

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA MARIA  
CENTRO DE CIÊNCIAS NATURAIS E EXATAS  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM EDUCAÇÃO EM CIÊNCIAS:  
QUÍMICA DA VIDA E SAÚDE**

**ATIVIDADES DIDÁTICAS INOVADORAS DE  
TERMODINÂMICA BASEADAS EM RESOLUÇÃO DE  
PROBLEMAS E TIC**

**DISSERTAÇÃO DE MESTRADO**

**Josemar Alves**

**Santa Maria, RS, Brasil**

**2014**



**ATIVIDADES DIDÁTICAS INOVADORAS DE  
TERMODINÂMICA BASEADAS EM RESOLUÇÃO DE  
PROBLEMAS E TIC**

**Josemar Alves**

Dissertação apresentada ao Curso de Mestrado do Programa de Pós-Graduação em Educação em Ciências: Química da Vida e Saúde, da Universidade Federal de Santa Maria (UFSM, RS), como requisito parcial para a obtenção do grau de **Mestre em Educação em Ciências.**

**Orientador: Prof. Ricardo Andreas Sauerwein**

**Santa Maria, RS, Brasil**

**2014**

Ficha catalográfica elaborada através do Programa de Geração Automática da Biblioteca Central da UFSM, com os dados fornecidos pelo(a) autor(a).

Alves, Josemar  
ATIVIDADES DIDÁTICAS INOVADORAS DE TERMODINÂMICA  
BASEADAS EM RESOLUÇÃO DE PROBLEMAS E TIC / Josemar  
Alves.-2014.  
141 p.; 30cm

Orientador: Ricardo Andreas Sauerwein  
Dissertação (mestrado) - Universidade Federal de Santa  
Maria, Centro de Ciências Naturais e Exatas, Programa de  
Pós-Graduação em Educação em Ciências: Química da Vida e  
Saúde, RS, 2014

1. Termodinâmica 2. Resolução de problemas 3. TIC 4.  
Atividades didáticas 5. Ensino de Física I. Andreas  
Sauerwein, Ricardo II. Título.

**Universidade Federal de Santa Maria  
Centro de Ciências Naturais e Exatas  
Programa de Pós-Graduação em Educação em Ciências:  
Química da Vida e Saúde**

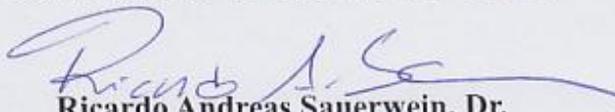
**A comissão organizadora, abaixo assinada,  
aprova a Dissertação de Mestrado**

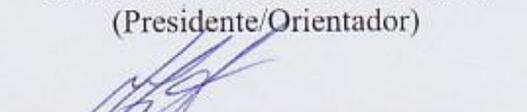
**ATIVIDADES DIDÁTICAS INOVADORAS DE TERMODINÂMICA  
BASEADAS EM RESOLUÇÃO DE PROBLEMAS E TIC**

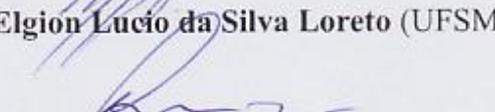
elaborada por  
**Josemar Alves**

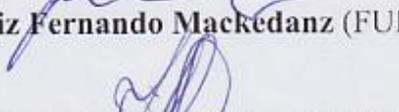
como requisito parcial para obtenção do grau de  
**Mestre em Educação em Ciências**

**COMISSÃO ORGANIZADORA:**

  
**Ricardo Andreas Sauerwein, Dr.**  
(Presidente/Orientador)

  
**Elgion Lucio da Silva Loreto (UFSM)**

  
**Luiz Fernando Mackédanz (FURG)**

  
**Inês Farias Ferreira (UFSM)**

Santa Maria, 11 de abril de 2014.



“Uma grande descoberta resolve um grande problema, mas há sempre uma pitada de descoberta na resolução de qualquer problema. O problema pode ser modesto, mas se ele desafiar a curiosidade e puser em jogo as faculdades inventivas, quem o resolver por seus próprios meios experimentará a tensão e gozará o triunfo da descoberta. Experiências tais, numa idade susceptível, poderão gerar o gosto pelo trabalho mental e deixar, por toda a vida, a sua marca na mente e no caráter.”

(POLYA, 1995, p. V)



## **AGRADECIMENTOS**

Inicialmente a Deus por me enviar força e coragem.

Ao professor Ricardo pelas orientações e pelo trabalho conjunto.

Aos meus pais, Gelci Laura e José, bem com aos demais familiares, pelo apoio e compreensão.

À Gislaine, minha companheira de caminhada, pelo apoio, compreensão, amor e carinho.

À Professora Izabel Cristina Freitas dos Santos e aos estudantes que fizeram parte da realização deste trabalho.

Aos professores da banca examinadora pela leitura crítica e sugestões realizadas.

A todos os colegas do grupo mpEAC, em especial ao Muryel, Dioni, Lucas e Saul, pela convivência e contribuições,

Aos professores do PPG-Educação em Ciências: Química da Vida e Saúde e aos colegas que, direta ou indiretamente, contribuíram para a construção deste trabalho.



## **RESUMO**

Dissertação de Mestrado  
Programa de Pós-Graduação em Educação em Ciências:  
Química da Vida e Saúde  
Universidade Federal de Santa Maria

### **ATIVIDADES DIDÁTICAS INOVADORAS DE TERMODINÂMICA BASEADAS EM RESOLUÇÃO DE PROBLEMAS E TIC**

AUTOR: JOSEMAR ALVES

ORIENTADOR: RICARDO ANDREAS SAUERWEIN

Data e Local da Defesa: Santa Maria, 11 de abril de 2014.

Nesta dissertação, desenvolvemos, apresentamos e discutimos um conjunto inovador de atividades didáticas (AD) – baseadas em Tecnologias da Informação e Comunicação (TIC) – desenhadas para propor problemas abertos e desafiadores com o objetivo de trabalhar conceitos de termodinâmica, procedimentos típicos de resolução de problemas (RP) e fomentar nos estudantes a atitude científica. O conjunto de atividades didáticas foi implementado e avaliado com uma turma da Segunda Série do Ensino Médio (EM). Os resultados obtidos apontam para a sua potencialidade em trabalhar de forma articulada os conteúdos conceituais, procedimentais e atitudinais, bem como fomentar nos estudantes a atitude científica, centrando a resolução de problemas na reflexão e tomada de decisão.

**Palavras-chave:** Termodinâmica. Resolução de problemas. TIC. Atividades didáticas.



## **ABSTRACT**

Master's Degree Thesis  
Graduate Program in Science Education:  
Chemistry of Life and Health  
Federal University of Santa Maria

### **INNOVATIVE TEACHING ACTIVITIES OF THERMODYNAMICS BASED ON PROBLEM SOLVING AND ICT**

AUTHOR: JOSEMAR ALVES

ADVISOR: RICARDO ANDREAS SAUERWEIN

Date and Place of Defense: Santa Maria (April, 11) 2014.

We intend, in the present MA thesis, to develop, present and discuss an innovative set of teaching activities (TA) – based on Information and Communication Technologies (ICT) – designed to propose open and challenging problems with the goal of teaching concepts of thermodynamics, typical problem solving (PS) procedures and to foster a scientific attitude on the part of students. The set of teaching activities was implemented and evaluated with a High School physics class (an 11<sup>th</sup> grade group). The results indicate the potential of TA to develop conceptual, procedural and attitudinal contents as well as foster a scientific attitude on the part of students. Thus, problem solving teaching can center on reflection and decision making.

**Keywords:** Thermodynamics. Problem Solving. ICT. Teaching Activities.



## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Dados do Censo Escolar de 2009, 2010, 2011 e 2012 .....	28
Figura 2 – Representação legendada da interface gráfica de um módulo do <i>Graxaim/LVT</i> ....	74
Figura 3 – Número de trabalhos entregue por atividade didática realizada .....	91
Figura 4 – Avaliação dos alunos em relação ao custo em realizar as AD.....	93
Figura 5 – Avaliação dos alunos em relação ao benefício em realizar as AD .....	93
Figura 6 – Exemplo de solução para a questão 1, AD 4 parte I, em que foi empregada uma expansão livre .....	96
Figura 7 – Exemplo de solução para a questão 1, AD 4 parte I, em que foi empregado um processo isocórico.....	97
Figura 8 – Exemplo de solução para a questão 1, AD 4 parte I, em que foi empregado um processo isotérmico .....	98
Figura 9 – Exemplo de solução para a questão 1, AD 4 parte I, em que foi empregado um processo em que o volume, a pressão e a temperatura variavam .....	99
Figura 10 – Exemplo de solução para a questão 2, AD 4 parte II, em que foi utilizado o gráfico PxV para representar o comportamento do gás no ciclo termodinâmico desenvolvido sem fazer referência a temperatura.....	100
Figura 11 – Exemplo de solução para a questão 2, AD 4 parte II, em que foi utilizado o gráfico PxV para representar o comportamento do gás no ciclo termodinâmico desenvolvido, indicando a temperatura nos pontos de início e fim de cada etapa.....	100
Figura 12 – Exemplo de solução para a questão 2, AD 4 parte II, onde foram utilizados vários diagramas PxV, TxV e PxT para representar o comportamento do gás no ciclo termodinâmico desenvolvido.....	101
Figura 13 – Exemplo de solução para a questão 2, AD 4 parte II, onde foram utilizados os diagramas Vxt, Txt e Pxt para representar o comportamento do gás ideal no ciclo termodinâmico desenvolvido.....	103
Figura 14 – Solução de questão 2 da AD 2 exemplificando os conteúdos procedimentais da categoria aquisição de informação.....	105
Figura 15 – Exemplo de solução em que o estudante utilizou desenhos para comunicar a sua resolução .....	107
Figura 16 – Exemplo de solução realizada por um estudante para a questão 3 da AD 3 .....	112
Figura 17 – Comentário de um estudante na resolução da atividade didática 6.....	117



## **LISTA DE QUADROS**

Quadro 1 – Conteúdos procedimentais habitualmente trabalhados na RP.....	104
--	-----



## LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Trabalhos analisados e selecionados para o CBEF, RBEF, EPEF e SNEF .....	44
Tabela 2 – Total de trabalhos analisados e selecionados para o CBEF, RBEF, EPEF e SNEF.....	45
Tabela 3 – Número de trabalhos por eventos/periódicos e categorias identificadas .....	47
Tabela 4 – Análise das propostas/relatos de atividades quanto às estratégias/recursos didáticos usados nos trabalhos relacionados com a termodinâmica .....	49
Tabela 5 – Recursos didáticos específicos das TIC empregados nos trabalhos relacionados com a termodinâmica e diretamente voltados para a sala de aula .....	50
Tabela 6 – Análise das propostas/relatos de atividades quanto aos conceitos abordados .....	51
Tabela 7 – Dados extraídos das respostas dos alunos para as questões 9, 10, 11, 12, 13, 14 e 16 do questionário aplicado .....	92
Tabela 8 – Atividade didática 1: implementada numa turma do Ensino Médio.....	109
Tabela 9 – Atividade didática 2: implementada numa turma do Ensino Médio.....	110
Tabela 10 – Atividade didática 3: implementada numa turma do Ensino Médio.....	111
Tabela 11 – Atividade didática 4, parte I: implementada numa turma de Ensino Médio.....	113
Tabela 12 – Atividade didática 4, parte II: implementada numa turma do Ensino Médio .....	114
Tabela 13 – Atividade didática 5: implementada numa turma do Ensino Médio.....	115
Tabela 14 – Atividade didática 6: implementada numa turma do Ensino Médio.....	116



## LISTA DE SIGLAS

AD – Atividade Didática

ATD – Análise Textual Discursiva

BIOE – Banco Internacional de Objetos Educacionais

CBEF – Caderno Brasileiro de Ensino de Física

EM – Ensino Médio

EPEF – Encontro de Pesquisa em Ensino de Física

Graxaim/LVT – *Graxaim/Laboratório Virtual de Termodinâmica*

INEP – Instituto Nacional de Estudos e Pesquisas Educacionais Anísio Teixeira

LabVirt – Laboratório Didático Virtual

MEC – Ministério da Educação

Merlot – *Multimedia Educational Resource for Learning and Online Teaching*

mpEAC – Grupo de pesquisa Métodos e Processos de Ensino e Aprendizagem de Ciências

NM – Nível Médio

NS – Nível Superior

OA Graxaim – Objeto de Aprendizagem Graxaim

PhET – *Physics Education Technology*

PIBID – Programa Institucional de Bolsa de Iniciação à Docência

PPGECQVS – Programa de Pós-Graduação em Educação em Ciências: Química da Vida e Saúde

Proinfo – Programa Nacional de Tecnologia Educacional

RBEF – Revista Brasileira de Ensino de Física

RP – Resolução de Problemas

SBF – Sociedade Brasileira de Física

SNEF – Simpósio Nacional de Ensino de Física

TIC – Tecnologia da Informação e Comunicação

UCA – Um Computador por Aluno

UFMS – Universidade Federal de Santa Maria

USP – Universidade de São Paulo



## LISTA DE APÊNDICES

<b>Apêndice A – Atividade didática 1</b> .....	125
<b>Apêndice B – Atividade didática 2</b> .....	127
<b>Apêndice C – Atividade didática 3</b> .....	129
<b>Apêndice D – Atividade didática 4</b> .....	131
<b>Apêndice E – Atividade didática 5</b> .....	135
<b>Apêndice F – Atividade didática 6</b> .....	137
<b>Apêndice G – Questionário aplicado com os estudantes do EM</b> .....	139



## SUMÁRIO

<b>1 INTRODUÇÃO</b> .....	25
<b>1.1 Justificativa</b> .....	26
<b>1.2 Objetivos do trabalho</b> .....	29
1.2.1 Objetivo geral .....	29
1.2.2 Objetivos específicos .....	29
<b>2 AS TIC COMO RECURSOS DIDÁTICOS NO ENSINO DE FÍSICA</b> ...	31
<b>2.1 Algumas formas de inserir as TIC no Ensino de Física</b> .....	31
<b>2.2 Objetos de aprendizagem</b> .....	33
2.2.1 Simulações computacionais disponíveis para o Ensino de Física .....	34
2.2.2 Potencialidades das simulações computacionais para o Ensino de Física .....	36
2.2.3 Justificativa para utilização do <i>Graxaim/LVT</i> .....	38
<b>3 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA: TERMODINÂMICA</b> .....	41
<b>3.1 Contextualização</b> .....	41
3.1.1 Descrição dos periódicos e eventos analisados .....	42
<b>3.2 Seleção dos trabalhos e resultados</b> .....	43
<b>3.3 Categorização dos trabalhos selecionados</b> .....	45
3.3.1 Trabalhos de termodinâmica diretamente voltados para a sala de aula .....	48
3.3.1.1 Estratégias/recursos didáticos empregados .....	48
3.3.1.2 Recursos didáticos específicos das TIC .....	49
3.3.1.3 Tópicos de termodinâmica abordados .....	50
<b>3.4 Síntese dos resultados</b> .....	52
<b>4 A RESOLUÇÃO DE PROBLEMAS NO ENSINO DE FÍSICA</b> .....	53
<b>4.1 Problemas e exercícios</b> .....	53
4.1.1 Classificação dos problemas escolares .....	54
<b>4.2 A solução de problemas no ensino dos conteúdos escolares</b> .....	55
<b>4.3 Principais enfoques na pesquisa em resolução de problemas</b> .....	61
4.3.1 A resolução de problemas como habilidade geral .....	61
4.3.2 A resolução de problemas como um processo específico .....	63
4.3.3 A resolução de problemas como investigação científica .....	65
<b>4.4 A resolução de problemas no contexto de nosso trabalho</b> .....	66
<b>4.5 A resolução de problemas e a teoria de Piaget</b> .....	68
<b>5 CONJUNTO DE ATIVIDADES DIDÁTICAS DE TERMODINÂMICA</b> .....	71
<b>5.1 Apresentação</b> .....	71
5.1.2 Estrutura das atividades didáticas .....	72
<b>5.2 Descrição do Objeto de Aprendizagem</b> .....	73
5.2.1 Descrição da interface do <i>Graxaim/LVT</i> .....	74
5.2.1.1 Cilindro com pistão móvel e seus ajustes .....	76
5.2.1.2 Dispositivo mecânico e seus ajustes .....	77
5.2.1.3 Dispositivo térmico e seus ajustes .....	77
5.2.1.4 Instrumentos de medida .....	78
<b>5.3 Atividades didáticas planejadas</b> .....	78
5.3.1 Objetivos específicos de cada atividade didática .....	79
5.3.1.1 Atividade 1: Termômetro e Escalas Termométricas .....	79

5.3.1.2 Atividade 2: Equilíbrio Térmico I.....	80
5.3.1.3 Atividade 3: Transferência de Calor.....	80
5.3.1.4 Atividade 4: Gás Ideal.....	81
5.3.1.5 Atividade 5: Processos Termodinâmicos .....	82
5.3.1.6 Atividade 6: Reversibilidade e Trabalho Máximo .....	82
5.3.2 Sugestões para o uso do conjunto de atividades didáticas .....	83
<b>6 RESULTADOS OBTIDOS COM A IMPLEMENTAÇÃO DAS</b>	
<b>ATIVIDADES DIDÁTICAS .....</b>	<b>87</b>
<b>6.1 A turma de aplicação.....</b>	<b>87</b>
<b>6.2 Processo de implementação do conjunto de atividades didáticas.....</b>	<b>88</b>
<b>6.3 As atividades didáticas foram interessantes? .....</b>	<b>91</b>
<b>6.4 As atividades didáticas foram desafiantes? .....</b>	<b>95</b>
6.4.1 Múltiplas soluções das situações-problema .....	95
<b>6.5 As atividades didáticas contribuíram para a aprendizagem dos conteúdos? .....</b>	<b>103</b>
6.5.1 As atividades didáticas contribuíram para aprendizagem de procedimentos?.....	103
6.5.2 As atividades didáticas contribuíram para a aprendizagem de conceitos?.....	108
6.5.2.1 Atividade didática 1 .....	108
6.5.2.2 Atividade didática 2 .....	110
6.5.2.3 Atividade didática 3 .....	111
6.5.2.4 Atividade didática 4, parte I.....	113
6.5.2.5 Atividade didática 4, parte II.....	114
6.5.2.6 Atividade didática 5 .....	115
6.5.2.7 Atividade didática 6 .....	116
<b>CONSIDERAÇÕES FINAIS .....</b>	<b>119</b>
<b>REFERÊNCIAS .....</b>	<b>121</b>
<b>APÊNDICES .....</b>	<b>125</b>

# 1 INTRODUÇÃO

O uso das Tecnologias da Informação e Comunicação (TIC) como ferramentas didáticas já está bastante disseminado nas pesquisas em Ensino de Física, como pode ser comprovado por uma vasta produção na área: Fiolhais e Trindade (2003), Rodrigues et al. (2012), Medeiros e Medeiros (2002), entre muitos outros.

Em nosso trabalho, investigamos as potencialidades de um conjunto de atividades didáticas (AD) inovadoras – baseadas em resolução de problemas e TIC – em articular conceitos, procedimentos e atitudes, além de fomentar nos estudantes a atitude científica. Para comunicar os nossos resultados e reflexões, estruturamos o texto desta dissertação nos seis seguintes capítulos:

No capítulo 1, contextualizamos a nossa escolha por desenvolver, implementar e avaliar atividades didáticas, nas quais foram empregadas as TIC como recursos didáticos. Além disso, explicitamos os objetivos geral e específicos que orientaram o nosso trabalho de investigação.

No capítulo 2, discutimos a respeito do emprego das TIC como ferramentas didáticas no Ensino de Física. Apresentamos algumas de suas modalidades de uso, além de analisarmos algumas das potencialidades das simulações computacionais para o ensino dessa disciplina. Apresentamos alguns dos portais que disponibilizam recursos didáticos digitais e justificamos a nossa escolha pelo *Graxaim/Laboratório Virtual de Termodinâmica (Graxaim/LVT)*.

Já no capítulo 3, apresentamos uma revisão bibliográfica, na qual enfocamos dois periódicos e dois eventos nacionais de Ensino de Física. Com essa revisão, verificamos uma escassez de trabalhos relacionados com a termodinâmica, em especial, os diretamente voltados para a sala de aula que utilizam simulações computacionais como recursos didáticos.

No capítulo 4, discutimos sobre a resolução de problemas no Ensino de Física, a sua importância didática e as suas relações com os conteúdos escolares (conceitos, procedimentos e atitudes). Destacamos os principais enfoques da investigação didática nessa linha de pesquisa e discorremos sobre a relação que estabelecemos entre a teoria de desenvolvimento cognitivo de Piaget e a solução de problemas.

O capítulo 5 tem por finalidade apresentar o conjunto de atividades didáticas e a proposta de como implementá-lo. Esse capítulo foi estruturado de uma maneira que possa ser destacado do restante da dissertação. Isso porque um dos seus objetivos é apresentar nossas

atividades didáticas a professores interessados em utilizá-las. Para tanto, nesse capítulo, apresentamos a nossa proposta didática, qual seja, empregar um conjunto inovador de atividades didáticas de termodinâmica baseadas na resolução de problemas e TIC. Apresentamos o conjunto de atividades didáticas, especificando os seus objetivos gerais e específicos, bem como o foco didático de cada uma delas. Descrevemos o Objeto de Aprendizagem (OA) empregado e, por fim, discutimos algumas recomendações necessárias para a implementação do material didático que desenvolvemos.

No capítulo 6, descrevemos o processo de implementação e a turma de Ensino Médio (EM) com a qual trabalhamos. Analisamos os resultados obtidos com a implementação das AD levando em conta os seguintes aspectos: (1) participação/aceitação dos estudantes; (2) variabilidade de soluções dos problemas; (3) conteúdos escolares abordados. Na sequência desse capítulo, apresentamos e discutimos as considerações finais e os desdobramentos futuros deste trabalho.

## 1.1 Justificativa

A preocupação em desenvolver materiais didáticos e empregar metodologias que tornem o processo de Ensino-Aprendizagem de Física mais eficiente, significativo e dinâmico vem desde a minha formação inicial, como estudante do curso de Física Licenciatura Plena. Durante boa parte de minha graduação, participei de projetos, tais como: Programa Institucional de Bolsas de Iniciação à Docência da Universidade Federal de Santa Maria (Pibid-UFSM), subárea Ensino de Física, e Programa de Licenciaturas (Prolicen).

Nesses projetos, sempre trabalhei visando elaborar, implementar e avaliar planejamentos didáticos em turmas do Ensino Médio. Nas atividades didáticas, utilizávamos recursos computacionais para abordar situações-problema de Física enfocando principalmente as competências e habilidades relacionadas com a solução gráfica, coleta e tratamento de dados e capacitação dos estudantes na utilização de um *software* matemático de uso geral.

No contexto descrito, teve princípio a minha motivação para desenvolver este trabalho de mestrado. Nele buscamos articular o conteúdo programático desenvolvido pelo professor em sua sala de aula com uma metodologia alternativa e inovadora, porém complementar às práticas já utilizadas pelo docente, pois, como destacam Fiolhais e Trindade (2003, p. 270): “O potencial pedagógico dos computadores só poderá ser plenamente realizado se disponíveis

programas educativos de qualidade e se existir uma boa articulação deles com os currículos e a prática.”

O nosso trabalho tem como um dos eixos centrais o desenvolvimento de atividades didáticas inovadoras baseadas em resolução de problemas (RP) e TIC. Mais especificamente, elaboramos um conjunto de AD, nas quais empregamos um laboratório virtual de termodinâmica (*Graxaim/LVT*) para propor situações-problema desafiadoras e abertas, que, entre outros, estimulem nos estudantes a atitude científica.

Optamos por utilizar o computador como ferramenta didática, pois o uso da informática como recurso didático tem experimentado um grande avanço nas últimas décadas, tanto em seu potencial didático como na diversificação de seu uso, conforme destacam Medeiros e Medeiros (2002) e Fiolhais e Trindade (2003).

Por outra perspectiva, Fiolhais e Trindade (2003) mencionam que:

A necessidade de diversificar métodos para combater o insucesso escolar, que é particularmente nítido nas ciências exactas, conduziu ao uso crescente e diversificado do computador no ensino de Física. O computador oferece actualmente várias possibilidades para ajudar a resolver os problemas de insucesso das ciências em geral e da Física em particular. (FIOLHAIS; TRINDADE, 2003, p. 259).

Ou seja, o número de propostas para o emprego do computador como recurso didático no Ensino de Física vem crescendo a cada dia, devido à necessidade de diversificar os métodos para melhorar o ensino dessa disciplina. Esses aspectos, em certa medida, justificam a nossa escolha em desenvolver atividades didáticas baseadas em TIC.

Por outro lado, iniciativas de políticas públicas, tais como o projeto UCA<sup>1</sup> (Um Computador por Aluno) e o Proinfo<sup>2</sup> (Programa Nacional de Tecnologia Educacional), estão facilitando o acesso de camadas cada vez maiores e diversificadas da nossa sociedade ao computador. Em paralelo, projetos como o Portal do Professor<sup>3</sup>, o Banco Internacional de Objetos Educacionais<sup>4</sup>, o PhET<sup>5</sup> (sigla em inglês do projeto Tecnologia Educacional em Física), entre muitos outros, disponibilizam materiais didáticos aos professores com a intenção de subsidiar e incentivar o uso do computador como ferramenta didática no contexto prático das escolas.

Somando com os pontos já apresentados, temos o Censo Escolar<sup>6</sup> – que é o levantamento de dados estatístico-educacionais de âmbito nacional coordenado pelo Instituto

<sup>1</sup> Disponível em: <<http://www.uca.gov.br/institucional/>>.

<sup>2</sup> Disponível em: <<http://www.fnde.gov.br/programas/programa-nacional-de-tecnologia-educacional-proinfo>>.

<sup>3</sup> Disponível em: <<http://portaldoprofessor.mec.gov.br/index.htm>>.

<sup>4</sup> Disponível em: <<http://objetoseducacionais2.mec.gov.br/>>.

<sup>5</sup> Disponível em: <[http://phet.colorado.edu/pt\\_BR/](http://phet.colorado.edu/pt_BR/)>.

<sup>6</sup> Disponível em: <<http://portal.inep.gov.br/resumos-tecnicos>>.

Nacional de Estudos e Pesquisas Educacionais Anísio Teixeira (Inep). Os dados do Censo Escolar apontam que o acesso ao computador e à internet nas escolas públicas por alunos do EM está amplamente disseminado. Observe na figura 1 que a porcentagem de estudantes do Ensino Médio com acesso a laboratórios de informática nas escolas subiu de 92,5% em 2009 para 95,7% em 2012. Ainda pela figura 1, podemos notar que o percentual de estudantes do EM com acesso à internet, nas escolas, entre 2009 e 2012, cresceu de 92,4% para 96,5%.

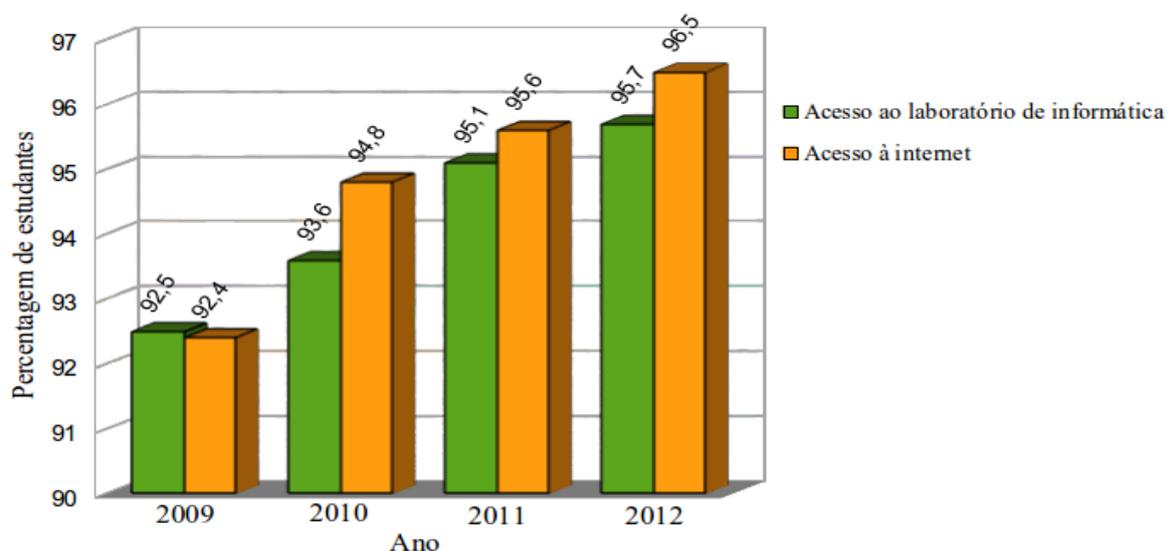


Figura 1 – Dados do Censo Escolar de 2009, 2010, 2011 e 2012

Fonte: Elaborado pelo autor.

Portanto, levando em conta que, em nossa sociedade, a presença do computador é notória e diante dos resultados das pesquisas e da realidade escolar descrita anteriormente, parece natural que as instituições de ensino incorporem em suas práticas de sala de aula o computador como ferramenta didática. Contudo, não é bem isso o que vem ocorrendo, pois, segundo Fiolhais e Trindade (2003),

[...] empreendem-se muitos esforços para desenvolver ferramentas educativas e são realizados muitos trabalhos que recorrem aos computadores no ensino. Contudo, só uma pequena minoria de docentes utiliza computadores quer no contexto da sala de aula quer como complemento de ensino fora das aulas. (FIOLHAIS; TRINDADE, 2003, p. 270).

Ou seja, apesar do crescente e diversificado desenvolvimento de pesquisas e propostas para a inserção do computador como uma alternativa didática inovadora, a sua efetiva inserção no Ensino Médio não vem ocorrendo. Diante desses argumentos,

justificamos o nosso interesse em desenvolver, implementar e avaliar, numa turma do Ensino Médio, atividades didáticas baseadas em TIC.

## **1.2 Objetivos do trabalho**

### 1.2.1 Objetivo geral

- Elaborar, implementar e avaliar um conjunto inovador de atividades didáticas de termodinâmica baseadas em resolução de problemas e TIC.

### 1.2.2 Objetivos específicos

- Implementar e avaliar atividades didáticas inovadoras de resolução de problemas, com material didático original, em uma turma da segunda série do Ensino Médio de uma escola da cidade Santa Maria;
- Incentivar os estudantes a terem uma atitude científica, promovendo o contato com atividades de caráter científico que envolvam a observação, reflexão, coleta de dados, assim como a criação e teste de hipóteses, utilizando simulações computacionais;
- Avaliar os resultados obtidos com a implementação das atividades didáticas com a finalidade de coletar subsídios que permitam aprimorá-las e estendê-las;
- Analisar aspectos conceituais, atitudinais e procedimentais que foram trabalhados com os estudantes nas atividades didáticas;
- Analisar o nível de participação dos estudantes na realização das AD, com a finalidade de verificar se atividades didáticas contendo problemas abertos e desafiantes incentivam a participação ativa dos estudantes;
- Analisar as respostas dos alunos para verificar se algumas das situações-problema apresentadas nas AD são abertas, isto é, apresentam múltiplas soluções válidas.



## **2 AS TIC COMO RECURSOS DIDÁTICOS NO ENSINO DE FÍSICA**

Os dados do Censo Escolar<sup>7</sup> – de 2009, 2010, 2011 e 2012 – apontam que o acesso dos estudantes do EM ao computador e à internet, nas escolas, já está amplamente disseminado. Segundo Fiolhais e Trindade (2003) e Medeiros e Medeiros (2002), as propostas de inserção da informática na educação já avançaram significativamente no que diz respeito às suas potencialidades e diversidades de usos. Ao lado disso, as TIC já estão estabelecidas como ferramentas didáticas de grande valia para o Ensino de Física. Por outro lado, apesar desse quadro otimista, parece haver um consenso de que o emprego efetivo das TIC em sala de aula ainda não se concretizou (ARANTES; MIRANDA; STUDART, 2010; FIOLHAIS; TRINDADE, 2003; RODRIGUES et al., 2012). É, portanto, necessária uma maior articulação entre a pesquisa e o contexto prático de sala de aula.

Levando em conta esses aspectos, neste capítulo, discutimos algumas das potencialidades das TIC como recursos didáticos. Para tanto, inicialmente revisamos algumas das possíveis maneiras de inserir essas ferramentas no Ensino de Física. Na sequência, discutimos em detalhes as potencialidades dos Objetos de Aprendizagem e das simulações computacionais como recursos didáticos. Descrevemos brevemente alguns sites e portais que disponibilizam TIC para serem usadas no Ensino de Física. Por fim, explicitamos como esses recursos estão inseridos no contexto do nosso trabalho e justificamos a nossa escolha por um OA específico (*Graxaim/LVT*).

### **2.1 Algumas formas de inserir as TIC no Ensino de Física**

Segundo Fiolhais e Trindade (2003), as principais formas de inserir o computador ou as TIC no contexto do Ensino de Física ou na Educação em Ciências, de uma forma mais ampla, são: (1) aquisição de dados por computador; (2) modelização e simulação; (3) multimídia; (4) realidade virtual; (5) internet.

