foto, tem onde põe a pilha, tem outro botãzinho na frente que abre e fecha, né, tem o botãzinho pra gente tirar a foto.



L: E de noite como é que tira a foto? Precisa de alguma coisa?

A: De luz?

L: De luz?

A: Ué, claro que tu não vai tirar a foto no escuro!

L: E como é que, daí como é que, que que a gente faz pra ter essa luz?

A: Acende na tomada.

L: Acende na tomada?

A: O que a gente precisa pra ter a luz? Sei lá...

L: Flash, não é?

A: Isso, isso mesmo. Não, mas eu tenho uma máquina fotográfica, que ela não tem isso. E tira tanto dia, como de noite.

L: Ah tá. Que jóia. Então, essa situação é familiar, a máquina?

A: É.

L: Por quê? Porque uso de todo dia, é hábito do cotidiano?

A: Eu uso ela mais no final de semana, quando eu saio, não uso ela todos os dias, mas quase sempre.

L: Aham. Tá, mas é do teu dia-a-dia...é uso familiar?

A: Aham, é, é.

L: Tá, sistema palnetário, oque que tu se lembra, é familiar pra ti ou não?

A: É.

L: Por que que é?

A: Porque a gente foi na Universidade lá tem né o sistema planetário, assim as...

L: Eu não estou falando do local chamado Planetário.

A: Não, tá... sim...eu estou falando...

L: Eu estou falando do sistema planetário.

A: Sistema dos planetas, essas coisas.

L: Isso.

A: Pois é, porque eu vi já. A gente foi lá e a gente viu tudo o que acontece, a gente viu os planetas, a constelação. Isso a gente viu, a lua.

L: É familiar?

A: É.

L: Então, como é que é formado o sistema planetário? Fala um pouco aí, dá pra ti descrever?

A: Ué, da formação dos planetas, o sol, a lua.

L: Aham. E eles ficam aonde?

A: Os planetas?

L: É.

A: Em volta do sol.

L: Em volta do sol? E que tipo de movimento?

A: Ai professor, sei lá.

L: Ficam em movimento ou parado?

A: Os planetas eu acho que, se eles tão em volta do sol, eles ficam parados, porque é o sol, né, que gira em torno dos planetas. Não, ai sei lá, não sei.

L: Tá, tu lembra de ter trabalhado isso em algum ano assim, em alguma série, o sistema planetário?

A: A gente viu alguma coisa no começo do ano passado. A professora tava passando em geografia.

L: Em geografia?

A: Geografia. Ela falou sobre a posição dos planetas, sobre o Sol, Lua.

L: Então, tu considera essa situação como familiar ou não familiar?

A: Familiar.

L: Familiar, em virtude disso tudo?

A: Hã?

L: Em virtude disso tudo?

A: É, em virtude disso tudo.

L: De tu ter conhecido o...Tá. Hã , o pudim de ameixa ou passas?

A: Seria familiar como se eu tivesse comido ele.

L: Uhum.

A: Eu já comi pudim, mas não disso. Então, pra mim não é familiar. Eu conheço o pudim, já comi de laranja, de outras coisas, mas de... de uva passa, né...

L: De ameixas ou passas.

A: Isso não. Pra mim não é familiar acho que não comi dessas duas coisas, mas já comi pudim. Se fosse só o pudim assim, tudo bem, mas desses coisas aí não.

L: Não é familiar, então?

A: Não.

L: Tá. Água escoando por um ralo?

A: É.

L: É?

A: É.

L: Por exemplo, tá no banho ali tem um ralo, né, é familiar?

A: Sim. Se eu estou vendo, é. Se entrou água assim embaixo eu não sei o que acontece, mas pra mim é familiar. Quando eu estou escovando os dentes também. Pra mim é familiar.

L: Pra ti é familiar?

A: É.

L: Tá. Uma malha ou um sistema ferroviário?

A: Não.

L: Não é?

A: Não.

L: Por que que não?

A: Porque eu nunca vi.

L: Tu nunca viu um sistema ferroviário?

A: Não. Não que eu me lembre.

L: Não conhece um sistema ferroviário?

A: Eu acho que nunca vi não.

L: O que que é sistema ferroviário pra ti?

A: É onde ficam os trens lá?

L: Isso. É onde ficam os trens. Onde é que ficam os trens aqui em Santa Maria?

A: Sei lá.

L: Não sabe?

A: Não sei.

L: Então, essa situação pra ti é familiar ou não?

A: Não.

L: Não é familiar? Trem não é familiar?

A: Eu conheço trem, né, mas eu não conheço aonde que eles ficam.

L: Tá, mas ,então, essa questão, assim, pode ser ou não familiar?

A: Pode ser porque eu conheço trem, mas não conheço o local onde eles ficam.

L: Uhum.

A: Por isso. Pode ser familiar porque eu conheço um trem, já vi, já vi ele já andando assim, mas onde eles ficam parados, todos eles, sei lá se eles ficam juntos, vários trens ou não ficam, não, nunca vi assim de perto, mas conheço trem.

L: Tá ,então, tu consideraria o trem familiar...

A: Sim.

L: Mas o sistema ferroviário não?

A: Não.

L: Não?

A: Não.

L: Então tá. O sistema circulatório humano... o sistema circulatório humano, pra ti, é familiar ou não? O sistema sangüíneo?

A: É porque a gente já estudou, mas se me perguntar o que que é eu não saberia dizer agora, mas a gente já estudou.

L: Aonde tu estudou?

A: No colégio.

L: Em que série? Em qual disciplina?

A: quando a gente aprendeu em Ciências foi acho que na sétima.

L: Sétima série?

A: É, foi na sétima.

L: E como é que é, me fala alguma coisa assim, do que que é formado?

A: Ah professor, sei lá, faz tanto tempo que eu não estudo isso que... sistema circulatório é, ele é formado pelos vasos sagüíneos, né, pelas veias, acho que por isso.

L: É? E tu considera isso, então familiar?

A: Sim. Porque eu estudei.

L: sim, porque tu estudou?

A: Uhum.

L: Tá. A intensidade da força gravitacional, força gravitacional tu se lembra de ter estudado isso em algum ano anterior, no primeiro ou no segundo ano?

A: Não lembro.

L: Não lembra?

A: Não lembro.

L: Então...

A: A gente pode ter estudado, mas eu não lembro.

L: Uhum, então, te é familiar ou não?

A: Não.

L: Não familiar?

A: Não.

L: Por tu não lembrar?

A: Por eu não lembrar.

L: Tá. Campo gravitacional da Terra, campo gravitacional da Terra, lembra disso?Desses termos, de algum, ter trabalhado anterior?

A: Acho que, acho que a gente, eu acho que eu nunca ouvi falar antes, assim, anteriormente.

L: Uhum.

A: Creio que não.

L: É familiar ou não?

A: Não.

L: Não é familiar? Avros alocados em uma estante? Livros alocados em uma estante?

A: Todos, assim, arrumadinhos?

L: É. Como é, como é que...é familiar ou não essa situação?

A: É.

L: É familiar?

A: É.

L: Por que que é?

A: Porque eu tenho uma estante em casa e eu ponho livros, cadernos, revistas, todas elas ali.

L: Tu tem em casa, então?

A: Tenho.

L: E como é que ficam posicionados, os livros?

A: Eles ficam um em cima do outro. Assim, depende da estante, uns ficam um cima do outro e outros um do lado do outro.

L: Aham. Tá, então, é uma situação familiar?

A: É.

L: Ah tá. Do que que é constituído ali, uma estante?

A: Das prateleiras...

L: Prateleiras?

A: É.

L: Tá.

A: Das portinhas, dos vidros.

L: Aham.

A: Disso.

L: Tá bom. Então, é familiar?

A: É, familiar.

L: Tá. Hã... energia potencial gravitacional?

A: Não.

L: Não?

A: Não.

L: Por quê?

A: Porque é a primeira vez que eu estou ouvindo é o senhor falar.

L: Primeira vez que tu ta ouvindo é eu falar?

A: É.

L: Então, tu não...

A: Não.

L: Tu nunca estudou isso?

A: Não que eu lembre, né.

L: Uhum.

A: Mas eu acho que não.

L: Hã... e alunos em uma sala de aula?

A: Já. É familiar, né.

L: Por quê?

A: Ah, porque eu estou sempre numa sala de aula, diariamente.

L: Tu tá sempre numa sala de aula, diariamente?

A: É.

L: então. Por isso é familiar?

A: Sim.

L: Como é que é constituída uma sala de aula?

A: Ah, pelas cadeiras, pelas classes, cadeiras, quadro, os alunos, professor.

L: E aí o que que ocorre entre professor e aluno?

A: Eles explicam, eles passam as coisas no quadro, eles explicam, eles conversam.

L: Conversam, há o diálogo, então, eles conversam?

A: Sim, é.

L: Tá. Então por isso...

A: É familiar.

L: Isso é familiar?

A: Uhum.

L: Tu fazer parte, é do teu dia-a-dia, do teu cotidiano?

A: É, aham.

L: Ah, então tá. Tá bom então...

A: Acabou?

L: Acabou. LCC?

A: É.

- Aluno UDVJ

Leandro (L): Tá, olha só, esse trabalho faz parte do meu trabalho lá na Universidade.

UDVJ (B): Uhum.

L: Tá? Então é super importante, quanto mais a gente falar, mais informações eu vou ter e vai ser melhor pra mim, pro meu trabalho. Tá ok? Hã, então a tua contribuição é super importante, hã quero assegurar também o caráter confidencial das informações, ninguém vai ter acesso às tuas, quero dizer, vão ter acesso às tuas informações, mas não vão saber que foi você que me deu essas informações. Eu vou classificar os respondentes em A, B, C, D. Entendeu?

B: Uhum.

L: Vou diferenciar, então ninguém vai saber que aquilo lá foi você que me deu aquelas informações. Tá, então vou assegurar o caráter confidencial. E os resultados eu vou te trazer, mas mais pro final do ano, mais pra novembro, dezembro que eu posso te dar uma resposta dos resultados.

B: Uhum.

L: Tá ok. Eu queria que tu realiza-se a leitura deste texto oh, daqui até aqui.

B: Tudo isso?

L: Isso. Depois eu vou te fazer algumas perguntas. Tá, sobre o que que tá tratando o texto?

B: Eletrização por contato.

L: Eletrização por contato? Tá e tu percebes alguma forma, como, alguma coisa que ele tenha utilizado aí, alguma coisa diferente pra trabalhar sobre contato?

B: Como assim?

L: Tem alguma coisa diferente que ele pegou pra explicar isso? Esse processo aí?

B: Alguma forma?

L: Alguma forma ou algum recurso, algo diferente. Tem algo diferente?

B: Tem.

L: O que que tem?

B: Tem uma fórmula  $Q = q_a + q_b$ .

L: Uhum.

B: Ele falou também sobre fios, é... condutores, coisas neutras.

L: E ali embaixo o que que ele fala? Aqui, isso aqui o que que é?

B: Isso aqui?

L: É.

B: Parece um tanque d'água.

L: Tanque d'água?

B: É.

L: Tá e isso aí serve pra quê? Tá servindo pra explicar aquilo ali ou não?

B: pode ser explicado sim.

L: Isso aqui tá a serviço, isso aqui dá pra explicar isso ou não?

B: Dá.

L: Dá pra explicar ou tá sendo usado pra explicar?

B: Tá sendo usado pra explicar.

L: Tá sendo usado pra explicar?

UB: Uhum.

L: E o que que, lê pra mim essa primeira frase aqui. Aqui oh, até aqui.

B: A divisão de cargas entre dois condutores em contato pode ser compreendida com o auxílio da analogia proposta na figura a seguir.

L: Então, o que que ele utilizou aí?

B: Dois...hã...

L: Uma?

B: Uma analogia que foi proposta.

L: O que que é uma analogia? Tu saberia me dizer?

B: É...tá bom, deixa que eu...

L: Tu já ouviu...

B: Já, já ouvi isso.

L: Que que é isso, o que que significa uma analogia, qual é o conhecimento que tu tens disso?

B: É...pontos semelhantes entre coisas diferentes.

L: Como? Repete.

B: Para aí. Deixa eu ver se é. Não é pontos semelhantes entre coisas diferentes?

L: Não sei, é isso que tu falou.

B: É, eu acho que é.

L: Tu acha que é?

B: Se eu não me engano, é.

L: Por quê?

B: Porque eu já perguntei pra uma pessoa.

L: O que que era uma analogia?

B: É, se eu entendi, foi isso.

L: É? Tá. Tu lembra de algum professor ter utilizado alguma analogia?

B: Ih, é difícil, cara.

L: Em alguma, em alguma disciplina?

B: Não, não me lembro.

L: Não lembra?

B: Eu acho.

L: Nenhuma disciplina? Nenhuma analogia? Nem em física do primeiro e do segundo ano?

B: Eu não sei, porque primeiro e segundo ano eu não fiz.

L: Por quê?

B: Não tive, teve professor, mas não teve.

L: Como teve e não teve? Me fala um pouquinho mais.

