

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

**DINÂMICA DAS CONCEPÇÕES SOBRE A
NATUREZA DA CIÊNCIA DE ESTUDANTES DE
GRADUAÇÃO EM FÍSICA**

DISSERTAÇÃO DE MESTRADO

Vinícius Medeiros da Rosa

Santa Maria, RS, Brasil

2015

DINÂMICA DAS CONCEPÇÕES SOBRE A NATUREZA DA CIÊNCIA DE ESTUDANTES DE GRADUAÇÃO EM FÍSICA

Vinícius Medeiros da Rosa

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

Orientadora: Isabel Krey Garcia

Santa Maria, RS, Brasil

2015

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

Rosa, Vinícius Medeiros da

Dinâmica das concepções sobre a natureza da ciência de estudantes de graduação em física / Vinícius Medeiros da Rosa.-2015.

111 p.; 30cm

Orientadora: Isabel Krey Garcia

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, 2015

1. Natureza da ciência 2. Mapas Conceituais 3. Concepções 4. Filosofia da Ciência 5. História da Ciência I. Garcia, Isabel Krey 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 Examinadora, abaixo assinada, aprova a
dissertação de mestrado**

**DINÂMICA DAS CONCEPÇÕES SOBRE A NATUREZA DA
CIÊNCIA DE ESTUDANTES DE GRADUAÇÃO EM FÍSICA**

elaborada por
Vinícius Medeiros da Rosa

Como requisito parcial para obtenção de grau de
Mestre em Educação em Ciências: Química da Vida e Saúde

COMISSÃO EXAMINADORA:

Isabel Krey Garcia
Isabel Krey Garcia, Dra.
(Presidente/orientador)


Ítalo Gabriel Neide, Dr. (UNIVATES)


Luiz Caldeira Brant de Tolentino Neto, Dr. (UFSM)

Santa Maria, 31 de março de 2015.

AGRADECIMENTOS

A Deus, “Autor da Vida e Senhor da história”, em quem “pus a minha confiança”, por se deixar encontrar e caminhar ao meu lado.

À minha família, pela compreensão, apoio e incentivos sem limites.

À Ana Cássia, pelo companheirismo, pelas dicas e pelo acompanhamento ao longo de todo esse período.

À professora Isabel, pelas orientações, discussões, sugestões e paciência.

Ao professor Luiz Fernando Schelp, por aceitar a proposta, pelas discussões e trocas de experiências, apesar das diferenças.

Aos professores do PPGECQVS pelos conhecimentos compartilhados, pelas aulas, conversas, debates.

Aos colegas do PPGECQVS, pela troca de experiências e conhecimentos, e pelas conversas.

Aos amigos do Grupo de Oração São Pedro, por me sustentarem na oração, na amizade fraterna e por compreenderem as ausências.

Nunca houve nada tão perigoso
ou tão estimulante como a ortodoxia.

Ela foi a sensatez e ser sensato
é mais dramático que ser louco.

Ela foi o equilíbrio de um homem
por trás de cavalos em louca disparada,
parecendo abaixar-se para este lado,
depois para aquele,
mas em cada atitude,
mantendo a graça de uma escultura
e a precisão da aritmética.

(Gilbert Keith Chesterton)