A aquisição de dados por computador está associada com as atividades de laboratório, onde o computador é empregado juntamente com sensores para coletar e tratar dados

---

<sup>7</sup> Apresentados e discutidos no primeiro capítulo desta dissertação.

automaticamente. Segundo os autores, a principal vantagem é o dinamismo, pois os dados são coletados em tempo real e automaticamente representados em tabelas ou gráficos, na tela do computador, facilitando a sua rápida leitura e interpretação.

Entre a modelização e a simulação não existe uma nítida separação (FIOLHAIS; TRINDADE, 2003). No entanto, na modelagem, a ênfase está na programação de modelos físico-matemáticos, isto é, o estudante cria e implementa seu próprio modelo para um fenômeno físico. Já na simulação, o modelo seria uma espécie de “caixa preta” para a qual o estudante não possui acesso direto (FIOLHAIS; TRINDADE, 2003). Para os autores, as ações básicas do estudante ao manipular uma simulação são alterar parâmetros e valores de entrada e verificar as consequências. Mais adiante discutiremos com maiores detalhes as potencialidades das simulações computacionais como recurso didático.

A multimídia seria um recurso didático baseado na ideia de hipertexto ou, de forma mais ampla, de hipermídia (FIOLHAIS; TRINDADE, 2003). Ou seja, inclui textos, sons, imagens, simulações, vídeos, entre outras funcionalidades. Para Fiolhais e Trindade (2003), esse recurso possui como características fundamentais a interatividade, o potencial motivacional e a não linearidade, sendo que esta última estaria associada com a grande quantidade de *links* que a multimídia pode conter. Para eles, essas características são essenciais para desenvolver um processo de Ensino-Aprendizagem mais personalizado e centrado no aluno.

Quando abordam a realidade virtual, os autores destacam a sua utilidade na visualização científica. Descrevem essa ferramenta como imersiva e focada na interação pouco restritiva entre o aluno e a máquina. Fiolhais e Trindade (2003) consideram-na didaticamente útil em áreas que lidam com estruturas tridimensionais, tais como a Física Molecular ou da Matéria Condensada.

O último item elencado é a internet. Na sociedade atual, o acesso à internet está amplamente disseminado, sendo ela considerada uma das principais fontes de informação. Uma característica importante da internet é a sua capacidade de integrar um grande volume de informações e recursos, incluindo todos os que discutimos até agora, em único local. Nesse sentido, Fiolhais e Trindade (2003) consideram-na uma ferramenta didática útil para promover um ensino mais centrado no estudante, em que o papel do professor seria auxiliar o aluno na “filtragem” de informações relevantes presentes na vasta quantidade de conteúdo disponível.

Entretanto, de 2003 para cá, houve grandes mudanças na maneira como a internet vem sendo usada. Inicialmente poderia ser vista como uma fonte de informações altamente

conectada através de *hiperlinks*, na qual o usuário era fundamentalmente o receptor destas. Naquela época, já existiam canais de comunicação (e-mail), fóruns de debate, mensagens instantâneas, entre outros, mas o internauta ainda era visto como receptor da informação. Porém, com o advento de redes sociais, o usuário da internet passou a ser ao mesmo tempo consumidor e gerador de informação. Logo, a internet passou a ser usada como um instrumento de comunicação completo, nas duas vias, permitindo toda forma de interação e também trabalhos colaborativos. De acordo com Abegg, De Bastos e Müller (2010), desse contexto surgiu o Ensino-Aprendizagem colaborativo<sup>8</sup>, que emprega ferramentas de produção colaborativa, tais como os *wikis*. De acordo com esses autores, o *wiki* é um *software* que permite a elaboração colaborativa de texto, hipertextos e hiperlinks, em linguagem simples e eficaz. Ele apresenta ainda como características a não linearidade, o estímulo a colaboração e a potencialidade de inserir o estudante de forma ativa em sua aprendizagem.

## 2.2 Objetos de aprendizagem

Segundo Arantes, Miranda e Studart (2010), existem muitas definições para o termo Objeto de Aprendizagem. Talvez uma das mais difundidas seja a de Wiley (2000), segundo a qual os OA podem ser genericamente definidos como

[...] ‘qualquer recurso digital que pode ser reusado para apoiar a aprendizagem’. Esta definição inclui qualquer coisa que pode ser disponibilizada através da rede sob demanda, sendo isto grande ou pequeno. Exemplos de recursos digitais reutilizáveis pequenos incluem imagens ou fotografias digitais, fluxos de dados ao vivo (como registro de ações), fragmentos de áudio e vídeo ao vivo ou pré-gravados, pequenos pedaços de texto, animações e pequenas aplicações disponibilizadas na web como uma calculadora em Java. (WILEY, 2000, p. 4).

A definição proposta por Wiley (2000) é bastante ampla. Por outro lado, de acordo com Arantes, Miranda e Studart (2010), algumas<sup>9</sup> das características que os OA deveriam apresentar são: (1) ser flexíveis, para serem empregados em diferentes contextos e ambientes de aprendizagem; (2) ser acessíveis via internet e apresentar fácil execução na web; (3) estar conectados ao mundo real, sendo capazes de incentivar a experimentação e observação de fenômenos; (4) oferecer alto grau de interatividade; (5) possibilitar múltiplas soluções de problemas. Essa é uma definição mais restritiva que a de Wiley (2000). Portanto, um número

---

<sup>8</sup> Outra modalidade de inserção das TIC no ensino.

<sup>9</sup> Dada a multiplicidade de definições para OA, a lista de características de um OA é extensa. Aqui apresentamos as que consideramos principais e mais relacionadas com o nosso trabalho.

menor de recursos didáticos digitais se enquadraria como Objetos de Aprendizagem. Um deles seriam as simulações computacionais. Portanto, em nosso trabalho, as simulações computacionais serão tomadas como um dos tipos de OA.

### 2.2.1 Simulações computacionais disponíveis para o Ensino de Física

De acordo com a definição de Wiley (2000), uma vasta gama de recursos digitais pode ser incluída na categoria dos OA. Porém, segundo Arantes, Miranda e Studart (2010), os OA mais disseminados atualmente são as simulações computacionais. Para esses autores, apesar de os OA ainda não serem uma realidade na sala de aula, existe uma grande quantidade de simulações computacionais de boa qualidade disponível para todos os níveis de ensino e organizada em diversos portais e repositórios on-line. Como exemplos desses sites e portais on-line, descrevemos alguns relacionados com o Ensino de Física:

- O LabVirt ([www.labvirt.fe.usp.br](http://www.labvirt.fe.usp.br)) é um projeto de iniciativa da Escola do Futuro da Universidade de São Paulo (USP) e possui as seguintes áreas de atuação: produção de material didático para suportar uma educação baseada em projetos, serviço de perguntas com respostas de especialistas, serviço de notícias científicas em linguagem acessível e serviço de capacitação e suporte pedagógico permanente às escolas. Nesse site, está disponível uma grande quantidade de animações e simulações computacionais relativas à Física e, segundo os seus idealizadores, o site tem por finalidade construir uma infraestrutura pedagógica e tecnológica que sirva de suporte para professores e alunos no desenvolvimento de projetos relacionados com essa disciplina;

- O Merlot ([www.merlot.org](http://www.merlot.org)) é um projeto da *California State University*, desenvolvido em parceria com instituições de ensino, indústria e sociedades profissionais. Segundo Rodrigues et al. (2012), esse é um dos repositórios mais acessados do mundo, principalmente por professores de nível universitário. Nesse site, os professores compartilham planos de aula e atividades didáticas. Nele, é disponibilizada uma grande variedade de materiais didáticos das diversas áreas do conhecimento, incluindo simulações computacionais de Física;

- O BIOE (<http://objetoseducacionais2.mec.gov.br/>) é uma iniciativa do Ministério da Educação (MEC) em parceria com outras instituições. Esse repositório disponibiliza um amplo conjunto de Objetos Educacionais, tais como vídeos, áudios, imagens, hipertextos, animações e simulações, para todos os níveis de ensino. Segundo Rodrigues et al. (2012), esse

portal tem por finalidade oferecer uma diversidade de materiais que subsidiem os professores no desenvolvimento de diferentes estratégias pedagógicas que potencializem o processo de Ensino-Aprendizagem de Física;

- O PhET ([http://phet.colorado.edu/pt\\_BR/](http://phet.colorado.edu/pt_BR/)) é um projeto desenvolvido pela Universidade Colorado (EUA). Arantes, Miranda e Studart (2010) destacam o PhET como uma bem-sucedida iniciativa de produção e disseminação de simulações computacionais de Física. Nele são disponibilizadas simulações voltadas para a Matemática, a Biologia, a Química e principalmente a Física. As simulações desse site podem ser utilizadas on-line ou baixadas. São também compartilhados planos de aulas ou atividades didáticas baseadas em suas simulações. Segundo Arantes, Miranda e Studart (2010, p. 29), “o grupo do PhET possui uma abordagem baseada em pesquisa, na qual as simulações são planejadas, desenvolvidas e avaliadas antes de serem publicadas no site”. Ou seja, esses autores destacam que um dos objetivos desse projeto é disponibilizar simulações de qualidade, já testadas e comprovadas como didaticamente úteis;

- O site [graxaim.org](http://www.graxaim.org)<sup>10</sup> ([www.graxaim.org](http://www.graxaim.org)) desenvolve e disponibiliza aplicativos didáticos interativos. Esses aplicativos são projetados para serem incorporados em atividades didáticas de terceiros. Ou seja, cabe ao professor – interessado em utilizar esses recursos – desenvolver suas próprias AD. Isso é feito deliberadamente, para que o docente possa empregar esses recursos de modo flexível, de acordo com suas necessidades e objetivos.

Atualmente o site [graxaim.org](http://www.graxaim.org) disponibiliza simulações de: (1) cinemática; (2) termodinâmica; (3) mecânica estatística. O OA que empregamos em nosso trabalho, o *Graxaim/Laboratório Virtual de Termodinâmica (Graxaim/LVT)*, foi desenvolvido no âmbito do site [graxaim.org](http://www.graxaim.org). Essa simulação computacional é descrita em maiores detalhes no capítulo 5 desta dissertação.

As principais características dos OA desenvolvidos no âmbito do site [graxaim.org](http://www.graxaim.org) (OA Graxaim) – descritas em [www.graxaim.org/stm/oag](http://www.graxaim.org/stm/oag) – são:

- Portabilidade didática: um OA Graxaim pode ser empregado em diferentes tipos de atividades didáticas, tais como aulas/demonstrações, proposição de problemas (abertos e fechados), trabalhos em grupo, entre outros. Portanto, o aplicativo em si não se constitui como uma AD. Isso dá a liberdade ao docente de utilizá-lo de acordo com seus objetivos e necessidades;
- Interatividade: esses aplicativos simulam modelos físicos. Dessa maneira, o

---

<sup>10</sup> Descrevemos o site [graxaim.org](http://www.graxaim.org) em maiores detalhes, porque o OA que empregamos foi desenvolvido no âmbito desse site.

estudante pode variar certos parâmetros desse modelo e, então, observar/investigar quais são as consequências disso;

- Representação visual sintética: o OA Graxaim simula o modelo físico e não o sistema físico real. Em outras palavras, a sua interface deve deixar claro, para o estudante, que está simulando um modelo de um sistema físico e não o sistema real em si;
- Portabilidade computacional: essa característica está associada ao fato de que esses aplicativos podem ser facilmente incorporados a páginas da web e executados no próprio navegador de internet, independentemente do sistema operacional utilizado, isto é, sem a necessidade de instalação no computador.

### 2.2.2 Potencialidades das simulações computacionais para o Ensino de Física

Fiolhais e Trindade (2003) e Medeiros e Medeiros (2002) justificam que o insucesso escolar é um dos principais motivos que levaram ao crescente desenvolvimento de propostas para o emprego do computador em sala de aula. Em uma perspectiva geral, os autores citados concordam com Heineck, Valiati e da Rosa (2007), ao atribuírem como uma das causas fundamentais desse insucesso as dificuldades dos estudantes em compreender os fenômenos físicos, que muitas vezes são abstratos e contraintuitivos.

Mais especificamente Medeiros e Medeiros (2002) pontuam que

O ensino da Física nas escolas e nas universidades não tem parecido ser uma tarefa fácil para muitos professores. Uma das razões para essa situação é que a Física lida com vários conceitos, alguns dos quais caracterizados por uma alta dose de abstração, fazendo com que a matemática seja uma ferramenta essencial no desenvolvimento da Física. Além disso, a Física lida com materiais que, muitas vezes, estão fora do alcance dos sentidos do ser humano tais como partículas subatômicas, corpos com altas velocidades e processos dotados de grande complexidade. (MEDEIROS; MEDEIROS, 2002, p. 78).

Esses autores discutem que as estratégias tradicionalmente empregadas para contornar essas dificuldades, tais como imagens e gestos, não têm surtido efeito, pois em muitos casos esses artifícios fazem sentido apenas para o professor que está familiarizado com o tema, mas não para o estudante pouco experiente com o assunto.

Medeiros e Medeiros (2002) atribuíram especial atenção para as dificuldades encontradas na representação e visualização de fenômenos dinâmicos. A exemplo da

discussão do parágrafo anterior, são muitas as estratégias empregadas na tentativa de superar esse problema. Por exemplo, uso de figuras onde são representados os instantes iniciais e finais, fotografias estroboscópicas, entre outros. Todavia, esses autores salientam que essas alternativas não são suficientes, pois ainda fica ao encargo do estudante animar essas situações em sua mente, o que para esses autores é uma tarefa exigente e para a qual a maioria dos estudantes apresenta sérias dificuldades.

Sendo assim, mesmo com um posicionamento crítico quanto ao emprego do computador e simulações computacionais no Ensino de Física, esses autores apontam que a adequada utilização dessas ferramentas pode contribuir positivamente na representação e visualização de fenômenos e processos dinâmicos. Destacam ainda que as simulações computacionais interativas são de grande valia quando o experimento for muito caro, perigoso ou impossível de ser realizado pelos estudantes, como, por exemplo, uma colisão entre duas galáxias, a manipulação de um reator nuclear, entre outros.

Como já mencionamos, Fiolhais e Trindade (2003) concordam que muitos estudantes têm dificuldade no entendimento de fenômenos físicos. Contudo, destacam que o baixo rendimento escolar também está relacionado com o pouco uso de modernas metodologias de ensino, que vão além do simples repasse de conteúdos. Para eles, o computador se caracteriza como uma alternativa viável para suprir a necessidade de diversificação de métodos, contribuindo positivamente no combate ao insucesso escolar.

Outro aspecto apontado tanto por Medeiros e Medeiros (2002) como por Fiolhais e Trindade (2003) é o fato de a Física lidar com um conjunto de situações e sistemas físicos que escapam aos sentidos humanos, como, por exemplo, átomos, elétrons, processos físicos muitos rápidos ou muitos lentos. Segundo eles, para essas situações, as simulações computacionais também figuram como uma importante alternativa no processo de representação e visualização científica.

Paralelamente, Medeiros e Medeiros (2002) salientam que um dos grandes desafios da educação é o de propiciar para os alunos um processo de Ensino-Aprendizagem personalizado, ou seja, que leve em conta as características e os ritmos de aprendizagem individuais. Nesse sentido, Fiolhais e Trindade (2003), entre outros, destacam que as TIC, em geral, e as simulações computacionais, em particular, seriam ferramentas de grande valia, pois possibilitam desenvolver atividades didáticas mais centradas no aluno, em sua individualidade e dificuldades específicas. Todavia, Fiolhais e Trindade (2003) são enfáticos ao afirmar que resultados significativos somente serão alcançados quando houver uma adequada articulação entre as práticas escolares e o desenvolvimento de materiais e métodos de qualidade para a

inserção do computador no contexto escolar.

### 2.2.3 Justificativa para utilização do *Graxaim/LVT*

Em nosso trabalho, utilizamos o *Graxaim/LVT* para desenvolver um conjunto de atividades didáticas inovadoras de termodinâmica baseadas em resolução de problemas e TIC. A escolha por desenvolver um trabalho envolvendo a termodinâmica e as simulações computacionais foi balizada pela revisão de literatura que sistematizamos no capítulo 3 desta dissertação. Por meio dessa revisão, constatamos que, no cenário nacional, existe uma escassez de trabalhos voltados à termodinâmica, em especial no que diz respeito ao desenvolvimento de materiais didáticos baseados em simulações computacionais e voltados diretamente para sala de aula.

Isso justifica a nossa escolha pelo tema e pelo recurso didático empregado em nossas AD. No entanto, consideramos importante também justificar a utilização das simulações computacionais em termos das potencialidades didáticas das mesmas, como aquelas mencionadas no subitem anterior.

Conforme destacaremos no capítulo 5 desta dissertação, um dos objetivos gerais do conjunto de atividades didáticas que desenvolvemos é fomentar nos estudantes a atitude científica. Nesse sentido, é fundamental empregar recursos didáticos flexíveis, como as simulações computacionais, que possibilitem propor problemas desafiadores e com múltiplas soluções válidas (abertos<sup>11</sup>).

No caso específico do laboratório virtual de termodinâmica *Graxaim/LVT*, que utilizamos no conjunto de atividades didáticas que elaboramos, cabe explicitar algumas diretrizes básicas que orientaram a sua produção, conforme Sauerwein e Sauerwein (2011, p. 4):

- destaque para os elementos: vizinhança, sistema, participantes do fenômeno, relações de causalidade;
- observação crítica do fenômeno, facilitando variações e experimentação de diferentes aspectos;
- plataforma para criação de situações-problema abertos à experimentação dos

---

<sup>11</sup> Para uma discussão mais aprofundada sobre a resolução de problemas no Ensino de Física, vide o capítulo 4.

usuários, inclusive permitindo que o usuário “estrague” a experiência, ou seja, não observe nada.

Dos itens relacionados, fica claro que o *Graxaim/LVT* é uma ferramenta didática com características que se enquadram adequadamente a nossa proposta de trabalho, pois permite trabalhar os conteúdos da termodinâmica por meio de atividades didáticas de resolução de problemas com graus variados de dificuldade e abertura. Essa última característica é essencial, pois um dos objetivos gerais do conjunto de AD é fomentar nos estudantes a atitude científica e, para tal, é fundamental desenvolver com eles situações-problema abertas que os estimulem a criar/testar hipóteses, bem como refletir e tomar decisões ao longo de todo o processo de resolução.

Em síntese, neste capítulo, argumentamos a favor do emprego das TIC e simulações computacionais como ferramentas didáticas para o Ensino de Física. De acordo com a discussão que desenvolvemos, pontuamos que as TIC já estão amplamente disseminadas e consolidadas como ferramenta didática de grande valia. Entretanto, ainda não são uma realidade concreta nas aulas de Ciências. De acordo com Fiolhais e Trindade (2003), isso somente ocorrerá quando houver uma articulação adequada entre as práticas escolares e o desenvolvimento de materiais e métodos de qualidade. E é com esse objetivo que desenvolvemos este trabalho, pois, a nosso ver, o emprego das TIC como recursos didáticos constitui uma importante alternativa para desenvolver, de forma complementar e articulada, práticas didáticas inovadoras centradas no estudante e na resolução de problemas, com a finalidade de estimular nos alunos a atitude científica.



### 3 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA: TERMODINÂMICA

Neste capítulo, demonstramos a escassez, no âmbito nacional, de propostas para trabalhar a termodinâmica em sala de aula, em especial aquelas que empregam simulações computacionais como recursos didáticos. Para tanto, analisamos as publicações recentes de dois periódicos e dois eventos nacionais – de pesquisa em Ensino de Física – com a finalidade de identificar quais são as principais abordagens para a termodinâmica<sup>12</sup>, no que diz respeito às estratégias ou recursos didáticos empregados e aos tópicos desse tema enfocados nessas publicações. Para a análise dos dados levantados, utilizamos a Análise Textual Discursiva (ATD), da qual emergiram as cinco seguintes categorias: (1) Proposta/Relato de Atividade para o Nível Médio; (2) Proposta/Relato de Atividade para o Nível Superior; (3) História da Termodinâmica; (4) Discussão Teórica-Conceitual; (5) Outro.

#### 3.1 Contextualização

Este trabalho se inseriu numa linha de investigação do grupo de pesquisa Métodos e Processos de Ensino-Aprendizagem de Ciências (mpEAC), a qual prevê o desenvolvimento e implementação de atividades didáticas originais e inovadoras. Em nosso trabalho, estávamos interessados na produção de material didático, para abordar a termodinâmica em sala de aula, empregando as TIC<sup>13</sup> como recursos didáticos. Desse contexto, surgiu a necessidade de realizarmos uma revisão de literatura – das publicações recentes relativas ao Ensino de Física no âmbito nacional – com o objetivo de identificar o que vinha sendo produzido a respeito da termodinâmica, ou seja, levantar subsídios que auxiliassem na elaboração de uma proposta didática inovadora. Para direcionar o trabalho de revisão, elaboramos as seguintes questões norteadoras:

1. Relativa às publicações nacionais da pesquisa em Ensino de Física revisadas, qual é a percentagem de trabalhos que abordam a termodinâmica?
2. Das publicações que abordam a termodinâmica, qual é a percentagem de trabalhos

---

<sup>12</sup> Quando falamos em termodinâmica, estamos nos referindo a toda Física térmica.

<sup>13</sup> No capítulo 2 desta dissertação, discutimos e justificamos a inserção das TIC como recurso didático no Ensino de Física.

- diretamente voltados para a sala de aula<sup>14</sup>?
3. Quais são as estratégias ou recursos didáticos propostos/empregados nos trabalhos diretamente voltados para a sala de aula?
  4. Nos trabalhos diretamente voltados para a sala de aula, quais recursos específicos das TIC são utilizados?
  5. Nos trabalhos diretamente voltados para a sala de aula, quais tópicos ou conceitos de termodinâmica são contemplados?

### 3.1.1 Descrição dos periódicos e eventos analisados

Analisamos dois periódicos de Ensino de Física: o Caderno Brasileiro de Ensino de Física (CBEF) e a Revista Brasileira de Ensino de Física (RBEF). São analisadas ainda as atas de dois eventos de Ensino de Física: o Encontro Nacional de Ensino de Física (EPEF) e o Simpósio Nacional de Ensino de Física (SNEF).

O CBEF, segundo informações contidas em sua página na internet<sup>15</sup>, é uma publicação quadrimestral mantida pela Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC), voltada principalmente para cursos de formação de professores de Física. Já a RBEF, de acordo com informações contidas em seu site<sup>16</sup>, é uma publicação trimestral de acesso livre, da Sociedade Brasileira de Física (SBF), que tem como objetivo melhorar o Ensino de Física em todos os níveis de escolarização. Essa revista busca divulgar a Física e as Ciências afins como uma maneira de contribuir para a alfabetização científica. Nela são publicados artigos sobre aspectos experimentais e teóricos da Física, materiais e métodos instrucionais, desenvolvimento de currículo, pesquisa em Ensino, História e Filosofia da Física, entre outros temas relevantes para os profissionais envolvidos com o Ensino e Pesquisa em Física. Para esses dois periódicos, fizemos a análise dos artigos publicados entre os anos de 2006 e 2012.

Além das revistas, analisamos registros de dois eventos nacionais de Ensino de Física, ambos mantidos pela SBF. O primeiro deles foi o EPEF, que ocorre de dois em dois anos (até 2012 ocorreu em anos de terminação par). Esse evento busca promover, por meio de conferências e apresentações de cartazes, a discussão das diferentes linhas de pesquisa da

---

<sup>14</sup> Trabalhos que descrevem, analisam ou propõem atividades didáticas.

<sup>15</sup> Disponível em: <<http://periodicos.ufsc.br/index.php/fisica>>.

<sup>16</sup> Disponível em: <<http://www.sbfisica.org.br/rbef/ojs/index.php/rbef>>.

área, assim como divulgar os seus avanços e identificar e discutir as dificuldades pertinentes. Para o EPEF, foram analisadas as atas das quatro últimas edições encontradas, correspondentes aos anos de 2004, 2006, 2008 e 2010 (na realização da revisão, a ata correspondente ao ano de 2012 ainda não havia sido disponibilizada).

O SNEF, que também ocorre de dois em dois anos, porém em anos de terminação ímpar, é um dos maiores eventos voltados para o Ensino de Física. Nele participam professores e estudantes dos diversos níveis de ensino e são debatidas questões relacionadas com o processo de Ensino-Aprendizagem da Física, além de serem apresentados e discutidos os resultados de investigações pertinentes para o Ensino de Física. Do SNEF, foram analisadas as atas correspondentes às edições de 2005, 2007, 2009 e 2011.

### **3.2 Seleção dos trabalhos e resultados**

Para selecionar os trabalhos pertinentes, percorremos as atas dos eventos, assim como os volumes e números dos periódicos mencionados anteriormente, fazendo a leitura dos títulos, das palavras-chave e resumos. Em caso de dúvida, líamos parcial ou integralmente o artigo em questão. Nessa primeira leitura, buscávamos por termos-chave que remetessem a termodinâmica, como, por exemplo, temperatura, calor, gás ideal, dilatação térmica, escalas termométricas, entre outros. Nessa fase, percorremos um total de 2.723 trabalhos, dos quais apenas 104 identificamos e selecionamos como relacionados com a termodinâmica.

Na tabela 1, representamos os resultados obtidos com essa primeira análise. Note que sistematizamos apenas nove trabalhos do CBEF no ano de 2012. Isso ocorreu porque o levantamento desse periódico foi realizado na metade do primeiro semestre de 2012. Dessa forma, o CBEF havia publicado apenas um dos seus volumes. O mesmo vale para a RBEF (apenas dois números). Além disso, observe na tabela 1 que não foram sistematizados os trabalhos relativos ao EPEF do ano de 2012. Isso porque, no período em que revisamos os trabalhos desse evento, a ata da edição de 2012 ainda não havia sido publicada. Justificamos a não inclusão posterior desses dados porque temos a intenção de refletir com exatidão as informações que levamos em conta, no período, para o desenvolvimento de nosso conjunto de AD.

Tabela 1 – Trabalhos analisados e selecionados para o CBEF, RBEF, EPEF e SNEF

Ano	CBEF			RBEF			EPEF			SNEF		
	Geral	Termo	(%)	Geral	Termo	(%)	Geral	Termo	(%)	Geral	Termo	(%)
2004	-	-	-	-	-	-	95	1	1,0	-	-	-
2005	-	-	-	-	-	-	-	-	-	471	17	3,6
2006	19	1	5,3	65	13	20,0	107	2	1,9	-	-	-
2007	20	1	5,0	77	8	10,4	-	-	-	290	10	3,4
2008	27	1	3,7	63	2	3,1	169	1	0,6	-	-	-
2009	31	1	3,2	63	3	4,8	-	-	-	412	17	4,1
2010	33	0	0,0	65	3	4,6	135	1	0,7	-	-	-
2011	29	2	6,9	92	0	0,0	-	-	-	417	16	3,8
2012	9	0	0,0	34	4	11,8	-	-	-	-	-	-

Fonte: Elaborado pelo autor.

Note que na tabela 1 representamos o total de artigos (**Geral**), de cada revista e evento, por ano, bem como o número de artigos que identificamos como relacionados com a termodinâmica (**Termo**) por ano, evento e revista. Representamos também as suas respectivas percentagens. Por meio dessa tabela, é possível comparar a recorrência de artigos relacionados com a termodinâmica, entre as revistas e entre os eventos. Observe da tabela 1 que a percentagem anual de trabalhos relacionados com a termodinâmica na RBEF é, em geral, superior à do CBEF. Por outro lado, a percentagem anual de trabalhos voltados para a termodinâmica apresentados no SNEF é superior à dos do EPEF.

Já na tabela 2, uma síntese da tabela 1, representamos as somas dos artigos publicados (**Total geral**) e as somas dos artigos identificados como relacionados com a termodinâmica (**Total Termodinâmica**). Nessa tabela, representamos também as percentagens dos trabalhos relacionados com a termodinâmica, para cada revista e evento.

A tabela 2 foi sistematizada para responder à primeira questão norteadora: relativa às publicações nacionais da pesquisa em Ensino de Física revisadas, qual é a percentagem de trabalhos que abordam a termodinâmica? Segundo os dados representados na tabela 2, concluímos que a percentagem de trabalhos relacionados com a termodinâmica – publicados nos periódicos e eventos revisados no período de tempo considerado – está situada por volta de 4%.

Tabela 2 – Total de trabalhos analisados e selecionados para o CBEF, RBEF, EPEF e SNEF

Periódico/Evento	Total geral	Total Termodinâmica	Porcentagem (%)
<b>RBEF</b>	459	33	7,2
<b>CBEF</b>	168	6	3,6
<b>EPEF</b>	506	5	1,0
<b>SNEF</b>	1.590	60	3,8
<b>Total</b>	<b>2.723</b>	<b>104</b>	<b>3,8</b>

Fonte: Elaborado pelo autor.

Repare pela tabela 2 que a RBEF apresenta a maior porcentagem de trabalhos relacionados com a termodinâmica, 7,2%. Isso ocorreu porque nesse periódico foram publicados dois números especiais, um em homenagem a William Thomson (Lorde Kelvin: 1824-1907)<sup>17</sup> e o outro a Ludwig Boltzmann (1844-1906)<sup>18</sup>, que foram importantes estudiosos da termodinâmica e da mecânica estatística. Note também pela tabela 2 que a menor porcentagem foi de 1,0%, relativa aos trabalhos do EPEF. Acreditamos que isso ocorreu principalmente devido às características desse evento, descritas anteriormente.

### 3.3 Categorização dos trabalhos selecionados

Na segunda parte de nossa análise, fizemos a leitura integral dos 104 artigos que identificamos como relacionados com a termodinâmica. Para a análise desses trabalhos, empregamos a ATD, descrita por Moraes (2003) e Moraes e Galiazzi (2006). Segundo esses autores, a ATD é:

[...] um processo que se inicia com uma unitarização em que os textos são separados em unidades de significado. [...] Depois da realização desta unitarização, que precisa ser feita com intensidade e profundidade, passa-se a fazer a articulação de significados semelhantes em um processo denominado de categorização. Neste processo reúnem-se as unidades de significado semelhantes, podendo gerar vários níveis de categorias de análise. (MORAES; GALIAZZI, 2006, p. 118).

Segundo Moraes (2003), o processo de categorização é:

<sup>17</sup> Em 2006, volume 31, número 1.

<sup>18</sup> Em 2007, volume 32, número 4.

[...] um processo de comparação constante entre as unidades definidas no processo inicial da análise, levando a agrupamentos de elementos semelhantes. Os conjuntos de elementos de significação próximos constituem as categorias. (MORAES, 2003, p. 197).

Ou seja,

A categorização, além de reunir elementos semelhantes, também implica nomear e definir as categorias, cada vez com maior precisão, na medida em que vão sendo construídas. Essa explicitação das categorias se dá por meio do retorno cíclico aos mesmos elementos, no sentido da construção gradativa do significado de cada categoria. Nesse processo, as categorias vão sendo aperfeiçoadas e delimitadas cada vez com maior rigor e precisão. (MORAES, 2003, p. 197).

Com base na metodologia descrita, elaboramos as seguintes categorias:

- *Proposta/Relato de Atividade para o Nível Médio (NM)*: corresponde a propostas, relatos ou análise de atividades didáticas voltadas para o Nível Médio;
- *Proposta/Relato de Atividade para o Nível Superior (NS)*: corresponde a propostas, relatos ou análise de atividades didáticas voltadas para o Nível Superior (Universitário);
- *História da Termodinâmica*: corresponde a trabalhos que discutem aspectos históricos da termodinâmica, como, por exemplo, trabalhos que exploram e descrevem as várias formulações e concepções do conceito de calor ao longo da história;
- *Discussão Teórico-Conceitual*: corresponde a trabalhos que discutem o significado ou definição de um ou mais conceitos relacionados com a termodinâmica, como, por exemplo, a discussão com respeito aos conceitos de temperatura ou calor;
- *Outro*: corresponde a trabalhos que não se enquadram em nenhuma das categorias anteriores.

A categoria *Outro* corresponde a casos com baixa recorrência, os quais não justificam a criação de novas categorias. Como exemplo desses casos, temos: (1) desenvolvimento de *software* didático (apenas apresentação/descrição); (2) análise de questões de vestibular; (3) relação entre meio ambiente e as leis da termodinâmica (enfoque CTSA<sup>19</sup>); (4) levantamento de concepções espontâneas empregando questionário; (5) teoria de aprendizagem/mudança conceitual; (6) análise de figuras de máquinas térmicas presentes em livros didáticos, além de artigos relacionados com tópicos específicos da pesquisa em Física, os quais aparentam ser direcionados para alunos de pós-graduação em Física (pesquisadores) ou professores do Ensino Superior<sup>20</sup>. A lista anterior não se esgota com esses itens. Por questão de brevidade,

<sup>19</sup> Ciência, Tecnologia, Sociedade e Ambiente.

<sup>20</sup> Estavam fora do escopo de nossos objetivos. Nossa intenção era desenvolver AD para o EM ou ES.

não listamos todos os casos que compõem essa categoria. Mas, com os exemplos apresentados, é possível ter uma noção do que tratam os trabalhos pertencentes a ela.

Os resultados encontrados por periódicos e eventos estão sintetizados na tabela 3. É importante destacar que alguns trabalhos foram enquadrados em mais de uma categoria. Por exemplo, um dos trabalhos analisados apresentava uma discussão a respeito do conceito de calor, mas usava para isso elementos da História da Termodinâmica. Dessa forma, esse trabalho foi enquadrado tanto na categoria História da Termodinâmica como na categoria Discussão Teórico-Conceitual.