B: tinha professor, ele era um "crânio", só não sabia explicar. No segundo ano também era ele, só que ele não sabia explicar, daí depois entrou o outro, sabia explicar mas dava nota também. Daí não teve professor, entende?

L: Daí tu não teve professor? Então, como é que foi trabalhado o conteúdo?

B: Humn?

L: Como é que foi trabalhado o conteúdo?

B: Não foi trabalhado, a gente ganhava nota.

L: É?

B: É.

L: Tá. Então, eu vou te apresentar algumas situações tá, se lembra daquele questionário que a gente fez anteriormente? Daí eu gostaria que você me justificasse melhor, se é familiar ou se não é familiar e porque que é. Se tu

colocar que é familiar tu vai ter que ter uma justificativa porque que é familiar, por que se não for familiar tu também vai ter que me justificar, ó pra mim não é familiar em virtude disso e daquilo.

B: No meu caso o que que eu vou ter que falar?

L: Tá ok?

B: Tá.

L: A primeira é o circuitos hidráulico, já ouviu falar em circuito hidráulico?

B: Já, no curso de mecânica.

L: No curso de mecânica, em qual curso de mecânica?

B: Do SENAI.

L: Do SENAI? Tu já fez curso de mecânica lá?

B: Era pra mim tá fazendo ainda, só que eu parei.

L: Parou? E aí lá foi discutido circuito hidráulico?

B: Foi discutido várias coisas.

L: E o que que é circuito hidráulico, então? Que que tu aprendeu lá? Me diz um pouco mais sobre isso.

B: Bah, eu trabalhei isso no final do ano, no início do ano passado isso aí.

L: Tá, mas tenta lembrar.

B: Dexa ver ...

L: Então é familiar pra ti ou não?

B: É.

L: É, só o que que é?

B: Por causa do curso que eu fiz.

L: Por causa do curso que tu fez?

B: Mas era pra mim terminar, era pra eu ser técnico em mecânica, se eu não parasse, por causa do quartel e fora outros motivos também.

L: Que que foi? Tu não conseguiu voltar? Não ...

B: Não, a minha matrícula tá trancada lá, eu só voltar, mas pra mim voltar só daqui a dois anos também, ou não.

L: Tá e de circuito hidráulico, me fala um pouquinho um pouco. Como que é o circuito hidráulico?

B: Bah, danou-se.

L: Que que tu sabe sobre circuito hidráulico? Hidráulico te lembra alguma coisa?

B: Pára aí, deixa eu me lembrar.

L: Tem canos ali, é tem ...

B: Uma bomba d'água.

L: Tem bomba d'água e tem o que ali dentro dos canos?

B: Água.

L: Água.

B: Água.

L: Tá, então é familiar pra ti?

B: Mais ou menos é .

L: Mais ou menos ou ... ou ... é ou não é?

B: De passagem é familiar.

L: Por virtude de tu ter trabalhado com isso.

B: É.

L: No teu curso?



B: No meu curso, mas não trabalhei só nisso, trabalhei em várias outras coisas também, nisso aqui a gente passou, só que daí quando a gente começou a passar eu saí do curso.

L: Tá, a segunda situação é o funcionamento de vasos comunicantes, tu lembra do trabalho, o que que é? Isso aqui que tá nessa figura, oh ... tu lembra de ter trabalhado nisso aqui em algum ano do segundo ano?

B: No segundo ano não.

L: Não? Não estudou?

B: Eu não.

L: Tá então tu consideraria essa situação de vasos comunicantes familiar ou não familiar?

B: Não familiar.

L: Não familiar, por quê?

B: Porque eu não estudei.

L: Por que tu não estudou? Tá, ok. Não lembra de ter trabalhado isso no segundo ano?

B: Não lembro do professor ter dado.

L: Não lembra do professor ter dado? Tá. A terceira situação é do fluxo de pessoas em shoppings center. As pessoas num shopping center, essa situação é familiar pra ti ou não?

B: É, só me fala pra mim o que que é um fluxo?

L: Fluxo é um movimento de pessoas num shopping center, essa situação, de pessoas nos corredores de um shopping center.

B: Ah tá ...

L: É familiar pra ti ou não?

B: É, isso aí.

L: É familiar? Por quê?

B: Por que que é familiar?

L: É.

B: Porque eu vou muito no shopping.

L: Tu vai?

B: Ia, agora não vou mais.

L: Ia, agora não vai mais?

B: É, trabalhando.

L: Trabalhando, então é familiar por quê? Porque tu ...

B: Vou bastante no shopping.

L: Tu vai bastante no shopping. Tu conhece um shopping?

B: Claro, claro.

L: Quais que tu conhece?

B: Aqui em Santa Maria eu conheço três que tem. Tá, os mais conhecidos é o Santa Maria e o Monet.

L: Santa Maria e o Monet. Tá e como é que é lá no shopping?

B: Vai várias pessoas, vai de tudo que é idade, vários lugares, as pessoas são da minha idade, por exemplo, mais vai é guri lá no flipper pra jogar, vai também na praça de alimentação.

L: Uhum.

B: Ficam só passando nas lojas também, ah ... tudo que é lugar lá

L: Uhum.

B: Ou ir no cinema também.

L: Tá, tá bom então. Essa outra situação aqui, oh, a modificação da trajetória de duas rodas presas a um eixo a mudarem de terreno. Duas rodas, presas a um eixo mudando de terreno, por exemplo prum carpete, prum, pruma ...

B: prum asfalto.

L: Prum asfalto, dum carpete pra grama ou de uma superfície lisa pra outra rugosa, essa situação é familiar pra ti ou não?

B: Sim.

L: Por que que é familiar?

B: Mecânica.

L: Mecânica?

B: Uhum.

L: Fala um pouquinho mais por que, como assim mecânica?

B: Lá no meu curso lá, a gente começou a estudar mérito do copneu, então o pneu pode ser, ocorrer, hã ... em várias variações, saindo dum, dum, pode ser por exemplo assim, dum, numa estrada, numa estrada de chão muito esburacada numa faixa, pode furar o pneu, no meio do caminho, várias coisas pode acontecer.

L: Várias coisas podem acontecer? Tu relaciona isso aqui com algum conteúdo que tu trabalhou no primeiro ano?

B: Não.

L: Um atrito. Tu já ouviu falar de atrito?

B: Já.

L: Aonde?

B: Agora li na ... assim por cima assim, antes não.

L: Não?

B: Esse ano sim.

L: Tá, mas tu consideraria isso aqui então familiar ou não familiar? Essa situação.

B: Hoje?

L: Nova situação de um meio pro outro.

B: Hoje?

L: Isso.

B: Familiar.

L: Familiar? Em virtude do teu curso?

B: É, em virtude do meu curso.

L: Tá. Tá bom. Essa situação aqui oh: A passagem de parte de um feixe de bastões, no caso palito de fósforo, incidindo numa grelha, peneira de fendas, tá, essa situação pra ti é familiar ou não?

B: Não.

L: Não. Por quê?

B: Porque eu não estudei.

L: Por que tu não estudou? Mas será que era pra estudar essa situação ou não?

B: Não. Mas eu acho que não também. Eu nem sei.

L: Então hoje tu consideraria isso aí familiar ou não familiar?

B: Não familiar.

L: Por quê?

B: Porque o que que eu iria fazer com uma peneira e um palito? Ou os bastão e o outro negócio?

L: Tá, mas e os palitos são familiares ou não?

B: Os palitos seriam o bastão?

L: Isso. É familiar ou não o palito de fósforo?

B: É familiar.

L: É uma peneira?

B: Essa peneira seria o quê?

L: Isso aqui, uma peneira. Que que é uma peneira?

B: Peneira seria familiar.

L: Que que é uma peneira?

B: Por onde passa umas coisas e outras não.

L: Isso, então, a peneira é familiar ou não?

B: É.

L: E o palito?

B: É também.

L: Então, tu acha que essa situação é familiar ou não?

B: É.

L: Então como é que tu me diz que não era familiar? É ou não é?

B: É, é, é.

L: É ou não é?

B: É familiar.

L: Por que que é familiar?

B: Por causa que os palitos podem ser uma ou outra coisa e a peneira vai deixar passar, vai passar só as coisas que poderão passar sobre elas.

L: Então tu conhece as duas coisas?

B: Sim.

L: Então é familiar? Por isso que tu considera familiar ou não?

B: Uhum, familiar.

L: Por?

B: Por, por, por a peneira deixar passar algumas coisas que poderão ser passadas e as coisas que não, não passarem.

L: Tá, então tu consideraria familiar porque é algo que tu conhece?

B: É.

L: Tá ok. Energia potencial de um sistema mecânico, o sistema bloco-mola, já ouviu falar em algum não, no segundo ano.

B: Não.

L: Sobre isso?

B: Eu não.

L: Sistema bloco-mola, nunca ouviu falar sobre isso? Então tu consideraria isso aqui familiar ou não?

B: Não.

L: Por quê?

B: Porque eu não estudei.

L: Tu não estudou, então tu consideraria não familiar?

B: Não familiar.

L: Tá ok. Tu não estudou no Segundo ano Movimento Harmônico Simples?

B: Não me lembro.

L: Não lembra?

B: No Segundo ano não tive, não tive nada. Nem primeiro nem segundo.

L: Tá. Um vidro de perfume aberto, uma situação aqui é familiar ou não familiar pra ti?

B: É familiar.

L: Por que que é familiar? Tu podia justificar?  
B: Por quê? Por que que é familiar?  
L: É.  
B: Porque eu uso bastante perfume.  
L: Tu usa bastante perfume?  
B: É.  
L: Tu tem, tu usa bastante perfume, tu tem perfume em, casa?  
B: Tenho, lógico.  
L: Vários perfumes?  
B: Dois só. Ou é o Musk ou é o Kaiak.  
L: Tá e aí tu considera isso familiar?  
B: Familiar.  
L: Por quê? Por tu ...  
B: Por usar.  
L: Por usar perfume.  
B: É.  
L: Tá ok. O fluxo de águas em um cano, o fluxo de água em um cano, canos d'água. É familiar ou não?  
B: Sim.  
L: Por quê?  
B: Porque eu já trabalhei como instalador.  
L: Já trabalhou?  
B: É, já instalei bastante.  
L: Já trabalhou como?  
B: Encanador.  
L: Encanador? E daí o que acontecia lá quando tu ia, tu abria canos, como é que era?  
B: É concertava, colocava junta, colocava várias coisas.  
L: E aí, tu fechava registro ou não?  
B: Fechava, tinha que fechar o registro.  
L: E aí quando tu abria saía água ou não?  
B: Se passava por onde eu tinha arrumado?  
L: É.  
B: Não, se arrumar bem não. Se não ficasse bom tinha que fazer tudo de novo daí.  
L: Então essa situação seria familiar ou não familiar?  
B: Familiar.  
L: Familiar em virtude?  
B: Do meu tipo de trabalho.  
L: Do teu trabalho?  
B: É.  
L: Tá ok. Uma máquina fotográfica, é familiar ou não?  
B: É.  
L: Por quê?  
B: Porque eu já, eu não sou fotogênico, mas eu tiro foto, eu fosto de tirar foto.  
L: Uhum.  
B: Gosto de bater, mas não tirar.  
L: Então tu conhece uma máquina?  
B: Claro.  
L: Como é que é constituída uma máquina?

B: Ah, por dentro assim eu não sei.

L: Mas quais são as partes, assim, tu sabe?

B: Ah, tem a lente, tem o flash, tem várias coisas.

L: Flash, o que mais?

B: Tem, vai o filme também.

L: Então tu consideraria ...

B: As coisas mais vistas são essas.

L: Então tu consideraria familiar por causa disso?

B: É.

L: Tá. Sistema planetário. Já ouviu falar em Sistema planetário?

B: Já.

L: É familiar ou não?

B: É.

L: Por que que é familiar?

B: Porque fala sobre os outros, sobre ... sobre ... sobre o sistema do nosso planeta também. Também, deixa eu ver o que mais ... fala dos outros planetas, se eu não me engano.

L: Uhum.

B: E até hoje em dia, semana passada eu acho, foi descoberto outro planeta também. Um tal de Sedna, se não me engano.

L: Uhum.

B: E hoje dá pra ver uns planetas aí, acho que Plutão, Júpiter, Netuno e não sei qual mais um.

L: Uhum.

B: Por causa dos raios solares.

L: Por causa dos raios solares?

B: É.

L: Tá. Um pudim de ameixas ou passas, é familiar pra ti?

B: Não. Porque o pudim é bom.

L: Tá, mas eu não perguntei se é bom, to perguntando se é familiar.

B: É, é familiar.

L: Por que que é familiar?

B: Porque a mãe faz.

L: A tua mãe faz?

B: Claro.

L: Então é familiar ou não?

B: É familiar.

L: Então um pudim de ameixas ou passas é familiar ou não?

B: É familiar.

L: Por que que é familiar?

B: Por causa que a mãe faz e eu como. E eu adoro pudim.

L: Então é familiar por que a tua mãe faz?

B: É.

L: Tá. Água escoando por um ralo, por exemplo, no banho.

B: Se é familiar?

L: É.

B: É.

L: Por que que é então?

B: Porque eu tomo banho.