RESUMO

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

DINÂMICA DAS CONCEPÇÕES SOBRE A NATUREZA DA CIÊNCIA DE ESTUDANTES DE GRADUAÇÃO EM FÍSICA

AUTOR: VINÍCIUS MEDEIROS DA ROSA

ORIENTADORA: ISABEL KREY GARCIA

Data e Local da Defesa: Santa Maria, 31 de Março de 2015

Neste trabalho, investigamos as concepções sobre a natureza da ciência de estudantes de graduação em Física da Universidade Federal de Santa Maria, licenciandos e bacharéis. Para isso, desenvolvemos atividades durante uma disciplina sobre História da Ciência, sobretudo, com a introdução de narrativas históricas, de historiadores da ciência e, algumas fontes originais. Como instrumentos da pesquisa, utilizamos o questionário desenvolvido por Moreira, Massoni e Ostermann (2007) ao início e ao final da disciplina. Cada estudante realizou, também, a construção de 3 mapas conceituais, os quais auxiliaram na busca por indícios das concepções apresentadas pelos alunos. Os resultados mostraram que alguns alunos modificaram as suas concepções ao longo da disciplina, apresentando indícios de desenvolvimento de concepções consideradas mais adequadas sobre a natureza da ciência, outros alunos modificaram suas ideias concordando com visões consideradas deformadas sobre o trabalho científico e outros permaneceram com as mesmas ideias que possuíam ao início da disciplina. Os mapas conceituais tiveram papel importante na pesquisa, pois ajudaram a perceber que o comportamento das concepções não é estável, mas varia ao longo do semestre, o que indica a importância do planejamento das atividades e do acompanhamento de todo o processo durante uma intervenção em História e Filosofia da Ciência.

Palavras-chave: natureza da ciência. Concepções. História da ciência. Filosofia da ciência. Ensino de Física. Mapas conceituais.

ABSTRACT

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

DYNAMICS OF CONCEPTIONS ON THE NATURE OF SCIENCE ON THE PART OF PHYSICS UNDERGRADUATE STUDENTS

AUTHOR: VINÍCIUS MEDEIROS DA ROSA

ADVISOR: ISABEL KREY GARCIA

Place and date of defense: Santa Maria, 31st March 2015

We investigated the concepts on the nature of science on the part of Physics undergraduate students taking their course at Santa Maria Federal University, learners who were taking teaching management and those who would obtain a BS degree. To achieve our goal, we developed activities throughout a subject centered on Science History, mainly with the introduction of historical narratives done by science historians as well as using some other original sources. Concerning research tools, the questionnaire developed by Moreira, Massoni and Ostermann (2007) was applied at the beginning and end of the subject. Each student also elaborated three conceptual maps which helped to clarify students' attempts in their search for concepts presented by learners. Results showed that some students changed their conceptions throughout the subject, showing evidences of development of conceptions considered more suitable about the nature of science, some others changed their ideas agreeing with views considered warped about the scientific work, and others kept the same. The conceptual maps had an important role on the research, because helped one notice that the behavior of concepts is not stable, but it varies throughout the semester, something that points out the importance of the planning of activities and constant follow up of the whole process during an intervention in History and Philosophy of Science.

Key words: nature of science. conceptions. history of science. philosophy of science. the teaching of Physics. Conceptual maps.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 - Fragmento do mapa conceitual dos alunos D6B, D7B e D10B	56
Figura 2 - Fragmento 1 do mapa conceitual dos alunos D9B e D5B	56
Figura 3 - Fragmento 2 do mapa conceitual dos alunos D9B e D5B	57
Figura 4 - Fragmento 1 do mapa conceitual dos alunos N2L, N4L e N5L	57
Figura 5 - Fragmento 2 do mapa conceitual dos alunos N2L, N4L e N5L	58
Figura 6 - Fragmento 1 do mapa conceitual construído pelo aluno D1B	58
Figura 7 - Fragmento do mapa conceitual construído pelo aluno N5L	59
Figura 8 - Fragmento do mapa construído pelo aluno D6B	60
Figura 9 - Fragmento 1 do mapa conceitual construído pelo aluno N2L	60
Figura 10 - Fragmento 3 do mapa conceitual dos alunos D9B e D5B	63
Figura 11 – Fragmento 3 do mapa conceitual dos alunos N2L, N4L e N5L	64
Figura 12 - Mapa conceitual construído pelo aluno D5B	65
Figura 13 - Fragmento 1 do mapa conceitual construído pelo aluno D4B	65
Figura 14 - Fragmento do mapa conceitual construído pelo aluno N5L	66
Figura 15 – Fragmento 2 do mapa conceitual construído pelo aluno D1B	67
Figura 16 – Fragmento 2 do mapa conceitual construído pelo aluno D4B	67
Figura 17 - Fragmento do mapa conceitual construído pelo aluno N4L	68
Figura 18 - Fragmento 2 do mapa conceitual construído pelo aluno N2L	69