Tabela 3 – Número de trabalhos por eventos/periódicos e categorias identificadas

<b>Categorias</b>	<b>RBEF</b>	<b>CBEF</b>	<b>EPEF</b>	<b>SNEF</b>	<b>Total</b>
Proposta/Relato de Atividade NM	0	4	1	37	42
Proposta/Relato de Atividade NS	0	0	1	10	11
História da Termodinâmica	11	1	2	3	17
Discussão Teórico-Conceitual	10	1	0	0	11
Outra	13	0	1	12	26
<b>Total</b>	<b>34</b>	<b>6</b>	<b>5</b>	<b>62</b>	<b>107</b>

Fonte: Elaborado pelo autor.

Podemos perceber da tabela 3 que a categoria que mais agregou trabalhos foi Proposta/Relato de Atividade para o Nível Médio, seguida pela categoria Outra. Em terceiro lugar, temos a categoria História da Termodinâmica e, na quarta colocação, estão empatadas as categorias Proposta/Relato de Atividade para o Nível Superior e Discussão Teórico-Conceitual. Além disso, podemos perceber que, entre os periódicos, o que mais concentrou propostas ou relatos de atividades foi o CBEF. Quanto aos eventos analisados, o que mais trouxe trabalhos dessa natureza foi o SNEF. Isso provavelmente ocorreu devido às características e objetivos dessa revista, assim como desse evento. Por exemplo, o SNEF traz mais trabalhos desse gênero possivelmente porque é mais voltado às práticas de sala de aula do que o EPEF.

Os dados da tabela 3 foram sistematizados para responder à segunda questão norteadora: das publicações que abordam a termodinâmica, qual é a percentagem de trabalhos

diretamente voltados para a sala de aula? De acordo com os resultados da tabela 3, dos 104 artigos – que identificamos como relacionados com a termodinâmica –, 53 correspondem a trabalhos diretamente voltados para a sala de aula. Ou seja, artigos categorizados como: (1) Proposta/Relato de Atividade para o Nível Médio; e (2) Proposta/Relato de Atividades para o Nível Superior, correspondendo aproximadamente a 51% dos trabalhos relacionados com a termodinâmica.

### 3.3.1 Trabalhos de termodinâmica diretamente voltados para a sala de aula

Aqui respondemos às questões norteadoras 3, 4 e 5. Portanto, focalizamos somente nas duas primeiras categorias representadas na tabela 3, que correspondem aos artigos relacionados com a termodinâmica e diretamente voltados para a sala de aula.

#### 3.3.1.1 Estratégias/recursos didáticos empregados

Para responder à questão norteadora 3 – Quais são as estratégias ou recursos didáticos propostos/empregados nos trabalhos diretamente voltados para a sala de aula? –, sistematizamos os dados representados na tabela 4. Observe pela tabela 4 que os principais recursos didáticos empregados nesses trabalhos foram: (1) experimentos; (2) TIC; e (3) experimentos aliados às TIC. Observe ainda pela tabela 4 que a maior parte desses artigos empregou experimentos e a segunda maior parte exclusivamente as TIC.

Na tabela 4, apresentamos cinco classes de estratégias ou recursos didáticos. Portanto, é importante definirmos cada uma delas:

- Experimentos: enquadra propostas ou relatos de atividades experimentais;
- TIC: enquadra propostas ou relatos de atividade que empregam unicamente as TIC, tais como *softwares*, vídeos, Objetos de Aprendizagem, entre outros;
- Experimentos + TIC: enquadra propostas ou relatos de atividades que aliam o uso de experimentos com as TIC, por exemplo, a aquisição automática de dados por computador ou filmagem de experimentos para a posterior análise;

- Outro: enquadra propostas ou relatos de atividades que não se encaixam em nenhuma das outras subcategorias.

Tabela 4 – Análise das propostas/relatos de atividades quanto às estratégias/recursos didáticos usados nos trabalhos relacionados com a termodinâmica

<b>Estratégia/Recurso didático</b>	<b>RBEF</b>	<b>CBEF</b>	<b>EPEF</b>	<b>SNEF</b>	<b>Total</b>
Experimentos	0	3	0	17	20
TIC	0	0	2	11	13
Experimentos + TIC	0	1	0	7	8
Outro	0	0	0	12	12
<b>Total</b>	<b>0</b>	<b>4</b>	<b>2</b>	<b>47</b>	<b>53</b>

Fonte: Elaborado pelo autor.

Na subcategoria Outro, enquadrados trabalhos que empregaram as estratégias ou recursos didáticos que apresentaram pouca recorrência. Como exemplo desses casos, temos: (1) textos paradidáticos/divulgação científica; (2) jogos didáticos; (3) temas controversos; (4) temas geradores/abordagem temática; (5) temas interdisciplinares/transversais; (6) história da termodinâmica; (7) Três Momentos Pedagógicos; (8) analogias; (9) palestras; (10) análise de manuais de refrigeradores; entre outros.

### 3.3.1.2 Recursos didáticos específicos das TIC

Com a finalidade de responder à questão norteadora número 4 – Nos trabalhos diretamente voltados para a sala de aula, quais recursos específicos das TIC são utilizados? –, sistematizamos a tabela 5. É importante observar que esses trabalhos diretamente voltados para sala de aula estão relacionados com a termodinâmica, isto é, fazem parte dos 104 artigos que identificamos como voltados para esse tema.

Tabela 5 – Recursos didáticos específicos das TIC empregados nos trabalhos relacionados com a termodinâmica e diretamente voltados para a sala de aula

<b>Recurso didático das TIC</b>	<b>Número de trabalhos</b>
Modelagem computacional	7
Simulação computacional	1
Aquisição automática de dados	7
Vídeos	3
Multimídia/Hipermídia	3
<b>Total</b>	<b>21</b>

Fonte: Elaborado pelo autor.

Dos dados representados na tabela 5, temos que os recursos específicos das TIC empregados foram: (1) modelagem computacional<sup>21</sup>; (2) simulação computacional; (3) aquisição automática de dados; (4) vídeos; e (5) multimídia e hipermídia. Entre eles, os mais empregados foram a modelagem computacional e a aquisição automática de dados. Ainda pela tabela 5, identificamos que apenas um desses trabalhos empregou as simulações computacionais como recurso didático.

### 3.3.1.3 Tópicos de termodinâmica abordados

Com a finalidade de responder à questão norteadora 5 – Nos trabalhos diretamente voltados para a sala de aula, quais tópicos ou conceitos de termodinâmica são contemplados? –, sistematizamos a tabela 6. Novamente foram focalizados somente os trabalhos relativos às duas primeiras categorias da tabela 3. Cabe ainda destacar que, apesar de termos identificado um total de 53 trabalhos nessas duas categorias, na tabela 6 identificamos um total de 59 tópicos. Essa discrepância ocorreu porque alguns trabalhos contemplavam mais de um assunto/conceito.

<sup>21</sup> A diferença entre modelagem e simulação computacional foi discutida no capítulo 2.

Tabela 6 – Análise das propostas/relatos de atividades quanto aos conceitos abordados

<b>Tópico</b>	<b>RBEF</b>	<b>CBEF</b>	<b>EPEF</b>	<b>SNEF</b>	<b>Total</b>
Temperatura	0	0	0	8	8
Escalas Termométricas	0	1	0	2	3
Calor	0	0	1	11	12
Calor Específico	0	1	0	5	6
Transição de Fase	0	0	0	3	3
2ª lei da Termodinâmica	0	1	0	3	4
Estudo dos Gases	0	0	1	3	4
Máquinas Térmicas	0	0	0	3	3
Dilatação Térmica	0	2	0	6	8
Outro	0	1	0	7	8
<b>Total</b>	<b>0</b>	<b>6</b>	<b>2</b>	<b>51</b>	<b>59</b>

Fonte: Elaborado pelo autor.

Note na tabela 6 que calor, temperatura e dilatação térmica foram os tópicos mais abordados nos trabalhos relacionados com a termodinâmica e diretamente voltados para a sala de aula (duas primeiras categorias da tabela 3). Por outro lado, escalas termométricas, transição de fase, máquinas térmicas e a segunda lei da termodinâmica foram os tópicos menos abordados.

Acreditamos que uma possível razão para o conceito de calor ter sido o mais abordado seja a discordância quanto à sua definição<sup>22</sup>, o que gera muitas discussões. Já para o caso do conceito de temperatura, acreditamos que isso ocorreu porque, em geral, os estudantes apresentam certa confusão entre os conceitos de calor, temperatura e energia<sup>23</sup>, o que incentivaria a elaboração de propostas alternativas para a superação dessa dificuldade.

Repare ainda na tabela 6 que há o tópico Outro. Os trabalhos pertencentes a essa classe são aqueles em que se desenvolveram unidade ou módulos didáticos mais amplos. Isto é, são sequências de atividades que abordam mais de um ou dois tópicos e, em alguns casos, são propostas que apenas mencionaram que iriam desenvolver os conteúdos ou os principais conceitos da termodinâmica, mas não identificaram quais.

<sup>22</sup> *Grosso modo*, alguns defendem que calor é a energia em trânsito entre dois corpos com diferentes temperaturas e outros que ele é o processo de transferência de energia entre esses corpos e não a energia em si.

<sup>23</sup> Para maiores detalhes, consultar Caldeira e Martins (1990) e Silva, Laburú e Nardi (2008).

### 3.4 Síntese dos resultados

Nessa revisão de literatura, investigamos como a termodinâmica<sup>24</sup> vem sendo abordada nas publicações dos últimos anos, em dois periódicos e em dois eventos nacionais de Ensino de Física. Nessa análise, focalizamos principalmente os trabalhos voltados diretamente para sala de aula (aulas de Física), ou seja, artigos que descrevem, analisam ou propõem atividades didáticas. Buscamos ainda identificar – nos artigos relacionados com a termodinâmica e voltados diretamente para sala de aula – quais foram as estratégias ou recursos didáticos empregados, assim como os tópicos de termodinâmica abordados.

Dos resultados obtidos, podemos destacar a aparente escassez de artigos voltados para a termodinâmica, 4% da amostra total analisada. Consideramos essa percentagem escassa porque, ao compararmos com o tempo empregado em sala de aula para trabalhar esse conteúdo – no caso da turma de EM com a qual implementamos nossas AD,<sup>25</sup> o tempo dedicado para a termodinâmica foi cerca de quatro meses –, a percentagem de trabalhos dedicados à termodinâmica deveria ser por volta de 16,6%. Desses resultados, destacamos ainda o número reduzido de trabalhos – dedicados à termodinâmica e voltados diretamente para a sala de aula – que utilizaram simulações computacionais para abordar esses conteúdos em sala de aula, apenas 1 de 53. Portanto, há indícios, no contexto nacional, da necessidade de se desenvolver mais propostas, materiais e pesquisas relativos ao ensino dessa área da Física, principalmente no que diz respeito à segunda lei da termodinâmica, máquinas térmicas e conceito de irreversibilidade.

Em resumo, com base em nossa análise, o uso de simulações computacionais para abordar a termodinâmica nas aulas de Física nos parece ser um tópico de pesquisa interessante a ser explorado. Isso porque é baixo o número de trabalhos publicados que enfocam esses aspectos. Portanto, isso nos reforça a convicção de que existe um grande potencial para desenvolver atividades didáticas baseadas em TIC, em especial com simulações computacionais, as quais, segundo a argumentação que desenvolvemos no capítulo 2, são ferramentas didáticas potencialmente úteis que podem ser usadas de forma complementar tanto no Ensino Médio como Superior.

---

<sup>24</sup> Lembrando que por termodinâmica estamos nos referindo a toda a Física térmica.

<sup>25</sup> Para maiores detalhes, consulte o capítulo 6.

## **4 A RESOLUÇÃO DE PROBLEMAS NO ENSINO DE FÍSICA**

Neste capítulo, localizamos a temática de resolução de problemas em nosso trabalho. Definimos e diferenciamos problemas e exercícios. Em seguida, discutimos a relação entre a solução de problemas e os diferentes conteúdos escolares (conceituais, atitudinais e procedimentais). Apresentamos algumas críticas, presentes na literatura, à forma usual de ensino da resolução de problemas e apresentamos os principais enfoques de investigação nessa área. Por fim, explicitamos a teoria de aprendizagem (desenvolvimento cognitivo de Piaget) que serve como um dos referências para este trabalho.

### **4.1 Problemas e exercícios**

Para alguns autores, como Pozo (1998), resolver problemas e praticar exercícios são importantes ferramentas didáticas empregadas no processo de Ensino-Aprendizagem das Ciências Naturais, tal como a Física. Mas, de acordo com Pozo (1998) e Peduzzi (1997), exercícios e problemas, em geral, não compartilham das mesmas características, finalidades ou definições.

Para Pozo (1998), um problema corresponde a uma situação que necessitamos resolver, mas para a qual não dispomos de um caminho conhecido, rápido e automático para chegarmos a uma solução. Em linhas gerais, uma situação pode ser vista como um problema quando a assumimos como algo que necessita de uma resposta, mas que não conseguimos atingi-la de forma direta. São situações novas, desafiadoras, que exigem reflexão e tomada de decisão quanto aos passos que devemos realizar na busca de uma solução possível.

Por outro lado, exercícios, segundo Pozo (1998), são situações pelas quais podemos chegar a uma resposta satisfatória de forma mais ou menos direta ou imediata, aplicando rotinas ou algoritmos que já conhecemos ou dominamos. Em linhas gerais, os exercícios estão relacionados com o treino e a automatização de habilidades, procedimentos ou técnicas, sendo essa a sua finalidade didática essencial.

Ao compararmos exercícios com problemas, podemos afirmar que, para os primeiros, temos garantias de que os procedimentos que aplicamos nos levarão a uma resposta válida. Já

para os segundos, a solução sempre representa uma tentativa sem garantias de sucesso, pois não temos clareza se os procedimentos que empregamos nos levarão a uma resposta aceitável. Isso porque, conforme vamos desenvolvendo a resolução da situação-problema, vemo-nos obrigados a refletir e tomar uma série de decisões que vão ajustando o planejamento que orienta a solução que está sendo realizada.

Entretanto, cabe destacar que os exercícios podem ser vistos como passos iniciais para o estudante aprender a resolver problemas, visto que é através dos exercícios que o aluno adquire e consolida as competências e habilidades (PEDUZZI, 1997). Mas somente isso não basta, pois os problemas demandam que o aluno utilize de maneira estratégica esses procedimentos, competências e habilidades, sendo esta uma importante diferença entre praticar exercícios e resolver problemas.

Por fim, é importante salientar que essas definições não são absolutas ou completamente dicotômicas, pois, uma vez que aprendemos a resolver um problema, as situações semelhantes (com soluções parecidas) passam a ser um simples exercício, ou ainda, o que é um problema para um aluno (não familiarizado com o conteúdo) não o é para seu professor ou colega, mais familiarizado com o assunto (PEDUZZI, 1997).

#### 4.1.1 Classificação dos problemas escolares

Para Pozo (1998), existem três classes de problemas: os científicos, os escolares e os cotidianos. Nesta dissertação, trabalhamos com os problemas do âmbito escolar, os quais, de acordo com esse autor, podem ser subdivididos em: (1) qualitativos; (2) quantitativos; (3) pequenas pesquisas.

Segundo Pozo (1998), os problemas qualitativos estão vinculados com situações que exigem do estudante o raciocínio teórico, mas que não envolvem explicitamente em sua resolução cálculos numéricos ou a realização de atividades experimentais. Em geral, essas situações são abertas e podem ser utilizadas para estimular os estudantes a relacionarem os conceitos científicos com os fenômenos de seu cotidiano. Os problemas qualitativos são instrumentos úteis para desenvolver em sala de aula uma abordagem inicial de um assunto novo, o qual pode ser aprofundado posteriormente empregando outras técnicas didáticas.

Em paralelo, Pozo (1998) salienta que os problemas quantitativos estão relacionados com situações em que o estudante deve trabalhar com dados numéricos. As informações

fornecidas para o estudante são dados numéricos, mas a solução de um problema quantitativo não é necessariamente um número. Segundo esse autor, esse é o tipo de problema mais utilizado nas aulas de Ciências e é útil para que os alunos compreendam conceitos por meio da manipulação de magnitudes, equações e cálculos. É importante também para a aprendizagem de habilidades, técnicas e algoritmos que poderão ser empregados cientificamente em problemas concretos (POZO, 1998).

Por fim, temos a terceira classe de problemas escolares, as pequenas pesquisas, que, segundo Pozo (1998), são situações que mesclam as características dos dois tipos descritos anteriormente. Elas são planejadas como uma aproximação simplificada da investigação científica, na qual o estudante deve solucionar um problema através de um trabalho prático (atividade de laboratório, pesquisa de campo, entre outras). Segundo esse autor, as pequenas pesquisas estão vinculadas com situações-problema voltadas para a aprendizagem de procedimentos (busca e tratamento de dados, comunicação de resultados etc.), conceitos e atitudes, tais como o questionamento e a reflexão sobre o que observou.

#### **4.2 A solução de problemas no ensino dos conteúdos escolares**

De acordo com Zabala (1998), os conteúdos escolares podem ser classificados em: procedimentais, conceituais e atitudinais. Esse autor define os conteúdos procedimentais como “[...] um conjunto de ações ordenadas e com um fim, quer dizer, dirigidas a um objetivo” (ZABALA, 1998, p. 43). Essencialmente, esses conteúdos estão vinculados com as regras, as técnicas, as habilidades, as destrezas e os métodos, isto é, com o saber fazer alguma coisa (POZO, 1998). Os conteúdos conceituais, por sua vez, estão relacionados com fatos, leis e princípios ligados a uma disciplina específica, tais como a lei da conservação da energia ou as leis da termodinâmica, para o caso específico da disciplina de Física. Por fim, segundo essa classificação adotada por Zabala (1998), os conteúdos atitudinais estão associados aos valores, normas e atitudes. Especificamente, as atitudes são, segundo Zabala (1998, p. 46), “[...] tendências ou predisposições relativamente estáveis das pessoas para atuar de certa maneira”. Podemos citar, por exemplo, o respeito, a cooperação, o compromisso de fazer as tarefas escolares, bem como iniciativa, curiosidade, senso de desafio, perseverança etc.

Segundo Pozo (1998), a resolução de problemas está fundamentalmente relacionada com a execução de procedimentos. Esse autor subdivide os procedimentos, de acordo com o

papel que desempenham na RP, nas seguintes categorias: (1) aquisição da informação; (2) interpretação da informação; (3) análise da informação e realização de inferências; (4) compreensão e organização conceitual da informação; (5) comunicação da informação.

Pozo (1998) reconhece que há uma equivalência entre as suas categorias (listadas) e as fases de RP propostas por Polya (1945 apud POZO, 1998). As categorias (1) e (2) estão vinculadas com a fase 1: tradução/definição do problema (entendimento da tarefa). A categoria (2) está relacionada com as fases 2 e 3 de Polya: a elaboração de um plano (fase 2) e a execução desse plano (fase 3). Por último, as categorias 4 e 5 estão relacionadas com a fase 4: avaliação e conferência dos resultados obtidos. Essas categorias podem variar de um problema para o outro, bem como não seguem uma sequência linear de execução (POZO, 1998).

A seguir, definimos brevemente cada uma das cinco categorias, segundo a perspectiva de Pozo (1998, p. 147-156):

- *Aquisição da informação*: está ligada com os procedimentos de busca, seleção e registro. Enquadra os procedimentos necessários para inicialmente definir ou entender o problema e então resolvê-lo. Exemplos desses procedimentos são: observação (direta ou com instrumentos), seleção de informação (anotações, resumos, sublinhados etc.), busca de informação (consulta de texto, livros, sites, entre outros);
- *Interpretação da informação*: são procedimentos relacionados com a decodificação das informações levantadas. Segundo Pozo (1998), eles teriam como finalidade facilitar a conexão entre o conhecimento prévio do aluno e as novas informações, o que desempenha um papel fundamental no entendimento da situação-problema. Exemplos desses procedimentos são: traduzir o enunciado verbal num esquema ou conjunto de equações, converter unidades de medida de um sistema para outro mais conveniente, converter um conjunto de dados ou uma tabela num gráfico, empregar/formular metáforas, analogias ou modelos para interpretar a situação-problema, entre outros;
- *Análise da informação e realização de inferências*: são técnicas ou habilidades de raciocínio utilizadas para analisar as informações decodificadas e extrair novas informações implícitas no problema. Essa categoria inclui analisar/comparar informações, realizar previsões, deduzir e buscar causas explicativas, bem como criar/testar hipóteses, planejar e executar experimentos etc. Segundo Pozo (1998), essa categoria enquadra os procedimentos estreitamente relacionados com as

Ciências da Natureza. Os procedimentos dessa categoria estão correlacionados com o que entendemos por atitude científica<sup>26</sup>;

- *Compreensão e organização conceitual da informação*: são procedimentos que possuem a finalidade de facilitar a compreensão e organização do conhecimento. Podemos citar, por exemplo, técnicas de classificação, o estabelecimento de relações de hierarquias etc. Segundo Pozo (1998), alguns procedimentos dessa categoria estão direcionados para o estabelecimento de relações conceituais que dão significado à informação e, portanto, tornam a solução de problemas uma ferramenta didática útil;
- *Comunicação da informação*: são procedimentos ligados com os recursos expressivos orais ou escritos, além de outras técnicas de comunicação, tais como diagramas, tabelas, gráficos, desenhos, figuras, entre outros. Pozo (1998) salienta que esses procedimentos são fundamentais, pois, em boa medida, a avaliação da aprendizagem dos estudantes é mediada por procedimentos desse tipo, em especial a forma escrita.

Como é possível perceber da descrição apresentada, os procedimentos presentes na resolução de problemas estão (e devem estar) relacionados com os conceitos e fatos específicos de uma disciplina. Caso contrário, o estudante não será capaz de compreender a situação-problema e

[...] sem a compreensão da tarefa os problemas se transformam em pseudoproblemas, em meros exercícios de aplicação de rotinas aprendidas por repetição e automatizadas, sem que o aluno saiba discernir o sentido do que está fazendo e, por conseguinte, sem que possa transferi-lo ou generalizá-lo de forma autônoma a situações novas, sejam cotidianas ou escolares. (POZO, 1998, p. 15).

Do que foi discutido até aqui, fica claro que a solução de problemas vai além dos conteúdos procedimentais, pois, para resolver efetivamente uma situação-problema, o aluno precisa integrar procedimentos, conceitos e atitudes.

O fato de uma tarefa chegar a ser um problema dependerá não somente dos conhecimentos prévios do aluno, tanto conceituais como procedimentais, mas também de sua atitude diante da tarefa. A pessoa só verá nela um problema se estiver disposta a assumir que ali há de fato um problema, ou seja, que há uma distância entre o que sabemos e o que queremos saber, e que essa distância merece o esforço de ser percorrida. (POZO, 1998, p. 159).

Em outras palavras, a resolução de problema se configura como uma importante ferramenta didática no Ensino de Física (e de Ciências em geral) justamente por ser uma atividade na qual é possível integrar e desenvolver esses três tipos de conteúdos. Isso porque o

---

<sup>26</sup> Ainda neste capítulo descrevemos mais detalhadamente o que tomamos por atitude científica.

conhecimento conceitual é importante no entendimento do problema. Já os procedimentos são fundamentais para executar a solução planejada. Por fim, sem a atitude, a situação não representa um problema significativo. Isso porque uma atividade didática baseada em problemas também incorpora procedimentos que devem ser executados. Um aluno que não apresenta uma atitude ativa diante da sua aprendizagem pode executar a parte da tarefa relativa aos procedimentos, reduzindo, portanto, a resolução de problemas em simples exercícios.

Outro importante aspecto didático, relativo à RP, está associado com a compreensão e organização conceitual da informação. Ou seja, a resolução de problema também se configura como uma atividade escolar que permite ao estudante organizar e integrar as diferentes partes dos conteúdos, bem como relacionar com os seus conhecimentos prévios, permitindo, dessa forma, uma aprendizagem mais ativa e significativa. Além disso, nessas atividades, o estudante é incentivado a aplicar em situações novas os conhecimentos vistos em sala de aula, de modo a aprofundá-los e generalizá-los.

#### 4.2.1 Dificuldades no Ensino-Aprendizagem de resolução de problemas

Segundo Clement e Terrazzan (2011), a resolução de problemas se configura como uma prática didática amplamente disseminada no Ensino de Física, ocupando parte considerável da carga horária dessa disciplina. Ainda segundo esses autores, a resolução de problemas é empregada, do Ensino Médio ao Universitário, como um dos principais instrumentos de avaliação da aprendizagem dos estudantes.

Tendo em vista a importância didática atribuída para a resolução de problemas, bem como o tempo de sala de aula dedicado para essa prática, seria lógico supor que os estudantes estivessem preparados para resolver problemas e apresentassem um bom desempenho em sua realização. Contudo, segundo Gil, Torregrossa e Pérez (1988), isso não é uma realidade, dadas as altas taxas de fracasso dos alunos na prática de RP e o considerável número de reprovações nas disciplinas, como a Física, que empregam a RP como um dos principais instrumentos de avaliação da aprendizagem (ZYLBERSZTAJN, 1998).

Entre as explicações possíveis para esse quadro negativo, Gil, Torregrossa e Pérez (1988) e Peduzzi (1997) destacam a ineficiência da didática tradicionalmente empregada no processo de Ensino-Aprendizagem da resolução de problemas e o uso exclusivo de problema

fechados. De acordo com esses autores, a resolução de problemas é tradicionalmente abordada em sala de aula, pelos professores, de forma simplificada, linear e mecânica, como se fossem simples exercícios de repetição com respostas diretas que não causam dúvidas (PEDUZZI; 1997).

Segundo eles, essa postura didática tem como resultado alunos despreparados para resolver problemas. Esses estudantes, ao enfrentarem uma situação-problema, tendem a resolvê-la apenas operacionalizando equações que relacionam as incógnitas e os dados, sem realizar uma reflexão prévia. Em muitos desses casos, os estudantes não percebem que as equações que estão empregando não são válidas no contexto do problema a ser resolvido. Esse comportamento é denominado por Gil, Torregrossa e Pérez (1988) de “operativismo mecânico”, o qual é carente de significado físico e empobrece o valor didático da resolução de problemas (mais adiante, discutiremos a respeito das propostas desses investigadores).

Os argumentos apresentados por esses autores nos levam a refletir, como professores, a respeito de nossa prática didática. Será que as atividades que promovemos são de fato problemas para os nossos alunos? Elas são desafiantes? Desenvolvemos atividades didáticas que incentivam nossos estudantes a encarar as situações como problemas ou apenas como mais um exercício? Isso porque, de acordo com Pozo (1998), a aceitação de uma tarefa como problema não depende exclusivamente da atitude do estudante, mas também está relacionada com a forma com que o professor a apresenta, bem como com a maneira pela qual a aula é conduzida. Em resumo, para que as situações

[...] se configurem verdadeiros problemas que obriguem o aluno a tomar decisões, planejar e recorrer à sua bagagem de conceitos e procedimentos adquiridos, é preciso que as tarefas sejam abertas, diferentes uma das outras, ou seja, imprevisíveis. Um problema é sempre uma situação de alguma forma surpreendente. (POZO, 1998, p. 160).

Nesse sentido, Pozo (1998, p. 161) estabelece alguns critérios que o professor precisa levar em conta no planejamento, execução e avaliação de atividades didáticas de resolução de problemas, para que estas tenham mais probabilidade de serem vistas pelos alunos como situações-problema. Entre esses critérios, destacamos os seguintes:

(a) *Na proposição do problema:*

- Propor tarefas abertas que admitam vários caminhos possíveis de resolução e, inclusive, várias soluções possíveis, evitando tarefas fechadas;
- Diversificar os contextos nos quais se propõe a aplicação de uma mesma estratégia, fazendo com que o aluno trabalhe os mesmos tipos

de problemas em diferentes momentos do currículo, diante de conteúdos conceituais diferentes;

- Usar os problemas com fins diversos durante o desenvolvimento de uma sequência didática de um tema, evitando que as tarefas práticas apareçam como ilustração, demonstração ou exemplificação de alguns conteúdos previamente apresentados ao aluno.

Desses itens, percebemos que os problemas devem ser mais que simples aplicação dos conceitos e procedimentos trabalhados. Essas atividades devem ser vistas como uma oportunidade de aprofundá-los e generalizá-los, pois nem todo o conteúdo escolar é esgotado pela explicação do professor e/ou pela leitura do livro didático. É fundamental que o professor forneça atividades que deem oportunidade de o aluno participar ativamente do processo de Ensino-Aprendizagem. Nessas tarefas, os conteúdos conceituais devem adquirir significado, isto é, inter-relacionarem-se. E a resolução de problemas é uma das maneiras de o estudante construir essas inter-relações.

*(b) Durante a solução do problema:*

- Habituar o aluno a adotar as suas próprias decisões sobre o processo de resolução, assim como a refletir sobre esse processo, dando-lhe uma autonomia crescente nesse processo de tomada de decisão;
- Proporcionar aos alunos a informação de que precisam durante o processo de resolução, realizando um trabalho de apoio, dirigido mais a fazer perguntas ou fomentar nos alunos o hábito de perguntar-se do que dar a resposta às perguntas dos alunos.

*(c) Na avaliação do problema:*

- Avaliar mais os processos de resolução seguidos pelo aluno do que a correção final da resposta obtida. Ou seja, avaliar mais do que corrigir;
- Valorizar especialmente o grau em que esse processo de resolução envolve um planejamento prévio, uma reflexão durante a realização da tarefa e uma autoavaliação do aluno pelo processo seguido;
- Valorizar a reflexão e a profundidade das soluções alcançadas pelos alunos e não a rapidez com que são obtidas.

Por fim, é importante esclarecermos que não é o caso de abandonar a realização de

exercícios, pois eles também desempenham um papel didático importante, como, por exemplo, treinar e consolidar competências e habilidades (PEDUZZI, 1997), mas sim, como destaca Pozo (1998), evitar que nossas aulas sejam excessivamente centradas em exercícios. Portanto, é preciso encontrar um equilíbrio entre a prática de exercício e a resolução de problemas. O autor afirma inclusive que é produtivo mesclar essas duas práticas escolares, apresentando os exercícios no contexto de situações-problema, pois isso motivaria o estudante, dado que a prática repetitiva de exercícios pode ser desestimulante.

### **4.3 Principais enfoques na pesquisa em resolução de problemas**

Dados o seu potencial didático e as dificuldades existentes no ensino e aprendizagem da resolução de problemas, a pesquisa nessa área vem crescendo e ganhando papel de destaque (ZYLBERSZTAJN, 1998). Segundo Pozo (1998), a pesquisa didática de RP pode ser classificada em duas grandes tendências: (1) resolução de problemas como uma habilidade geral; e (2) resolução de problemas como um processo específico (ligada ao conteúdo específico de uma disciplina). Ainda nesse sentido, Zylbersztajn (1998) identifica um terceiro enfoque, denominado resolução de problemas como investigação científica, proposto por Gil, Torregrossa e Pérez (1988). A seguir, descrevemos com maiores detalhes cada um desses enfoques e, quando possível, exemplificamos com um dos modelos ou estratégias de resolução de problemas subjacentes a cada um deles.

#### **4.3.1 A resolução de problemas como habilidade geral**

Nessa linha de investigação, as habilidades e estratégias relacionadas com a resolução de problemas são vistas como um conteúdo generalizável e independente da estrutura e dos conteúdos específicos das diferentes áreas do conhecimento. Segundo Pozo (1998), os pesquisadores desse enfoque reconhecem que os procedimentos para solucionar problemas podem variar de uma disciplina para outra. Entretanto, todos eles são subjacentes a estratégias ou métodos que otimizam a resolução de problemas e estendem-se a todos os campos do conhecimento. Nesse sentido, segundo essa perspectiva, ensinar o estudante a resolver

problemas seria justamente dotá-los dessas competências e habilidades gerais e ensinar-lhes como utilizá-las de forma flexível para as diferentes situações-problema, independentemente da disciplina escolar.

A pesquisa nesse enfoque procura estabelecer os passos ou estratégias gerais que ajudariam o estudante a resolver problemas independente da matéria escolar. Pozo (1998) destaca que essas orientações baseiam-se fundamentalmente nas seguintes etapas: (1) compressão da tarefa; (2) criação de um plano que conduza a meta ou resposta; (3) execução do plano elaborado; (4) análise final para conferir se a resposta corresponde à meta almejada. De acordo com esse autor, um dos primeiros trabalhos desenvolvidos nessa perspectiva pode ser atribuído à proposta das quatro fases do Matemático Polya (basicamente os quatro passos elencados anteriormente), que, apesar de ter sido desenvolvido no âmbito da disciplina de Matemática, também tinha por finalidade ser aplicado a qualquer área.