L: É. Tá ok então. Uma malha ou um sistema ferroviário, é familiar ou não?

B: Uma, o quê?  
L: Uma malha ou um sistema ferroviário.  
B: Sistema ferroviário, como assim?  
L: Uma estação ...  
B: Ah é, é familiar.  
L: Por que que é familiar?  
B: Porque eu já viajei muito de trem.  
L: Tu já viajou de trem?  
B: Já. Fui daqui a Cacequi de trem.  
L: Daqui a Cacequi?  
B: Aham.  
L: Então onde é que os trens ficam?  
B: Na estação ferroviária.  
L: Tu conhece a Estação Ferroviária de Santa Maria?  
B: Claro. Tá detonada agora.  
L: Como é que os trens ficam lá?  
B: Agora?  
L: É.  
B: Não ficam.  
L: Não ficam?  
B: Não.  
L: E o que que tem lá na estação?  
B: Agora se tiver trilho lá é muito.  
L: Tem trilhos.  
B: É, se tiver ainda.  
L: Uhum.  
B: É, se não me engano, tem uma locomotiva e dois vagões, se eu não me engano e tudo quebrado.  
L: Tá. Então como não tá muito ativo, até tu conhecer, tu considera isso familiar ou não familiar?  
B: Conheço, é familiar ainda.  
L: É familiar ainda?  
B: É.  
L: E uma grande cidade como Porto Alegre, São Paulo?  
B: Pra eles é familiar.  
L: Por que que é?  
B: Pra eles.  
L: Por quê?  
B: Porque trem por lá tem pra tudo que é lado.  
L: Trem ou metrô?  
B: É, é a mesma coisa, quase.  
L: É a mesma coisa?  
B: Estando em cima do trilho pra mim é trem.  
L: Tá, então é familiar?  
B: É.  
L: E aqui também tu considera familiar?  
B: Considero familiar.  
L: Tá bom. Um ... o sistema circulatório, ou sistema sanguíneo, é familiar pra ti ou não? Tu conhece, já ouviu falar, o que tu ouviu falar?  
B: Eu já ouvi falar.

L: Então, tu considera ele familiar ou não familiar?  
B: O respiratório sim.  
L: Não, o sistema circulatório ou o sistema sangüíneo.  
B: Sim.  
L: É familiar?  
B: É.  
L: Por que, então? Como é que tu me justificaria?  
B: Eu não sei, eu acho que o que vou falar até é bobagem.  
L: Tá, fala.  
B: O sistema, que o senhor falou aí?  
L: Circulatório ou Sangüíneo.  
B: É, o sangüíneo, se não corre sangue por ti tu não pode viver.  
L: Então tu considera ...  
B: Familiar.  
L: Familiar, por causa disso?  
B: É. Se tu ficar se não me engano, não sei quanto tempo sem, sem, sei que teu cérebro pode morrer, teu coração também.  
L: Como é que é formado, tu já estudou isso anteriormente?  
B: Estudar posso até ter estudado, mas não prestei atenção  
L: Não prestou atenção? Não lembra em que série? E como é que é formado o sistema sangüíneo, tu sabe?  
B: Por várias veias.  
L: Por várias veias?  
B: É.  
L: Só veias?  
B: Não, veias e mais vários negócios.  
L: O que que corre?  
B: Sangue.  
L: Sangue? E o sangue é constituído de que?  
B: Ah, não sei se vou falar bobagem ... há ... glóbulos brancos, se não me engano.  
L: O que mais?  
B: E acho que glóbulos vermelhos, se não me engano.  
L: Isto.  
B: E o resto agora não me lembro.  
L: Tá ok. Então você consideraria?  
B: Familiar?  
L: Familiar. Tá ok. A intensidade da força gravitacional, força gravitacional tu já ouviu falar isso em física nos outros anos? No primeiro ou segundo ano?  
B: Eu vi, mas não me lembro de eu ter estudado, aí não sei se o professor deu.  
L: E aí tu considera isso familiar ou não familiar?  
B: Pra mi não.  
L: Não é familiar? Por quê?  
B: Porque eu não sei se eu tava na aula ou não prestei atenção.  
L: Tu não recorda isso?  
B: Não recordo.  
L: Tá. Campo gravitacional da Terra, campo gravitacional da Terra é familiar isso, já foi trabalhado?  
B: Só em filme.  
L: Só em filme?

B: É.

L: é familiar isso ou não?

B: Pra mim, pelos filmes é. Pra mim ter estudado não é.

L: Tu não estudou isso anteriormente?

B: Eu não.

L: Então tu consideraria familiar ou não familiar?

B: Não familiar.

L: Não familiar?

B: Em geral não familiar.

L: Em geral, não familiar?

B: Porque eu não sei se nos filmes o que eles falam é real, então pra mim não é familiar.

L: Em que filme?

B: Ah, teve o filme do ... mais é filme de astronauta, por exemplo aquele, o Armagedon, se eu não me engano do Bruce Willis, aquele filme lá é muito bom. Eles foram pra, porque vinha vindo um meteoro pra Terra e daí eles tinham um serviço pra destruir o meteoro, partir no meio pra ele passar entre, pra ele passar por cada lado o meteoro.

L: Por cada parte do quê?

B: Cada parte do meteoro passar sobre a Terra. Um por cada lado da Terra, pra não atingir a Terra. Daí na hora que eles voltaram pra casa eles foram passar por um campo, eu acho que é campo de força, sei lá o que que era, daí na hora que eles entraram, foi, eles vinham rápido já e pegaram impacto, parece que começou a pegar fogo na ponta do avião, sei lá o que que é aquilo, aquele bagulho lá, daí eles iam morrer.

L: Uhum. Tá. Livros colocados em uma estante, estante, distribuídos numa estante, é familiar pra ti ou não?

B: É.

L: Por que que é familiar?

B: Porque eu tenho uma casa.

L: Tu tem uma casa?

B: Tenho, eu gosto de ler.

L: E como é que tão os livros lá na estante?

B: Tão bom, tá bom.

L: Como tão distribuídos?

B: Ah não estão todos certinhos, eles tão ...

L: Como é que eles tão distribuídos?

B: Poemas, poemas eu boto de um jeito, ação boto de outro, suspense boto de outro, sempre assim.

L: Como é que é constituída uma, uma estante?

B: Com madeira.

L: Madeira e o que mais?

B: Madeira, parafuso.

L: E as divisórias, como é que é? Como é que são?

B: Como assim?

L: Locais assim, prateleiras?

B: É prateleira.

L: Prateleiras, então tu considera essa situação familiar ou não familiar?

B: Familiar.



L: Familiar? Energia potencial gravitacional já ouviu falar em alguns lugares, em situações anteriores?  
B: Eu não.  
L: Não? Então é familiar ou não familiar?  
B: Não familiar.  
L: Por quê?  
B: Porque eu não sei o que que é.  
L: Não sabe o que que é? Tá. E alunos em uma sala de aula?  
B: Ah isso é familiar.  
L: Por quê?  
B: Por que, por causa do colégio.  
L: Por causa do colégio?  
B: É o colégio, a universidade, tudo.  
L: Hã?  
B: Por causa do colégio, da universidade.  
L: Da universidade, como é, como é, me fala uma coisa mais sobre isso, sobre sala de aula, como é que uma sala de aula?  
B: Uma sala de aula é composta por classes, cadeiras, mesas, é ... professor, quadro, apagador, alunos.  
L: Alunos. E o que que ocorre entre professor e aluno?  
B: Hã ... depende, depende do professor e depende do aluno.  
L: Mas geralmente, o que que ocorre?  
B: Ocorre um, uma conversa.  
L: Uma conversa, um diálogo?  
B: Um diálogo entre professor e aluno, uma explicação do professor para o aluno.  
L: Então tu consideraria essa situação familiar ou não familiar?  
B: Familiar.  
L: Familiar em virtude?  
B: Do que eu passo também aqui no colégio.  
L: Em virtude disso tudo?  
B: É.  
L: De tu estar no colégio?  
B: É.  
L: Tá ok, então era isso, então obrigado.  
B: Acabou?  
L: Acabou.

## APÊNDICE F – ROTEIRO DA ENTREVISTA REALIZADA COM OS PROFESSORES COLABORADORES

Esta entrevista tem por objetivo conhecer aspectos relacionados as implementações realizadas das Atividades Didáticas baseadas em Analogias. Gostaria de conhecer suas preocupações, expectativas e procedimentos quando do uso de analogias em sala de aula.

Ao responder as perguntas você estará contribuindo para o meu trabalho de investigação, uma vez que estarei tomando os resultados como fonte de informação.

Agradeço antecipadamente a sua colaboração em conceder esta entrevista. Sendo assim, quero pedir sua ajuda, pois a sua contribuição é absolutamente imprescindível para os objetivos do meu estudo. Asseguro o caráter confidencial das informações que irá me fornecer e o retorno dos resultados da análise realizada.

### Perguntas

- 1) Você usava analogias antes de trabalhar nesta pesquisa?
- 2) Qual era o objetivo do uso de analogias?
- 3) Com que frequência você utilizava?
- 4) Quais analogias utilizavas?
- 5) De que maneira? De que forma?
- 6) Utilizava analogias de uma forma espontânea ou planejada?
- 7) Havia uma forma organizada de utilização?
- 8) De onde proviam as analogias que você utilizavas?
- 9) Em que momento da aula você utilizava analogias? No ensino de quais tópicos/assuntos? Porque?
- 10) Qual é o papel das analogias no ensino?
- 11) Quais as vantagens do uso de analogias?
- 12) Você vê algum perigo nessa utilização?
- 13) Quais as características de uma “boa” analogia?

Em relação às analogias implementadas por você:

- 14) As analogias ajudaram alunos a compreenderem os conteúdos conceituais? Em que medida? A aprendizagem dos alunos melhorou com a utilização deste recurso? Porque?
- 15) Você sentiu-se seguro quando da implementação? Estava preparado o suficiente? Quais foram as dificuldades que você sentiu durante a realização dessa atividade? Elas foram superadas, em que medida, ou você acha que algumas persistem?
- 16) Você percebeu uma maior participação dos alunos quando da utilização de analogias? Nos passos 1, 2 e 3 do modelo adotado? E no 4º, 5º e 6º?
- 17) Você sentiu que os alunos tiveram alguma dificuldade no estabelecimento de correspondências, na identificação dos limites de validade ou na elaboração da síntese conclusiva?
- 18) A utilização de modelos físicos representativos do alvo e do análogo contribuiu para a compreensão deles?
- 19) O tempo gasto para trabalhar um assunto utilizando uma analogia é maior que o tempo gasto com uma aula expositiva. Você considera que a atividade com uso de analogias, por exigir um tempo maior para a sua realização, pode provocar atrasos na programação curricular? Quais são os ganhos e as perdas com a utilização de analogias?
- 20) Você percebe alguma mudança em sua prática em relação ao uso de analogias? Você agora seque os passos?
- 21) Comente cada uma das analogias implementadas por você (sua validade para o ensino dos referidos assuntos)?
  - ü Um circuito hidráulico,
  - ü O funcionamento de vasos comunicantes,
  - ü O fluxo de pessoas num corredor de shopping center,
  - ü A modificação da trajetória de duas rodas presas a um eixo ao mudarem de terreno,
  - ü Agitação mecânica das bolas de isopor de uma rede elástica tridimensional,
  - ü O cheiro emanado de um vidro de perfume aberto,
  - ü Uma máquina fotográfica,
  - ü Ola em um estádio de futebol,
  - ü O sistema planetário,
  - ü Um pudim de ameixas ou passas,
  - ü O sistema circulatório humano,
  - ü Livros alocados em uma estante,

## APÊNDICE G – TRANSCRIÇÃO DA ENTREVISTA REALIZADA COM A PROFA. MS

Neste apêndice é apresentada a transcrição de uma entrevista como exemplo, realizada com a Professora MS em 11/03/2005.

Leandro (L): Você usava analogias antes de trabalhar nesta pesquisa?

MS: Depois que eu comecei a trabalhar contigo eu percebi que aquelas atividades que eu utilizava eram analogias, mas antes eu não sabia que eram analogias, mas eu utilizava.

L: Qual era o objetivo do uso destas analogias?

MS: Eu utilizava as analogias para que houvesse uma compreensão maior dos conteúdos.

L: Com que frequência tu utilizavas? Tu lembra?

MS: Olha geralmente quando surgia oportunidade assim que eu, que me vinha em mente algo que eu pudesse comparar eu utilizava.

L: Então não tinha uma frequência preestabelecida?

MS: Não, não existia, não era preestabelecida.

L: Tu lembra de alguma?

MS: Uma que eu usava que eu lembro é sobre resistência.

L: Resistência?

MS: Isto.

L: Com o que?

MS: E eu utilizava resistência com vazão.

L: Lembra de mais alguma?

MS: Não lembro desta só apenas.

L: E, tu tinhas alguma maneira, alguma forma de organização a utilização.

MS: Não. Eu não tinha. Eu explicava, aquilo assim sem uma seqüência. Não tinha uma organização para explicar aquilo.

L: Então era uma forma espontânea, ou era planejada?