LISTA DE TABELAS E QUADROS

Quadro 1 - Grade curricular Licenciatura Diurno UFSM	22
Quadro 2 – Grade curricular Bacharelado UFSM	23
Quadro 3 – Grade curricular Licenciatura Noturno UFSM	24
Quadro 4 - Relação do número de artigos selecionados por revista	27
Quadro 5 - Programa da disciplina Fundamentos Históricos e Filosóficos da Física	34
Quadro 6 - Relação dos instrumentos e questões com as concepções, em ordem cronológica	48
Quadro 7 - Desempenho dos alunos no Instrumento 1 e no Instrumento 5, de acordo com a Concepção 1	54
Quadro 8 - Número de indícios da presença da concepção 1 nos mapas conceituais	61
Quadro 9 - Desempenho dos alunos no Instrumento 1, de acordo com a concepção 2	62
Quadro 10 - Número de relações com a concepção 2 nos mapas conceituais	69
Quadro 11 - Comportamento das concepções dos estudantes em cada instrumento	70
Quadro 12 - Número de instrumentos que cada aluno apresenta as concepções 1 ou 2	71
Quadro 13 - Comparação do desempenho dos alunos de licenciatura/bacharelado nos Instrumentos 1 e 5	71
Quadro 14 - Comparação do desempenho dos alunos de licenciatura/bacharelado nos Instrumentos 2, 3 e 4	72

SUMÁRIO

INTRODUÇÃO	9
1. É POSSÍVEL FALAR EM NATUREZA DA CIÊNCIA?	13
1.1. Origem, debate e consensos	13
1.2. Natureza da ciência na Educação em Ciências e formação de professores	16
1.3. Currículo do curso de Física da UFSM	18
1.4. Concepções abordadas durante a intervenção	23
1.5. Revisão Bibliográfica	24
2. IMPLEMENTAÇÃO DA PROPOSTA	31
2.1. Disciplina Fundamentos Históricos e Filosóficos da Física	31
2.2. Descrição das aulas	33
2.3. Instrumentos utilizados durante a pesquisa	43
2.3.1. Instrumento 1 (pré-teste) e Instrumento 5 (pós-teste)	43
2.3.2. Instrumentos 2, 3 e 4 (mapas conceituais)	44
2.3.3. Questões	46
3. ANÁLISE E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS	48
3.1. Observações sobre a análise dos instrumentos	48
3.1.1. Pré e pós-teste (Instrumento 1 e Instrumento 5)	48
3.1.2. Mapas conceituais (Instrumentos 2, 3 e 4)	49
3.2. Análise das concepções de acordo com cada instrumento	50
3.2.1. Concepção 1	51
3.2.2. Concepção 2: visão rígida (algorítmica, exata, infalível)	59
3.3. Análise geral da disciplina	70
3.3.1. Abordagem realizada na disciplina e uso de textos sobre história da ciência	70
3.3.2. Análise das atividades implementadas	71
CONCLUSÃO	73
CONSIDERAÇÕES FINAIS	79
REFERÊNCIAS	81
APÊNDICES	86
Apêndice A – Instrumentos 1 e 5	86
Apêndice B – Termo de Consentimento Livre e Esclarecido	87
Apêndice C – Mapas conceituais (Instrumento 2)	88
Apêndice D - Mapas conceituais (Instrumento 3)	91
Apêndice E - Mapas Conceituais (Instrumento 4)	97
Apêndice F – Questões sobre o Texto de Edward Grant	111

INTRODUÇÃO

A ideia principal dessa pesquisa surgiu de questionamentos, por um lado a respeito da História da Ciência que é apresentada nos cursos de graduação de maneira a reforçar, principalmente, o cientificismo e, por outro lado, mas interligado ao primeiro, o problema da visão de ciência que é reforçada pelo tratamento dado à História da Ciência, ou seja, um questionamento de cunho filosófico e epistemológico.

Tais inquietações tiveram origem durante as experiências no Curso de Física Licenciatura Plena da UFSM, em disciplinas da graduação, de modo especial a disciplina que tratava dos aspectos históricos e filosóficos, mas não somente. Também as notícias veiculadas na mídia sobre a ciência, tratando-a como infalível e portadora de uma verdade absoluta e irrefutável, bem como declarações de colegas e outras pessoas a respeito da ciência. Sobretudo, porque essa é uma visão ingênua, que tende a desprezar outros campos do saber humano, rejeitando diversas áreas que são importantíssimas para o desenvolvimento do homem.