Nesta seção, apresentamos como exemplo de uma estratégia geral os quatro passos propostos por Reif, Larkin e Brackett (1976), baseados nas fases de Polya, mas voltados para a disciplina de Física<sup>27</sup>. Nesse trabalho, os autores estavam preocupados em desenvolver uma estratégia que capacitasse os estudantes a utilizar conceitos e fatos básicos de forma flexível e significativa na abordagem de diversas situações-problema novas. Nesse sentido, Reif, Larkin e Brackett (1976, p. 216, tradução nossa) propuseram a seguinte estratégia de resolução de problemas:

1. *Descrição*: listar informações fornecidas e procuradas. Desenhar um diagrama da situação (o resultado desse passo deve ser uma formulação básica do problema);
2. *Planejamento*: selecionar as relações básicas que são pertinentes para a resolução do problema e delinear como elas serão usadas (o resultado desse passo deve ser um plano específico para chegar à solução);
3. *Implementação*: executar o plano elaborado, realizando todos os cálculos necessários (o resultado desse passo deve ser a resolução do problema);
4. *Verificação*: checar a validade de cada um dos passos anteriores e avaliar se a resposta final faz sentido (o resultado desse passo deve ser uma solução confiável para o problema).

Para os autores, essa é uma estratégia simples, porém de grande valia, direcionada para algumas das principais dificuldades apresentadas por muitos estudantes. Isso porque

---

<sup>27</sup> Apesar de ter sido trabalhada na disciplina de Física, os autores concluem que essa estratégia pode ser facilmente generalizada para outras áreas.

caracteriza-se em uma proposta sistemática que encoraja o estudante a examinar os problemas antes de iniciar “cegamente” os seus cálculos, bem como checar a consistência das respostas alcançadas.

Em síntese, de acordo com essa perspectiva, ensinar a resolver problemas consiste essencialmente em proporcionar aos estudantes estratégias gerais que podem ser aplicadas flexivelmente a qualquer situação-problema nova, independente da disciplina (POZO, 1998). Entretanto, Pozo (1998) destaca que estratégias gerais ou procedimentos heurísticos como esses têm apresentado resultados relativamente baixos. As estratégias gerais apresentam maior sucesso com problemas mais fechados (bem definidos) – como os pertencentes à área da Matemática – ou problemas mais básicos que exijam poucos conhecimentos conceituais e procedimentos relativamente limitados. Diante desse resultado, o enfoque no qual a RP está estritamente relacionada com os conteúdos específicos das disciplinas começou a ganhar destaque. No item a seguir, discutiremos esse segundo enfoque com mais detalhes.

#### 4.3.2 A resolução de problemas como um processo específico

Segundo Pozo (1998), esse enfoque vem sendo mais enfatizado nas pesquisas sobre resolução de problemas nos últimos anos. Ao contrário do enfoque anterior, tenta-se delinear como a experiência e os conhecimentos específicos de uma área afetam a qualidade da resolução de problemas. Portanto, para esse enfoque, a resolução de problemas está estreitamente relacionada com a estrutura e os conteúdos específicos de cada uma das áreas de conhecimento. Segundo essa perspectiva, não faz sentido conceber a resolução de problemas como um conteúdo geral e transferível para qualquer situação-problema, independente da disciplina. De acordo com Pozo (1998), os investigadores desse enfoque afirmam que as estratégias ou habilidades gerais de RP apenas fornecem orientações globais, e, portanto, vagas, que devem ser complementadas com os conteúdos e técnicas inerentes a cada uma das disciplinas, para que a tarefa ou problema possa fazer sentido para o aluno.

De acordo com Pozo (1998, p. 30-32), alguns dos pressupostos básicos da resolução de problemas nesse enfoque são os seguintes:

- As habilidades e estratégias de resolução de problemas são específicas a um dado domínio e, por isso, dificilmente transferíveis de uma área para a outra;
- A maior eficiência na resolução de problemas pelos especialistas não seria devido

à sua maior capacidade cognitiva geral, mas sim aos seus conhecimentos específicos;

- A perícia implica uma utilização ideal dos recursos cognitivos disponíveis na própria área de especificidade;
- As habilidades de resolução de problemas e, em geral, a perícia são um efeito da prática;
- A eficiência na resolução de problemas depende muito da disponibilidade e da ativação de conhecimentos conceituais adequados.

De acordo com os itens relacionados, podemos perceber que as pesquisas dessa perspectiva enfocam a comparação entre a resolução de problemas de especialistas, em um determinado campo (professor de uma disciplina, por exemplo), com a de iniciantes (alunos inexperientes com os conteúdos da disciplina). Segundo Pozo (1998), o objetivo dessa técnica de investigação é comparar como especialistas e novatos resolvem problemas específicos de uma área, para mapear as diferenças e tentar identificar o que torna o especialista um solucionador de problemas mais eficiente. Isto é, como a experiência e o conhecimento específico do especialista contribuem nesse processo. O objetivo final dessa comparação consiste em delinear orientações que, ao serem repassadas para os alunos, otimizem o processo de resolução de problemas no âmbito de uma disciplina específica.

De acordo com Pozo (1998), os resultados das investigações desse enfoque apontam que as principais diferenças entre especialistas e novatos não estão centradas exclusivamente no maior acúmulo de conhecimento específico ou na maior capacidade cognitiva<sup>28</sup>, mas também na maior experiência que o especialista possui, a forma organizada de seu conhecimento e as estratégias empregadas para solucionar problemas. Ou seja, o especialista consegue identificar quando uma situação se assemelha com algum problema que já resolveu, e por perícia reduz a situação-problema em um simples exercício, aplicando, portanto, uma resolução padrão. Por outro lado, quando enfrentam um problema realmente novo, esses profissionais aplicam habilidades e competências de maneira estratégica, pautando suas ações numa reflexão conceitual cuidadosa, para clarificar o problema e propor uma possível solução. Os novatos, ao contrário dos especialistas, independentemente se a situação é conhecida ou não, em geral, iniciam a sua resolução de maneira desordenada, sem realizar uma articulação significativa com o conhecimento conceitual pertinente.

Por fim, segundo essa perspectiva, a resolução de problemas executada por especialistas

---

<sup>28</sup> Um especialista em Física resolve com eficiência problemas dessa disciplina, mas pode apresentar um desempenho muito baixo ao abordar problemas das Ciências Sociais, por exemplo.

seria um modelo de eficiência, e, de acordo com Pozo (1998, p. 34-35), “como estratégias de solução são específicas e adaptadas às características de cada domínio e a cada tipo de problemas, ensinar a solucionar problemas requer, nessa abordagem, treinar a sua resolução especificamente em cada uma das áreas”. Ou seja, o ensino de resolução de problemas deve estar mais direcionado ao aprendizado dos conteúdos específicos (atitudes, conceitos e procedimentos) das disciplinas do que a estratégias gerais, pois ser um eficiente solucionador de problemas em uma disciplina, independente das habilidades, não garantirá necessariamente sucesso ao enfrentar situações-problema no contexto de outra matéria (POZO, 1998).

#### 4.3.3 A resolução de problemas como investigação científica

Esse enfoque foi desenvolvido como uma crítica às duas perspectivas anteriores, pois, segundo Gil, Torregrossa e Pérez (1988), os resultados práticos para ambos os enfoques não são satisfatórios. Esses autores afirmam ser necessário abordar o Ensino-Aprendizagem da resolução de problemas sob a ótica de uma nova perspectiva, a qual aproxima a solução de problemas escolares com o trabalho executado pelos investigadores científicos. Ou seja, abordar em sala de aula a RP levando em conta os seguintes aspectos: (1) problemas abertos, com múltiplas soluções possíveis; (2) problemas que demandam criar/testar hipóteses e diferentes estratégias de resolução; (3) estimular os estudantes a refletir criticamente sobre as soluções alcançadas, levando em conta as hipóteses lançadas.

Por outro ângulo, Gil, Torregrossa e Pérez (1988) criticam a didática usual pela qual a resolução de problemas é tradicionalmente abordada em sala de aula: o emprego de problemas com enunciado fechado, contendo explicitamente todos os dados e incógnitos buscados, bem como uma descrição exata da situação-problema. Para Gil, Torregrossa e Pérez (1988), os problemas de enunciado fechado, aliados a uma abordagem mecânica e linear da parte do professor, levam a maioria dos estudantes a adotar uma postura inadequada na tarefa de resolver problemas, denominada “operativismo mecânico”. Os estudantes que adotam essa postura costumam resolver os problemas de forma mecanizada e sem realizar uma reflexão conceitual adequada. Segundo esse ponto de vista, o estudante emprega acriticamente equações que relacionam os dados fornecidos com a variável buscada, sem levar em conta se estas são válidas ou pertinentes para a situação-problema que estão enfrentando.

Todavia, abordar situações-problema abertas pode ser um processo confuso para os

estudantes que estão habituados a trabalhar somente com os problemas tradicionais. Tendo isso em conta, Gil et al. (1992, p. 14-18)<sup>29</sup> propuseram um modelo de resolução de problemas com a finalidade de auxiliar os estudantes e professores nessa tarefa. A seguir, apresentamos os passos que compõem esse modelo:

1. Considerar qual pode ser o interesse da situação problemática considerada;
2. Começar por um estudo qualitativo da situação, tentando abordar e definir de maneira precisa o problema, explicitando as condições que se consideram reinantes etc.;
3. Emitir hipóteses fundadas sobre os fatores dos quais pode depender a grandeza buscada e sobre a forma dessa dependência, imaginando, em particular, casos-limite de fácil interpretação física;
4. Elaborar e explicar possíveis estratégias de solução antes de proceder a esta, evitando o puro ensaio e erro. Buscar distintos modos de resolução para possibilitar a contrastação dos resultados obtidos e mostrar a coerência do corpo de conhecimentos de que se dispõe;
5. Realizar a resolução verbalizando ao máximo, fundamentando o que se faz e evitando, uma vez mais, operativismos carentes de significação física;
6. Analisar cuidadosamente os resultados à luz das hipóteses elaboradas e, em particular, dos casos-limite considerados;
7. Considerar as perspectivas abertas pela investigação realizada, contemplando, por exemplo, o interesse de abordar a situação em um nível de maior complexidade ou considerando suas implicações teóricas (aprofundamento na compreensão de algum conceito) ou práticas (possibilidades de aplicações técnicas). Conceber particularmente novas situações a investigar, sugeridas pelo estudo realizado;
8. Elaborar uma memória que explique o processo de resolução e que destaque os aspectos de maior interesse no tratamento da situação considerada.

Segundo os autores, os itens relacionados são recomendações úteis e os principais passos necessários para resolver problemas abertos, mas não devem ser entendidos como um algoritmo que guia rigidamente a resolução dos estudantes.

#### **4.4 A resolução de problemas no contexto de nosso trabalho**

---

<sup>29</sup> Segundo os autores, esse trabalho é uma generalização de artigos anteriores, incluindo Gil, Torregrossa e Pérez (1988).

Na seção anterior, mostramos os três principais enfoques da pesquisa de resolução de problemas. Apontamos algumas diferenças entre eles, principalmente as relacionadas com a forma de abordar a solução de problemas. Mas evidenciamos que todos concordam que a estruturação de atividades didáticas na forma de problemas se configura como uma importante ferramenta didática para o ensino das Ciências Naturais.

Uma atividade didática baseada na resolução de problemas tem como núcleo situações-problema. Entretanto, para que o estudante solucione uma situação-problema, ele precisa executar determinados procedimentos e estabelecer relações entre conceitos, o que favorece a construção do seu conhecimento.

No entanto, uma AD composta somente por problemas pode tornar a sua resolução muito difícil para o estudante, correndo-se o risco de ele desistir da tarefa. Por esse motivo, ao elaborarmos uma AD, podemos optar por desmembrar o problema em um conjunto de questões que “guiam”, em parte, a sua resolução. Entretanto, é necessário tomar cuidado. Isso porque, se o estudante não domina os conceitos prévios necessários para a compreensão da tarefa, além de não ter uma atitude ativa frente à sua própria aprendizagem, corremos o risco de ele executar apenas os procedimentos que domina. Nesse caso, não é possível inferir se ele aprendeu ou não algo com a atividade didática. Isso porque executou os procedimentos do modo desarticulado dos conteúdos conceituais e atitudinais, o que empobrece o valor didático da resolução de problemas.

No contexto de nosso trabalho, a resolução de problemas foi abordada mesclando algumas características do enfoque ligado aos conteúdos específicos, assim como características da resolução de problemas como investigação científica. No que diz respeito ao primeiro item, os conteúdos específicos da disciplina de Física (termodinâmica) desempenham um papel importante nas AD. Para o caso da RP como investigação científica, as AD foram desenvolvidas tendo como um de seus objetivos gerais fomentar no estudante a atitude científica, a qual está relacionada com os seguintes aspectos, propostos por Gil, Torregrossa e Pérez (1988): (1) empregar situações-problemas mais abertas que permitam múltiplas resoluções válidas; (2) propor problemas que estimulem os estudantes a criar/testar hipóteses; (3) analisar a resposta alcançada levando em conta as hipóteses criadas.

É importante deixar claro que os problemas desenvolvidos em nossas atividades didáticas aliam problemas escolares do tipo quantitativo e qualitativo, bem como, em muitos casos, aproximam-se de atividades experimentais. Para o estudante resolver as situações-problema das AD, deve empregar um laboratório virtual de termodinâmica para desenhar e simular os seus próprios experimentos virtuais. Nesses experimentos virtuais, o aluno é

estimulado a observar, comparar, refletir, coletar e sistematizar os dados, assim como sintetizar e comunicar a sua resolução da forma que considerar mais adequada. Em última análise, as situações-problema das AD se diferenciam dos tradicionais problemas de lápis e papel, fundamentalmente pelo fato de o estudante ter que manipular um laboratório virtual interativo que simula fenômenos físicos e por apresentar problemas abertos.

#### **4.5 A resolução de problemas e a teoria de Piaget**

Segundo Moreira (2011), toda atividade didática, explícita ou implicitamente, está subjacente a uma teoria de aprendizagem. Tendo isso em vista e levando em conta o fato de que em nosso trabalho desenvolvemos e implementamos um conjunto de atividades didáticas de termodinâmica baseadas em problemas e TIC, é importante explicitarmos qual foi a teoria de aprendizagem que balizou as nossas ações didáticas. Em nosso trabalho, levamos em conta a teoria do desenvolvimento cognitivo de Piaget. De acordo com Moreira (2011), a teoria de Piaget não é exatamente uma teoria de aprendizagem. Contudo, apresenta importantes implicações para a Educação, a ponto de atualmente ser um dos referenciais teóricos mais influentes na área.

De acordo com Moreira (2011), os conceitos-chave dessa teoria são os seguintes: (1) assimilação; (2) acomodação; (3) equilíbrio. Ao interagir com a realidade, o sujeito cria esquemas de assimilação para interpretá-la. Esses esquemas são utilizados frequentemente para incorporar as situações que se apresentam ao conhecimento que o sujeito possui. Contudo, nesse processo não há modificações em sua mente. Somente ocorre uma modificação na estrutura cognitiva do sujeito quando seus esquemas não conseguem assimilar uma dada situação (desequilíbrio). Para esse caso, ou a mente do indivíduo desiste de incorporar essa situação nova aos seus esquemas ou modifica-os (acomodação). Essa acomodação leva à construção de novos esquemas e, portanto, a uma nova situação de equilíbrio (MOREIRA, 2011). Com base nessa perspectiva,

[...] ensinar (ou, em um sentido mais amplo, educar) significa, pois, provocar o desequilíbrio no organismo (mente) da criança para que ela, procurando o equilíbrio (equilíbrio majorante), se reestruture cognitivamente e aprenda. O mecanismo de aprender da criança é sua capacidade de reestruturar-se mentalmente buscando um novo equilíbrio (novos esquemas de assimilação para adaptar-se à nova situação). O ensino deve, portanto, ativar este mecanismo. (MOREIRA, 2011, p. 104).

Nessa perspectiva, o papel do educador/professor é o de fornecer aos seus alunos

situações (problemas) que provoquem um adequado desequilíbrio, isto é, que estejam um pouco além do nível de desenvolvimento cognitivo do estudante e resultem na reestruturação da sua estrutura cognitiva.

Para o conjunto de atividades didáticas que desenvolvemos, tomamos como aspecto importante da teoria de Piaget o papel do equilíbrio e do desequilíbrio no processo de Aprendizagem. Ou seja, nas atividades didáticas que desenhamos, são propostas situações-problema novas e desafiadoras com a intenção de provocar o desequilíbrio nos estudantes. Por outro lado, a resolução da situação-problema, de certa forma, encaminha o aluno para uma nova situação de equilíbrio (acomodação). Entretanto, para que os problemas propostos não representem um desequilíbrio muito grande, as atividades didáticas foram desenvolvidas para apresentar um grau crescente de dificuldade, que paulatinamente vai capacitando o estudante para enfrentar problemas cada vez mais abertos<sup>30</sup>.

---

<sup>30</sup> Para maiores detalhes, consultar o capítulo 5, no qual apresentamos o conjunto de AD.



## 5 CONJUNTO DE ATIVIDADES DIDÁTICAS DE TERMODINÂMICA

Neste capítulo, apresentamos um conjunto de atividades didáticas desenhado para cumprir como os seguintes objetivos: (1) conter problemas desafiantes e abertos; (2) trabalhar os conteúdos conceituais, procedimentais e atitudinais de forma integrada; (3) fomentar nos estudantes a atitude científica através da proposição de problemas abertos. Explicitamos ainda os objetivos didáticos específicos de cada uma das AD, descrevemos em detalhes o Objeto de Aprendizagem que escolhemos como recurso didático e, ao final, comentamos mais alguns aspectos relevantes a respeito da implementação do conjunto de atividades.

### 5.1 Apresentação

O conjunto de AD que apresentamos neste capítulo tem como um dos seus objetivos incentivar no estudante a atitude científica perante a resolução de problemas abertos e desafiadores. Portanto, as situações-problema das atividades didáticas exigem mais que a simples reprodução dos conceitos e exercícios regularmente desenvolvidos em sala de aula. Isso porque elas estimulam o estudante a criar e testar as suas próprias hipóteses, a refletir com base nas causas e consequências destas, envolvendo-o num processo de retroalimentação, no qual as novas tentativas de resolução de um problema incorporam o conhecimento vivenciado com as resoluções anteriores<sup>31</sup>. Ou seja, as AD trabalham a atitude do aluno e problematizam o seu conhecimento, pois, conforme salienta Pozo (1998),

Ensinar a resolver problemas não consiste somente em dotar os alunos de habilidades e estratégias eficazes, mas também em criar neles o hábito e a atitude de enfrentar a aprendizagem como um problema para o qual deve ser encontrada uma resposta. (POZO, 1998, p. 14).

De acordo com a argumentação que desenvolvemos até o presente momento, está claro que um dos eixos do conjunto de atividades didáticas é o de fomentar no estudante a atitude científica. Também está claro que essa atitude está relacionada com a reflexão, a tomada de decisão e o processo de formulação e testes de hipóteses. Ou seja, vai além do conteúdo atitudinal, porque também está diretamente vinculada com os procedimentos, os quais são

---

<sup>31</sup> Em linhas gerais, é isso que entendemos por atitude científica.

essenciais em atividades de solução de problemas, conforme destaca Pozo (1998):

Sem dúvidas, a solução de problemas tem um caráter essencialmente procedimental como conteúdo educacional, já que exige que os alunos coloquem em ação uma sequência de passos de acordo um plano preconcebido e orientado para alcançar uma meta. Apesar de que [...] a solução de problemas não possa ser desvinculada dos conteúdos conceituais ou das atitudes, grande parte de suas características como conteúdos da aprendizagem são derivadas desse caráter procedimental. (POZO, 1998, p. 140).

Por outro lado, de acordo com essa citação, a resolução de problemas não incorpora somente atitudes e procedimentos, mas também os conceitos. No conjunto de atividades didáticas, os conteúdos conceituais são contemplados, em boa medida, com o emprego de laboratórios virtuais de termodinâmica, haja vista que o estudante, ao manipular as simulações computacionais, está simulando o comportamento de sistemas físicos. Ou seja, está interagindo com o comportamento dos modelos físicos que regem esses sistemas, os quais são, entre outros, compostos por leis e princípios físicos que envolvem o conhecimento factual e conceitual.

### 5.1.2 Estrutura das atividades didáticas

As atividades didáticas que compõem o conjunto possuem uma característica em comum que diz respeito à sua estrutura de apresentação. Em linhas gerais, todas elas seguem o seguinte padrão: (1) descrição; (2) Objeto de Aprendizagem; (3) orientações específicas; (4) questões. A descrição consiste de um breve texto explicativo a respeito dos equipamentos disponíveis no laboratório virtual. As orientações pontuam algumas ações específicas relativas à sistemática de realização da atividade. Já nas questões, são colocadas as situações-problema. Cabe destacar que nem todas as questões correspondem a um problema. Algumas delas são colocadas com o objetivo de chamar a atenção do estudante para algum ponto importante do que está sendo estudado.

Todo o material das AD foi desenvolvido no formato eletrônico, escrito em linguagem HTML e está disponível em páginas da web que podem ser acessadas no seguinte site: [www.ufsm.br/mpeac/josemar](http://www.ufsm.br/mpeac/josemar). O material também está disponível em CD-ROM e nos Apêndices A, B, C, D, E e F, que contêm as atividades didáticas e imagens do *Graxaim/LVT*.

Esse material está estruturando seguindo a sequência conceitual seguinte: temperatura, termômetros, equilíbrio térmico, calor, gás ideal e não ideal, ciclo termodinâmico de um gás

ideal, transformações termodinâmicas de um gás ideal, reversibilidade, irreversibilidade e eficiência de máquina térmica.

Adotamos essa ordem, pois temos por objetivo que esse material seja empregado de forma articulada com a sequência seguida por professores do Ensino Médio quando abordam a termodinâmica. Justificamos nossa escolha com base no argumento de que a maior parte dos livros didáticos que servem de referência para o estudo da termodinâmica no Ensino Médio segue uma sequência semelhante à que adotamos.

Outro ponto importante que merece ser destacado é que o grau de abertura das situações-problema aumenta gradativamente ao longo do conjunto de AD. As três primeiras atividades incentivam os estudantes a elaborar e testar hipóteses, mas não possuem efetivamente muitos caminhos a serem seguidos na busca por uma solução válida. Fizemos isso propositalmente, pois essas AD estão direcionadas para a ambientação dos estudantes com o OA e a metodologia didática empregada (trabalhar os conceitos, procedimentos e atitudes de forma integrada através da RP). Por outro lado, conforme se avança nas atividades, os problemas colocados têm por finalidade exigir mais efetivamente a reflexão e a tomada de decisão quanto aos passos a seguir durante o encaminhamento da solução.

Em síntese, nossa abordagem didática consiste em trabalhar os conteúdos programáticos da termodinâmica, empregando um laboratório virtual de termodinâmica para propor problemas abertos e desafiantes. Isso porque, conforme já explicitamos, a resolução de problemas é uma estratégia didática que possibilita trabalhar os conteúdos conceituais, procedimentais e atitudinais de forma significativa e integrada. Cabe destacar também que as AD estimulam a atitude científica porque elas possuem caráter científico. Isso porque, em alguns aspectos, elas se assemelham às atividades de laboratório<sup>32</sup> e ainda apresentam problemas abertos, os quais exigem do estudante uma postura de investigação científica em sua resolução.

## 5.2 Descrição do Objeto de Aprendizagem

Conforme destacamos anteriormente, os objetivos do conjunto de AD são: (1) conter problemas desafiantes e abertos; (2) trabalhar os conteúdos conceituais, procedimentais e

---

<sup>32</sup> Por exemplo, planejar e executar experimentos virtuais, observar e coletar dados para resolver problemas, sintetizar, discutir e comunicar dados/resultados, entre outras coisas.

atitudinais de forma integrada; (3) fomentar nos estudantes a atitude científica através da proposição de problemas abertos. A maneira que escolhemos para desenvolver um trabalho desse gênero foi empregar um laboratório virtual de termodinâmica para propor atividades didáticas que contenham problemas abertos e que se assemelham em alguns aspectos a atividades experimentais.

O Objeto de Aprendizagem que optamos por utilizar é um laboratório virtual de termodinâmica denominado *Graxaim/Laboratório Virtual de Termodinâmica (Graxaim/LVT)*. A figura 2 representa uma das interfaces desse OA. A justificativa para escolhermos o *Graxaim/LVT* foi apresentada no capítulo 2, mas basicamente o escolhemos por ser um recurso didático interativo e flexível que permite explorar os múltiplos aspectos do conteúdo (atitudes, conceitos e procedimentos). Na discussão que segue, descrevemos esse recurso didático em maiores detalhes.

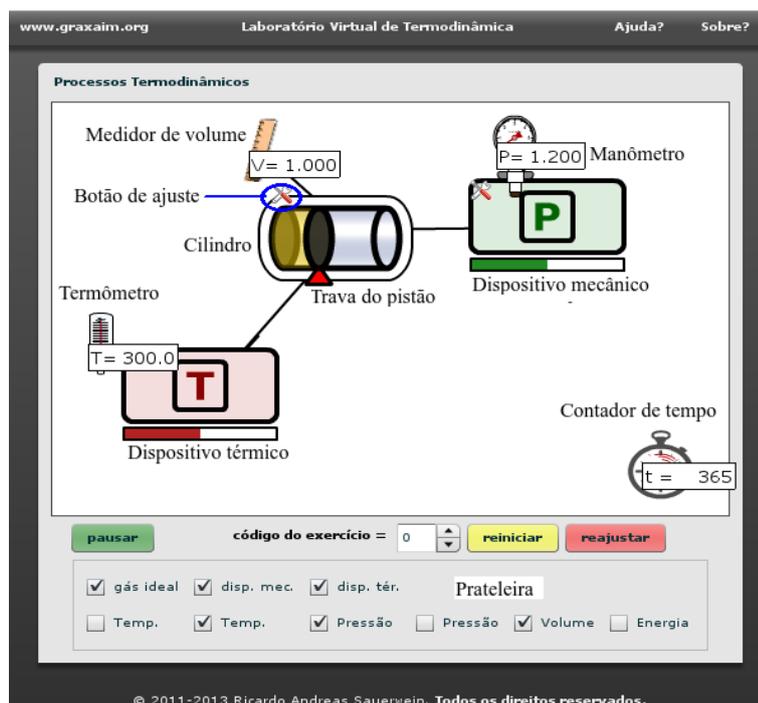


Figura 2 – Representação legendada da interface gráfica de um módulo do *Graxaim/LVT*

Fonte: Elaborado pelo autor.

### 5.2.1 Descrição da interface do *Graxaim/LVT*

No *Graxaim/LVT*, representado na figura 2, existe uma área de “arraste e solte” que pode ser associada com a bancada de um laboratório real. Nesse local, os equipamentos experimentais são representados por ícones (figuras e animações de termômetros, amostras de gás confinadas em cilindros, entre outros). Sempre que uma versão do laboratório virtual é apresentada para o estudante, a sua bancada aparece em branco. Nesse sentido, é o estudante quem decide qual equipamento irá utilizar.

Como em uma situação real, para que um fenômeno/processo ocorra, é necessário haver uma causa, em geral relacionada com a interação entre entes físicos. De forma semelhante, para que alguma coisa aconteça no laboratório virtual, é necessário que os equipamentos interajam entre si. No OA, uma interação é representada por uma linha preta que liga dois ou mais objetos, conforme pode ser visualizado na figura 2. Nele o estudante tem a opção de escolher quais objetos interagirão; para isso, basta clicar e arrastar os ícones para perto ou para longe um do outro.

Conforme o que foi descrito até aqui, é possível notar que o *Graxaim/LVT* é um recurso bastante interativo e tem como uma de suas características a não linearidade, pois possibilita ao estudante manipulá-lo de várias maneiras seguindo distintos caminhos. Contudo, a interatividade desse OA não se resume somente a isso. Conforme descreveremos na sequência, esse *software* possui mais algumas funcionalidades que potencializam a sua interatividade com o estudante.

Abaixo da área de “arraste e solte”, localiza-se o espaço denominado prateleira (vide figura 2). Nesse local, estão as caixas de seleção dos equipamentos experimentais. Para levar ou retirar um ícone da área “arraste solte”, basta marcar ou desmarcar a caixa correspondente ao objeto na prateleira. Como o nome sugere, essa área está associada com a prateleira de um laboratório real onde o professor disponibiliza os equipamentos para as atividades. A exemplo do laboratório real, o professor, ao desenhar uma atividade experimental, pode escolher – com base nos seus objetivos didáticos – quais equipamentos estarão disponíveis para os seus estudantes. Como ficará claro na descrição do conjunto de AD, a prateleira do *Graxaim/LVT* pode variar de uma atividade para outra, segundo os objetivos didáticos das tarefas.

Entre a bancada e a prateleira, existe uma linha de botões (vide figura 2). O primeiro deles é o botão simular que tem por finalidade iniciar ou interromper o processo de simulação. Além disso, há os botões reiniciar e reajustar, que têm por finalidade retornar para as condições iniciais os equipamentos presentes na área “arraste e solte”.

Outra funcionalidade presente nessa linha de botões é o *código do exercício*. Essa ferramenta tem por finalidade alterar alguns parâmetros dos sistemas físicos representados na

simulação computacional. Basicamente a sua finalidade é oferecer, em uma mesma atividade, situações que variem de um estudante para outro no que diz respeito às condições iniciais e alguns parâmetros dos sistemas físicos apresentados no laboratório virtual.

De acordo com o que foi apresentado nos parágrafos anteriores, o professor, quando elabora uma atividade didática, pode escolher quais simulações irá implementar no *Graxaim/LVT*, assim como pode alterar parâmetros e características físicas dos sistemas simulados. Nesse ponto, é importante deixarmos claro que o aplicativo empregado é sempre o mesmo para todas as situações, o que varia é seu arquivo de configuração. Esse arquivo permite, ao elaborador de uma AD, escolher quais equipamentos estarão disponíveis na prateleira do laboratório virtual. Possibilita ainda alterar as características físicas e visuais dos sistemas físicos representados no OA. Por exemplo, através dele é possível alterar a capacidade calorífica dos objetos, suas temperaturas iniciais, suas massas, suas formas, volumes, entre outros aspectos.

Como está claro, esse arquivo de configuração é uma ferramenta poderosa que permite um grande controle quanto às configurações da simulação computacional e conseqüentemente na variabilidade das situações-problema que podem ser desenvolvidas. Contudo, para utilizá-lo, é preciso dominar os fundamentos básicos da programação em linguagem XML.

Antes de finalizarmos a descrição do *Graxaim/LVT*, é necessário caracterizarmos mais alguns ajustes presentes em três importantes equipamentos do laboratório virtual, quais sejam: cilindro, dispositivo mecânico e dispositivo térmico. Além desses dispositivos, também é importante comentarmos a respeito dos instrumentos de medida presentes no OA. A seguir, descreveremos, com um pouco mais de detalhes, as características desses dispositivos.

#### 5.2.1.1 Cilindro com pistão móvel e seus ajustes

O cilindro é um dispositivo que tem acoplado um pistão móvel e possui a finalidade de confinar uma determinada massa de gás. Para alterar as características desse subsistema, basta clicar com o mouse sobre a parte da figura representada por uma chave de fenda cruzada com uma chave fixa<sup>33</sup>.

O cilindro possui os seguintes ajustes: (1) paredes adiabáticas; (2) paredes diatérmicas;

---

<sup>33</sup> O botão para realizar os ajustes nos três subsistemas que estamos descrevendo é similar; dessa maneira, mencionaremos esse detalhe somente desta vez.

(3) pistão fixo; (4) pistão móvel. No caso (1), o cilindro é revestido por uma camada isolante que não permite a troca de energia na forma de calor entre o gás e outros subsistemas. No caso (2), a camada isolante é removida, podendo ocorrer a troca de energia na forma de calor quando houver contato térmico. Nos casos (3) e (4), o pistão pode ser fixado por uma trava (parede rígida) ou estar sem a trava (parede móvel), liberando-o para o movimento.

#### 5.2.1.2 Dispositivo mecânico e seus ajustes

O dispositivo mecânico é um aparelho capaz de exercer uma força na superfície externa do pistão, ou equivalentemente é um dispositivo capaz de exercer uma pressão externa sobre o gás. Dessa forma, pode trocar energia na forma de trabalho com o gás.

Esse aparelho pode ser ajustado para operar em três estados: (1) exercer uma pressão externa constante; (2) receber energia; (3) ceder energia. No caso (2), a pressão externa sobre o gás vai diminuindo pouco a pouco, de forma que o gás realiza trabalho sobre o dispositivo mecânico à medida que vai se expandindo. No caso (3), a pressão externa sobre o gás aumenta pouco a pouco, de forma que o dispositivo realiza trabalho sobre o gás que vai sendo comprimido.

#### 5.2.1.3 Dispositivo térmico e seus ajustes

O dispositivo térmico é um aparelho capaz de trocar energia com o gás exclusivamente na forma de calor. O dispositivo possui um trocador de energia na forma de calor que é mantido a uma temperatura que pode ser ajustada. Ao entrar em contato com o gás (sem a camada isolante), há duas temperaturas que devem ser observadas, a temperatura externa fixada pelo dispositivo e a temperatura do próprio gás. Caso a temperatura externa seja maior que a do gás, haverá um fluxo de calor do dispositivo para o gás (o dispositivo pode ser visto como uma fonte de calor).

Em caso contrário, o dispositivo receberá energia na forma de calor do gás e funcionará, em relação ao gás, como um sistema de refrigeração. O dispositivo térmico tem três ajustes: (1) manter sua temperatura constante; (2) receber energia na forma de calor; (3)

ceder energia na forma de calor. Nos ajustes (2) e (3), o dispositivo varia pouco a pouco a temperatura de seu trocador de energia na forma de calor (temperatura externa), de forma que o fluxo de energia seja estabelecido na direção desejada.