MS: Não. Não era planejada.

L: Era espontânea?

MS: Espontânea.

L: Era quando surgia? Sem nenhuma organização?

MS: Isto. Não.

L: De onde proviam as analogias que você utilizavas? De algum lugar?

MS: Geralmente por exemplo assim...

L: Como é que tu lembravas?

MS: Você preparava a aula. Por exemplo, você pegava...Vamos supor que o aluno tinha o livro, que era adotado, você preparava a aula ia pegar um outro livro e neste outro livro você encontrava alguma coisa as vezes deferente, tal e onde o autor utilizava esses exemplos pra... você percebia que era para enfocar melhor esses conteúdos.

L: E alguma você pode dizer que foi da tua experiência enquanto professora?

MS: Como?

L: Pode dizer que alguma foi em relação a tua experiência enquanto professora?

MS: Isso. É. Exatamente. Você assim, ao passar dos anos o que você esta trabalhando, você também vai...vai surgindo coisas novas, você vai aprendendo e você acaba utilizando no caso este aprendizado para que ter uma maior compreensão dos conteúdos.

L: Em que momento da aula você utilizava estas analogias? Lembra assim, em que momento? Tinha um momento específico?

MS: Não. Não tinha um momento específico.

L: Era mais quando tu lembravas?

MS: É.

L: Quando era difícil de compreensão?

MS: Quando você percebia assim o que ficou alguma dúvida, com relação a compreensão aí você questionava os alunos, por exemplo, aí eles diziam: Professora eu não entendi direito você pode explicar novamente. Aí então eu buscava muitas vezes esse recurso pra conseguir de uma outra maneira, de uma outra explicação tentar fazer com que o aluno compreendesse, entendesse melhor esse conteúdo.

L: E no ensino de quais tópicos? A gente falou de resistência, então era de eletricidade.

MS: Isso.

L: Qual era o tópico que tu mais utilizava? Qual é o que é mais propício de se utilizar analogia. Em quais tópicos, por exemplo?

MS: Por exemplo assim, quando você explicava para o aluno sobre resistência a idéia que vinha em mente pro aluno é que resistência significa um fio forte, um fio bom condutor.

L: Resistente.

MS: Isso. Resistente e não oposição a corrente, uma certa dificuldade.

L: Então era no tópico de eletricidade.

MS: Isso.

L: Era mais propício talvez por que era mais abstrato é mais difícil de visualização.

MS: Exatamente. Isso.

L: Pra ti qual o papel das analogias no ensino? Qual o papel das analogias?

MS: Eu acho, que do meu ponto de vista assim, o aluno passa a ter uma compreensão melhor. Ele constrói um conhecimento a respeito deste determinado assunto, por exemplo, deste determinado conteúdo que eu to querendo, no caso que o meu aluno aprenda e eu acho que a analogia ela faz com que o aluno faça essas comparações de uma forma mais clara. Eu acho que do meu ponto de vista ele tem uma compreensão maior a partir do que é familiar a ele.

L: Quais as vantagens do uso de analogias então? Seriam essas vantagens?

MS: Seria essa a vantagem então. Eu acho que ele, no momento que você faz essas comparações que é parte do familiar dele pra inserir algo que é diferente, novo, ele compreende melhor ele entende melhor.

L: Você vê algum perigo na utilização de analogias?

MS: Eu sinto hoje, por exemplo, eu passo, no caso a partir do momento que eu entendi o que é uma analogia e como utilizar, ela não sendo utilizada adequadamente tu corre vários riscos com a utilização dela. Muitas vezes ela não é benéfica no caso ela não vem a contribuir no aprendizado do alunos.

L: Então foi a partir do estudo?

MS: A partir do estudo.

L: Quais as características de uma boa analogia? O que tu definiria como uma boa analogia? Uma analogia eficiente, eficaz?

MS: Uma boa analogia, do meu ponto de vista é ótima quando o análogo é familiar ao aluno e, também, ela é inserida, trabalhada no momento certo e você segue aqueles passos.

L: O TWA?

MS: Exatamente. Segue corretamente. Que você não seguindo estes passos e muitas vezes não utilizando ela no momento certo ela não tem validade nenhuma.

L: Que outras características?

MS: E também o professor tem que ter segurança em trabalhar com a analogia, ele tem que ter muito estudo ta ter um conhecimento bom, bom embasamento sobre analogia. E também quando o professor consegue desenvolver de forma correta, e ela é de fácil representação através de formas, figuras, através de imagens do análogo em fim.

L: Tu achas que as analogias que tu implementou ajudou os alunos a compreenderem os conteúdos conceituais? De que maneira?

MS; Olha. No inicio eu posso dizer assim, que quando eu não estava segura ficou meio confuso, mas, no decorrer, com o passar do tempo que eu passei a estudar mais e me preocupar mais com os passo e se aquilo, se determinada analogia utilizada era familiar, o análogo utilizado era familiar ao aluno eu acredito que do meu ponto de vista e ouvindo os alunos, também, eu acredito que foi valido e que os alunos tiveram assim, uma compreensão muito boa dos conteúdos trabalhados. Eu considero que sim, por que muitas vezes assim, você para e escuta os alunos, ai eles dizem 'ah, professora que bom àquela vez que você desenvolveu tal analogia, eu nunca mais esqueci, entendi direito como é que era tal assunto que eu tinha dificuldade, no momento que você utilizou a analogia eu consegui compreender', então eu acredito que sim.

L: Você se sentiu segura quando da implementação das atividades?

Ms: No início não como eu acabei de falar, mas no decorrer das implementações eu fui adquirindo mais prática e passei a me sentir mais segura também. E após ter feito o levantamento também, juntamente contigo do que era familiar ao aluno e o que não era familiar, porque no início muitas analogias que a gente estava estudando e discutindo junto, achava que era familiar e não era, então quando o análogo não é familiar a analogia passa a não ter validade, do meu ponto de vista.

L: Então tua acha que aquele levantamento contribuiu?

MS: Contribuiu na implementação das analogias.

L: Quais são as dificuldades que você sentiu durante a implementação das atividades?

MS: A dificuldade maior que eu senti era com relação aos alunos, a cobrança deles, que no início, talvez não sei era pela minha falta de segurança que muitas vezes eles diziam, assim 'a professor isso é besteira porque a senhora não fala logo porque que a senhora pede para nos colocar isso. Então eu acredito que eu passava essa insegurança, mas com o passar do tempo eles foram, percebendo que isso só vinha a contribuir.

L: Você acha que elas foram superadas em que medida.

MS: Essas dificuldades?

L: É.

MS: Eu acho que eu consegui superar essas dificuldades no decorrer das implementações.

L: Você percebeu uma maior participação dos alunos quando da utilização das analogias, em geral?

MS: Eu obtive. Geralmente, por exemplo, aquela do olho humano e, também, aquela do pudim de passas que era do átomo, quando você traz o aluno para participar junto na elaboração do material, na preparação do material que faz parte da analogia, por exemplo, aquela do pudim de passas, do aluno fazer, dele preparar, eles fizeram, também aquela do olho com a máquina fotográfica, deles irem atrás deles trazerem para a aula, então assim, eles tinham uma expectativa maior, por que no final eles iam fazer essas atividades, desenvolver a atividade.

L: Então houve uma maior participação?

MS: Isso.

L: Nos passo 1, 2 e 3?

MS: Discutiam. Tinha uma discussão maior nesses passos aí.

L: E no passo 4, 5 e 6? Os alunos tiveram dificuldades?

MS: No início não, eles não conseguiam estabelecer as correspondências, muito menos identificar os limites de validade, mas isso eu atribuo a eu não executar corretamente e completamente os três primeiros passos da analogia... por eu não deixar claro os três primeiros passos, não trabalhar adequadamente. Agora também assim, eu senti uma dificuldade com relação assim, as turmas. Por exemplo, se você pegar este ano uma turma e implementar as analogias e no ano que vem com esta mesma turma você dar continuidade ao trabalho, você tem um rendimento maior, era mais válido, mais proveitoso o uso destas atividades, que é muito diferente você pegar uma turma aleatória este ano e o ano que vem você pegar uma outra turma que ela é principiante. Então é difícil também, porque você parte do zero com o aluno. Existe uma diferença aí. Eu senti dificuldade em trabalhar.

L: A utilização de modelos físicos representativos do alvo e do análogo contribuiu para a compreensão dos conteúdos pelos alunos?

MS: Eu acredito que sim, porque tornasse mais concreto e eles conseguem visualizar melhor.

L: E isso contribui no que esta visualização?

MS: Contribui na aprendizagem deles, eles conseguem fazer essa comparação entre análogo e o alvo (M. S.).

L: O tempo gasto para trabalhar um assunto utilizando uma analogia é maior que o tempo gasto com uma aula expositiva? Você considera que as atividades com uso de analogias, por exigir um tempo maior para a sua realização, podem provocar atrasos na programação curricular? Quais são os ganhos e as perdas com a utilização de analogias?

MS: É muito relativo. Muitas vezes você leva um tempo maior com o uso de analogias por que requer assim, uma... como e que eu posso dizer, mais paciência, mais calma, por que é uma forma nova de você trabalhar, uma maneira diferente de você trabalhar do que é de costume, então isso requer um envolvimento maior e você mesmo tem que ter mais calma para trabalhar, isso nas primeiras vezes. Eu acredito que não, tudo tranquilo. Não vai atrasar e também eu acho que nos não devemos levar em conta este tempo, que muitas vezes você leva um tempo maior, mas também você consegue um resultado melhor, você tem melhores resultados com a utilização de analogias.

L: Você percebe alguma mudança em sua prática em relação ao uso de analogias? Você agora seque os passos?

MS: Mudanças eu tenho percebido com a utilização de analogias que você passa a ter um cuidado maior na hora de implementar as analogias, com aquilo que você quer, o que você pretendo com o uso de analogia e também se esta analogia é familiar ao aluno ou não, e a utilização dela corretamente, caso contrário ela só vai prejudicar a implementação. Agora eu sigo os passo corretamente.

L: Que sugestões você poderia indicar para propiciar um uso efetivo das analogias?

MS: Que no momento que você for implementar uma analogia é muito importante que se tenha domínio sobre a analogia, de como implementar, os passos, os três primeiros passos, eles tem que ficar bem explicados, muito bem esclarecidos e o análogo deve ser família, porque senão for familiar eu tenho percebido que a analogia ela não tem validade nenhuma.

L: Marines. Agora eu vou perguntar sobre cada uma das analogias implementada e eu gostaria que você fizesse um comentário sobre elas.

L: A primeira é eletrização por contato com o funcionamento de vasos comunicantes.

MS: Essa foi uma das atividades bem interessantes, foi uma das que os alunos assim, eles... or terem uma visualização melhor de fácil representação, foi uma atividade assim, super legal que eles conseguiram compreender melhor, em virtude da fácil representação dos vasos comunicantes, onde eles mesmos construíram os vasos comunicantes, eu solicitei a atividade a eles e eles mesmos confeccionaram o experimento sobre vasos comunicantes então.

L: O fluxo de elétrons no interior de um condutor com o fluxo de pessoas num corredor de shopping center.

MS: Esta atividade ela teve que ser re-adaptada, mas foi muito valida, em função de que na cidade, no caso, não apresenta shopping e ai então foi re-adaptada para o fluxo de pessoas nos corredores de um supermercado. Fiz uma adaptação desta atividade, por que o shopping no caso dos meus alunos não é familiar.

L: A da refração com a modificação da trajetória de duas rodas presas a um eixo ao mudarem de terreno.

MS: Esta atividade também não teve problema nenhum, ficou bem claro, foi de fácil representação, de fácil compreensão do meu ponto de vista, por que é uma atividade bem simples o análogo é super familiar deles.

L: A da dilatação com agitação mecânica das bolas de isopor de uma rede elástica tridimensional.

MS: Olha. Do meu ponto de vista ela é muito complicada esta atividade, por ser muito abstrata e o que ajudou bastante foi o modelinho apresentado para os alunos das bolinhas de isopor.

L: O campo elétrico com o campo de cheiro/cheiro emanado de um vidro de perfume aberto.

MS: Essa analogia foi uma assim, das mais interessantes, por que no momento que eu percebi que eles entenderam, eles começaram a usar outros análogos, o cheiro de comida, por exemplo, à medida que eles fossem se aproximando ao chegar em casa ao meio-dia, se aproximando de um colega após o período da educação física, o mau cheiro causado, o odor no caso, então ai é que eu senti quando eles começaram a citar exemplos que foi uma analogia legal, ela é muito interessante e de fácil compreensão para eles.

L: Olho humano com a máquina fotográfica.



MS: Também foi assim, muito valiosa esta atividade sobre o olho humano e a máquina fotográfica. Porém, eu acredito, assim que se deve ter um cuidado, como já foi citado anteriormente, quando se utiliza uma analogia. Essa por exemplo, ela foi válida se você comparar com as máquinas fotográficas antigas, mas com essas mudanças com esse avanço tecnológico e você analisar as máquinas fotográficas de hoje em dia, no caso o professor deve ter um cuidado, pra fazer uma distinção com relação a estes novos modelos. Então a gente deve ter um cuidado muito grande com relação a isso.