Durante o tempo de bolsista PET (Programa de Educação Tutorial), escrevi uma resenha do livro “Uma História que não é contada” (Prof. Felipe Aquino, 2008), versando sobre a difícil relação entre a ciência, história e religião, mais especificamente, o catolicismo. O livro, baseado em na obra “Como a Igreja Católica Construiu a Civilização Ocidental (Thomas Woods, 2011) traz informações sobre a constituição da civilização ocidental e defende a ideia de que a contribuição da Igreja Católica foi fundamental para a consolidação cultural do ocidente, inclusive, no campo da ciência, também na Idade Média, indo contra o que comumente se veicula nas instituições de ensino. Perguntava-me, em primeiro lugar, em matéria histórica: o que leva a existirem como que duas versões a respeito dos mesmos fatos? E, filosoficamente: a ciência, necessariamente, requer o ceticismo e implica na inexistência de Deus ou é possível saber ciência e ao mesmo tempo crer? Fé e ciência podem ou não caminhar juntas?

Em 2009, no Ano Internacional da Astronomia, em comemoração aos 400 anos das observações astronômicas de Galileu, tive a oportunidade de assistir à uma palestra do Prof. Fernando Lang (IF-UFRGS), durante a Semana Acadêmica do Curso de Física. Nessa palestra, que tratava da história das observações de Galileu,

o professor trouxe algumas informações sobre as contribuições de Copérnico, passando, também, por assuntos filosóficos. Segundo ele, Copérnico havia se baseado em suas concepções platônicas para propor o Sistema Heliocêntrico e que não eram somente os homens da Igreja que se opunham às observações de Galileu, mas muitos cientistas não acreditavam em seus resultados, pois, como se sabe, continham imprecisões.

Deste modo, surgiu o desejo de compreender um pouco melhor a ciência, o seu núcleo, como ela é constituída. Qual o verdadeiro papel da ciência na humanidade? Ela tem *status* mais elevado do que outras áreas do conhecimento? Pensava: se a ciência passa a ser algo que não está em sua natureza, em sua essência, acaba por negar o que é, ou seja, não é mais ciência, mas alguma outra atividade humana que não pode ser denominada ciência. De certo, não é possível responder satisfatoriamente em um curto período de tempo todas essas questões, devido à complexidade que as configura, o que não impede de perseguir as respostas.

Em uma aula da graduação, uma professora comentou, sem parecer ter muita pretensão, que a área de História e Filosofia da Ciência (HFC) no Ensino de Física estava se desenvolvendo nos últimos anos e que era um campo fértil para a implementação de pesquisas. Após esse fato, inseri-me em seu Grupo de Pesquisas, enquanto era bolsista do Programa de Educação Tutorial (PET). A partir disso, auxiliei um aluno de mestrado em um trabalho, o qual se tratou de uma revisão bibliográfica sobre os trabalhos que tratavam de História e Filosofia da Ciência nos principais eventos de Ensino de Física no Brasil, buscando mapear em qual área da Física as pesquisas haviam sido desenvolvidas.

A trajetória acima culminou com a elaboração do projeto de Mestrado no ano de 2012, que deu origem a essa dissertação. Buscamos compreender um pouco melhor as concepções que os estudantes de graduação em Física apresentam, sobretudo, após terem contato com os principais tópicos da Física básica e avançada. Qual a visão de ciência que eles desenvolvem ao se depararem com as teorias científicas? Será que eles percebem não somente os sucessos da ciência, mas também as limitações das teorias, bem como dos cientistas?

No capítulo 1, tratamos da questão teórica da natureza da ciência (NdC), o debate em torno da sua “definição” e os consensos encontrados pelos pesquisadores. Tratamos das implicações da NdC para a formação de professores,

apresentamos, brevemente, o currículo do curso de Física da UFSM e caracterizamos a revisão bibliográfica realizada previamente.

No capítulo 2, buscamos descrever como se deu a implementação da pesquisa, apresentando o contexto da disciplina em que ela ocorreu, descrevendo as aulas ministradas e acompanhadas, bem como os instrumentos que foram responsáveis pelo levantamento dos dados.