#### 5.2.1.4 Instrumentos de medida

O laboratório virtual possui os seguintes instrumentos de medida: manômetro, termômetro, medidor de volume e medidor de energia mecânica. O manômetro serve para aferir a pressão exercida por um sistema físico e está calibrado em atmosferas. Esse instrumento foi planejado para medir somente as pressões exercidas por um gás confinado em recipiente e pelo dispositivo mecânico. Ele somente interage com esses dois equipamentos, para qualquer outro apresenta a mensagem NaN, simbolizando que o manômetro não é capaz de realizar a medida (os demais instrumentos operam de maneira similar).

O termômetro foi projetado para medir a temperatura dos corpos termodinâmicos, de gases confinados e do dispositivo térmico. Esse instrumento está calibrado na escala kelvin. Já o medidor de volume é um instrumento desenhado exclusivamente para medir o volume ocupado por uma massa de gás confinada num recipiente. Esse aparelho está calibrado em litros.

O último instrumento que descrevemos é o medidor de energia mecânica. Esse dispositivo somente é capaz de aferir a quantidade de energia mecânica que está armazenada no dispositivo mecânico, não funcionando em nenhum dos outros subsistemas. Esse aparelho está calibrado na unidade de medida atmosfera-litro (para maiores detalhes de como converter para outros sistemas de unidade, visitar o *menu ajuda do Graxaim/LVT*).

Como os instrumentos de medida reais, os disponibilizados no laboratório virtual necessitam interagir como os sistemas físicos para realizar uma medida. A exemplo dos outros equipamentos presentes no OA, essa interação é representada por uma linha que liga um dispositivo ao outro.

### 5.3 Atividades didáticas planejadas

Como já mencionamos, o conteúdo escolar desenvolvido no conjunto de atividades didáticas é a termodinâmica. A seguir, apresentamos brevemente uma lista de assuntos que são abordados nas AD:

- Termômetros e escalas termométricas;
- Temperatura e equilíbrio térmico;
- Processos de transferência de energia: calor e trabalho;
- Gás ideal e não ideal;
- Transformações termodinâmicas;
- Ciclo termodinâmico;
- Processos termodinâmicos reversíveis e irreversíveis;
- Máquinas térmicas e eficiência térmica.

Nessa lista, elencamos apenas os temas mais enfatizados nas AD. Na sequência, discutiremos com maiores detalhes as atividades didáticas e explicitaremos como esses assuntos são abordados.

### 5.3.1 Objetivos específicos de cada atividade didática

Anteriormente explicitamos os objetivos gerais do conjunto de AD. Nesta parte, delimitamos os objetivos específicos de cada uma das atividades, assim como os assuntos focados. Para conferir o formato exato das atividades, recomendamos que seja acessado o site [www.ufsm.br/mpeac/josemar](http://www.ufsm.br/mpeac/josemar) ou o CD-ROM. Por outro lado, para se ter uma ideia geral do seu formato, disponibilizamos nos Apêndices A, B, C, D, E e F as seis atividades didáticas.

#### 5.3.1.1 Atividade 1: Termômetro e Escalas Termométricas

O primeiro desafio nessa AD é criar um termômetro qualitativo que permita dispor em ordem crescente de temperatura um conjunto de seis corpos termodinâmicos<sup>34</sup>. O segundo desafio é transformar o termômetro qualitativo em quantitativo, calibrando-o em diferentes

---

<sup>34</sup> Aqui corpo termodinâmico é um subsistema capaz de trocar energia exclusivamente na forma de calor. No *Graxaim/LVT*, esse subsistema é representado por um cilindro (pode ser associado com um corpo metálico).

escalas termométricas. Para tal, é disponibilizada no laboratório virtual uma amostra de gás ideal mantida à pressão constante e encerrada em um cilindro acoplado a um pistão móvel. Também está disponível um instrumento de medida que permite aferir o volume ocupado pela massa de gás.

Nessa AD, são enfocados os seguintes assuntos: temperatura, termômetro e escalas termométricas. Os objetivos didáticos são: (1) entender o funcionamento de um termômetro; (2) mostrar que o gás ideal pode ser utilizado na construção de um termômetro; (3) mostrar que a medida de temperatura é realizada de forma indireta.

A AD pode ser encontrada acessando o *link* [www.ufsm.br/mpeac/josemar/?q=node/5](http://www.ufsm.br/mpeac/josemar/?q=node/5), no CD-ROM ou no Apêndice A.

#### 5.3.1.2 Atividade 2: Equilíbrio Térmico I

Nessa atividade, o desafio é determinar a massa desconhecida de um corpo termodinâmico, utilizando, para tal, cinco corpos termodinâmicos com diferentes massas e um termômetro. Nessa atividade, o estudante é estimulado a experimentar a variação de temperatura desses corpos colocando-os em contato térmico.

Nessa AD, são enfocados os seguintes assuntos: equilíbrio térmico, calor específico e temperatura. Os objetivos didáticos são: (1) abordar a dependência que a temperatura de equilíbrio térmico possui com as massas dos corpos postos em contato térmico; (2) entender que a variação da temperatura de um corpo é inversamente proporcional à sua massa; (3) entender que a temperatura de equilíbrio térmico de corpos em contato nem sempre corresponde à média aritmética de suas temperaturas iniciais.

A AD pode ser encontrada acessando o *link* [www.ufsm.br/mpeac/josemar/?q=node/2](http://www.ufsm.br/mpeac/josemar/?q=node/2), no CD-ROM ou no Apêndice B.

#### 5.3.1.3 Atividade 3: Transferência de Calor

Nessa atividade, o estudante é desafiado a criar uma forma de transferir uma quantidade exata de energia entre dois corpos termodinâmicos, com temperaturas iniciais

diferentes, impossibilitados de estabelecerem o contato térmico entre si por estarem fixos. Ou seja, utilizando um terceiro corpo, menor que os outros dois, levar energia de um corpo ao outro computando os valores transferidos.

Nela o assunto focado é o processo de transferência de energia na forma de calor e seus objetivos didáticos são: (1) abordar explicitamente o processo de transferência de energia na forma de calor; (2) entender que nem sempre corpos com temperaturas mais elevadas possuem uma quantidade maior de energia interna. Ou seja, que temperatura não é sinônimo de energia interna.

A AD pode ser encontrada acessando o *link* [www.ufsm.br/mpeac/josemar/?q=node/10](http://www.ufsm.br/mpeac/josemar/?q=node/10), no CD-ROM ou no Apêndice C.

#### 5.3.1.4 Atividade 4: Gás Ideal

Essa atividade está dividida em duas partes: *Parte I: Gás Ideal-Characterização* e *Parte II: Gás Ideal-Trocas de energia*. Na parte I, o primeiro desafio é elaborar e executar um experimento virtual que permita identificar, entre duas amostras de gás, qual se comporta como um gás ideal. Já o segundo desafio dessa parte é criar um experimento virtual para determinar se o gás ideal é monoatômico, diatômico etc.

Nessa primeira parte, estão disponíveis duas amostras de gás encerradas em cilindros acoplados a pistões móveis, dois corpos termodinâmicos com diferentes temperaturas, dois dispositivos mecânicos capazes de exercer diferentes pressões e instrumentos de medidas relativos às medidas de pressão, temperatura, volume e energia mecânica. Nessa primeira parte, o foco é caracterizar o comportamento de um gás ideal e o objetivo didático é estudar o seu comportamento, de modo a entender como diferenciá-lo de um gás não ideal.

Por outro lado, na parte II, é solicitado ao estudante que submeta a um ciclo termodinâmico uma massa de gás ideal também confinada em um cilindro acoplado a um pistão móvel. Além disso, o estudante deve representar graficamente o comportamento do gás durante o ciclo (cabe ao estudante decidir quais diagramas fazer e como fazê-los) e determinar as diferentes trocas de energia ocorridas.

Nessa parte, os assuntos focados são: ciclo termodinâmico e as trocas de energia realizadas pelo gás ao longo do ciclo. Os objetivos didáticos são os seguintes: (1) entender o comportamento de um gás ideal submetido a um ciclo termodinâmico; e (2) entender como

representar graficamente o seu comportamento e como determinar as trocas de energia ocorridas ao longo do ciclo.

A AD pode ser encontrada acessando o *link* [www.ufsm.br/mpeac/josemar/?q=node/2](http://www.ufsm.br/mpeac/josemar/?q=node/2), no CD-ROM ou no Apêndice D.

#### 5.3.1.5 Atividade 5: Processos Termodinâmicos

O desafio nessa AD é elaborar arranjos de experimentos virtuais para submeter o gás ideal a uma série de transformações termodinâmicas. Para essa atividade, o laboratório virtual possui uma amostra de gás ideal confinada em um cilindro acoplado a um pistão móvel, um dispositivo mecânico, um dispositivo térmico e alguns instrumentos de medida.

Os processos contemplados nessa AD são os seguintes: isotérmico, isobárico, adiabático, expansão livre e isocórico. Já os objetivos didáticos pretendidos são: (1) entender os mecanismos pelos quais um gás ideal pode ser submetido aos processos termodinâmicos citados anteriormente; (2) praticar a representação gráfica do comportamento do gás ideal nos diferentes processos e analisar as trocas de energia realizadas.

Essa atividade pode ser acessada pelo *link* [www.ufsm.br/mpeac/josemar/?q=node/14](http://www.ufsm.br/mpeac/josemar/?q=node/14), no CD-ROM ou no Apêndice E.

#### 5.3.1.6 Atividade 6: Reversibilidade e Trabalho Máximo

A atividade tem como desafio criar um experimento virtual em que o gás seja submetido a um processo termodinâmico reversível. Para tanto, está disponível no laboratório virtual um cilindro acoplado a um pistão móvel que confina uma amostra de gás ideal, um dispositivo mecânico, um dispositivo térmico e alguns instrumentos de medida.

Nessa AD, são focados os seguintes assuntos: processos reversíveis, irreversíveis e eficiência de máquina térmica. Os objetivos didáticos são os seguintes: (1) aprender a diferenciar processos reversíveis de irreversíveis; (2) entender que máquinas térmicas que operam por processos reversíveis são energeticamente mais eficientes do que as que operam por processos irreversíveis.

Essa atividade pode ser acessada pelo *link* [www.ufsm.br/mpeac/josemar/?q=node/15](http://www.ufsm.br/mpeac/josemar/?q=node/15), no CD-ROM ou no Apêndice F.

Antes de encerrar a apresentação do conjunto de atividades, esclarecemos que, na descrição das AD, explicitamos como desafios as situações-problema a que atribuímos um maior grau de dificuldade ou que estão diretamente mais relacionadas com os objetivos didáticos listados. Contudo, entre as questões de algumas atividades didáticas, há situações, além das marcadas como desafios, que podem ser consideradas como problemas.

### 5.3.2 Sugestões para o uso do conjunto de atividades didáticas

Aqui elencamos algumas recomendações úteis para o processo de implementação do conjunto de AD. Esse conjunto está desenhado para ser realizado ao decorrer de todo o período em que a termodinâmica é desenvolvida em sala de aula, entre três ou quatro meses. Nesse sentido, aconselhamos que seja disponibilizada uma atividade a cada duas ou três semanas. Esse requisito é importante pelos seguintes motivos: (1) coordenar os conteúdos vistos em sala de aula com as AD, visto que estas também trabalham os conteúdos disciplinares; (2) manter uma continuidade com atividades que fomentem a atitude científica; (3) atender à necessidade de flexibilizar os prazos segundo as demandas dos estudantes, dado que estes possuem outras atividades escolares para dar conta, tais como provas, projetos, entre outros.

Antes de iniciar a implementação propriamente dita, recomendamos a realização de duas atividades introdutórias, de ao menos 45 minutos, uma com a finalidade de apresentar aos alunos o laboratório virtual e outra para discutir com eles a sistemática de realização das tarefas. Para o primeiro encontro, salientamos a importância de realizá-lo no laboratório de informática. Isso porque é preferível que os estudantes manipulem e explorem o OA, tenham um contato inicial com a interface da simulação, reconheçam que ícones representam sistemas físicos e aprendam a utilizar os seus principais ajustes (vide descrição do *Graxaim/LVT*). Nessa atividade, é fundamental salientar para o estudante que a interação entre dois subsistemas é representada por uma linha preta que liga os dois ícones. Também é de fundamental importância discutir com eles que, para algum processo ocorrer, é necessária uma causa. Ou seja, se nada for manipulado ou posto para interagir, nenhum processo se desenvolverá.

A segunda atividade introdutória deve ser direcionada para as recomendações gerais quanto à sistemática de implementação. Ou seja, o professor deve combinar com os estudantes como essas atividades serão realizadas, destacar que elas estão relacionadas com os conteúdos vistos em sala de aula, entretanto não são a sua simples reprodução. Isto é, que exigem uma participação ativa dos alunos, que possuem problemas abertos, os quais apresentam múltiplas soluções válidas.

Eventualmente, durante a execução das atividades, os estudantes podem apresentar dúvidas. Nesse sentido, é recomendado reservar algum tempo para eventuais esclarecimentos. Entretanto, deve-se evitar fornecer para o estudante uma resposta direta de como solucionar os problemas. Isso porque essa atitude pode inibir a criatividade do estudante. Nesse espaço, recomendamos que as dúvidas destes sejam problematizadas com situações que forneçam pistas das diversas soluções possíveis, mas nunca uma resposta direta. Essas atividades de “tirar dúvidas” não precisam ser presenciais, pois no site existe a ferramenta de fórum que pode ser uma excelente alternativa.

No que diz respeito à incorporação do conjunto de AD, é importante fazê-lo de maneira coordenada com os conteúdos trabalhados na sala de aula. Isto é, cada atividade deve ser trabalhada em consonância com os conceitos nelas enfocados, pois, quando descontextualizadas, podem não fazer muito sentido para o estudante.

Outra recomendação importante é que as AD sejam implementadas como atividades extraclasse, pois, devido à sua característica de desafio para resolver as situações-problema, o estudante necessita de tempo para refletir, experimentar, criar e testar hipóteses, coletar dados, fazer gráficos, figuras, entre outros. Levando em conta ainda o caráter aberto e desafiante das situações-problema, é plausível supor que o aluno, em alguns casos, tenha que fazer mais de uma tentativa de solução, portanto ter tempo para a reflexão é fundamental.

Ainda nesse sentido, é importante ter em mente que as atividades não são apenas um instrumento de avaliação da aprendizagem dos estudantes, mas que elas também são promotoras da aprendizagem de conceitos, procedimentos e atitudes. Isso porque esses aspectos dificilmente são esgotados no tempo de sala de aula. E, é aqui, que reside um dos aspectos fundamentais das atividades extraclasse como instrumentos de Ensino-Aprendizagem, ou seja, estender este processo para além do tempo de sala de aula.

Por outro lado, atividades extraclasse são importantes para que o estudante desenvolva a sua autonomia, disciplina e responsabilidade, além de possuírem um papel fundamental no processo de aprendizagem, pois são oportunas para o estudante praticar e aprofundar os conceitos, atitudes e procedimentos trabalhados em sala de aula. Além disso, como as AD são

estruturadas na forma de problemas, elas permitem também que o estudante, ao resolver o problema, relacione/integre as diferentes partes dos conteúdos<sup>35</sup>, promovendo, portanto, uma aprendizagem ativa, significativa e centrada no estudante.

Outro fator que deve ser levado em conta é a sequência de aplicação. Note que as AD aumentam gradativamente o nível de desafio e abertura das suas situações-problema. Isso é feito propositalmente, com o objetivo de que o estudante aprenda paulatinamente a enfrentar problemas cada vez mais abertos e desafiantes. Dessa forma, recomendamos que a sequência em que as AD estão encadeadas seja respeitada na implementação do conjunto. Por exemplo, a AD 1 é mais fechada e direcionada, ao passo que a atividade 6 é a mais aberta e desafiante, exigindo, portanto, maior autonomia e preparação do aluno, as quais devem ser adquiridas gradativamente com a realização das atividades anteriores.

Para termos uma ideia mais clara da importância desse fator, a seguir contrastamos a atividade 1 com a 6. A atividade 1 é a mais fechada e direcionada do conjunto, ela foi desenhada dessa forma, pois tem como uma de suas finalidades ambientar os estudantes no manejo do *Graxaim/LVT*. Ao analisá-la, percebemos que essa AD basicamente apresenta um único caminho para a solução da sua principal situação-problema, qual seja, utilizar a variação do volume do gás ideal mantido à pressão constante para estimar a temperatura dos corpos.

Contudo, isso não exclui a necessidade de o estudante refletir e tomar algumas decisões ao longo de sua resolução. Por exemplo, para ordenar os corpos no sentido crescente de temperatura, é necessário que o aluno opte por pôr o gás ideal em contato térmico com um único corpo a cada medida, assim como esperar que o seu volume pare de variar. Além disso, é necessário decidir como atribuir um número a essas medidas, isto é, como transformar um termômetro qualitativo em quantitativo.

A segunda atividade que analisamos é a 6. Essa AD apresenta situações-problema relacionadas com processos reversíveis, irreversíveis e eficiência de máquina térmica. Basicamente é solicitado que o estudante monte e simule dois processos irreversíveis e um reversível, determinado as suas eficiências energéticas. Nessa atividade, há uma variedade de arranjos experimentais possíveis. Portanto, cabe ao estudante pensar em seus próprios experimentos virtuais e verificar se estes são ou não processos reversíveis ou irreversíveis e respeitam as condições recomendadas no enunciado. Além disso, ao ter que representar gradativamente o comportamento do gás ideal ao longo dos processos, ficava ao seu encargo decidir: (a) quais dados coletar; (b) a quantidade de pontos a ser coletada; (c) como

---

<sup>35</sup> Esses aspectos foram discutidos em maiores detalhes no capítulo 4.

representá-los (elaborar um digrama TxV ou PxV etc.); (d) fazer apenas um esboço ou coletar muitos dados e ajustar uma curva; (e) usar papel milimetrado, um *software* ou nenhum dos dois, entre outros.

Da comparação anterior, destacamos que a variabilidade de soluções válidas (abertura) e o grau de desafio das situações-problema aumentam gradativamente ao longo do conjunto de AD. Além disso, identificamos que a variabilidade de soluções possui uma relação direta com a necessidade de o estudante refletir e tomar decisões. Isto é, quanto mais abertas as situações-problema, mais autônomo e preparado o estudante deve ser. Em resumo, para que o conjunto de atividades didáticas tenha o seu potencial didático otimizado, é aconselhável seguir as recomendações discutidas nesta seção, uma vez que esse conjunto envolve o desenvolvimento de conceitos, procedimentos e atitudes, orientados para a promoção de um processo de Ensino-Aprendizagem que demanda a participação ativa dos estudantes e fomenta neles a atitude científica, empregando para essa finalidade situações-problema abertas e desafiadoras.

## **6 RESULTADOS OBTIDOS COM A IMPLEMENTAÇÃO DAS ATIVIDADES DIDÁTICAS**

Neste capítulo, analisamos as atividades didáticas através dos resultados obtidos com sua aplicação numa turma do Ensino Médio. Inicialmente descreveremos essa turma e, na sequência, o processo de implementação do conjunto de AD. Por fim, analisamos os resultados obtidos, levando em conta os seguintes aspectos: (1) participação dos estudantes; (2) produção dos estudantes (material escrito); (3) encontros presenciais; (4) questionário.

Aplicamos um questionário principalmente para levantarmos as opiniões dos alunos sobre as tarefas. Esse instrumento foi constituído de questões abertas (dissertativas) e fechadas, sendo que estas últimas foram graduadas numa escala do tipo Likert de cinco pontos. O questionário foi aplicado ao final das atividades, sendo que o seu preenchimento foi anônimo e não obrigatório. Um exemplar do questionário pode ser encontrado no Apêndice G.

Nos resultados obtidos, levando em conta os quatro itens listados anteriormente, analisamos as respostas dos estudantes para verificar se as atividades cumpriram seus objetivos didáticos. Ao mesmo tempo, coletamos subsídios que nos permitirão aprimorá-las e estendê-las, bem como analisamos aspectos conceituais, atitudinais e procedimentais que foram trabalhados com as atividades.

### **6.1 A turma de aplicação**

Implementamos e avaliamos o conjunto de atividades didáticas no contexto do Ensino Médio de um colégio público da rede federal, localizado na cidade de Santa Maria. Essa instituição de ensino oferta Ensino Médio, Cursos Técnicos, Cursos de Graduação e Pós-Graduação, sendo que o ingresso para esses cursos, incluindo o EM, dá-se através de concurso público regulado por edital. De modo geral, essa instituição conta com uma excelente infraestrutura, em especial com uma grande quantidade de laboratórios de informática, os quais são amplos e bem equipados e têm acesso à internet.

O Ensino Médio nessa instituição está dissociado dos Cursos Técnicos, sendo condição necessária para cursá-los ter concluído o EM ou equivalente. Suas atividades letivas

são anuais, mas estão subdivididas em bimestres. Esse colégio oferta apenas uma turma para cada uma das três séries do EM, e, em geral, o professor regente de uma disciplina atua nas três turmas, acompanhando, portanto, o aluno ao longo de todo o seu EM.

A turma com a qual desenvolvemos as AD, a Segunda Série do EM, era composta por 38 estudantes com idades entre 15 e 18 anos. No geral, esses estudantes eram fortemente estimulados por seus professores a participar de olimpíadas escolares, e muitos o faziam com frequência, principalmente nas de Química, Física, Matemática e Astronomia. Além do estímulo para a participação em olimpíadas, os professores incentivam os alunos a se engajarem em outros projetos, permitindo que propostas inovadoras como a nossa fossem desenvolvidas no âmbito dessa escola.

A disciplina de Física trabalhada nessa turma contemplou a seguinte sequência de conteúdos disciplinares: hidrostática, hidrodinâmica, calor e temperatura, calor e mudança de estados, gases e termodinâmica, oscilações e ondas, sendo que, para os assuntos relacionados com a física térmica (incluída a termodinâmica), foram empregados cerca de dois bimestres de estudos em sala de aula, o que corresponde a uma parte considerável do tempo disponível para a disciplina. Na disciplina de Física, eram regularmente desenvolvidos com esses estudantes exercícios e problemas de lápis e papel, tanto em sala de aula como em listas para casa. Mas não eram desenvolvidas atividades relacionadas com tarefas experimentais ou envolvendo simulações computacionais de Física.

## **6.2 Processo de implementação do conjunto de atividades didáticas**

Antes de realizarmos com os estudantes as atividades relacionadas com o conjunto de AD, conversamos com a professora regente da turma para apresentarmos nossa proposta e o nosso pré-planejamento didático. Após ela aceitar, discutimos com a professora a respeito da sequência programática adotada e do tempo necessário para trabalhar em sala de aula a termodinâmica. Nessa conversa, solicitamos a opinião da docente a respeito dos ajustes que ela considerava necessários para o nosso pré-planejamento, bem como sobre o número de AD que poderiam ser trabalhadas com os alunos, entre outros aspectos. Cabe ainda destacar que, ao longo de todo o processo de implementação, mantivemos contato regularmente com a docente para discutirmos os ajustes necessários, relacionados com prazos, conteúdos, grau de dificuldade, recepção dos estudantes, entre outros.

A implementação das AD com os estudantes apresentou as seguintes etapas: (1) dois encontros presenciais de apresentação da proposta e do *Graxaim/LVT*; (2) implementação on-line das AD como atividades extraclasse; (3) encontros presenciais específicos para esclarecimentos de dúvidas, concomitantes ao desenvolvimento das atividades didáticas.

O primeiro encontro presencial foi realizado no laboratório de informática da escola. Durante essa atividade, os alunos manipularam uma versão de demonstração do *Graxaim/LVT*. Isto é, puderam explorar como utilizar as principais funcionalidades do laboratório virtual de termodinâmica, tais como: a prateleira<sup>36</sup>, a bancada, fazer os objetos interagirem, iniciar/pausar a simulação dos processos termodinâmicos, entre outros. É importante destacar que, nessa primeira atividade presencial, os estudantes ainda não haviam entrado em contato com nenhuma das tarefas.

No segundo encontro presencial, os estudantes puderam manipular o *Graxaim/LVT* já configurado para resolver a lista de questões e problemas da atividade didática 1. É importante destacar que esse encontro já estava previsto em nosso pré-planejamento. Isso porque esperávamos que os estudantes apresentassem algumas dúvidas ao iniciarem efetivamente a resolução das AD, dado que o conjunto de AD se diferenciava das atividades escolares regularmente desenvolvidas com eles na disciplina de Física.

Por outro lado, também prevíamos que eventualmente os estudantes solicitariam outros encontros presenciais, caso apresentassem dúvidas no decorrer da realização das demais AD. Ao longo do processo de implementação, os estudantes solicitaram mais dois encontros. Um deles no contexto da tarefa 4 e outro no da atividade 6. Nesses encontros diretamente voltados para o esclarecimento de dúvidas, alguns dos pontos discutidos estavam relacionados com as seguintes dificuldades: (1) manipular algum equipamento do *Graxaim/LVT*; (2) coletar/sistematizar dados; (3) lidar com questões muito abertas, no caso da atividade didática 6.

A implementação do conjunto de atividades didáticas com tarefas extraclasse ocorreu da seguinte maneira: inicialmente a professora abordava em sala de aula os conteúdos empregando a metodologia didática de sua preferência. Enquanto isso, apresentávamos para a docente a AD específica, solicitando a sua opinião a respeito da relação com os assuntos abordados em sala de aula e sobre eventuais alterações na AD que ela considerava necessárias. Tendo sido concluída a apresentação do assunto em sala de aula, disponibilizávamos para os estudantes, em uma página da web, a atividade correspondente,

---

<sup>36</sup> Para mais detalhes sobre o *Graxaim/LVT*, vide sua descrição no capítulo 5.

dando o prazo de uma semana ou mais para a entrega de sua resolução. Após os estudantes entregarem as resoluções, corrigíamos e devolvíamos esse material para eles com comentários e *feedback* pertinentes. Cabe destacar que optamos por essa dinâmica porque o conjunto de atividades didáticas enfocava conteúdos disciplinares regularmente desenvolvidos no EM, o que tornava fundamental que as AD fossem desenvolvidas coordenadamente com os conteúdos trabalhados em sala de aula.

Todas as atividades didáticas foram desenvolvidas como tarefas extraclasse. Para tanto, todos os materiais foram disponibilizados no formato eletrônico, sendo que para isso utilizávamos um site dedicado para a turma. Optamos por disponibilizar as atividades didáticas on-line porque isso exigia dos estudantes apenas a habilidade de navegar na internet. Paralelamente, isso evitava a necessidade de instalações de programas nos computadores pessoais dos estudantes, além de evitar eventuais incompatibilidades de *softwares* e flexibilizar os horários e locais de realização das tarefas.

Por outro lado, as atividades foram extraclasse porque, para realizá-las, os estudantes necessitavam de tempo para refletir. A reflexão era necessária, pois as AD exigiam que os alunos elaborassem e simulassem experimentos virtuais, bem como observassem, coletassem dados, elaborassem gráficos, figuras, entre outros. Além disso, essa necessidade por tempo foi confirmada pelas respostas dos estudantes para a questão 19 do questionário que aplicamos. Nela perguntamos aos estudantes o tempo médio utilizado para resolver as AD. Como resposta, obtivemos que os alunos utilizavam entre 1h e 2h30min na execução das atividades.

Por outra perspectiva, atividades extraclasse estruturadas a partir de problemas são importantes ferramentas didáticas que permitem aos estudantes praticar e aprofundar (aplicar em situações novas) os conhecimentos escolares, estabelecendo relações entre suas diferentes partes. Isso porque os conteúdos escolares nem sempre são esgotados em sala de aula. Atividades extraclasse são importantes, ainda, pois trabalham nos estudantes atitudes relacionadas com a responsabilidade, autonomia e disciplina, incentivando-os a estabelecer uma rotina de estudos que se estende para fora da sala de aula.

Destacamos ainda que não exigíamos dos alunos nenhum formato pré-definido de apresentação e entrega das resoluções, tais como relatórios. Fazíamos isso intencionalmente, para que os estudantes tivessem total liberdade para escolher como sistematizar e comunicar as resoluções. Como exemplo disso, destacamos que as resoluções foram entregues em papel – digitadas e manuscritas – contendo textos, equações, figuras (*print screens*) e desenhos. Ou seja, todos os recursos que os estudantes julgavam importantes para apresentar as suas resoluções.

Por fim, cabe salientar que o estímulo dado pelo fator nota era pequeno, visto que as atividades didáticas correspondiam a 10% da média final, que é um peso relativamente baixo. No entanto, as atividades didáticas receberam nota para que os estudantes as percebessem como parte integrante do planejamento da disciplina e não algo fora do seu escopo.

### 6.3 As atividades didáticas foram interessantes?

Esta parte da análise tem o objetivo de evidenciar o engajamento e a motivação dos estudantes na realização do conjunto de AD. Para verificarmos isso, podemos relacionar dois tipos de informação: (1) a realização das atividades extraclasse, isto é, a entrega ou não das resoluções; (2) as respostas dos questionários. A figura 3 sistematiza os dados pertinentes para o item (1), os quais foram obtidos pela contagem das resoluções entregues para cada uma das atividades didáticas implementadas. Já os dados relacionados com o item (2) estão sistematizados na tabela 7 e nas figuras 4 e 5.

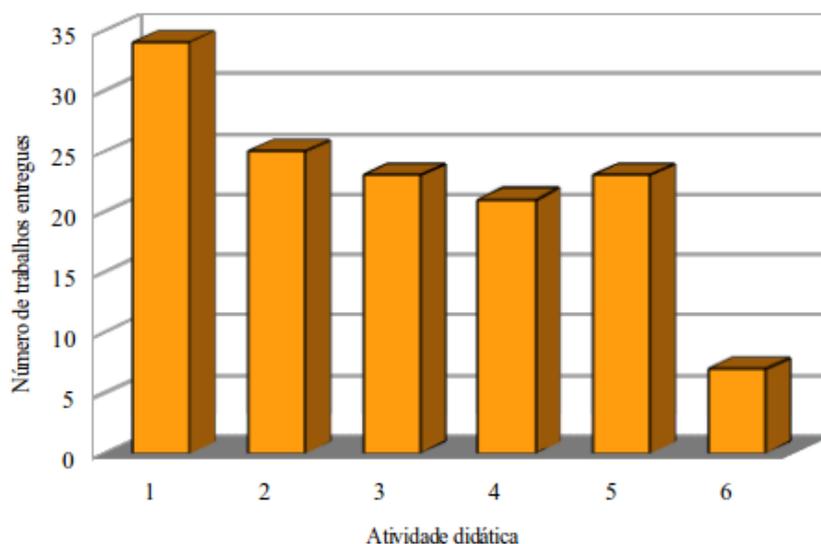


Figura 3 – Número de trabalhos entregues por atividade didática realizada

Fonte: Elaborado pelo autor.

O gráfico representado na figura 3 indica que a atividade didática 1 foi a tarefa com

maior participação entre todas, contando com adesão de 89% dos estudantes. Por outro lado, entre as AD 2 e 5, observamos um patamar de participação praticamente constante, situado em torno de 60%. Por fim, pela figura 3, podemos observar que a atividade didática 6 foi a que obteve menor adesão dos estudantes, correspondendo a um percentual de 22%.

Conforme argumentaremos a seguir, ao fazer a atividade didática 1, os estudantes realizaram uma avaliação do tipo custo-benefício para verificar a viabilidade de continuar realizando o restante do conjunto de AD. A avaliação dos estudantes para essa relação do tipo custo-benefício pode ser verificada através da análise de suas respostas para as questões 9, 10, 11, 12, 13, 14 e 16, do questionário<sup>37</sup> que aplicamos. Esses dados estão representados na tabela 7.

Tabela 7 – Dados extraídos das respostas dos alunos para as questões 9, 10, 11, 12, 13, 14 e 16 do questionário aplicado

<b>Grau</b>	<b>Trabalho</b>	<b>Tempo</b>	<b>Dificuldade</b>	<b>Relação com a disciplina</b>	<b>Instrução</b>	<b>Interesse</b>	<b>Aprendizagem</b>
1	0,00%	0,00%	0,00%	6,45%	10,34%	16,12%	22,58%
2	0,00%	10,00%	0,00%	12,90%	13,79%	12,90%	16,12%
3	3,22%	16,66%	22,58%	19,35%	37,93%	32,25%	38,70%
4	22,58%	33,33%	38,70%	38,70%	20,68%	19,35%	16,12%
5	74,19%	40,00%	38,70%	22,58%	17,24%	19,35%	6,45%

Fonte: Elaborado pelo autor.

Na tabela 7, representamos os dados obtidos através da análise de sete questões de respostas diretas, graduadas numa escala do tipo Likert de cinco pontos. Os dados da tabela 7 foram convertidos nos gráficos representados nas figuras 4 e 5.

A figura 4 representa o resultado da avaliação realizada pelos alunos quanto aos seguintes aspectos: (1) trabalho necessário para realizar as AD; (2) tempo empregado para realizar as AD; (3) grau de dificuldade das AD; (4) relação das AD com a disciplina de Física. Na figura 4, os graus 4 e 5 (tons de roxo) estão vinculados com o aspecto do tipo custo em realizar as tarefas, para as três primeiras categorias. No caso específico da relação<sup>38</sup> das AD

<sup>37</sup> Para maiores detalhes do questionário, vide Apêndice G.