L: Onda numa corda com a ola em um estádio de futebol.

MS: Esta analogia eu também implementei, foi feito a simulação dela, os alunos mesmos foram para a frente da sala de aula e foi feita a simulação, mas eu percebi assim, no decorrer da implementação que muitos alunos eles não conheciam a ola por exemplo.

L: E ai o que você fez para que eles conhecessem?

MS: Ai foi feita a simulação. Foi chamado os alunos para a frente, na sala de aula e foi feita a simulação pra eles compreenderem, tornar familiar a eles o análogo.

L: O modelo atômico de Thomson com um pudim de ameixas?

MS: Essa analogia também ela foi muito interessante onde os alunos trouxeram pra sala de aula o pudim, o análogo, pra depois no final da aula poder ver a representação e foi muito interessante assim, foi uma analogia de fácil compreensão e que eu acredito que eles compreenderam mesmo o conteúdo.

L: Modelo Atômico de Rutherford com o sistema planetário?

MS: Também essa ai foi fácil a implementação por eles já conhecer, já ter estudado no caso o modelo planetário em geografia, então não teve problema nenhum. Foi eficaz.

L: O modelo de Bohr com os livros em uma estante?

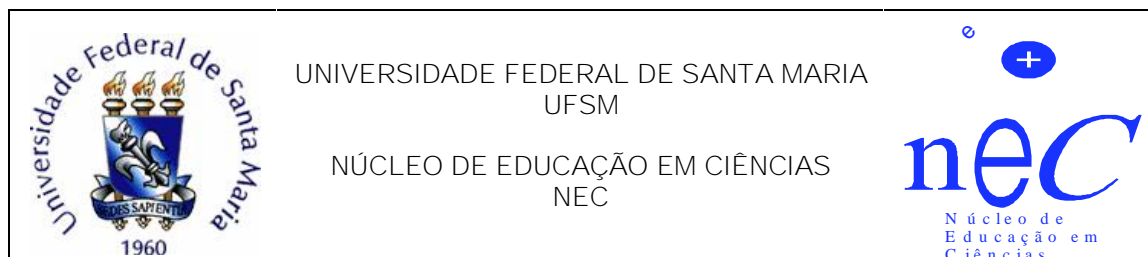
MS: Essa também não teve problema nenhum foi muito familiar a eles não foi difícil para eles estabelecerem as correspondências, foi muito interessante também esta analogia. Foi muito eficaz.

ANEXOS

## ANEXO A – COLEÇÕES DIDÁTICAS ANALISADAS

Subárea	Coleção Didática	Referência Bibliográfica das Coleções Analisadas
BIOLOGIA	CD-B1	AMABIS, José M.; MARTHO, Gilberto R.: (1994). <i>Biologia 2º Grau</i> . V1: Biologia das Células – origem da vida, citologia, histologia, embriologia; v2: Biologia dos Organismos – classificação, estrutura e função dos seres vivos; v3: Biologia das Populações – genética, evolução, ecologia. São Paulo/BRA: Moderna.
	CD-B2	LINHARES, Sérgio; GEWANDSZAJDER, Fernando: (1994). <i>Biologia Hoje</i> . v.1: citologia, histologia, origem da vida; v.2: seres vivos; v.3: genética, evolução, ecologia. São Paulo/BRA: Ática.
	CD-B3	PAULINO, Wilson R.: (1995). <i>Biologia Atual</i> . v.1: citologia, histologia; v.2: seres vivos, fisiologia; v.3: reprodução e desenvolvimento, genética, evolução, ecologia. São Paulo/BRA: Ática.
	CD-B4	SOARES, José L.: (1996). <i>Biologia 2o. Grau</i> . v.1: a célula, os tecidos, embriologia; v.2: os seres vivos, estruturas e funções; v.3: genética, evolução e ecologia. São Paulo/BRA: Scipione.
FÍSICA	CD-F1	BONJORNO, José R.; RAMOS, Clinton M.: (1992). <i>Física</i> . v.1, 2 e 3. São Paulo/BRA: FTD.
	CD-F2	ALVARENGA, Beatriz A.; MÁXIMO, Antônio: (1997). <i>Curso de Física</i> . v.1, 2 e 3. São Paulo/BRA: Scipione.
	CD-F3	GONÇALVES, Aurélio; TOSCANO, Carlos: (1997). <i>Física e Realidade</i> . v.1, 2 e 3. São Paulo/BRA: Scipione.
	CD-F4	GRAF - Grupo de Reelaboração do Ensino de Física: (1990). <i>Física</i> . v.1, 2 e 3. São Paulo/BRA: EDUSP.
	CD-F5	GUIMARÃES, Luiz A.; FONTE BOA, Marcelo: (1997). <i>Física para o 2º Grau</i> . v.1, 2 e 3. São Paulo/BRA: Harbra.
QUÍMICA	CD-Q1	FONSECA, Martha R. M. da: (1992). <i>Química: química geral, físico-química, química orgânica</i> . São Paulo/BRA: FTD.
	CD-Q2	PERUZZO, Tito M.; CANTO, Eduardo L. do: (1993). <i>Química: na abordagem do cotidiano</i> . v.1, 2 e 3. São Paulo/BRA: Moderna.
	CD-Q3	USBERCO, João; SALVADOR, Edgard: (1999). <i>Química: química geral</i> . v.1, 2 e 3. São Paulo/BRA: Saraiva.
	CD-Q4	FELTRE, Ricardo: (1994). <i>Química: química geral</i> , v.1; <i>físico-química</i> , v.2; <i>química-orgânica</i> , v.3. São Paulo/BRA: Moderna.

## ANEXO B - EXEMPLARES DE ATIVIDADES DIDÁTICAS BASEADAS EM ANALOGIAS



## PROJETO VINCULADO

- Linguagem e formação de conceitos: implicações para o ensino de ciências naturais

ATIVIDADE DIDÁTICA  
PARA USO DE ANALOGIA EM SALA DE AULA  
SEGUNDO O MODELO TWA

ANALOGIA F02

Assunto: Processos de Eletrização

Nº de Aulas Previstas: 2 (50min cada)

Situação Alvo: Eletrização por contato

Situação Análoga: Funcionamento de vasos comunicantes

Santa Maria/RS

(Versão Preliminar)

ATIVIDADE DIDÁTICA BASEADA EM ANALOGIA  
(SEGUNDO O MODELO TWA)

ADA-F02 - Versão Preliminar – 2006

3.1. ORIENTAÇÕES PARA PROFESSORES

1° Passo: Apresentação da "situação alvo" a ser tratada

Inicialmente o professor deve fazer uma exposição dialogada acerca dos pontos principais relativos ao Processo de Eletrização por Contato, fazendo com que seus alunos explicitem o conhecimento que possuem dele. O texto que segue pode ser usado como base esse diálogo, que pode ser acompanhado de figuras ilustrativas do fenômeno, desenhadas e/ou projetadas no quadro, ou de algum outro tipo de recurso julgado pertinente pelo professor.

Uma das formas de eletrizar um objeto condutor neutro é colocá-lo em contato com outro condutor que esteja carregado, positiva ou negativamente

Vamos imaginar dois objetos A e B, o primeiro carregado negativamente e o segundo neutro. Se ligamos estes objetos por um fio condutor, ou simplesmente encostamos um no outro, depois de um certo tempo, haverá uma distribuição da carga negativa, inicialmente toda ela localizada no objeto A, entre os dois objetos A e B.

Após essa nova distribuição podemos desconectar ou afastar os objetos condutores e eles estarão ambos carregados negativamente. Surge então uma questão: qual dos objetos fica com a maior parte (porcentagem) da quantidade de carga negativa total?

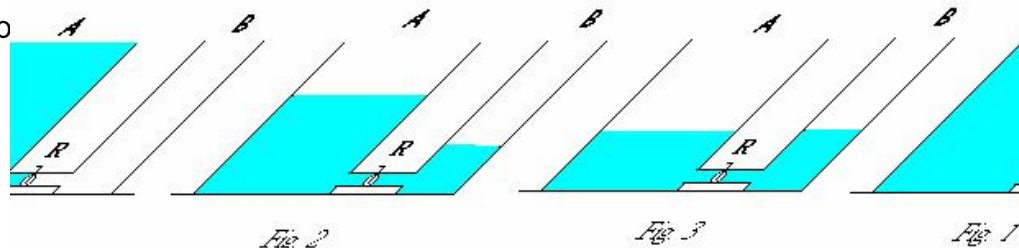
A grosso modo, podemos afirmar que essa distribuição dependerá do tamanho relativo entre os condutores. No entanto, ao final deste processo, sempre teremos que a carga total inicial contida em A será igual à soma das cargas finais de A e de B. De modo mais geral (e mais sintético) podemos dizer que, em qualquer processo semelhante, a distribuição de cargas obedece à relação:  $Q_A \text{ inicial} + Q_B \text{ inicial} = Q_A \text{ final} + Q_B \text{ final}$ . Isto corresponde a um princípio importante da Física que é o Princípio da Conservação da Carga Elétrica

2° Passo: Apresentação da "situação análoga" auxiliar

A seguir, para auxiliar na compreensão do processo de distribuição de cargas entre dois condutores em contato sugere-se o uso de uma analogia, como a proposta a seguir. O texto abaixo contém uma sugestão para o encaminhamento desta apresentação.

Consideremos dois recipientes, que não precisam ser do mesmo tamanho, nem possuir a mesma forma, cujas bases estão ligadas por meio de um tubo. Inicialmente ( fig. 1) só o recipiente A contém água. Quando o registro R é aberto, a água começa a passar do recipiente A para o recipiente B (fig. 2). Este processo continua até o sistema atingir uma situação de equilíbrio.

Isto ocorre quando as alturas do líquido em ambos os recipientes se igualam (fig. 3). Porém, como as bases dos recipientes são diferentes, as quantidades de água serão também diferentes em cada recipiente, ou seja, na situação de equilíbrio haverá mais água em A do que em B. Fisicamente, este equilíbrio é atingido quando as pressões no fundo de ambos os recip



3º Passo: Identificação das características relevantes do análogo

Neste passo, através de uma discussão coletiva, devem ser estabelecidas as características relevantes do análogo utilizado. A seguir, algumas destas características são apontadas. Outras poderão surgir. No entanto, pelo menos estas deverão ser discutidas pelo professor.

1. Formas e tamanhos dos recipientes podem ser quaisquer.
2. Comunicação entre os recipientes deve ser posicionada, preferencialmente, próxima à base das mesmos.
3. A situação de equilíbrio não é determinada pela quantidade (volume) de água em cada recipiente, mas pela altura da coluna de água em cada um deles.
4. O equilíbrio é atingido quando as alturas forem iguais e, portanto, quando as pressões no fundo de cada recipiente forem iguais.

4º Passo: Estabelecimento das correspondências entre o análogo e o alvo

Neste passo, a partir da caracterização do análogo os alunos devem ser solicitados a fazer comparações entre as situações alvo e análoga, e a preencherem individualmente a FICHA 1. Estas devem ser recolhidas para análise posterior. Abaixo, temos uma lista de possíveis comparações, que devem ser garantidas pelo professor na discussão após o preenchimento das fichas.

Funcionamento de vasos comunicantes	Eletrização por contato
Distribuição de líquido entre dois vasos comunicantes	Distribuição de cargas entre dois condutores em contato
Quantidade de água (massa= $m$ ou volume= $V$ )	Quantidade de carga ( $Q$ )
O líquido se movimenta pela ação da gravidade (fenômeno mecânico)	As cargas se movimentam por fenômeno elétrico
A redistribuição do líquido cessa quando se atinge o equilíbrio hidráulico	O movimento encerra se a distribuição de cargas cessa, quando os objetos atingem o equilíbrio eletrostático
Equilíbrio hidrostático ( $h_a=h_b / P_{A \text{ fundo}}=P_{B \text{ fundo}}$ )	Equilíbrio eletrostático ( $V_A=V_B$ )
Altura da coluna d'água/Pressão no fundo do recipiente ( $h/P_{\text{fundo}}$ )	Potencial elétrico ( $V$ )

5° Passo: Identificação dos limites de validade da analogia utilizada

Deve-se solicitar que, após preencherem a FICHA 1, os alunos também tentem preencher a FICHA 2 com as características da situação análoga que não encontram correspondência na situação alvo e vice-versa, ou seja, pontos onde a analogia falha. De todo modo, sempre é necessário que o professor sistematize este passo. Abaixo, temos exemplos de limites de validade para esta analogia.

- Nos vasos comunicantes, a ligação deve ser feita, preferencialmente, próxima à base dos recipientes. No entanto, para colocar dois condutores em contato, a ligação pode ser feita em qualquer ponto.
- No caso dos vasos comunicantes temos o movimento de um fluido; porém, no processo de eletrização o movimento de cargas pode ser visto como um movimento de objetos individuais.

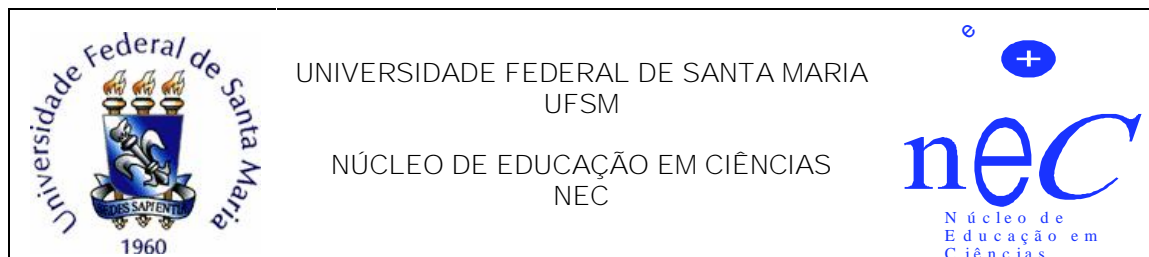
6° Passo: Esboço de uma síntese conclusiva sobre a "situação alvo"

Os alunos deverão elaborar individualmente uma síntese conclusiva, que deverá ser registrada na FICHA 3 e recolhida para análise posterior. Após, a partir dessas sínteses, deve ser feita uma sistematização coletiva, no quadro, que servirá de ponto de partida para, finalmente, o professor retomar e enfatizar as características básicas da situação alvo.

FICHA 1		
Nome:	Turma:	N°:
Que comparações podem ser feitas entre o alvo e o análogo? Preencher as duas colunas desta ficha, procurando estabelecer relações de semelhanças entre grandezas, características, aspectos, conceitos, modelos, processos, etc., presentes em cada situação apresentada.		
Funcionamento de vasos comunicantes	Eletrização por contato	
FICHA 2		
Nome:	Turma:	N°:
Preencha a FICHA 2 com as características da situação análoga que não encontram correspondência na situação alvo e vice-versa, ou seja, <u>pontos onde a analogia falha</u> .		

FICHA 3		
Nome:	Turma:	N°:
Tente elaborar uma síntese, apresentando suas conclusões sobre o Processo de Eletrização por Contato e apontando os pontos principais do mesmo. Transcreva seu texto nesta ficha.		





## PROJETO VINCULADO

- Linguagem e formação de conceitos: implicações para o ensino de ciências naturais

### ATIVIDADE DIDÁTICA PARA USO DE ANALOGIA EM SALA DE AULA SEGUNDO O MODELO TWA

#### ANALOGIA F06

<u>Assunto:</u>	<b>Dilatação Térmica</b>
<u>Nº de Aulas Previstas:</u>	<b>2 (50min cada)</b>
<u>Situação Alvo:</u>	<b>Agitação térmica das partículas ou átomos da rede cristalina de um sólido</b>
<u>Situação Análoga:</u>	<b>Agitação mecânica das bolas de isopor localizadas nos nós de uma rede elástica tridimensional</b>

Santa Maria/RS

(Versão Preliminar)

ATIVIDADE DIDÁTICA BASEADA EM ANALOGIA  
(SEGUNDO O MODELO TWA)

ADA-F06 - Versão Preliminar – 2006

ORIENTAÇÕES PARA PROFESSORES

1° Passo: Apresentação da "situação alvo" a ser tratada

Inicialmente o professor deve fazer uma exposição dialogada acerca dos pontos principais relativos ao Fenômeno da Dilatação, fazendo com que seus alunos explicitem o conhecimento que possuem dele. O texto que segue pode ser usado como base desse diálogo, que pode ser acompanhado de figuras ilustrativas do fenômeno, desenhadas e/ou projetadas no quadro, ou de algum outro tipo de recurso julgado pertinente pelo professor.

Ao aquecermos um objeto é possível variar sua temperatura e, em geral, promover uma dilatação do mesmo. De modo inverso, o resfriamento de um objeto pode provocar a diminuição de sua temperatura e acarretar uma contração do mesmo. Macroscopicamente, isto é percebido por uma variação do volume do objeto. Nos dois casos há transferência de energia: o aquecimento fornece calor (energia) ao objeto; o resfriamento retira calor (energia) do objeto. Microscopicamente, dizemos que ao fornecer calor a um objeto, aumentamos sua energia interna, isto é, aumentamos, em geral, tanto a energia cinética das partículas que o compõem como a energia potencial de interação (elétrica) entre essas partículas. Um aumento da energia cinética destas partículas corresponde, no nível microscópico, a uma maior vibração (agitação) delas, o que promove o aumento da distância média entre as mesmas. E isto se apresenta (manifesta) para nós como uma dilatação do volume do objeto. Para uma mesma variação de temperatura, a dilatação volumétrica de uma substância no estado sólido (ou líquido) é, em geral, menor do que no estado gasoso. Em particular, nas substâncias sólidas, tais partículas estão distribuídas ordenadamente numa estrutura tridimensional chamada rede cristalina de um sólido. Podemos começar a explicar esse fato admitindo que as partículas de uma porção de uma substância, quando no estado sólido, interagem fortemente (estão muito ligadas) de modo que, mesmo um alto grau de agitação das partículas (uma grande variação de temperatura da substância) provoca uma pequena mudança no distanciamento médio entre as partículas.

Essa mesma porção de substância, se estiver no estado líquido, tem suas partículas interagindo menos fortemente (já não há formação de uma estrutura tipo rede cristalina), e portanto, é possível ocorrer uma dilatação mais sensível, porém ainda pequena, para a mesma variação de temperatura.

Por outro lado, praticando esta mesma elevação de temperatura, na substância em estado gasoso, produziremos uma dilatação volumétrica comparativamente maior; e isto se explica pelo fato de que a energia de interação (ligação/vínculo) entre as partículas de um gás é muito pequena (desprezível, em vista da energia de movimento que é muito maior). Para um processo de resfriamento pode-se utilizar o raciocínio inverso.

2º Passo: Apresentação da "situação análoga" auxiliar

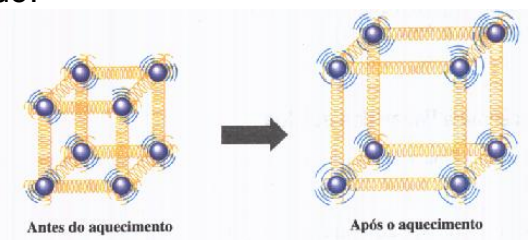
A seguir, para auxiliar na compreensão do Fenômeno da Dilatação sugere-se o uso de uma analogia, como a proposta a seguir. Neste passo, pode-se utilizar um modelo físico palpável para representar o análogo, onde cada partícula/molécula/átomo é representada(o) por uma bolinha (p. ex., de isopor) e as ligações entre elas(es) são representadas por molas helicoidais (p. ex., "espirais para encadernação"). O texto abaixo contém uma sugestão para o encaminhamento desta apresentação.

Para entender por que ocorre a dilatação durante um processo de aquecimento (ou contração, num processo de resfriamento), podemos usar um análogo para imaginar a estrutura interna de um objeto no estado sólido. As partículas que constituem o sólido estão distribuídas ordenadamente, dando origem a uma estrutura que é denominada rede cristalina do sólido, sendo que a ligação entre estas partículas se faz por meios de forças elétricas que mantém essa mesma estrutura. Um modelo físico que ajuda a imaginar essa estrutura/situação pode ser construído com bolinhas de isopor, para representar as partículas, unidas por molas helicoidais de plástico que, atuando através de forças elásticas, servem para representar a ação física das forças de natureza elétrica entre as partículas. Vamos usar então como análogo uma rede elástica. Tentando-se aproximar duas destas bolinhas, a mola que as une atua em sentido contrário, dificultando a aproximação; por outro lado, tentando-se afastá-las a mola age no sentido de dificultar o afastamento. Devemos imaginar as partículas desta rede em constante vibração em torno de uma posição média (equilíbrio), sendo que, numa situação de estabilidade, o grau de agitação de todas elas é praticamente o mesmo. Caso uma ação externa seja feita sobre uma destas bolinhas (uma certa energia seja transferida a ela, através de um puxão ou um piparote), aumentará o seu grau de agitação (maior energia de movimento), mas aos poucos esta agitação será distribuída entre todas as bolinhas da rede, através das molas que as unem. Se imaginarmos uma rede ideal onde não ocorra "dissipação de energia" por atrito interno, então, ao final, uma nova situação de estabilidade energética será atingida, onde toda a rede estará um pouco mais agitada, e as bolinhas estarão, em média, mais afastadas umas das outras.

### 3º Passo: Identificação das características relevantes do análogo

Neste passo, através de uma discussão coletiva, devem ser estabelecidas as características relevantes do análogo utilizado. A seguir, algumas destas características são apontadas. Outras poderão surgir. No entanto, pelo menos estas deverão ser discutidas pelo professor.

- 1) A rede elástica tridimensional é feita de bolinhas de isopor unidas por molas helicoidais de plástico.
- 2) A ligação entre duas bolinhas adjacentes é feita através de molas, as quais sustentam toda estrutura pela natureza restituidora (retorno à situação de equilíbrio) das forças elásticas atuantes entre as bolinhas.
- 3) As bolinhas de isopor estão sempre em constante vibração, em torno de uma posição média de equilíbrio.
- 4) O afastamento médio entre duas bolinhas adjacentes está relacionado à elongação da mola que as une. Para aumentar este afastamento médio é necessário superar a força de resistência elástica da mola, ou seja, é necessário provocar uma perturbação maior. Isto ocorre com transferência de energia ao sistema.
- 5) Transferindo energia (p. ex., mecânica) ao sistema (rede elástica), há um aumento da vibração média das bolinhas, que oscilam com maiores amplitudes em todas as direções, produzindo um aumento no tamanho (volume) de toda a rede.



### 4º Passo: Estabelecimento das correspondências entre o análogo e o alvo

Neste passo, a partir da caracterização do análogo os alunos devem ser solicitados a fazer comparações entre as situações alvo e análoga, e a preencherem individualmente a FICHA 1. Estas devem ser recolhidas para análise posterior. Abaixo, temos uma lista de possíveis comparações, que devem ser garantidas pelo professor na discussão após o preenchimento das fichas.

Agitação mecânica das bolas de isopor localizadas nos nós de uma rede elástica tridimensional	Agitação térmica das partículas ou átomos da rede cristalina de um sólido
Bolinhas de isopor em uma rede elástica tridimensional	Partículas/átomos/moléculas/íons de uma rede cristalina de um sólido
Forças elásticas das molas atuando entre as bolinhas e sustentando a rede	Forças elétricas atuando entre as partículas e sustentando a rede
Vibração mecânica das bolinhas de	Vibração térmica das partículas

isopor	
Afastamento médio entre duas bolinhas adjacentes	Afastamento médio entre duas partículas adjacentes
Aumento (diminuição) do volume total da rede elástica, pelo efeito total do aumento (da diminuição) do afastamento médio entre cada par de bolinhas adjacentes.	Aumento (diminuição) do volume total da rede cristalina, pelo efeito total do aumento (da diminuição) do afastamento médio entre cada par de partículas adjacentes.

5° Passo: Identificação dos limites de validade da analogia utilizada

Deve-se solicitar que, após preencherem a FICHA 1, os alunos também tentem preencher a FICHA 2 com as características da situação análoga que não encontram correspondência na situação alvo e vice-versa, ou seja, pontos onde a analogia falha. De todo modo, sempre é necessário que o professor sistematize este passo. Abaixo, temos exemplos de limites de validade para esta analogia.

- As proporções das partículas da rede cristalina de um sólido não podem ser comparadas com as das bolinhas de isopor da rede elástica.
- Há exceções quanto ao comportamento térmico das substâncias. O exemplo clássico é o da água. Enquanto a maioria dos líquidos se expandem ao serem aquecidos, a água, ao variar de 0oC para 4oC, ou seja, ao aumentar a sua temperatura por aquecimento, nesse intervalo, *manifesta uma diminuição de volume e um aumento de densidade*.

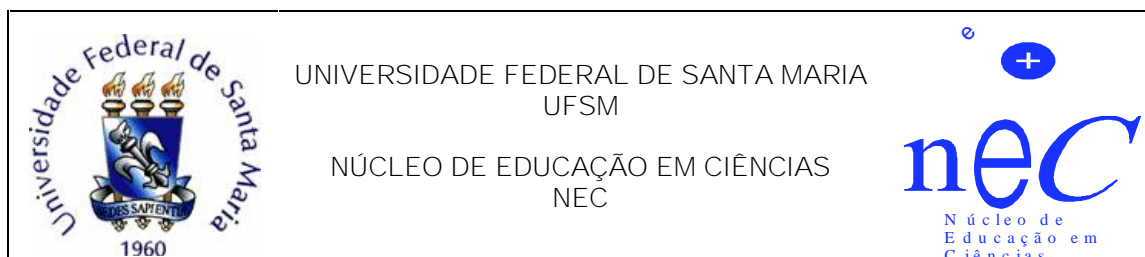
6° Passo: Esboço de uma síntese conclusiva sobre a "situação alvo"

Os alunos deverão elaborar individualmente uma síntese conclusiva, que deverá ser registrada na FICHA 3 e recolhida para análise posterior. Após, a partir dessas sínteses, deve ser feita uma sistematização coletiva, no quadro, que servirá de ponto de partida para, finalmente, o professor retomar e enfatizar as características básicas da situação alvo.