<sup>38</sup> Se as AD não estivessem relacionadas com a disciplina de Física, poderiam ser vista pelos alunos como um custo adicional por estarem fora do escopo de suas atividades escolares regularmente desenvolvidas.

com a disciplina de Física, o código de cores está invertido para a figura 4. Segundo os dados do gráfico representado na figura 4, temos que a maioria dos estudantes avaliou as atividades didáticas como trabalhosas, difíceis e demoradas. Ou seja, que elas demandavam um alto custo na sua execução.



Figura 4 – Avaliação dos alunos em relação ao custo em realizar as AD

Fonte: Elaborado pelo autor.

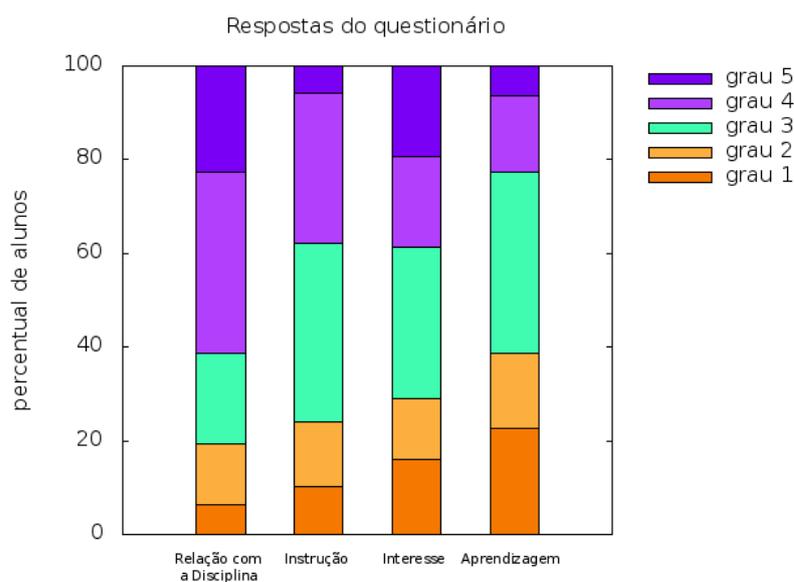


Figura 5 – Avaliação dos alunos em relação ao benefício em realizar as AD

Fonte: Elaborado pelo autor.

A figura 5 representa os resultados da avaliação dos alunos quanto ao benefício em realizar as AD, levando em conta os seguintes pontos: (1) relação com a disciplina de Física; (2) instrução promovida; (3) interesse despertado; (4) contribuição para a aprendizagem. Os graus 3 (verde), 4 e 5 (tons de roxo) correspondem ao benefício relacionado com a realização das tarefas. O grau 3 foi incluído na categoria benefício porque ele significa que o conjunto de tarefas contribuiu tanto quanto as atividades que o estudante realizava regularmente. Dos resultados sistematizados na figura 5, temos que a maioria dos alunos avaliou favoravelmente as AD quanto aos quatro tópicos elencados anteriormente.

Retomando os resultados representados na figura 3 e levando em conta a análise dos gráficos representados nas figuras 4 e 5, concluímos que a AD 1 obteve maior participação que as demais tarefas, porque representou o primeiro contato direto dos estudantes com a realização das atividades didáticas. Ou seja, os alunos a fizeram com o objetivo de verificar o custo-benefício de seguir ou não realizando as outras AD. Isso porque o fator nota era baixo, 10% da média final, o que dava ao estudante a possibilidade de escolher não fazer o restante das tarefas, caso entendesse que a relação custo-benefício era desfavorável.

A figura 3 demonstra ainda que aproximadamente 60% dos estudantes, ao realizarem a tarefa 1, motivaram-se para fazer as atividades 2, 3, 4 e 5. Isso porque, de acordo com a análise do tipo custo-benefício realizada – apesar de considerarem as tarefas difíceis e trabalhosas, além do baixo peso da nota –, esses estudantes entenderam o conjunto de atividades didáticas como um fator importante para a sua formação escolar.

Analisando novamente o gráfico representado na figura 3, temos que a participação na atividade didática 6 foi a mais baixa entre todas. Acreditamos que isso ocorreu porque essa atividade foi implementada numa época em que os alunos estavam envolvidos com provas, olimpíadas escolares e outros projetos, o que implicou uma série de atrasos que postergaram a realização dessa tarefa para um contexto de sala de aula desconectado da termodinâmica. Esses fatores, somados ao maior nível de dificuldade e à abertura da referida tarefa, podem justificar a baixa participação dos estudantes.

Concluindo, os argumentos que apresentamos nesta seção mostram que o conjunto de atividades didáticas apresentou potencial motivador para a maioria dos alunos, bem como foi compreendido por um número expressivo de estudantes como um aspecto importante para a formação escolar, haja vista que o estímulo dado pelo fator nota era baixo, dando a possibilidade de o aluno escolher fazer ou não as AD. Nesta seção, mostramos que as atividades didáticas motivaram o engajamento de um número expressivo de estudantes. Na próxima seção, mostraremos que as AD se constituíram como problemas abertos, admitindo,

portanto, múltiplas soluções válidas.

#### **6.4 As atividades didáticas foram desafiantes?**

Nesta seção, avaliamos se as atividades didáticas se constituíram como problemas abertos para os estudantes. Além disso, avaliamos se esses problemas fomentaram nos alunos a atitude científica. Essa análise se deu por meio da avaliação da produção dos estudantes. Esse material consiste na resolução escrita das questões e problemas propostos no conjunto de atividades didáticas.

##### **6.4.1 Múltiplas soluções das situações-problema**

Uma situação-problema é considerada aberta quando apresenta variabilidade de soluções válidas. Por outro viés, um problema aberto está relacionado com a atitude científica. Isso porque demanda do aluno reflexão e tomada de decisão quanto aos passos que deve executar em sua resolução. Além disso, problemas desse tipo exigem que o estudante crie/teste hipóteses, bem como analise a resposta obtida com base nas hipóteses que formulou (CLEMENT; TERRAZZAN, 2011; GIL; TORREGROSSA; PÉREZ, 1988).

Aqui evidenciamos que as atividades didáticas implementadas continham situações-problema abertas. Para tanto, apresentamos e discutimos alguns exemplos de resoluções dos estudantes. Como exemplo inicial, comentamos a diversidade de resoluções apresentada para a questão 1 da atividade didática 4, parte I.

Nessa questão, o desafio (problema) era elaborar um experimento virtual que permitisse identificar qual, entre as amostras de gases fornecidas, comportava-se como ideal. Isso porque, quando é apresentado o modelo físico do gás ideal, o aluno precisa aprender que uma porção dessa substância se comporta de tal maneira que satisfaça as seguintes equações de estado:  $PV=NRT$  e  $U=cNRT$ <sup>39</sup>. Portanto, o importante nessa questão consistia em confrontar, de alguma forma, os comportamentos dos gases para verificar qual deles satisfazia

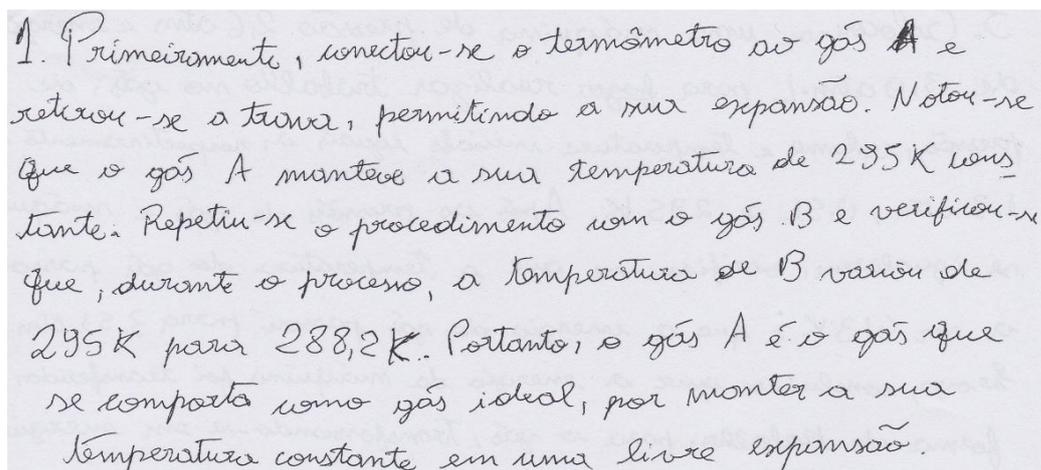
---

<sup>39</sup> Sendo P a pressão, V volume, N número de moles, R constante universal dos gases ideais, T temperatura, U energia interna e c uma constante adimensional que indica se o gás é monoatômico, diatômico etc.

ou não as equações de estado apresentadas anteriormente.

Para essa atividade, o *Graxaim/LVT* possuía instrumentos de medidas para V, P e T, bem como corpos e equipamentos que permitiam que o aluno submetesse o gás a vários tipos de processos termodinâmicos. Para maiores detalhes vide Apêndice D ou acesse [www.ufsm.br/mpeac/josemar?q=node/12](http://www.ufsm.br/mpeac/josemar?q=node/12). Para esse problema, os estudantes propuseram e implementaram as seguintes resoluções:

(1) Dez alunos escolheram expandir livremente os gases fornecidos, monitorando o comportamento das suas temperaturas. Um exemplo desse tipo de solução está representado na figura 6. Observe que, em sua resolução, o estudante argumentou que o gás A era ideal porque não variou a sua temperatura durante a expansão livre, ao passo que o gás B não era ideal porque a sua temperatura variava para essa transformação.



1. Primeiramente, conectou-se o termômetro ao gás A e retirou-se a tampa, permitindo a sua expansão. Notou-se que o gás A manteve a sua temperatura de 295 K constante. Repetiu-se o procedimento com o gás B e verificou-se que, durante o processo, a temperatura de B variou de 295 K para 288,2 K. Portanto, o gás A é o gás que se comporta como gás ideal, por manter a sua temperatura constante em uma livre expansão.

Figura 6 – Exemplo de solução para a questão 1, AD 4 parte I, em que foi empregada uma expansão livre

Fonte: Produção dos estudantes.

Note, pela figura 6, que esse estudante compreendeu que o gás ideal é a única substância que mantém sua temperatura constante durante uma expansão livre e, portanto, é possível identificar qual gás apresenta comportamento ideal e qual não apresenta monitorando suas temperaturas durante essa transformação. Observe, ainda pela figura 6, que o estudante planejou e executou os seus experimentos virtuais, bem como coletou e confrontou dados, coordenadamente com os conteúdos conceituais, para resolver o problema proposto.

(2) Dois alunos submeteram os gases a processos isocóricos e verificaram para qual das

amostras a razão entre a pressão e temperatura, medidas ao longo do processo, resultava em um valor constante ( $P/T=\text{constante}$ ). Um exemplo desse tipo de solução é apresentado na figura 7.

Handwritten student solution for an isochoric process:

$$1 - \frac{P_0 V_0}{T_0} = \frac{P_f V_f}{T_f}$$

$$P_0 = P_f$$

GÁS A →  $\frac{1300}{295} = \frac{2600}{590}$

GÁS B →  $\frac{1300}{295} \neq \frac{2600}{590}$

Ideal

Figura 7 – Exemplo da solução para a questão 1, AD 4 parte I, em que foi empregado um processo isocórico

Fonte: Produção dos estudantes.

Note que, na solução representada na figura 7, o aluno, a partir da equação geral  $PV/T=\text{constante}$  (equação de Clapeyron), deduz o comportamento esperado de um gás ideal, num processo isovolumétrico ( $P/T=\text{constante}$ ). Além disso, implementa esse processo para os dois gases. Com os dados coletados, realiza os cálculos, segundo a dedução que fez, e verifica que o gás A apresenta o comportamento esperado e o gás B não. Em síntese, esse aluno destaca que o gás A satisfaz o comportamento que deduziu e, portanto, deve ser o ideal. Ainda, mostra que, para o gás B, a razão  $P/T$  não permanece constante e, portanto, essa amostra não é um gás ideal.

(3) Três estudantes optaram por simular expansões isotérmicas. Por esse experimento virtual, verificaram para qual dos gases o produto entre pressão e volume permanecia constante durante essa transformação termodinâmica ( $PV=\text{constante}$ ). Um exemplo desse tipo de solução é apresentado na figura 8.

Note que, na solução representada na figura 8, o aluno, a partir da equação geral  $PV/T=\text{constante}$ , deduz o comportamento esperado de um gás ideal, num processo isotérmico ( $PV=\text{constante}$ ). Entretanto, é importante salientar que o estudante não conseguiu executar corretamente o plano de resolução que propôs. Perceba, contudo, que o objetivo da presente

análise está voltado principalmente a demonstrar a diversidade de soluções válidas propostas pelos alunos e não se estas foram executadas corretamente ou incorretamente.

①  $P \cdot V = n \cdot R \cdot T$  constante

Pressão x volume  $\Rightarrow$  processo isotérmico

Para realizar o experimento, pegamos um cilindro com volume  $V_0$  e temperatura  $T_0$  e chegamos a uma medida

A

Tempo	$T_0$	$T_1$	$T_2$
Pressão	1,050	1,045	0,9
VOLUME	0,500	0,550	0,6
X	0,625	0,606	0,6

B  $\Rightarrow$  Não é um gás ideal

Tempo	$T_0$	$T_1$	$T_2$
Pressão	1,200	1,0	0,9
VOLUME	0,5	0,5	0,6
X	0,625	0,605	0,6

Figura 8 – Exemplo da solução para a questão 1, AD 4 parte I, em que foi empregado um processo isotérmico

Fonte: Produção dos estudantes.

(4) Por fim, seis estudantes optaram por expandir os gases num processo qualquer, no qual a pressão, o volume e a temperatura variavam ao mesmo tempo. Para esse caso, empregaram a equação  $PV/T = \text{constante}$  para prever qual deveria ser o comportamento do gás ideal. Um exemplo desse tipo de solução é apresentado na figura 9.

A resolução representada na figura 9 é parecida com aquela apresentada na figura 7 (processo isocórico). Mas nesse caso o aluno optou por um processo qualquer em que há variação de  $P$ ,  $V$  e  $T$ . Note que, da mesma forma que o caso da figura 7, o aluno faz medidas e cálculos com o objetivo de verificar qual dos gases satisfaz a relação  $PV/T = \text{constante}$  e qual não a satisfaz.

$\Delta$  gás A:  $T_1 = 300$     após transformação:  $T_2 = 296,8$   
 $P_1 = 1,250$      $P_2 = 0,7836$   
 $V_1 = 0,5$      $V_2 = 0,7999$

Para gás ideal:  $\frac{P_1 V_1}{T_1} = \frac{P_2 V_2}{T_2}$   
 $\frac{1,250 \cdot 0,5}{300} = \frac{0,7836 \cdot 0,7999}{296,8}$   
 $2,083 \cdot 10^{-3} \neq 2,11 \cdot 10^{-3}$   
 Portanto, o gás A não é um gás ideal.

gás B:  $P_1 = 1,250$     após transformação:  $P_2 = 0,8339$   
 $T_1 = 300$      $T_2 = 300$   
 $V_1 = 0,5$      $V_2 = 0,7999$

$\frac{P_1 V_1}{T_1} = \frac{P_2 V_2}{T_2}$   
 $\frac{1,250 \cdot 0,5}{300} = \frac{0,8339 \cdot 0,7999}{300}$   
 $2,083 \cdot 10^{-3} = 2,083 \cdot 10^{-3}$   
 Portanto, o gás B é um gás ideal.

Figura 9 – Exemplo da solução para a questão 1, AD 4 parte I, em que foi empregado um processo em que o volume, a pressão e a temperatura variavam

Fonte: Produção dos estudantes.

Do que está descrito, podemos perceber que a situação-problema proposta – descobrir qual entre os dois gases se comportava como ideal – favoreceu a proposição de múltiplas soluções válidas, quatro nesse caso. Talvez a maior parte dos alunos escolheu realizar uma expansão livre devido às informações dadas na descrição dessa atividade. Essas informações podem ter direcionado alguns dos estudantes para essa resposta. Por outro lado, a facilidade de executar uma expansão livre e de monitorar o comportamento dos gases nessa transformação pode também ter contribuído para o maior número desse tipo de solução.

No entanto, os dados discutidos mostram que esse problema é aberto e propício para a execução de diferentes soluções válidas. Isso porque, mesmo havendo informações que talvez direcionassem as tentativas de resoluções por um caminho, parte considerável dos estudantes optou por testar suas próprias ideias e hipóteses. É importante notar ainda que, na maioria dos exemplos, os raciocínios desenvolvidos pelos estudantes nos fornecem indícios da atitude científica por eles assumida na resolução da situação-problema. Um indício dessa atitude é o fato de que esses estudantes compreenderam que não bastava demonstrar qual das substâncias apresentava o comportamento de um gás ideal<sup>40</sup>, mas que também era de fundamental importância evidenciar qual dos gases não apresentava o comportamento idealizado.

<sup>40</sup> Um gás não ideal em certas condições pode apresentar o mesmo comportamento de um gás ideal.

Outra situação que também exemplifica a diversidade de soluções é a questão 2 da parte II da AD 4. Nessa questão, foi solicitado que o estudante representasse graficamente o comportamento da temperatura, do volume e da pressão de uma massa de gás ideal ao longo de um ciclo. Nesse caso, também ficou ao encargo do estudante decidir quais dados coletar, a sua quantidade e que gráficos faria, entre outros. Nesse sentido, os estudantes desenvolveram os seguintes gráficos:

(1) Alguns estudantes escolheram representar o comportamento do gás ideal, no ciclo termodinâmico, utilizando os diagramas da pressão pelo volume (PxV) das quatro etapas em uma única figura. Dois exemplos são representados nas figuras 10 e 11.

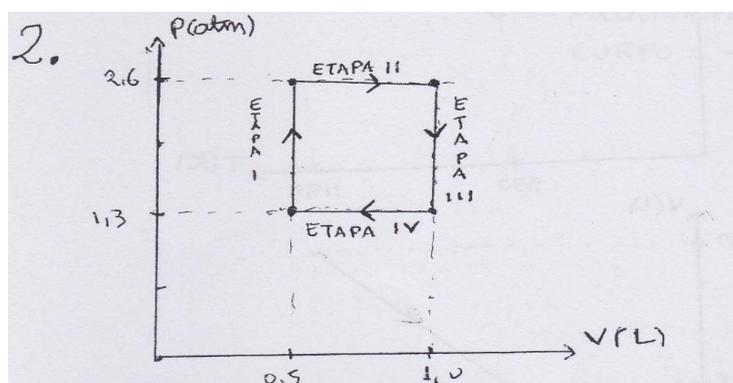


Figura 10 – Exemplo da solução para a questão 2, AD 4 parte II, em que foi utilizado o gráfico PxV para representar o comportamento do gás no ciclo termodinâmico desenvolvido sem fazer referência a temperatura

Fonte: Produção dos estudantes.

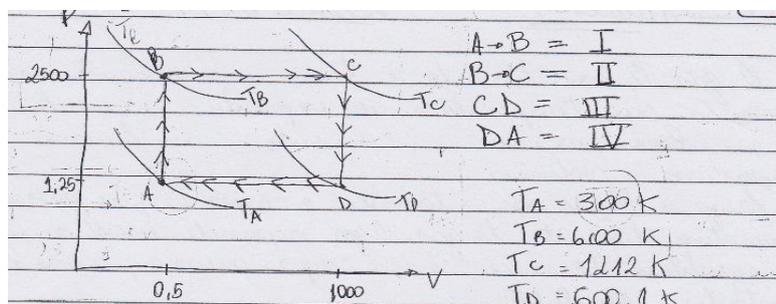


Figura 11 – Exemplo da solução para a questão 2, AD 4 parte II, em que foi utilizado o gráfico PxV para representar o comportamento do gás no ciclo termodinâmico desenvolvido, indicando a temperatura nos pontos de início e fim de cada etapa

Fonte: Produção dos estudantes.

(2) Alguns estudantes escolheram fazer uma representação mista, utilizando vários diagramas da pressão pelo volume (PxV), temperatura pelo volume (TxV) e pressão pela temperatura (PxT), representando-os em diferentes figuras para cada etapa do ciclo. Um exemplo pode ser visualizado na figura 12.

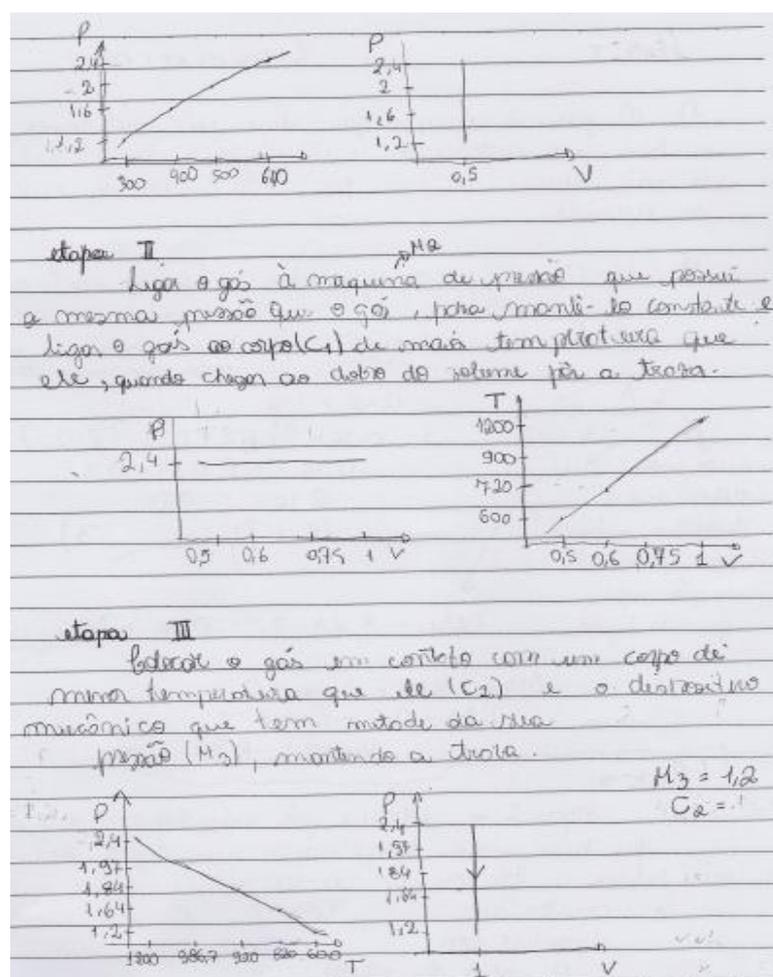


Figura 12 – Exemplo de solução para a questão 2, AD 4 parte II, onde foram utilizados vários diagramas PxV, TxV e PxT para representar o comportamento do gás no ciclo termodinâmico desenvolvido

Fonte: Produção dos estudantes.

(3) Um terceiro grupo de alunos representou a pressão, o volume e a temperatura, das quatro etapas do ciclo, em função do tempo ( $V_{xt}$ ,  $P_{xt}$  e  $T_{xt}$ ), sendo que, para cada uma das situações, todas as etapas são representadas em uma mesma figura. Um exemplo está representado na figura 13.

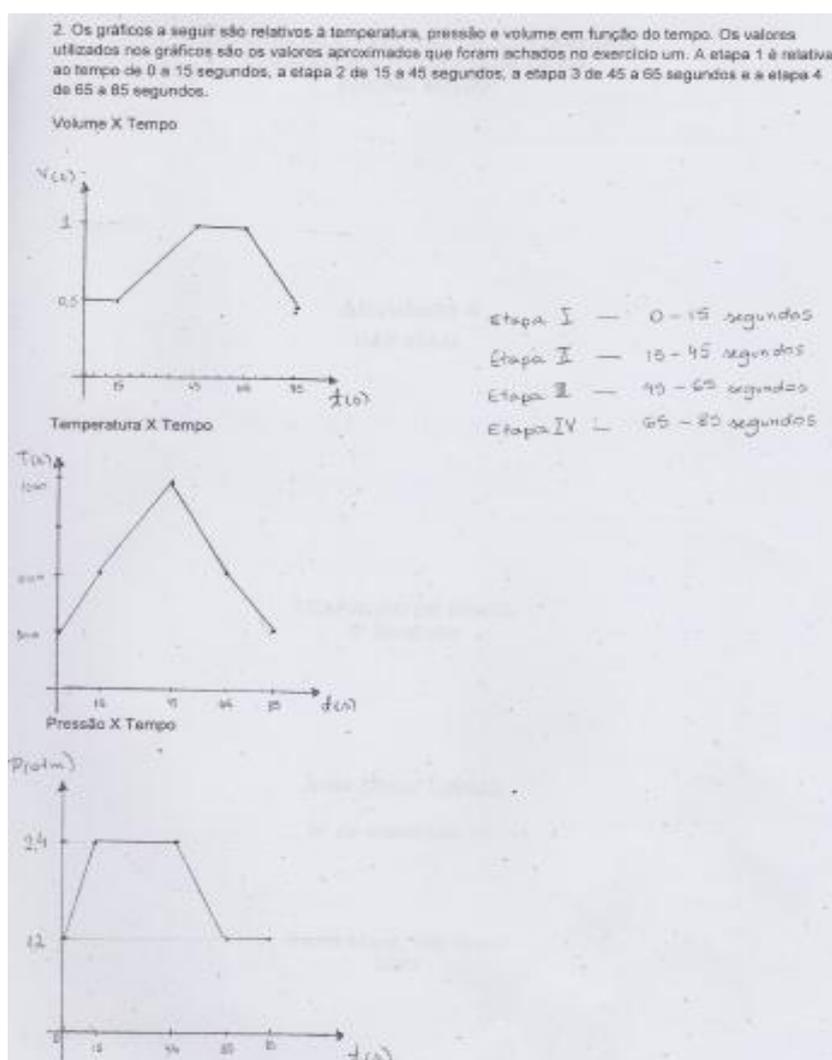


Figura 13 – Exemplo de solução para a questão 2, AD 4 parte II, em que foram utilizados os diagramas  $V_{xt}$ ,  $T_{xt}$  e  $P_{xt}$  para representar o comportamento do gás ideal no ciclo termodinâmico desenvolvido

Fonte: Produção dos estudantes.

Dos exemplos relacionados, destacamos o último, o qual nos surpreendeu pela representação gráfica do volume, da temperatura e da pressão pelo tempo. Talvez para esses estudantes o termo comportamento estivesse estritamente relacionado com a evolução temporal. Essas respostas são válidas, pois na questão não há nenhuma restrição nesse sentido. Além disso, esse resultado nos indica que um dos objetivos do *Graxaim/LVT* – demonstrar que processos termodinâmicos evoluem no tempo – é evidenciado pela manipulação do aplicativo.

Em linhas gerais, das situações representadas anteriormente, podemos perceber que alguns dos problemas colocados nas AD foram desenhados para apresentar múltiplas soluções aceitáveis, dependendo das escolhas e das hipóteses dos estudantes. Ou seja, foram planejados para estimular no aluno a reflexão e a tomada de decisões quanto ao caminho a ser seguido no seu processo de resolução, caracterizando-se, assim, como problemas abertos de acordo com a discussão que realizamos no capítulo 4 desta dissertação.

## **6.5 As atividades didáticas contribuíram para a aprendizagem dos conteúdos?**

Aqui evidenciamos que o conjunto de AD contribuiu para a aprendizagem dos conteúdos escolares. Para tal, nesta seção, demonstramos que as tarefas abordaram os conteúdos procedimentais típicos da resolução de problemas. Por fim, analisamos as AD caso a caso, evidenciando os principais aspectos conceituais que emergiram das resoluções dos estudantes.

### **6.5.1 As atividades didáticas contribuíram para aprendizagem de procedimentos?**

Pozo (1998) salienta que os conteúdos procedimentais são fundamentais na atividade de RP. Dessa forma, exemplificamos nesta parte os conteúdos procedimentais contemplados em nosso trabalho. No capítulo 4, discorremos sobre esse aspecto, destacando as cinco categorias dos conteúdos procedimentais elencadas por Pozo (1998, p. 146), as quais são: (1) aquisição da informação; (2) interpretação da informação; (3) análise da informação e realização de inferências; (4) compreensão e organização conceitual da informação; (5) comunicação da informação.

Por outro lado, Clement e Terrazzan (2011) – ao analisarem atividades didáticas de resolução de problemas abertos, que desenvolveram com alunos do EM – propuseram um quadro-síntese, representado no quadro 1, elencando os procedimentos relacionadas com cada uma das categorias anteriores.

<b>Categorias de classificação</b>	<b>Conteúdos procedimentais</b>
Aquisição de informação	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Busca de informações (dados/fatos; leis, conceitos).</li> <li>– Seleção das informações.</li> <li>– Utilização/aplicação das informações recolhidas.</li> </ul>
Interpretação da informação	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Representação gráfica ou desenhos.</li> <li>– Comparação e/ou aplicação dos problemas a situações vivenciais.</li> <li>– Leitura cuidadosa da situação-problema.</li> <li>– Ativação e utilização dos conhecimentos disponíveis.</li> </ul>
Análise da informação e realização de inferências	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Elaboração de hipóteses.</li> <li>– Atribuição de valores, por estimativa, às grandezas físicas julgadas necessárias à resolução.</li> <li>– Proposição, discussão e elaboração de possíveis soluções (estratégias).</li> <li>– Manipulação algébrica de equações.</li> <li>– Realização de cálculos.</li> <li>– Realização de análises geométricas.</li> <li>– Comprovação do resultado e processo de resolução praticado.</li> <li>– Refutação de algumas hipóteses.</li> <li>– Execução das estratégias de resolução elaboradas</li> </ul>
Compreensão e organização conceitual da informação	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Utilização de diferentes informações e conceitos.</li> <li>– Estabelecimento de relações entre os conceitos.</li> <li>– Verbalização da resolução praticada.</li> <li>– Elaboração da síntese da resolução.</li> <li>– Proposta de novas situações-problema.</li> </ul>
Comunicação da informação	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Expressão oral: <ul style="list-style-type: none"> <li>• questionamentos;</li> <li>• contrastação de opiniões entre colegas e grupos;</li> <li>• apresentação do resultado obtido (processo de resolução);</li> <li>• argumentação e defesa de sua resolução.</li> </ul> </li> <li>– Expressão escrita: <ul style="list-style-type: none"> <li>• registro escrito da resolução praticada.</li> </ul> </li> </ul>

Quadro 1 – Conteúdos procedimentais habitualmente trabalhados na RP

Fonte: Clement e Terrazzan (2011, p. 96).

Os exemplos de resoluções que apresentamos na seção anterior evidenciaram que alguns dos procedimentos elencados no quadro 1 foram trabalhados pelas atividades didáticas que desenvolvemos com os estudantes. Aqui, apresentamos algumas das soluções desenvolvidas pelos estudantes, nas quais identificamos a presença desses conteúdos procedimentais nas atividades didáticas.

No primeiro tópico, aquisição de informação, destacamos os seguintes três aspectos:



interface gráfica, na qual os sistemas físicos (instrumentos de medida, corpos termodinâmicos, amostras de gás confinadas etc.) são representados por ícones (em alguns casos animações) e disponibilizam uma gama de informações que os estudantes devem interpretar.

Por outro lado, Pozo (1998) considera que alguns dos procedimentos dessa categoria são essenciais na RP. Tais procedimentos são aqueles que permitem ao estudante decodificar ou traduzir informações presentes na situação-problema para um novo formato ou linguagem. Exemplo desses procedimentos são a tradução de um enunciado escrito (verbal) para a linguagem matemática (figura 14) ou a conversão de uma série de dados para o formato de gráfico. Podemos citar como exemplo desse último item as resoluções ilustradas nas figuras 10, 11, 12 e 13.

Quanto aos demais itens, podemos afirmar que estão presentes nas AD. Isso porque, para resolvê-las, o estudante teve que realizar uma leitura cuidadosa das atividades e relacionar as situações e informações nelas presentes com o que já havia estudado no contexto de sala de aula, ou seja, ativou e utilizou seus conhecimentos.

Para a terceira categoria, análise da informação e realização de inferências, destacamos os seguintes aspectos: (1) elaboração de hipóteses; (2) proposição, discussão e elaboração de possíveis soluções (estratégias); (3) manipulação algébrica de equações; (4) realização de cálculos; (5) execução das estratégias de resolução elaboradas. Consideramos esse conjunto de procedimentos como um dos mais estritamente relacionados com os problemas abertos e com a atitude científica. De acordo com a discussão que promovemos na seção 6.4.1, mostramos que o conjunto de atividades didáticas possuía tais tipos de problemas. Portanto, esses procedimentos foram trabalhados nas tarefas.

Os exemplos de soluções que apresentamos até agora deixam claro que as atividades didáticas deram a possibilidade de o estudante desenvolver diferentes resoluções para um mesmo problema. Contemplaram a manipulação algébrica e a realização de cálculos, além de estimularem o aluno a pôr em práticas as suas próprias estratégias de solução. Isso porque os problemas das AD exigiam que o estudante planejasse e executasse seus próprios experimentos virtuais.