FICHA 1		
Nome:	Turma:	N°:
Que comparações podem ser feitas entre o alvo e o análogo? Preencher as duas colunas desta ficha, procurando estabelecer relações de semelhanças entre grandezas, características, aspectos, conceitos, modelos, processos, etc., presentes em cada situação apresentada.		
Agitação mecânica das bolas de isopor localizadas nos nós de uma rede elástica tridimensional	Agitação térmica das partículas ou átomos da rede cristalina de um sólido	

FICHA 2		
Nome:	Turma:	N°:
Preencha a FICHA 2 com as características da situação análoga que não encontram correspondência na situação alvo e vice-versa, ou seja, <u>pontos onde a analogia falha</u> .		

FICHA 3		
Nome:	Turma:	N°:
Tente elaborar uma síntese, apresentando suas conclusões sobre o Fenômeno da Dilatação apontando os pontos principais do mesmo. Transcreva seu texto nesta ficha.		



## PROJETO VINCULADO

- Linguagem e formação de conceitos: implicações para o ensino de ciências naturais

### ATIVIDADE DIDÁTICA PARA USO DE ANALOGIA EM SALA DE AULA SEGUNDO O MODELO TWA

#### ANALOGIA F11

<u>Assunto:</u>	Ondulatória
<u>Nº de Aulas Previstas:</u>	2 (50min cada)
<u>Situação Alvo:</u>	Onda em uma corda
<u>Situação Análoga:</u>	“Ola” em um estádio de futebol

Santa Maria/RS

(Versão Preliminar)

ATIVIDADE DIDÁTICA BASEADA EM ANALOGIA  
(SEGUNDO O MODELO TWA)

ADA-F11 - Versão Preliminar – 2006

ORIENTAÇÕES PARA PROFESSORES

1° Passo: Apresentação da "situação alvo" a ser tratada

Inicialmente o professor deve fazer uma exposição dialogada acerca dos pontos principais relativos ao conceito de Ondas, fazendo com que seus alunos explicitem o conhecimento que possuem dele. O texto que segue pode ser usado como base desse diálogo, que pode ser acompanhado de figuras ilustrativas, desenhadas e/ou projetadas no quadro, ou de algum outro tipo de recurso julgado pertinente pelo professor.

Considere uma corda com uma de suas extremidades fixa a outra esticada horizontalmente pela ação da mão de uma pessoa. Se a pessoa movimentar sua mão para cima e, em seguida, para baixo, retornando à posição inicial, verifica-se que uma perturbação, ou pulso propaga-se ao longo da corda, com uma certa velocidade. Então, denomina-se Pulso à perturbação produzida em um meio, tirando-o de sua situação de equilíbrio, e que se desloca transmitindo energia. Não existe, portanto, transporte de matéria e sim de energia. Porém, não estamos dizendo que não houve movimento material nesse processo.

Consideremos, agora, que a pessoa movimenta sua mão continuamente para cima e para baixo. Neste caso, teremos uma série de pulsos, propagando-se ao longo da corda. Esta seqüência de pulsos constitui uma Onda propagando-se na corda.

2° Passo: Apresentação da "situação análoga" auxiliar

A seguir, para auxiliar na compreensão do conceito de Ondas sugere-se o uso de uma analogia, como a proposta a seguir. O texto abaixo contém uma sugestão para o encaminhamento desta apresentação.

Um fenômeno interessante de observar nos estádios de futebol é o seguinte: os espectadores de uma coluna se colocam de pé e sentam, sem sair do lugar, quando percebem que os espectadores da coluna adjacente o fizeram. O efeito coletivo é um pulso que se propaga pelos espectadores do estádio, ou seja, quando as torcidas fazem "Ola", palavra espanhola que significa "onda", as pessoas levantam-se e abaixam-se, simulando uma onda, na verdade um pulso transversal. A "Ola" se forma porque as pessoas se sincronizam para que pareça uma ondulação contínua.

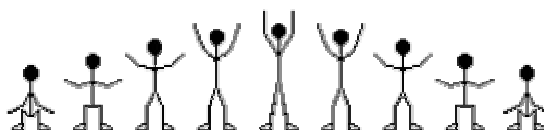


### 3º Passo: Identificação das características relevantes do análogo

Neste passo, através de uma discussão coletiva, devem ser estabelecidas as características relevantes do análogo utilizado. A seguir, algumas destas características são apontadas. Outras poderão surgir. No entanto, pelo menos estas deverão ser discutidas pelo professor.

Quando o pulso se propaga para a direita, por exemplo, os espectadores de uma coluna fazem o movimento um pouco depois que os espectadores da coluna adjacente à esquerda e dizemos que existe uma diferença de fase entre os movimentos das colunas.

Os espectadores de cada coluna apenas se põem de pé e sentam, não se deslocando lateralmente. Eles não vão junto com o pulso e são, por assim dizer, o meio através do qual o pulso se propaga. Se os espectadores se colocam de pé e sentam continuamente, um trem de ondas se propaga pelos espectadores do estádio.



### 4º Passo: Estabelecimento das correspondências entre o análogo e o alvo

Neste passo, a partir da caracterização do análogo os alunos devem ser solicitados a fazer comparações entre as situações alvo e análoga, e a preencherem individualmente a FICHA 1. Estas devem ser recolhidas para análise posterior. Abaixo, temos uma lista de possíveis comparações, que devem ser garantidas pelo professor na discussão após o preenchimento das fichas.

"Ola" em um estádio de futebol	Onda em uma corda
Conjunto de pessoas como meio de propagação	Corda como meio de propagação
Cada pessoa individualmente	Porção física do meio
Quantidade de pessoas	Quantidade de "porções unitárias" (porções físicas) do meio
Perturbação causada por estímulo (agente) próprio	Perturbação causada por um estímulo (agente) externo
Evento em campo ou mediante um "animador de torcida"	Mecanismo/pessoas que perturba
Vontade própria das pessoas	Características fixas do meio (elasticidade, rigidez)

5° Passo: Identificação dos limites de validade da analogia utilizada

Deve-se solicitar que, após preencherem a FICHA 1, os alunos também tentem preencher a FICHA 2 com as características da situação análoga que não encontram correspondência na situação alvo e vice-versa, ou seja, pontos onde a analogia falha. De todo modo, sempre é necessário que o professor sistematize este passo. Abaixo, temos exemplos de limites de validade para esta analogia.

- O movimento de pessoas, na “Ola”, em um estádio de futebol não é propriamente uma onda, mas este movimento produz um efeito tipo onda, e somente existe enquanto o movimento for contínuo e sincronizado, repetitivo e tenha um período definido.
- As pessoas têm vontade própria. No entanto, as porções físicas do meio não têm vontade própria, ficam condicionadas aos estímulos externos.

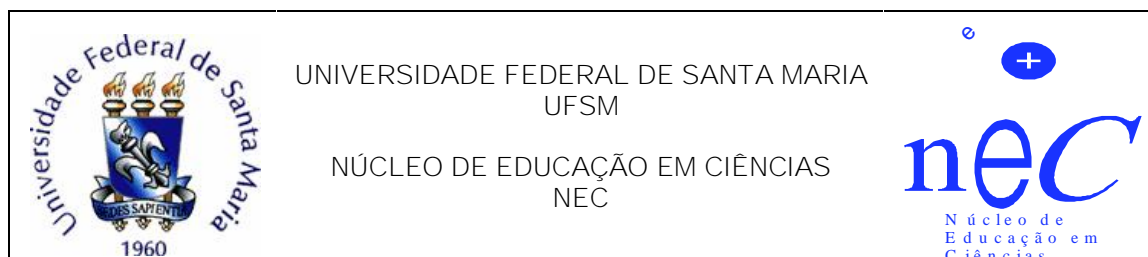
6° Passo: Esboço de uma síntese conclusiva sobre a "situação alvo"

Os alunos deverão elaborar individualmente uma síntese conclusiva, que deverá ser registrada na FICHA 3 e recolhida para análise posterior. Após, a partir dessas sínteses, deve ser feita uma sistematização coletiva, no quadro, que servirá de ponto de partida para, finalmente, o professor retomar e enfatizar as características básicas da situação alvo.

FICHA 1		
Nome:	Turma:	N°:
Que comparações podem ser feitas entre o alvo e o análogo? Preencher as duas colunas desta ficha, procurando estabelecer relações de semelhanças entre grandezas, características, aspectos, conceitos, modelos, processos, etc., presentes em cada situação apresentada.		
“Ola” em um estádio de futebol	Onda em uma corda	

FICHA 2		
Nome:	Turma:	N°:
Preencha a FICHA 2 com as características da situação análoga que não encontram correspondência na situação alvo e vice-versa, ou seja, <u>pontos onde a analogia falha</u> .		

FICHA 3		
Nome:	Turma:	N°:
Tente elaborar uma síntese, apresentando suas conclusões sobre o conceito de Ondas apontando os pontos principais do mesmo. Transcreva seu texto nesta ficha.		



## PROJETO VINCULADO

- Linguagem e formação de conceitos: implicações para o ensino de ciências naturais

ATIVIDADE DIDÁTICA  
PARA USO DE ANALOGIA EM SALA DE AULA  
SEGUNDO O MODELO TWA

ANALOGIA F17

Assunto: Eletrodinâmica

Nº de Aulas Previstas: 2 (50min cada)

Situação Alvo: Circuito Elétrico Simples

Situação Análoga: Sistema Circulatório/Sanguíneo

Santa Maria/RS

(Versão Preliminar)

ATIVIDADE DIDÁTICA BASEADA EM ANALOGIA  
(SEGUNDO O MODELO TWA)

ADA-F17 - Versão Preliminar – 2006

ORIENTAÇÕES PARA PROFESSORES

1° Passo: Apresentação da "situação alvo" a ser tratada

Inicialmente o professor deve fazer uma exposição dialogada acerca dos pontos principais relativos ao Circuito Elétrico Simples, fazendo com que seus alunos explicitem o conhecimento que possuem dele. Poderá ser utilizada uma atividade experimental de construção de um circuito elétrico simples. O texto que segue aborda itens que deveram ser discutidos, que pode ser acompanhado de figuras ilustrativas do fenômeno, desenhadas e/ou projetadas no quadro, ou de algum outro tipo de recurso julgado pertinente pelo professor.

Um circuito elétrico simples pode ser visto como um sistema que transfere energia elétrica de um elemento (o gerador) para outro (o receptor), sendo esta transferência feita pelas cargas elétricas.

Os elementos que compõem o circuito elétrico simples são:

Gerador Elétrico:

É um dispositivo capaz de transformar em energia elétrica em outra modalidade de energia. A pilha, por exemplo, transforma energia química em energia elétrica.

Resistor Elétrico:

É um elemento que, num circuito elétrico, transforma a energia elétrica recebida em energia térmica e, algumas vezes, em energia luminosa.

Chave/Interruptor:

É um dispositivo que serve para fechar ou abrir um circuito, permitindo ou não a passagem de corrente elétrica.

Fios de ligação:

São elementos auxiliares de um circuito elétrico, que servem para conduzir a corrente elétrica, oferecendo resistência mínima à passagem da mesma, ou seja, transformando energia numa proporção desprezível em relação aos elementos principais (como os resistores).

2º Passo: Apresentação da "situação análoga" auxiliar

A seguir, para auxiliar na compreensão do Circuito Elétrico Simples sugere-se o uso de uma analogia, como a proposta a seguir:

Consideremos o sistema circulatório do ser humano.

3º Passo: Identificação das características relevantes do análogo

Neste passo, através de uma discussão coletiva, devem ser estabelecidas as características relevantes do análogo utilizado. A seguir, algumas destas características são apontadas. Outras poderão surgir. No entanto, pelo menos estas deverão ser discutidas pelo professor.

O sistema circulatório de um ser humano é encontra-se em toda a extensão do corpo humano. Ele é formado por veias e artérias que distribuem, por todo o corpo, o sangue, ou seja, fazem com que o sangue circule por todos os órgãos do corpo humano.

O sangue que se encontra dentro das veias e artérias é formado por glóbulos brancos e vermelhos e por água.

O órgão responsável pelo bombeamento de sangue para as outras partes do corpo é o coração. O sangue é formado por vários elementos entre eles emácias (glóbulos vermelhos), leucócitos (glóbulos brancos), plaquetas, sais minerais, água e gases.

Vários problemas podem interferir na circulação sangüínea do ser humano, entre eles, o colesterol. Uma pessoa com problema de colesterol alto, tem gordura, além das taxas normais, no sangue. Este fato pode levar, com o tempo, com que as gorduras presentes no sangue se depositem nas paredes das veias e artérias fazendo que o diâmetro das mesmas fique reduzido podendo levar o ser humano ao enfarte.

4º Passo: Estabelecimento das correspondências entre o análogo e o alvo

Neste passo, a partir da caracterização do análogo os alunos devem ser solicitados a fazer comparações entre as situações alvo e análoga, e a preencherem individualmente a FICHA 1. Estas devem ser recolhidas para análise posterior. Abaixo, temos uma lista de possíveis comparações, que devem ser garantidas pelo professor na discussão após o preenchimento das fichas.

Sistema Circulatório /Sangüíneo	4.1. Circuito Elétrico
Coração	Pilha/Gerador
---	Interruptor/Chave
Hemácias (GV), leucócitos (GB), plaquetas, sais minerais, água e gases (sangue)	Cargas elétricas
Corrente Sangüínea	Corrente elétrica (i)

Veias e Artérias	Fios de Ligação
Gorduras presentes nas paredes das veias e artérias	Resistor elétrico
Pressão sanguínea	Potencial (V)
---	Energia potencial elétrica ( $E_{Pel}$ )

5° Passo: Identificação dos limites de validade da analogia utilizada

Deve-se solicitar que, após preencherem a FICHA 1, os alunos também tentem preencher a FICHA 2 com as características da situação análoga que não encontram correspondência na situação alvo e vice-versa, ou seja, pontos onde a analogia falha. De todo modo, sempre é necessário que o professor sistematize este passo. Abaixo, temos exemplos de limites de validade para esta analogia.

Sistema Circulatório /Sanguíneo	Circuito Elétrico
Temos somente um sentido para a corrente sanguínea	Temos somente um sentido para a corrente elétrica
As artérias e os vasos estão sempre preenchidos	A corrente elétrica se estabelece instantaneamente no momento do fechamento do interruptor
Não há sentido em alterar o diâmetro das artérias e veias	Aumentando o diâmetro do resistor, diminui a resistência elétrica. Portanto mantendo-se constante a tensão sobre ele haverá uma maior quantidade de cargas passando num determinado intervalo de tempo, ou seja, aumentará a corrente elétrica
Não há sentido em alterar o comprimento das artérias e veias	Aumentando o comprimento do resistor, aumentamos sua resistência elétrica. Portanto, mantendo-se a tensão sobre ele, haverá uma menor quantidade de cargas elétricas passando num determinado intervalo de tempo, ou seja, diminuirá a corrente elétrica

6º Passo: Esboço de uma síntese conclusiva sobre a "situação alvo"

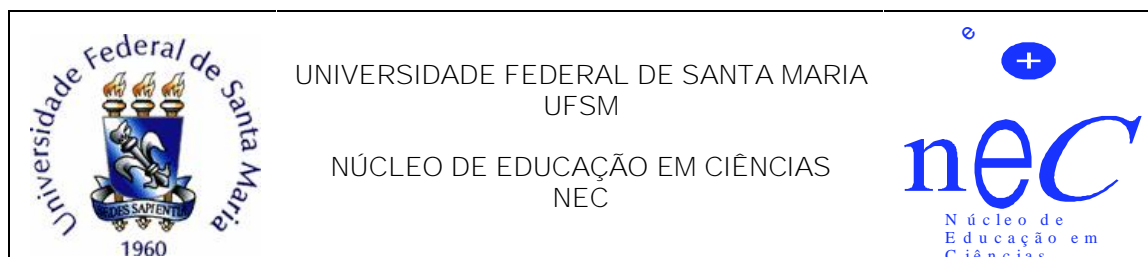
Os alunos deverão elaborar individualmente uma síntese conclusiva, que deverá ser registrada na FICHA 3 e recolhida para análise posterior. Após, a partir dessas sínteses, deve ser feita uma sistematização coletiva, no quadro, que servirá de ponto de partida para, finalmente, o professor retomar e enfatizar as características básicas da situação alvo.



FICHA 1		
Nome:	Turma:	N°:
Que comparações podem ser feitas entre o alvo e o análogo? Preencher as duas colunas desta ficha, procurando estabelecer relações de semelhanças entre grandezas, características, aspectos, conceitos, modelos, processos, etc., presentes em cada situação apresentada.		
Sistema Circulatório /Sanguíneo	Circuito Elétrico Simples	

FICHA 2		
Nome:	Turma:	N°:
Preencha a FICHA 2 com as características da situação análoga que não encontram correspondência na situação alvo e vice-versa, ou seja, <u>pontos onde a analogia falha.</u>		

FICHA 3		
Nome:	Turma:	N°:
Tente elaborar uma síntese, apresentando suas conclusões sobre o Circuito Elétrico Simples e apontando os pontos principais do mesmo. Transcreva seu texto nesta ficha.		



## PROJETO VINCULADO

- Linguagem e formação de conceitos: implicações para o ensino de ciências naturais

ATIVIDADE DIDÁTICA  
PARA USO DE ANALOGIA EM SALA DE AULA  
SEGUNDO O MODELO TWA

ANALOGIA F20

Assunto: Modelos Atômicos

Nº de Aulas Previstas: 2 (50min cada)

Situação Alvo: Modelo Atômico de Bohr

Situação Análoga: Livros alocados em uma estante

Santa Maria/RS

(Versão Preliminar)

ATIVIDADE DIDÁTICA BASEADA EM ANALOGIA  
(SEGUNDO O MODELO TWA)

ADA-F20 - Versão Preliminar – 2006

ORIENTAÇÕES PARA PROFESSORES

1° Passo: Apresentação da "situação alvo" a ser tratada

Inicialmente o professor deve fazer uma exposição dialogada acerca dos pontos principais relativos ao Modelo Atômico de Bohr, fazendo com que seus alunos explicitem o conhecimento que possuem dele. O texto que segue pode ser usado como base desse diálogo, que pode ser acompanhado de figuras ilustrativas, desenhadas e/ou projetadas no quadro, ou de algum outro tipo de recurso julgado pertinente pelo professor.

Niels Bohr (1885-1962) foi quem explicou as limitações do modelo atômico de Rutherford, baseando-se numa teoria proposta por Max Planck em 1900, conhecida como teoria quântica, propondo assim, em 1913, um novo modelo atômico. Segundo esta teoria, a energia não é emitida de maneira contínua, mas em pacotes chamados de quanta (plural de quantum).

Aplicando a teoria quântica no modelo de Rutherford, Niels Bohr conseguiu formular três postulados relacionados com o movimento dos elétrons:

1. Existem poucas órbitas onde os elétrons podem girar em torno do núcleo.
2. Os elétrons não emitem energia quando estão numa dessas órbitas.
3. Os elétrons somente emitem ou ganham energia quando saltam de uma órbita para outra. E assim, o fazem na forma de um quantum de energia.

Os elétrons giram em órbita ao redor do núcleo atômico, agrupados em níveis energéticos.

No estado fundamental de um átomo, os elétrons se encontram no seu nível mais baixo possível.

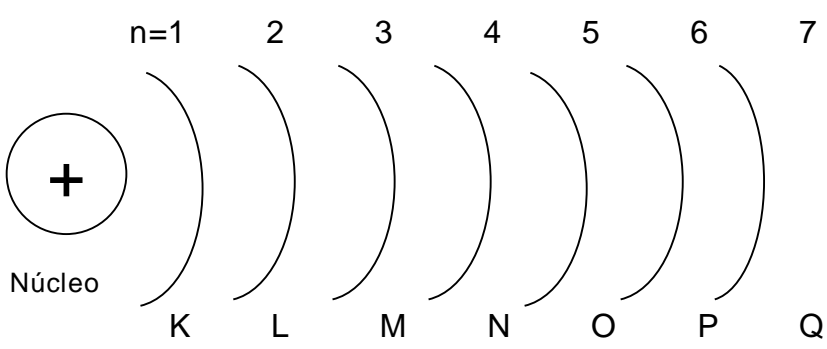
Se os elétrons de um átomo recebem energia ou colidem com outros elétrons, eles saltam para níveis mais extremos. Neste caso, dizemos que os elétrons entram em estado excitado.

Se os elétrons cedem energia, eles saltam para níveis mais internos e a energia liberada pelos elétrons sai em forma de quantum de luz ou fóton.

A dificuldade para determinar a trajetória de um elétron ao redor do núcleo atômico consiste em que, para descobri-la, é necessário enviar um fóton ao átomo; mas quando isso acontece, o elétron salta de nível energético, mudando assim a sua trajetória.

Os elétrons, durante o movimento ao redor do núcleo, comportam-se como onda e quando recebem um fóton, eles comportam-se como partícula.

Os elétrons se distribuem ao redor do núcleo em camadas eletrônicas que estão associadas a níveis de energia e cada uma das camadas pode conter um determinado número de elétrons.



São sete os níveis de energia; portanto, são sete as camadas eletrônicas. No momento em que um elétron receber um quantum de energia, ele passa de uma camada mais interna para outra mais externa. No momento em que um elétron ceder um quantum de energia, ele passa de uma camada mais externa para outra mais interna.

2º Passo: Apresentação da "situação análoga" auxiliar

A seguir, para auxiliar na compreensão do Modelo Atômico de Thomson sugere-se o uso de uma analogia, como a proposta a seguir. O texto abaixo contém uma sugestão para o encaminhamento desta apresentação.

Consideremos a situação de livros alocados nas prateleiras de estantes, por exemplo, em uma biblioteca.

3º Passo: Identificação das características relevantes do análogo

Neste passo, através de uma discussão coletiva, devem ser estabelecidas as características relevantes do análogo utilizado. A seguir, algumas destas características são apontadas. Outras poderão surgir. No entanto, pelo menos estas deverão ser discutidas pelo professor.

Consideremos que em uma biblioteca temos estantes para livros. Estes estão colocados na vertical (em pé), distribuídos sobre as prateleiras que compõem a mesma.

Nesta estante temos prateleiras que ficam em distâncias diferentes, ou seja, algumas situadas no alto da estante e outras mais próximas do piso (chão) do local onde ela se encontra, porém, não em qualquer distância.

Se um livro cair de uma das estantes devido a ação de gravidade, ele ficará sujeito a uma força também de origem gravitacional. O livro nesta situação passará de um ponto de maior energia potencial gravitacional para um ponto de menor energia potencial. No caso contrário, se elevarmos um livro de uma estante inferior para uma superior estaremos tirando o mesmo de um ponto de menor energia potencial e levando para um, ponto de maior energia potencial.

4º Passo: Estabelecimento das correspondências entre o análogo e o alvo

Neste passo, a partir da caracterização do análogo os alunos devem ser solicitados a fazer comparações entre as situações alvo e análoga, e a preencherem individualmente a FICHA 1. Estas devem ser recolhidas para análise posterior. Abaixo, temos uma lista de possíveis comparações, que devem ser garantidas pelo professor na discussão após o preenchimento das fichas.

Livros alocados em uma estante	Modelo Atômico de Bohr
Solo/chão/piso	Núcleo atômico
Livros	Elétrons
Prateleiras	Níveis de energia
Força gravitacional	Força elétrica
Energia potencial do sistema	Energia potencial do sistema

5º Passo: Identificação dos limites de validade da analogia utilizada

Deve-se solicitar que, após preencherem a FICHA 1, os alunos também tentem preencher a FICHA 2 com as características da situação análoga que não encontram correspondência na situação alvo e vice-versa, ou seja, pontos onde a analogia falha. De todo modo, sempre é necessário que o professor sistematize este passo. Abaixo, temos exemplos de limites de validade para esta analogia.

Livros alocados em uma estante	Modelo Atômico de Bohr
Tamanho macroscópico	Tamanho microscópico
Livros permanecem em repouso	Elétrons em movimento
Todas as estantes teriam, a princípio, a mesma capacidade para armazenar/abrigar livros	Nem todos os níveis de energia do átomo têm a mesma capacidade para armazenar/abrigar elétrons
Colocar livro na estante superior não provoca instabilidade	Elétron “sobe” para camada superior provoca a instabilidade do átomo. O elétron decai espontaneamente depois de um tempo
Estantes colocadas, em geral, de uma forma equidistante	Níveis energéticos distribuídos de forma não equidistante
As estantes têm uma existência física real, por exemplo, são feitas de madeira	Os níveis de energia não têm em uma existência física real

6º Passo: Esboço de uma síntese conclusiva sobre a "situação alvo"

Os alunos deverão elaborar individualmente uma síntese conclusiva, que deverá ser registrada na FICHA 3 e recolhida para análise posterior. Após, a partir dessas sínteses, deve ser feita uma sistematização coletiva, no quadro, que servirá de ponto de partida para, finalmente, o professor retomar e enfatizar as características básicas da situação alvo.

FICHA 1		
Nome:	Turma:	Nº:
Que comparações podem ser feitas entre o alvo e o análogo? Preencher as duas colunas desta ficha, procurando estabelecer relações de semelhanças entre grandezas, características, aspectos, conceitos, modelos, processos, etc., presentes em cada situação apresentada.		
Livros alocados em uma estante	Modelo Atômico de Bohr	

FICHA 2		
Nome:	Turma:	Nº:
Preencha a FICHA 2 com as características da situação análoga que não encontram correspondência na situação alvo e vice-versa, ou seja, <u>pontos onde a analogia falha</u> .		

FICHA 3		
Nome:	Turma:	Nº:
Tente elaborar uma síntese, apresentando suas conclusões sobre o Modelo Atômico de Bohr apontando os pontos principais do mesmo. Transcreva seu texto nesta ficha.		