Em relação às duas últimas categorias presentes no quadro 1, destacamos que o conjunto de atividades didáticas contemplou os seguintes aspectos: (1) utilização de diferentes informações e conceitos; (2) elaboração de síntese da resolução e sua comunicação escrita dos resultados. A sistematização dos resultados alcançados pelos estudantes constitui o material escrito que o estudante entregou. Nesse material, o aluno comunica suas ideias e

resoluções com uma série de estratégias, tais como o uso de textos e desenhos. Um exemplo é mostrado na figura 15, em que o estudante utilizou um conjunto de desenhos para comunicar como resolveu a situação-problema. Isto é, qual desenho experimental desenvolveu como solução ao problema proposto.

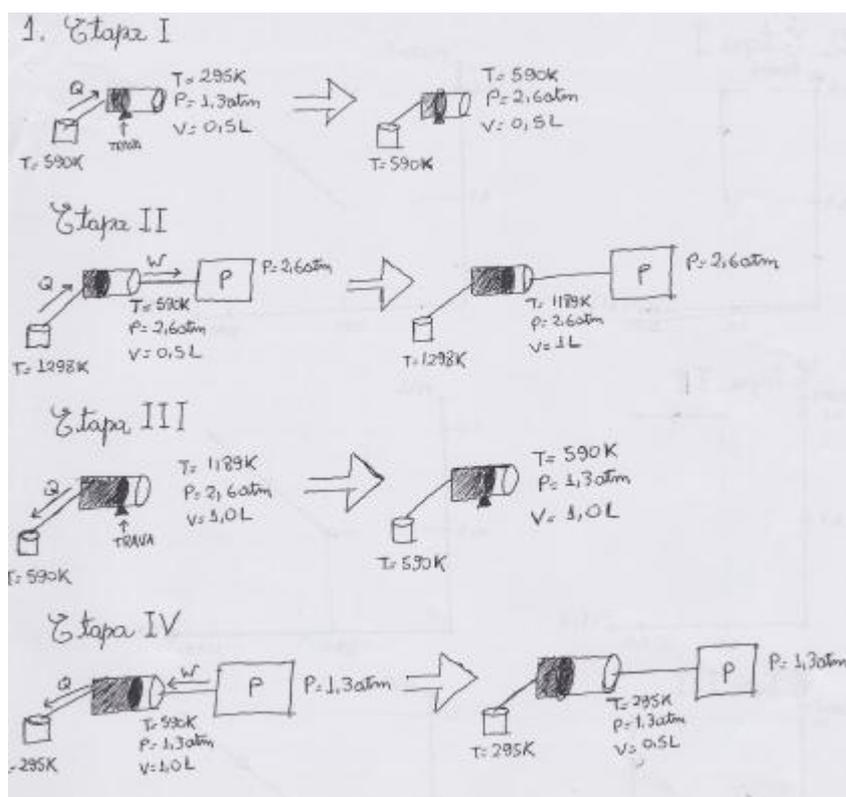


Figura 15 – Exemplo de solução em que o estudante utilizou desenhos para comunicar a sua resolução

Fonte: Produção dos estudantes.

Com a análise que desenvolvemos até aqui, demonstramos que o conjunto de atividades didáticas apresenta situações-problema abertas. Demonstramos ainda que nelas são abordados conceitos, procedimentos e atitudes. Cabe destacar que analisamos somente a síntese das resoluções dos estudantes. Isso porque as atividades foram extraclasse. Portanto, não podemos inferir muitos detalhes de como os estudantes procederam no processo de resolução, isto é, o número de tentativas, quantas estratégias diferentes tentaram, se fez a conferência dos resultados finais ou não, entre outros. Esse tipo de informação poderia ser

levantado através de entrevistas, observações diretas ou filmagens. No entanto, isso estava fora do escopo de nossa investigação, visto que o foco foi analisar o desempenho das atividades didáticas e não o comportamento dos estudantes.

### 6.5.2 As atividades didáticas contribuíram para a aprendizagem de conceitos?

As AD trabalharam vários conceitos de termodinâmica, por exemplo, calor, temperatura, equilíbrio térmico, entre outros. Alguns desses conceitos foram trabalhados em mais de uma tarefa. Já outros foram desenvolvidos pontualmente. Logo, nesta subseção, é preciso analisar as atividades<sup>42</sup> caso a caso.

Os resultados dessa análise estão sistematizados na forma de tabelas. Em cada um desses itens, comentamos os pontos mais relevantes entre os resultados apresentados. Nas tabelas, as respostas dos alunos para as questões foram classificadas em três categorias: (1) resolveu corretamente; (2) resolveu parcialmente correto; (3) não resolveu/errou. As categorias (1) e (3) são autoexplicativas. Por outro lado, a categoria (2) exige uma definição mais cuidadosa.

De maneira geral, resolveu parcialmente correto – tanto para os desafios (problemas) como para as questões – significa que o estudante teve uma ideia consistente de como resolvê-los, mas cometeu um algum erro algébrico ou escolheu inadequadamente algum dado que deveria estipular/medir. Em consequência disso, não chegou a uma solução coerente ou não conseguiu avançar com a sua resolução até uma resposta final. Para alguns casos específicos, no respectivo item, explicitamos com maior rigor o significado para essa categoria.

#### 6.5.2.1 Atividade didática 1

Os resultados obtidos com a primeira atividade didática estão representados na tabela 8. Os desafios para a atividade 1 foram os seguintes: (1) utilizar uma amostra de gás ideal confinada para criar um termômetro qualitativo; (2) converter o termômetro qualitativo em

---

<sup>42</sup> Para conferir as AD na íntegra, vide Apêndices A, B, C, D e F ou acesse [www.ufsm.br/mpeac/josemar](http://www.ufsm.br/mpeac/josemar).

quantitativo, ajustando escalas termométricas (relativa e absoluta). Para o caso do desafio 2, resolveu parcialmente correto significa que o estudante conseguiu calibrar seu termômetro em apenas uma das escalas (absoluta ou relativa).

Tabela 8 – Atividade didática 1: implementada numa turma do Ensino Médio

	<b>Resolveu corretamente</b>	<b>Resolveu parcialmente correto</b>	<b>Não Resolveu/Errou</b>	<b>Total de trabalhos entregues</b>
<b>Desafio 1</b>	33	0	1	34
<b>Desafio 2</b>	17	10	7	34
<b>Questão 1</b>	33	1	0	34
<b>Questão 2</b>	33	0	1	34
<b>Questão 3</b>	34	0	0	34
<b>Questão 4</b>	23	0	11	34
<b>Questão 5</b>	23	0	11	34
<b>Questão 6</b>	19	0	15	34
<b>Questão 7</b>	9	18	7	34
<b>Questão 8</b>	33	0	1	34
<b>Questão 9</b>	29	0	5	34

Fonte: Elaborado pelo autor.

Da tabela 8, temos que praticamente todos os estudantes conseguiram resolver o primeiro desafio, relacionado com as questões 1 e 2. Paralelamente, um número menor de alunos resolveu com sucesso o segundo desafio, que estava relacionado com as questões 4, 5 e 6. De qualquer forma, os dados representados na tabela 8 demonstram que os resultados obtidos com a aplicação da primária tarefa foram positivos. Isso porque a maioria dos alunos resolveu os desafios 1 e 2 com sucesso.

Por outro lado, quem errou a questão 4 também errou a 5, porque, na questão 4, era necessário derivar uma relação numérica entre o volume do gás ideal e a temperatura de um corpo termodinâmico hipotético. Ou seja, uma relação que poderia ser empregada na resolução da questão 5. Por fim, destacamos que os resultados da tabela 8 indicam que um número maior de estudantes calibrou adequadamente o termômetro na escala absoluta (questão 5) do que na escala relativa (questão 6).

## 6.5.2.2 Atividade didática 2

A atividade didática 2 enfocou o conceito de equilíbrio térmico, bem como a relação entre a temperatura de equilíbrio térmico e as massas dos corpos. Para essa tarefa, o desafio era determinar a massa de um corpo termodinâmico, utilizando para isso um termômetro e outros cinco corpos de massas conhecidas. Note, pelos dados da tabela 9, que a maioria dos alunos resolveu esse desafio corretamente.

Tabela 9 – Atividade didática 2: implementada numa turma do Ensino Médio

	<b>Resolveu corretamente</b>	<b>Resolveu parcialmente correto</b>	<b>Não resolveu/ errou</b>	<b>Total de trabalhos entregues</b>
<b>Desafio</b>	15	4	6	25
<b>Questão 1</b>	25	0	0	25
<b>Questão 2</b>	23	1	1	25
<b>Questão 3</b>	17	0	8	25
<b>Questão 4</b>	25	0	0	25
<b>Questão 5</b>	15	4	6	25
<b>Questão 6</b>	12	13	0	25

Fonte: Elaborado pelo autor.

As questões 2 e 3 estavam direcionadas para a relação entre a temperatura de equilíbrio térmico e a massa dos corpos postos em contato. Com essas questões, buscávamos evidenciar para os alunos que nem sempre a temperatura de equilíbrio térmico corresponde à média aritmética das temperaturas iniciais dos corpos postos em contato térmico. Os dados representados na tabela 9 evidenciam que a grande maioria dos estudantes resolveu corretamente as duas questões.

A questão 6 solicitava que o estudante exemplificasse, com casos do cotidiano, situações em que há equilíbrio térmico e situações em que não há. Dos dados da tabela 9, percebemos que por volta da metade dos estudantes acertou parcialmente essa questão. Isso porque houve certa confusão entre os termos equilíbrio e desequilíbrio.

Muitos estudantes exemplificaram situações de equilíbrio com casos em que este

ocorrerá após algum tempo e não com situações em que o equilíbrio já estava estabelecido. Por exemplo, alguns alunos consideraram como equilíbrio térmico o caso em que se mistura leite gelado ao café quente. Certamente após algum tempo em contato esses líquidos atingirão uma temperatura de equilíbrio. Essas respostas não foram consideradas incorretas, porque os exemplos dados pelos estudantes demonstram que eles entenderam o processo de equilíbrio térmico. Isto é, que corpos a diferentes temperaturas quando postos em contato térmico, após algum tempo, terão a mesma temperatura.

### 6.5.2.3 Atividade didática 3

A atividade didática 3 enfocava o processo de transferência de energia na forma de calor. Os resultados dessa AD estão representados na tabela 10. O desafio nessa tarefa era transferir uma quantidade predefinida de energia entre dois corpos termodinâmicos, impossíveis de serem postos em contato térmico, utilizando para isso um terceiro, que era móvel. A parte mais crítica da situação-problema era computar as quantidades exatas de energia transferidas entre os corpos. Os poucos estudantes que não conseguiram efetivamente realizar o desafio tiveram dificuldade nesse quesito.

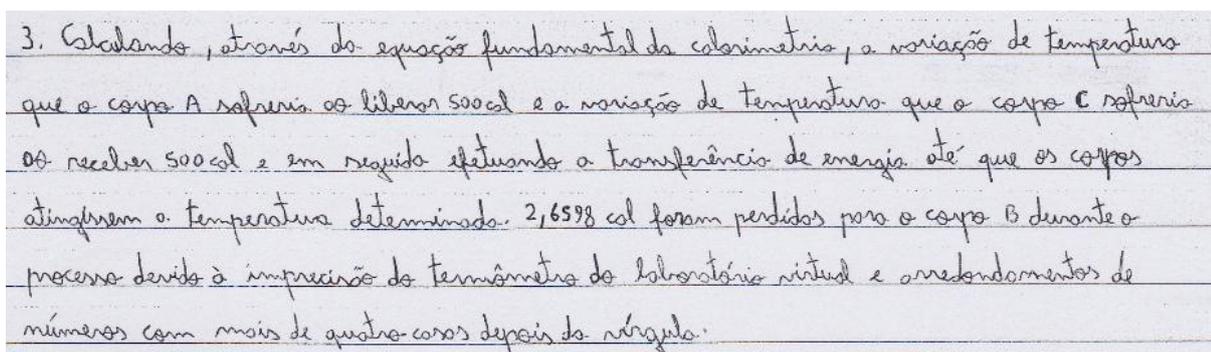
Tabela 10 – Atividade didática 3: implementada numa turma do Ensino Médio

	<b>Resolveu corretamente</b>	<b>Resolveu parcialmente correto</b>	<b>Não resolveu/ errou</b>	<b>Total de trabalhos entregues</b>
<b>Desafio</b>	17	4	2	23
<b>Questão 1</b>	18	5	0	23
<b>Questão 2</b>	18	3	2	23
<b>Questão 3</b>	19	2	2	23
<b>Questão 4</b>	20	1	2	23

Fonte: Elaborado pelo autor.

O resultado para essa tarefa foi satisfatório, porque alguns estudantes apresentaram uma solução criativa para esse problema. Em vez de computar a quantidade de energia para

cada transferência realizada – que seria uma forma trabalhosa –, alguns estudantes utilizaram a experiência adquirida com a atividade didática 2 e calcularam qual deveria ser a variação da temperatura dos corpos fixos após receber ou ceder a quantidade de energia requerida. Um exemplo dessa solução pode ser visto na figura 16.



3. Calculando, através da equação fundamental da calorimetria, a variação de temperatura que o corpo A sofreria ao liberar 500 cal e a variação de temperatura que o corpo C sofreria ao receber 500 cal e em seguida efetuando a transferência de energia até que os corpos atingissem a temperatura determinada. 2,6598 cal foram perdidos para o corpo B durante o processo devido à imprecisão do termômetro do laboratório virtual e arredondamentos de números com mais de quatro casas depois da vírgula.

Figura 16 – Exemplo de solução realizada por um estudante para a questão 3 da AD 3

Fonte: Produção dos estudantes.

Note que, no fragmento de resolução apresentado na figura 16, o aluno apenas descreveu a estratégia de resolução que adotou. Perceba, por essa descrição, que o estudante planejou empregar a lei da conservação de energia<sup>43</sup>, para prever qual deveria ser a variação da temperatura do corpo C ao receber 500 cal de energia.

A situação-problema dessa tarefa tinha por objetivo instigar o estudante a perceber que a energia interna de um corpo não depende exclusivamente de sua temperatura, e a questão 4 foi desenvolvida com a finalidade de sistematizar essa conclusão. Nela, perguntamos se necessariamente um corpo a uma temperatura mais elevada possuiria mais energia do que um corpo a uma temperatura inferior. Dos dados presentes na tabela 10, podemos perceber que o resultado também foi positivo para esse aspecto. Note que apenas dois estudantes associaram a energia interna exclusivamente com a temperatura.

De modo geral, os objetivos didáticos dessa atividade foram alcançados como sucesso. Além disso, podemos perceber certa evolução dos estudantes, em relação à atitude científica, pois estes utilizaram as experiências adquiridas previamente com as outras atividades para

<sup>43</sup> Para esse caso, o estudante se referiu à lei da conservação de energia como “a equação fundamental da calorimetria”.

propor uma solução eficiente para o problema proposto.

#### 6.5.2.4 Atividade didática 4, parte I

A primeira parte da AD 4 teve como desafio inicial determinar, entre duas amostras de gás confinadas, qual se comportava como um gás ideal. Já o segundo desafio foi determinar se o gás ideal era monoatômico, diatômico etc. O objetivo didático dessa parte era diferenciar um gás ideal de um não ideal, ou seja, mostrar para os estudantes que há substâncias que não apresentam comportamento de gás ideal. Os seus resultados estão representados na tabela 11.

Tabela 11 – Atividade didática 4, parte I: implementada numa turma de Ensino Médio

	<b>Resolveu corretamente</b>	<b>Resolveu parcialmente correto</b>	<b>Não resolveu/errou</b>	<b>Total de trabalhos entregues</b>
<b>Desafio 1</b>	14	5	2	21
<b>Desafio 2</b>	6	8	7	21
<b>Questão 1</b>	14	5	2	21
<b>Questão 2</b>	7	7	7	21
<b>Questão 3</b>	6	8	7	21

Fonte: Elaborado pelo autor.

Os resultados obtidos para o primeiro desafio (associado com a questão 1) são bastante satisfatórios, pois, além de a maioria dos estudantes o ter realizado com sucesso, para essa situação-problema obteve-se uma boa variabilidade de soluções válidas (apresentada no item 6.4.1 deste capítulo). Conforme já discutimos, isso evidencia que o problema proposto era aberto e propício para fomentar a atitude científica nos estudantes.

O segundo desafio (associado com a questão 3) exigia que o aluno elaborasse um processo com mais de uma etapa e analisasse com um pouco mais de cuidado as trocas de energia. De acordo com os dados representados na tabela 11, é possível notar que, para esse problema, um número um pouco maior de estudantes apresentou certa dificuldade. Entretanto,

os resultados obtidos são relativamente positivos. Isso porque muitos dos erros cometidos pelos estudantes foram algébricos. Mas esses estudantes planejaram estratégias de resoluções válidas.

#### 6.5.2.5 Atividade didática 4, parte II

Na segunda parte da atividade didática 4, a tarefa foi submeter uma porção de gás ideal confiada a um ciclo termodinâmico predefinido, descrever e computar as trocas de energia ocorridas em cada etapa e representar graficamente o comportamento do gás ideal ao longo de todos os processos. Os dados obtidos para essa segunda parte da AD 4 estão representados na tabela 12.

Tabela 12 – Atividade didática 4, parte II: implementada numa turma do Ensino Médio

	<b>Resolveu corretamente</b>	<b>Resolveu parcialmente correto</b>	<b>Não resolveu/ errou</b>	<b>Total de trabalhos entregues</b>
<b>Questão 1</b>	17	2	2	21
<b>Questão 2</b>	16	2	3	21
<b>Questão 3</b>	2	8	11	21

Fonte: Elaborado pelo autor.

Na questão 1, os estudantes tinham que operacionalizar o ciclo termodinâmico. Note na tabela 12 que, para essa questão, a maioria dos estudantes resolveu corretamente. Isso demonstra que os estudantes compreenderam como submeter uma amostra de gás ideal a um processo cíclico.

Na segunda questão dessa tarefa, os estudantes tinham que representar graficamente o comportamento do gás ideal ao longo de todo o ciclo desenvolvido. De acordo com o que discutimos no item 6.4.1 deste capítulo, essa questão era um problema aberto. Note pela tabela 12 que a grande maioria dos estudantes resolveu essa questão com sucesso.

A terceira questão solicitava a identificação e o cálculo das trocas de energia ocorridas

ao decorrer de cada etapa do ciclo. Os dados presentes na tabela 12 mostram que parte considerável dos estudantes errou essa questão ou a acertou apenas em parte. Esses dados nos dão indícios de que os estudantes têm certa dificuldade em computar as diferentes trocas de energia ocorridas no ciclo termodinâmico, apesar de saberem apontar onde elas ocorreram.

#### 6.5.2.6 Atividade didática 5

As situações-problema ou desafios da AD 5 exigiam que o estudante – utilizando o que estava disponível do *Graxaim/LVT* – planejasse e simulasse os seguintes experimentos virtuais: (1) processo isotérmico; (2) processo isobárico; (3) processo adiabático; (4) expansão livre; (5) processo isocórico, os quais correspondiam às questões 1, 2, 3, 4 e 5, respectivamente. Nas demais questões, os estudantes tinham que representar o comportamento do gás ideal, em função do volume, para cada um desses processos, bem como discutir todas as trocas de energia. Os resultados para essa AD estão representados na tabela 13.

Tabela 13 – Atividade didática 5: implementada numa turma do Ensino Médio

	<b>Resolveu corretamente</b>	<b>Resolveu parcialmente correto</b>	<b>Não resolveu/ errou</b>	<b>Total de trabalhos entregues</b>
<b>Questão 1</b>	15	0	8	23
<b>Questão 2</b>	19	0	4	23
<b>Questão 3</b>	13	0	10	23
<b>Questão 4</b>	15	0	8	23
<b>Questão 5</b>	18	0	5	23
<b>Questão 6</b>	8	3	12	23
<b>Questão 7</b>	2	13	8	23
<b>Questão 8</b>	16	0	7	23

Fonte: Elaborado pelo autor.

Em geral, como é possível ver pelos resultados das questões 1 a 5, sistematizados na tabela 13, os estudantes operacionalizaram de forma relativamente adequada boa parte dos

processos. Contudo, sete alunos, em suas resoluções, demonstraram acreditar que a expansão livre e o processo isotérmico são iguais. Isto é, utilizaram o mesmo arranjo experimental para simular esses processos. Talvez isso tenha ocorrido porque o gás ideal mantém a sua temperatura constante ao se expandir livremente. Mas o que esses alunos não perceberam é que, para a expansão livre, não há nenhuma troca de energia, tanto na forma de calor como de trabalho, entre o gás e sua vizinhança. Afirmamos isso porque alguns deles inclusive calcularam essas trocas de energia para a expansão livre.

#### 6.5.2.7 Atividade didática 6

Para a AD 6, no caso do desafio, parcialmente correto quer dizer que o estudante fez um processo reversível, mas não respeitou as condições presentes nas recomendações da atividade didática. Já no caso da questão número 1, parcialmente correto significa que o estudante não respeitou as condições recomendadas na AD ou fez um número menor de experimentos virtuais do que o solicitado. Os resultados obtidos para essa AD estão representados na tabela 14.

Tabela 14 – Atividade didática 6: implementada numa turma do Ensino Médio

	<b>Resolveu corretamente</b>	<b>Resolveu parcialmente correto</b>	<b>Não resolveu/ errou</b>	<b>Total de trabalhos entregues</b>
<b>Desafio</b>	0	1	6	7
<b>Questão 1</b>	0	7	0	7
<b>Questão 2</b>	0	6	1	7
<b>Questão 3</b>	0	0	7	7
<b>Questão 4</b>	0	0	7	7

Fonte: Elaborado pelo autor.

Como já cometamos anteriormente neste capítulo, essa atividade foi a que teve o menor número de resoluções entregues. Os dados sistematizados na tabela 14 nos indicam que

os objetivos pretendidos não foram alcançados. *A priori*, parece que os estudantes apresentaram muitas dificuldades em lidar com os conceitos nela abordados, em especial a questão dos processos reversíveis e irreversíveis, bem como com a eficiência de máquinas térmicas que operam por esses processos (vide figura 17).

Além disso, como essa foi uma das atividades com o maior grau de abertura e dificuldade, os estudantes tiveram algumas dificuldades em resolvê-la. Isso porque os problemas eram mais abertos e exigiam uma maior autonomia do estudante. Como exemplo disso, apresentamos na figura 17 o comentário deixado por um dos estudantes no seu guia de resolução.

Fiz muita dificuldade para realizar essa atividade. Não ficou claro para mim como que deveriam ser os 3 experimentos a serem realizados. Não entendi ~~como~~ a sentença "a eficiência de uma máquina é máxima quando os processos são reversíveis" é máxima em relação a quê? Então, todos os processos reversíveis possuem a mesma eficiência? Também não entendi como consigo encontrar uma transformação de eficiência igual a 1. Não está inconsistente?

Figura 17 – Comentário de um estudante na resolução da atividade didática 6

Fonte: Produção dos estudantes.

Quando o estudante aborda um problema aberto, é natural que não tenha inicialmente muita clareza de como resolvê-lo. Inclusive delimitar com maior rigor a situação-problema é uma parte importante do processo de resolução. Isto é, o estudante deve assumir uma atitude ativa e científica para resolver o problema proposto. Entretanto, algumas vezes o grau de desafio do problema é muito grande para o nível de preparação do estudante, o que dificulta muito o processo de solução. Esse fator pode ter contribuído para os resultados obtidos na tarefa 6.

Por outro lado, como já foi discutido no início deste capítulo, uma série de fatores, tais como provas, olimpíadas, entre outras atividades, interferiram no desenvolvimento dessa atividade didática. Dessa forma, para esse caso específico, não temos elementos suficientes para inferir se o baixo rendimento dos estudantes foi causado pelo nível de dificuldade da

tarefa ou pelas perturbações externas. Mas possivelmente esse resultado se deu pela combinação desses fatores.

Entretanto, com base no que foi apresentado e discutido neste capítulo, demonstramos que o conjunto de atividades didáticas cumpriu os seus objetivos: (1) conter problemas desafiantes e abertos; (2) trabalhar os conteúdos conceituais, procedimentais e atitudinais de forma integrada; (3) fomentar nos estudantes a atitude científica através da proposição de problemas abertos. As discussões realizadas neste capítulo mostram também que os resultados obtidos com a aplicação das tarefas no EM foram bastante positivos. Isso porque boa parte dos estudantes, por volta de 60% da turma, engajou-se efetivamente na realização das AD, apesar de avaliá-las como difíceis, trabalhosas e demoradas. Ou seja, os resultados que aqui discutimos evidenciam que esses estudantes se motivaram para realizar as AD porque perceberam essas tarefas como sendo importantes para sua formação escolar.

## CONSIDERAÇÕES FINAIS

Nesta dissertação, apresentamos como resultado um conjunto inovador de atividades didáticas de termodinâmica baseadas em resolução de problemas e TIC. O conjunto de AD que desenvolvemos foi implementado e avaliado com uma turma da Segunda Série do Ensino Médio. Através da análise da produção dos estudantes – material escrito com a síntese das resoluções das tarefas – e das respostas do questionário, avaliamos se o conjunto de atividades didáticas cumpriu com os seus objetivos: (1) conter problemas desafiantes e abertos; (2) trabalhar os conteúdos conceituais, procedimentais e atitudinais de forma integrada; (3) fomentar nos estudantes a atitude científica através da proposição de problemas abertos.

Segundo os exemplos elencados e a argumentação desenvolvida no capítulo 6, demonstramos que as atividades didáticas continham problemas abertos e desafiantes. Mostramos ainda que as AD motivaram a participação da maior parte dos estudantes, os quais as compreenderam como importantes para sua formação escolar. No capítulo 6, demonstramos também que as AD trabalharam conceitos, atitudes e procedimentos. Portanto, concluímos que as atividades didáticas cumpriram com os seus objetivos e apresentam potencial para serem generalizadas para outras realidades.

Entretanto, é importante destacarmos que as atividades didáticas foram implementadas e avaliadas num contexto escolar bastante diferenciado quanto a diversos aspectos, tais como corpo docente e discente, instalações do colégio, entre outros aspectos. Isto é, o contexto escolar em que trabalhamos com as tarefas estava muito acima da média da realidade escolar presente no estado do Rio Grande do Sul. Logo, para levar esse material didático para outras realidades, será preciso considerar os seguintes aspectos: (1) aumentar a participação do professor regente na elaboração das AD; (2) disponibilizar material de apoio, como textos extras sobre os assuntos abordados nas tarefas; (3) disponibilizar um exemplo resolvido; (4) tornar os enunciados mais concisos e objetivos; (5) discutir, em maior profundidade com os estudantes, que problemas abertos podem conter múltiplas soluções válidas; (6) planejar tarefas que demandem menos tempo em sua execução.

Nossa proposta original de trabalho foi desenvolver as AD com a menor interferência possível no ritmo normal do professor. Porém, em outras escolas que não tenham condições tão favoráveis quanto essa em que desenvolvemos as AD, certamente precisaremos uma maior coordenação com o professor regente. Isso porque a sua maior participação na elaboração das

atividades didáticas possibilitará ampliar ainda mais a articulação entre as tarefas e a sua realidade de sala de aula. Por exemplo, coordenar: (1) o nível de desafio das tarefas com as dificuldades apresentadas pelos estudantes; (2) o conteúdo programático que o professor consegue efetivamente cobrir no ano letivo; (3) a profundidade com que aborda os conteúdos programáticos da termodinâmica, entre outros.

A disponibilização de textos extras, em conjunto com as tarefas, dará a oportunidade de o aluno mais motivado aprofundar ainda mais o seu conhecimento a respeito do assunto desenvolvido na AD. Além disso, em caso de eventuais dificuldades, o estudante poderá recorrer a esse material. Esses textos serão optativos, para que aqueles alunos que não queiram ou não sintam a necessidade de lê-los possam resolver diretamente a tarefa proposta.

Em geral, os estudantes que estão habituados a resolver somente problemas fechados, podem se sentir confusos ao enfrentar um problema mais aberto (GIL et al., 1992). Dessa forma, um exemplo resolvido, que demonstre as diferentes formas possíveis de resolver um problema aberto, pode auxiliar o estudante a assumir uma atitude mais positiva ao enfrentar outras tarefas desse tipo. Note que não estamos falando em fornecer um algoritmo fechado, mas um exemplo de como atividades desse gênero podem ser abordadas. Esse exemplo resolvido seria um complemento da discussão a ser desenvolvida com os estudantes a respeito desse tema.

Uma opinião recorrente dos estudantes – com os quais implementamos e avaliamos as AD – foi que estas eram demoradas e em alguns casos tinham enunciados extensos. No entanto, cabe salientar que essa questão não está isolada de outros aspectos. Por exemplo, se esses estudantes estivessem habituados a resolver problemas abertos, possivelmente solucionariam as tarefas com maior rapidez. Por outro lado, as atividades poderiam ter sido divididas em tarefas menores. Mas, neste caso, seria necessária uma coordenação ainda maior com o professor. Isso reitera a necessidade de mais aproximação com o professor durante a elaboração e avaliação das atividades, quando formos aplicar as AD em outras realidades.

Em síntese, com este trabalho, concluímos que o conjunto AD que desenvolvemos, implementamos e avaliamos apresenta potencial para ser generalizado para outras realidades escolares. Esse será um dos desafios a serem enfrentados em trabalhos futuros. Concluímos ainda que o conjunto de AD cumpriu com os seus objetivos didáticos e que trabalhar os conteúdos escolares por meio de atividades extraclasse baseadas em resolução de problemas e TIC é produtivo. Isso porque tarefas desse gênero possibilitam desenvolver um processo de ensino-aprendizagem centrado na participação ativa do aluno e os problemas que propomos possibilitam trabalhar conceitos, procedimentos e atitudes de forma integrada e significativa.

## REFERÊNCIAS

ABEGG, I.; DE BASTOS, F. da P.; MÜLLER, F. M. Ensino-aprendizagem colaborativo mediado pelo wiki do Moodle. **Educar em Revista**, Curitiba, n. 38, p. 205-218, 2010.

ARANTES, A. R.; MIRANDA, M. S.; STUDART, N. Objetos de aprendizagem no ensino de física: usando simulações do PhET. **Física na Escola**, v. 11, n. 1, p. 27-31, 2010.

BRASIL. Instituto Nacional de Estudos e Pesquisas Educacionais Anísio Teixeira. **Censo Escolar 2009 - Resumo Técnico**. Brasília, 2009. Disponível em: <<http://portal.inep.gov.br/resumos-tecnicos>>. Acesso em: 6 mar. 2014.

BRASIL. Instituto Nacional de Estudos e Pesquisas Educacionais Anísio Teixeira. **Censo Escolar 2010 - Resumo Técnico**. Brasília, 2010. Disponível em: <<http://portal.inep.gov.br/resumos-tecnicos>>. Acesso em: 6 mar. 2014.

BRASIL. Instituto Nacional de Estudos e Pesquisas Educacionais Anísio Teixeira. **Censo Escolar 2011- Resumo Técnico**. Brasília, 2011. Disponível em: <<http://portal.inep.gov.br/resumos-tecnicos>>. Acesso em: 6 mar. 2014.

BRASIL. Instituto Nacional de Estudos e Pesquisas Educacionais Anísio Teixeira. **Censo Escolar 2012-Resumo Técnico**. Brasília, 2012. Disponível em: <<http://portal.inep.gov.br/resumos-tecnicos>>. Acesso em: 6 mar. 2014.

CALDEIRA, M. H.; MARTINS, D. R. Calor e temperatura: que noção têm os alunos universitários destes conceitos? **Gazeta de Física**, v. 13, n. 2, p. 85-94, 1990.

CLEMENT, L.; TERRAZZAN, E. A. Atividades didáticas de resolução de problemas e o ensino de conteúdos procedimentais. **Revista Electrónica de Investigación en Educación en Ciencias**, v. 6, n. 1, p. 87-101, 2011.

FIOLHAIS, C.; TRINDADE, J. Física no computador: o computador como uma ferramenta no ensino e na aprendizagem das ciências físicas. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v. 25, n. 3, p. 259-272, 2003.

GIL, D. P.; TORREGROSSA, J. M.; PÉREZ, F. S. El fracaso en la resolución de problemas de física: una investigación orientada por nuevos supuestos. **Enseñanza de Las Ciencias**, v. 6, n. 2, p. 131-146, 1988.

GIL, D. et al. Questionando a didática de resolução de problemas: elaboração de um modelo alternativo. **Caderno Catarinense de Ensino de Física**, v. 9, n 1, p. 7-19, 1992.

HEINECK, R.; VALIATI, E. R. A.; DA ROSA; C. T. W. Software educativo no ensino de física: análise quantitativa e qualitativa. **Revista Iberoamericana de Educación**, v. 6, n. 42, p. 1-12, 2007. Disponível em: <<http://www.rieoei.org/expe/1585Heineck.pdf>>. Acesso: 2 mar. 2014.

MEDEIROS, A.; MEDEIROS, C. F. Possibilidades de limitações das simulações computacionais no ensino da física. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v. 24, n 2, p. 77-86, 2002.

MORAES, R. Uma tempestade de luz: a compreensão possibilitada pela análise textual discursiva. **Ciência & Educação**, v. 9, n. 2, p. 191-211, 2003.

MORAES, R.; GALIAZZI, M. D. Análise textual discursiva: processo reconstrutivo de múltiplas faces. **Ciência & Educação**, v. 12, n. 1, p. 117-128, 2006.

MOREIRA, M. A. **Teorias de aprendizagem**. 2 ed. São Paulo: EPU, 2011.

POLYA, George. **A arte de resolver problemas: um novo aspecto do método matemático**. Tradução e adaptação de Heitor Lisboa de Araújo. Rio de Janeiro: Interciência, 1995.

POZO, J. I. (Org.). **A solução de problemas: aprender a resolver problemas, resolver problemas para aprender**. Porto Alegre: Artmed, 1998.

PEDUZZI, L. O. Q. Sobre a resolução de problemas no Ensino da Física. **Caderno Catarinense de Ensino de Física**, v. 14, n 3, p. 229-253, 1997.

REIF, F.; LARKIN, J. H.; BRACKETT, G. C. Teaching general learning and problem-solving skills. **American Journal of Physics**, v. 44, n. 3, p. 212-217, 1976.

RODRIGUES, A. A. et al. Banco Internacional de Objetos Educacionais: Repositório Digital para o uso da Informática na Educação. **Revista Brasileira de Informática na Educação**, v. 20, n. 1, p. 11-120, 2012.

SAUERWEIN, R. A.; SAUERWEIN, I. P. S. Projeto graxaim: desenvolvimento de objetos de aprendizagem e uma proposta para seu uso. In: SIMPÓSIO NACIONAL DE ENSINO DE

FÍSICA, 19., 2011, Manaus. **Anais...** Manaus, 2011. Disponível em: <<http://www.sbf1.sbfisica.org.br/eventos/snef/xix/sys/resumos/T0340-1.pdf>>. Acesso em: 2 dez. 2013.

SILVA; O. H. M.; LABURÚ, C. E.; NARDI, R. Reflexões para subsidiar discussões sobre o conceito de calor na sala de aula. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, v. 25, n. 3, p. 383-393, 2008.

WILEY, D. A. Connecting learning objects to instructional design theory: a definition, a metaphor, and a taxonomy. **The Instructional Use of Learning Objects**. D. A. Wiley (Ed.). Utah State University, 2000. Disponível em: <<http://www.reusability.org/read/>>. Tradução disponível em: <[http://penta3.ufrgs.br/objetosaprendizagem/11wiley\\_traducao.doc](http://penta3.ufrgs.br/objetosaprendizagem/11wiley_traducao.doc)>. Acesso em: 15 mar. 2013.

ZABALA, A. **A prática educativa: como ensinar**. Porto Alegre: Artes Médicas Sul, 1998.

ZYLBERSZTAJN, A. Resolução de problemas: uma perspectiva kuhniana. In: ENCONTRO DE PESQUISA EM ENSINO DE FÍSICA, 6., 1998, Florianópolis. **Anais...** Florianópolis, 1998. Disponível em: <<http://fsc.ufsc.br/~arden/problkuhn.doc>>. Acesso em: 8 abr. 2013.



# APÊNDICES

## Apêndice A – Atividade didática 1

### Termômetro e Escalas Termométricas

O *Graxaim/LVT* possui um cilindro que encerra uma massa de gás ideal monoatômico através de um pistão móvel de massa  $m$  que mantém a pressão sobre o gás constante. Além disso, o *Graxaim/LVT* contém seis corpos homogêneos, A, B, C, D, E e F compostos do mesmo material e capazes de trocar energia exclusivamente por calor. O corpo A foi previamente posto em contato com um balde com gelo fundente e o corpo F com uma chaleira contendo água em ebulição. Também, está disponível um instrumento que permite medir diretamente, em litros, o volume ocupado pelo gás no interior do cilindro e um manômetro capaz de medir a pressão do gás em atmosferas.



### Instruções:

- No código do exercício digite os dois últimos dígitos de seu número de matrícula;
- Para responder as questões propostas, utilize o *Graxaim/LVT* conforme as instruções dadas em sala de aula e contidas nas questões abaixo;
- Os resultados dessa atividade deverão ser entregues.

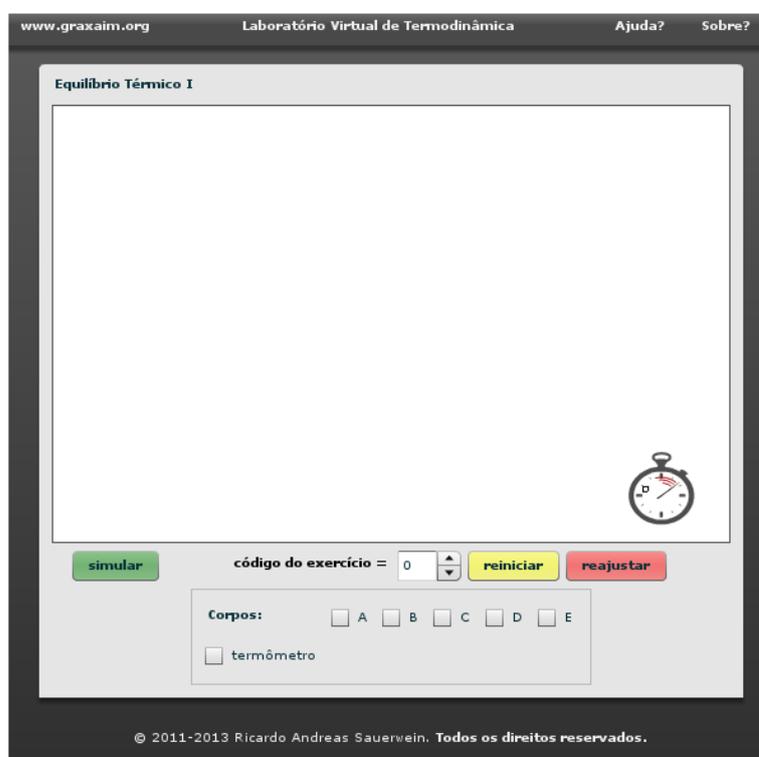
**Questões:**

1. Elabore e execute um experimento virtual que permita identificar qual dos seis corpos está mais quente e qual está mais frio. Não se esqueça de descrever o experimento virtual, caso preferir tire uma foto da tela e anexe-a.
2. Determine uma maneira de ordenar os seis corpos do mais frio ao mais quente. Explícite esta sequência indicando os nomes dos corpos, do mais frio ao mais quente.
3. Ao completar as questões 2 e 3, você já possui um termômetro qualitativo. Qual grandeza você está utilizando para medir indiretamente a temperatura? Explique.
4. Suponha um sétimo corpo X de temperatura  $T_X$ . Deseja-se saber se ele está mais quente ou mais frio que o corpo F. Suponha que você obtenha um valor  $V_X$  para o volume de equilíbrio do gás ideal com este corpo X. Qual é a expressão numérica que relaciona  $T_X$  com a temperatura do corpo F?
5. Considere um sistema de unidades no qual se convencionou que: (1) a temperatura é uma grandeza adimensional, (2) a temperatura da água contida na chaleira é igual a 100. Determine a temperatura dos corpos nessa escala.
6. Considere outro sistema de unidades no qual: (1) a temperatura é uma grandeza adimensional, (2) a temperatura do gelo contido no balde é nula e a temperatura da água contida na chaleira é igual a 100. Determine a temperatura dos corpos nessa escala.
7. Como este termômetro poderia ser calibrado para a escala Kelvin? Calibrar um instrumento de medida, neste contexto, significa associar um valor de temperatura a um valor de medida efetivamente realizado.
8. Como os termômetros em geral funcionam? As medidas de temperatura são instantâneas ou levam um tempo para serem feitas? Por que isto ocorre?
9. Ao resolver as questões acima você pode verificar como um gás mantido a pressão constante pode ser usado como um termômetro. Será que todos os termômetros funcionam assim? Você poderia explicar como termômetros funcionam?

## Apêndice B – Atividade didática 2

### Equilíbrio Térmico I

O *Graxaim/LVT* possui cinco corpos, A, B, C, D e E, homogêneos, de volumes constantes, feitos do mesmo material e capazes de trocar energia exclusivamente na forma de calor. Os corpos A e B possuem massa  $m$ , já os corpos C e D possuem massas  $2m$  e  $3m$  respectivamente. O corpo E é maior que os demais e possui massa desconhecida. É ainda disponibilizado um termômetro graduado na escala Kelvin.



#### Instruções:

- No código do exercício digite os dois últimos dígitos de seu número de matrícula;
- Para responder as questões propostas, utilize o *Graxaim/LVT* conforme as instruções dadas em sala de aula e contidas nas questões abaixo;
- Os resultados dessa atividade deverão ser entregues.

#### Questões:

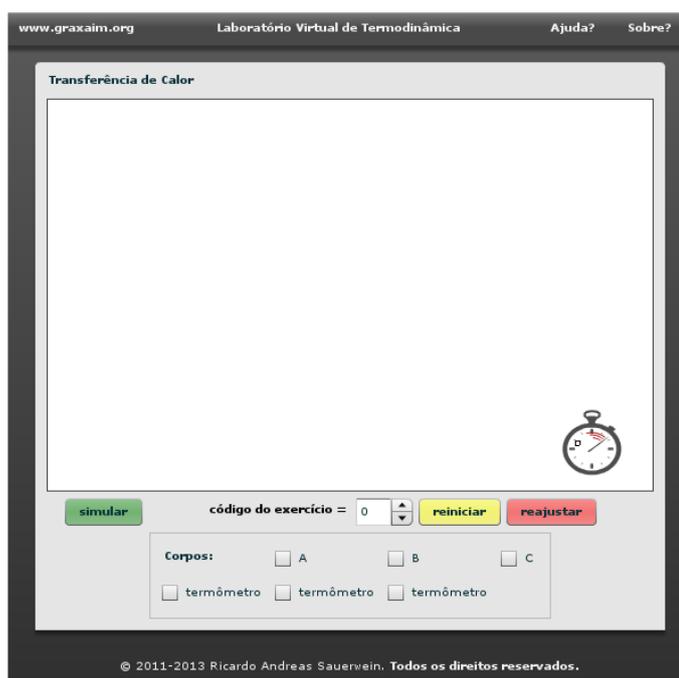
1. Descreva o que ocorre com as temperaturas dos corpos quando eles são postos em contato térmico aos pares, por exemplo, o corpo A com o corpo B, corpo B com o corpo D e assim por diante.

2. Suponha que a temperatura do corpo B seja 400 K. Determine qual seria a temperatura de equilíbrio térmico se o corpo B fosse posto em contato térmico com o corpo A? Explique como chegou ao resultado.
3. Suponha que a temperatura do corpo B seja 400 K. Determine qual seria a temperatura de equilíbrio térmico se o corpo B fosse posto em contato térmico com o corpo C? Explique como chegou ao resultado.
4. Por que as temperaturas dos corpos postos em contato térmico se modificam?
5. Elabore um experimento virtual por meio do qual seja possível determinar a massa do corpo E e determine-a. Descreva o experimento virtual ou se preferir tire uma foto da tela e anexe-a.
6. Exemplifique algumas situações de seu cotidiano nas quais você observa corpos em equilíbrio térmico e situações nas quais você não observa este equilíbrio. Como você explica estes dois tipos de situações?

## Apêndice C – Atividade didática 3

### Transferência de Calor

O *Graxaim/LVT* possui três corpos homogêneos, A, B e C, constituídos de chumbo e capazes de trocar energia unicamente na forma de calor. Os corpos A e C são maiores que o corpo B que possui massa de 78 g. Além disso, são disponibilizados termômetros que medem temperatura na escala kelvin. Dado: O calor específico do chumbo é  $0,031 \text{ cal/g } ^\circ\text{C}$  ou  $130 \text{ J/kg K}$ .



### Instruções:

- No código do exercício digite os dois últimos dígitos de seu número de matrícula;
- Para responder as questões propostas, utilize o *Graxaim/LVT* conforme as instruções dadas;
- Os resultados dessa atividade deverão ser entregues.

### Questões:

1. Utilizando os objetos disponibilizados no *Graxaim/LVT* determine as massas dos corpos A e C.
2. Elabore e execute um experimento virtual por meio do qual seja possível transferir 500 cal de energia do corpo A para o corpo C. Descreva o experimento que você elaborou.
3. Demonstre como você determinou/estimou a quantidade de energia que foi transferida do corpo A para o corpo C.

4. Corpos com temperaturas maiores possuem mais energia do que corpos com temperaturas menores? Por exemplo, inicialmente o corpo B possui uma temperatura situada entre as temperaturas dos corpos A e C, isso significa que ele tem mais energia que o corpo C e menos que o corpo A? Justifique.

## Apêndice D – Atividade didática 4

### Gás Ideal

Um gás é chamado gás ideal ou perfeito quando sua pressão  $P$ , volume  $V$  e temperatura  $T$  obedecem à equação de Clapeyron

$$PV = NRT$$

onde  $N$  é o número de moles contido na amostra de gás e  $R$  é a constante universal dos gases perfeitos, que nas unidades adotadas no *Graxaim/LVT* vale  $R = 0.0820574587$  (atm L)/(mol K).

Além desta equação, a energia interna  $U$  dos gases ideais é dada por:

$$U = cNRT$$

onde a constante adimensional  $c$  assume o valor de  $3/2$  para gases monoatômicos,  $5/2$  para o caso de gases ideais diatômicos ou  $7/2$  para gases diatômicos com graus de liberdade vibracionais ativados.

Termodinamicamente estas duas equações definem o que é um gás ideal. Experimentalmente verifica-se que qualquer substância gasosa pura se comporta como um gás ideal se a temperatura for suficientemente alta e a densidade suficientemente baixa. Uma amostra de gás hélio nas condições normais de temperatura e pressão satisfaz estes critérios e se comporta como um gás ideal monoatômico ( $c=3/2$ ). Uma amostra de hidrogênio nestas mesmas condições se comportará como um gás ideal diatômico ( $c=5/2$ ). Porém se esta mesma amostra for aquecida haverá uma temperatura tal que os átomos que formam cada molécula de hidrogênio começarão a vibrar um em relação ao outro e a amostra de hidrogênio se comportará como um gás ideal de  $c=7/2$ .

O fato da energia interna  $U$  de um gás ideal depender apenas da temperatura e não do volume é uma condição suficiente para caracterizar o gás como tendo comportamento de gás ideal. Portanto gases ideais são os únicos que não diminuem sua temperatura quando se expandem livremente. (Lembre-se em uma expansão livre, o volume do gás aumenta por difusão sem que haja qualquer troca de energia, logo a energia interna do gás permanece constante).

A duas equações acima podem ser combinadas de forma que

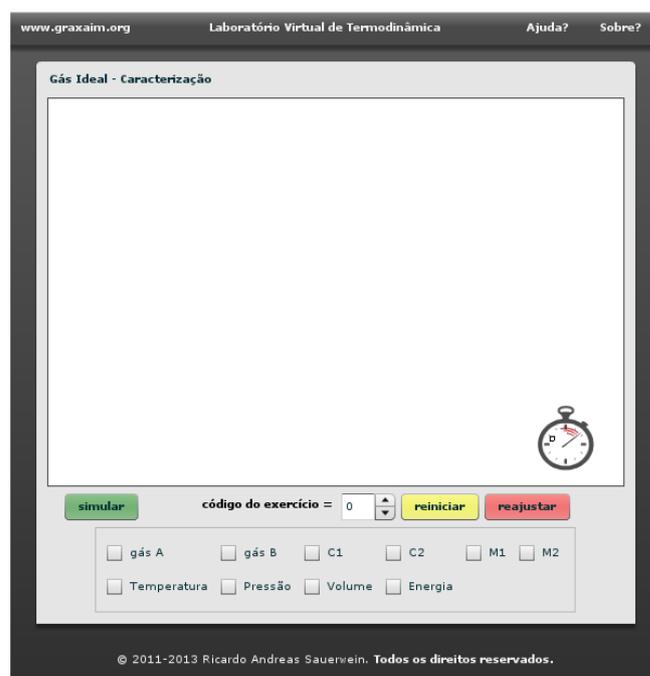
$$U = cPV$$

Esta equação mostra como a energia interna depende do volume  $V$  e da pressão  $P$ . Note que não há contradição alguma com o que escrevemos anteriormente. Na expressão acima, de fato há uma dependência da energia interna com o volume mas a outra variável é a pressão e não a temperatura.

## Parte I: Gás Ideal-Characterização

Nesta primeira parte, o laboratório virtual está equipado com dois cilindros com pistões móveis, gás A e gás B, contendo gases distintos. Só um destes gases se comporta como um gás ideal. Há ainda dois corpos termodinâmicos, C1 e C2, que trocam energia somente na forma de calor e dois dispositivos mecânicos, M1 e M2, capazes de manter uma pressão constante sobre os gases. A pressão exercida por estes dispositivos pode variar de um dispositivo para o outro.

O laboratório virtual também contém instrumentos que medem temperatura (em kelvin), pressão (em atmosferas), volume (em litros) e energia (em atmosfera-litro). Você pode imaginar que os três primeiros instrumentos são equipamentos normalmente encontrados em laboratórios (termômetro, manômetro, um recipiente com graduação de volume). O instrumento que mede a energia E é capaz de medir a energia armazenada nos dispositivos mecânicos, mas não nos gases. Você pode imaginar que a energia armazenada nos dispositivos mecânicos é a energia de uma bateria elétrica recarregável. Conhecendo as características desta bateria, é possível determinar a energia nela acumulada pela medida da tensão em seus polos. Desta forma, o medidor de energia seria uma espécie de multímetro. Esta analogia, também explica por que este instrumento não consegue medir a energia interna do gás. Note que o manômetro também é capaz de medir a pressão dos dispositivos mecânicos.



**Instruções:**

- No código do exercício digite os dois últimos dígitos de seu número de matrícula;
- Para responder as questões propostas, utilize o *Graxaim/LVT* conforme as instruções dadas;
- Os resultados dessa atividade deverão ser entregues.

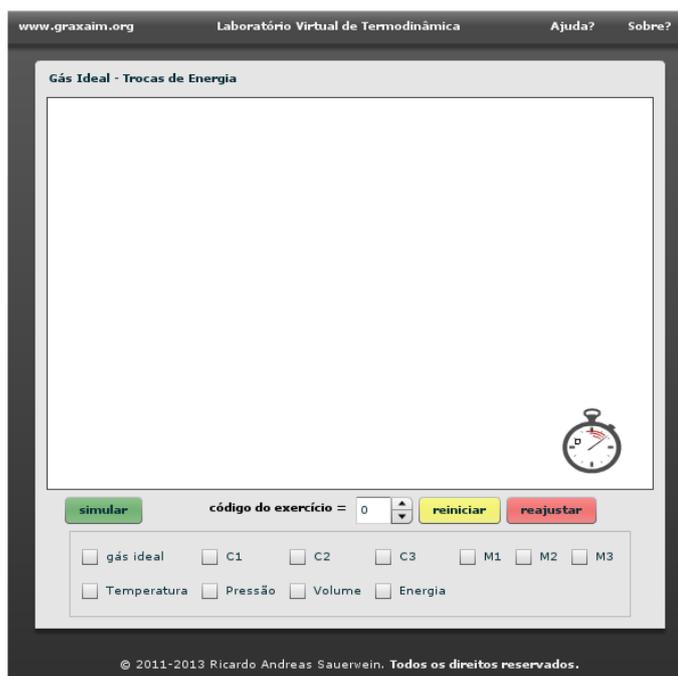
**Questões:**

1. Determine qual dos gases se comporta como gás ideal. Qual arranjo experimental utilizou? Explique como chegou à sua conclusão.
2. Elabore um experimento virtual no qual o gás ideal é submetido a um processo no qual mantém sua pressão constante. Determine a variação de energia de todos os corpos envolvidos neste processo. Descreva o experimento virtual ou tire uma foto.
3. Determine a constante  $c$  do gás ideal. Como chegou neste resultado?

(Dica: em um processo em que o gás interage apenas como o dispositivo mecânico, a sua variação de energia é igual ao negativo da variação de energia do dispositivo mecânico.)

**Parte II: Gás Ideal-Trocas de energia**

O laboratório virtual dessa segunda parte possui um cilindro contendo um gás ideal, três corpos termodinâmicos e três dispositivos mecânicos, além dos quatro instrumentos de media já descritos na etapa I.



**Instruções:**

Nesta segunda etapa você deve realizar um experimento virtual em que o gás é submetido a um processo termodinâmico composto das quatro etapas sucessivas descritas abaixo. Note que o estado final de uma etapa deve ser o estado inicial da seguinte (no objeto de aprendizagem você não deve pressionar os botões reajustar ou reiniciar entre cada etapa).

- Etapa I: O gás dobra a pressão mantendo seu volume constante.
- Etapa II: O gás dobra o volume e mantém sua pressão constante.
- Etapa III: O gás reduz sua pressão à metade mantendo seu volume constante.
- Etapa IV: O gás reduz seu volume à metade mantendo sua pressão constante.

**Questões:**

1. Descreva o arranjo do experimento virtual de cada etapa (ou tire uma foto).
2. Represente graficamente o comportamento da temperatura, da pressão e do volume ao longo das quatro etapas.
3. Determine as trocas de energia entre todos os corpos envolvidos em cada uma das etapas. Não se esqueça de computar a energia na forma de calor. Explícite a maneira como obteve seus resultados.

## Apêndice E – Atividade didática 5

### Processos Termodinâmicos

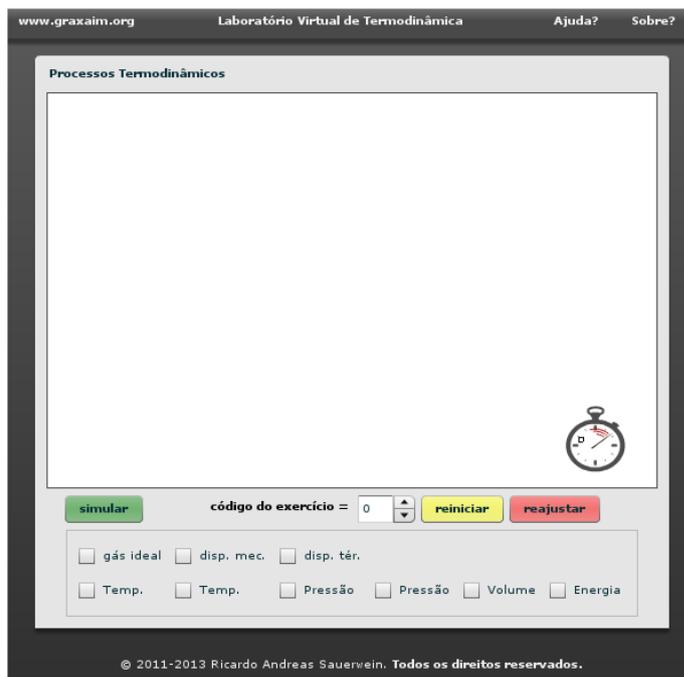
No laboratório virtual de termodinâmica abaixo *Graxaim/LVT* há um cilindro no qual está acoplado um pistão móvel que confina certa quantidade de gás ideal monoatômico. Há ainda um dispositivo mecânico, um dispositivo térmico e instrumentos de medidas.

O dispositivo mecânico é um aparelho capaz de exercer uma força na superfície externa do pistão, ou equivalentemente é um dispositivo capaz de exercer uma **pressão externa sobre o gás**. Desta forma, pode trocar energia na forma de trabalho com o gás. Este aparelho pode ser ajustado para operar em três estados (1) exercer uma pressão externa constante, (2) receber energia e (3) ceder energia. No caso (2), a pressão externa sobre o gás vai diminuindo pouco a pouco de forma que o gás realiza trabalho sobre o dispositivo mecânico à medida que vai se expandindo. No caso (3), a pressão externa sobre o gás aumenta pouco a pouco de forma que o dispositivo realiza trabalho sobre o gás que vai sendo comprimido.

O dispositivo térmico é um aparelho capaz de trocar energia com o gás exclusivamente na forma de calor. O dispositivo térmico possui um trocador de calor que é mantido em uma temperatura que pode ser ajustada. Ao entrar em contato com o gás (sem a camada isolante) há duas temperaturas que devem ser observadas. A temperatura externa fixada pelo dispositivo e a temperatura do próprio gás. Caso a temperatura externa seja maior que a do gás, haverá um fluxo de calor do dispositivo para o gás (o dispositivo pode ser visto como uma fonte de calor). Em caso contrário, o dispositivo receberá o calor do gás e funcionará, em relação ao gás, como um sistema de refrigeração. O dispositivo térmico tem três ajustes (1) manter sua temperatura constante, (2) receber energia na forma de calor e (3) ceder energia na forma de calor. Nos ajustes (2) e (3) o dispositivo varia pouco a pouco a temperatura de seu trocador de calor (temperatura externa) de forma que o fluxo de calor seja estabelecido na direção desejada.

A pressão e temperatura características dos dispositivos mecânico e térmico podem, respectivamente, ser medidas por manômetros e termômetros.

Quando ajustados para ceder energia, os dispositivos mecânicos e térmicos funcionam como o desejado até o limite em que toda sua energia é consumida. No momento que isto ocorre, estes dispositivos funcionaram na prática como se estivessem ajustados para operar no modo passivo, isto é, de pressão constante no caso de dispositivo mecânico e de temperatura constante no caso de dispositivo térmico.



### Instruções:

- No código do exercício digite os dois últimos dígitos de seu número de matrícula;
- Para responder as questões propostas, utilize o *Graxaim/LVT* conforme as instruções dadas;
- Os resultados dessa atividade deverão ser entregues.

### Questões:

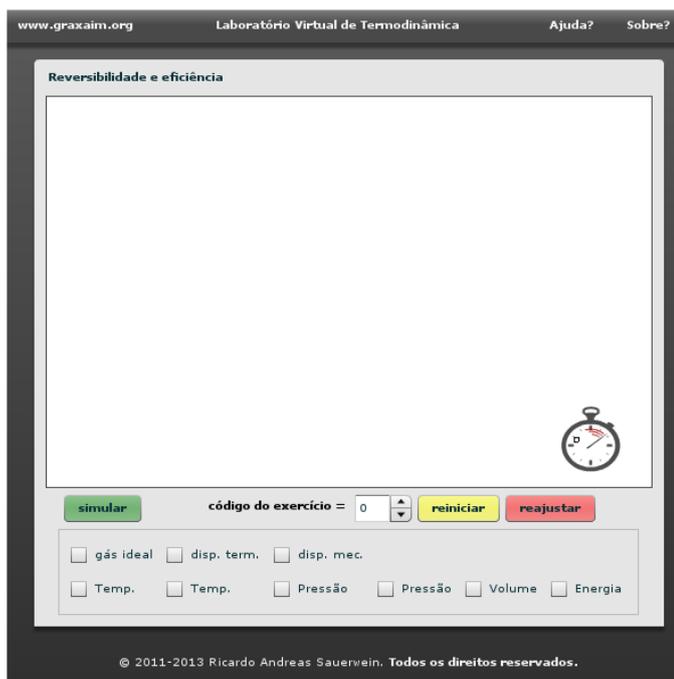
Configure o equipamento do laboratório virtual de termodinâmica de modo a fazer com que o gás encerrado no cilindro seja submetido aos processos termodinâmicos solicitados. Entre um processo e outro o *Graxaim/LVT* deve ser reiniciado. Em cada caso, descreva ou fotografe o particular arranjo experimental.

1. O gás deve dobrar seu volume isotermicamente.
2. O gás deve dobrar seu volume isobaricamente.
3. O gás deve dobrar seu volume adiabaticamente.
4. O gás deve dobrar seu volume em uma expansão livre.
5. O gás deve dobrar sua pressão isocoricamente.
6. Represente em um único gráfico o comportamento do gás em função de seu volume para todos os processos anteriores.
7. Discuta as trocas de energia ocorridas em todos os processos anteriores.
8. Compare a temperatura final dos processos anteriores. Qual a mais baixa? Qual a mais alta? Você poderia ter previsto isto?

## Apêndice F – Atividade didática 6

### Reversibilidade e Trabalho Máximo

No laboratório virtual de termodinâmica abaixo Graxaim/LVT há um cilindro no qual está acoplado um pistão móvel que confina certa quantidade de gás ideal monoatômico. Há ainda um dispositivo mecânico, um dispositivo térmico e instrumentos de medidas.



#### Instruções:

- No código do exercício digite os dois últimos dígitos de seu número de matrícula;
- Para responder as questões propostas, utilize o *Graxaim/LVT* conforme as instruções dadas;
- Os resultados dessa atividade deverão ser entregues.
- **Descreva os arranjos dos experimentos virtuais solicitadas e/ou tire fotos da tela e anexe-as;**
- Especialmente em questões envolvendo reversibilidade, deve-se observar que a ação induzida ao pressionar os botões **reiniciar** ou **reajustar** do *Graxaim/LVT* equivale fisicamente a uma interação do laboratório com o meio externo.

#### Questões:

Antes de responder as questões abaixo, leia com atenção algumas considerações sobre **Reversibilidade, Irreversibilidade, Teorema do Trabalho Máximo e eficiência** [clcando](#)

[aqui](#)<sup>44</sup>.

**Condição I:** Nos processos executados em cada uma das questões abaixo **o gás deve ser levado sempre ao mesmo estado final**. (Desta forma, pode-se aplicar o Teorema do Trabalho Máximo, pois como veremos, pede-se que o processo se inicie sempre no mesmo estado inicial.) Este estado final é definido de modo que um processo se completa somente quando o volume e a temperatura do gás forem, respectivamente,  $V_f = 2$  litros e  $T_f = T_h$ , onde  $T_h$  é a temperatura da fonte de térmica.

1. Elabore pelo menos três experiências virtuais distintas. Entre uma e outra, você deve reiniciar o *Graxaim/LVT*. Descreva cada etapa destas experiências. Para cada uma delas determine o trabalho realizado, o calor absorvido da fonte térmica e a eficiência do processo.
2. Represente graficamente as experiências virtuais no mesmo diagrama, usando como variável independente o volume do gás.
3. As experiências virtuais obtidas anteriormente são reversíveis ou irreversíveis? Assinale no diagrama da questão 2 as etapas que são reversíveis e as que são irreversíveis. Você consegue identificar a(s) causa(s) de sua(s) irreversibilidade(s)?
4. Qual é o máximo trabalho possível que pode ser realizado? Justifique!

---

<sup>44</sup> Para ler o texto acesse: [www.ufsm.br/mpeac/josemar/?q=node/16](http://www.ufsm.br/mpeac/josemar/?q=node/16).

## Apêndice G – Questionário aplicado com os estudantes do EM

### Questionário Sobre as Atividades Computacionais

Prezado(a) Aluno(a), por favor, responda este questionário para que possamos conhecer sua opinião a respeito das atividades computacionais realizadas.

1. **Sexo:**     fem.     masc.

2. **Idade:** \_\_\_\_\_

3. **Em quais disciplinas você tem mais facilidade?**

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

4. **No estudo da Física, quais são as suas dificuldades?**

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

5. **Em sua opinião, estudar Física é:**

Pouco importante      Muito importante

6. **Com que frequência você utiliza o seu computador como uma ferramenta de:**

a) Comunicação (e-mail, redes sociais, etc.)

Pouca      Muita

b) Consulta (Wikipédia, site de notícias, revistas eletrônicas e outras fontes de informação)

Pouca      Muita

c) Edição e apresentação (fazer uma apresentação, digitação de textos ou trabalhos escolares)

Pouca      Muita

d) Análise numérica e gráfica (fazer cálculos, planilhas e elaboração de gráficos)

Pouca      Muita

7. **Após a Conclusão do Ensino Médio, qual profissão você pensa em seguir?**

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

8. **O número de atividades computacionais foi:**

Insuficiente      Excessivo

9. **Com respeito à disciplina de Física, as atividades computacionais foram**

Pouco relacionadas      Muito relacionadas

10. **Em comparação aos problemas do livro didático que você utilizou na disciplina de Física, as atividades computacionais foram:**

Bem menos instrutivos      Bem mais instrutivos

11. **Em comparação aos problemas do livro didático que você utilizou na disciplina de Física, as atividades computacionais foram:**

Bem mais fáceis      Bem mais difíceis

- 
12. Em comparação aos problemas do livro didático que você utilizou na disciplina de Física, as atividades computacionais foram:  
Bem menos trabalhosas ———— Bem mais trabalhosas
13. Em comparação aos problemas do livro didático que você utilizou na disciplina de Física, as atividades computacionais foram:  
Bem menos interessantes ———— Bem mais interessantes
14. Em relação à sua aprendizagem de tópicos da disciplina de Física, as atividades computacionais:  
Não contribuíram ———— Contribuíram muito
15. Em geral, o prazo dado para realização de cada atividade foi:  
Muito pequeno ———— Muito grande
16. Em geral, a quantidade de tempo que você utilizou na realização de cada atividade foi:  
Muito pequena ———— Muito grande
17. Em relação ao fórum disponibilizado para esclarecimentos, você:  
Não utilizou ———— Utilizou muito
18. O fórum disponibilizado para esclarecimentos foi:  
Pouco útil ———— Muito útil
19. Você realizou todas as atividades computacionais propostas? Quais deixou de fazer? Por quê?  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_
20. Quanto tempo, em média, você demorou na realização das atividades? Qual foi a atividade que você demorou mais tempo? E qual foi a que você menos demorou?  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_
21. Das atividades computacionais, qual você mais gostou? E qual menos gostou? Por quê?  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_
22. Qual é a sua opinião geral sobre as atividades computacionais propostas? Quais os principais aspectos positivos? E os negativos?  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_

---

23. Você tem alguma sugestão para que as atividades melhorem?

---

---

---

---

24. Escreva livremente sobre quaisquer outros aspectos que achar pertinente e que não foram abordados nas questões anteriores.

---

---

---

---

Muito Obrigado!