No capítulo 3, discutimos os resultados que foram obtidos através dos 5 instrumentos aplicados, realizando a triangulação entre eles, para melhor mapeamento das concepções dos alunos. Ao final desse capítulo, analisamos a abordagem realizada, bem como a pertinência das atividades propostas aos estudantes.

Por fim, no capítulo 4, fazemos uma descrição geral de toda a pesquisa, trazendo as principais conclusões, a partir dos resultados.

Objetivos

- **Objetivo geral**

Investigar as concepções apresentadas pelos estudantes de graduação em Física da UFSM a respeito da natureza da ciência e o avanço dessas concepções em uma disciplina baseada em História da Ciência.

- **Objetivos específicos**

Realizar revisão bibliográfica nos principais periódicos nacionais de Ensino de Ciências, sobre os trabalhos em que foram realizadas intervenções didáticas sobre História e Filosofia da Ciência para o ensino da natureza da ciência e os artigos que pesquisam concepções sobre a natureza da ciência;

1. Investigar as concepções iniciais sobre a natureza da ciência dos estudantes de Física na disciplina Fundamentos Históricos e Filosóficos da Física;
2. Construir e aplicar atividades aos estudantes investigados, na disciplina de Fundamentos Históricos e Filosóficos da Física, de forma a explicitar os aspectos da natureza da ciência e de propiciar reflexão sobre os temas abordados;

3. Identificar possíveis avanços ou variações nas concepções dos estudantes ao longo da disciplina Fundamentos Históricos e Filosóficos da Física através de diferentes instrumentos;
4. Avaliar a abordagem realizada na disciplina Fundamentos Históricos e Filosóficos da Física, bem como a pertinência das atividades propostas aos estudantes durante o andamento da disciplina para auxiliar na evolução das concepções;
5. Avaliar em que medida a discussão de tópicos da História da Ciência podem auxiliar na evolução de concepções de estudantes de graduação.

Coloca-se, assim, a questão central dessa pesquisa: “De que forma uma disciplina baseada em História da Ciência pode contribuir na evolução das concepções sobre a natureza da ciência de estudantes de graduação em Física?”

1. É possível falar em *natureza da ciência*?

1.1. Origem, debate e consensos

A natureza da ciência está inserida na epistemologia da ciência, sendo que a Epistemologia (epistème, do grego, conhecimento) é uma área da Filosofia que se concentra no estudo da origem do conhecimento em geral, com suas origens remontando à Grécia antiga. De uma forma geral, a Epistemologia abarca o interesse humano em descrever o modo como chegamos a conhecer algo. A Epistemologia da Ciência é o estudo da origem do conhecimento científico, sendo fundamentada na História da Ciência. Ela procura responder questões sobre o que é a ciência, quais os aspectos importantes no processo da ciência, quais as relações existentes entre observação e teoria, como se dá a validação do conhecimento científico, como se delimita a fronteira entre o conhecimento científico e outras formas de conhecimento, o verdadeiro papel do cientista na construção da ciência, etc. (MASSONI, 2010, p. 66).

Já na Antiguidade Clássica, existiu um esforço para a definição da natureza da ciência. Aristóteles, por exemplo, propondo o seu método indutivo-dedutivo, procurava responder a questão da produção do conhecimento (SILVEIRA E OSTERMANN, 2002, p. 7). Mais tarde, nos escritos de Francis Bacon, John Locke e Descartes, por exemplo, sobre o método científico (séculos XVI e XVII), aparece outra tentativa de se aproximar do que seria mais essencial no trabalho científico. No século XX esse interesse se manifestou com mais força, sobretudo nos trabalhos pioneiros de Karl Popper e Thomas Kuhn. Outros filósofos da ciência fizeram contribuições importantes para a discussão, tais como Paul Feyerabend, Imre Lakatos, Gaston Bachelard, Larry Laudan, entre outros.

Os diferentes trabalhos se debruçaram sobre pontos distintos a respeito da ciência, sendo o marco inicial a crítica ao indutivismo científico, feita por Karl Popper (CHALMERS, 1993). Thomas Kuhn tratou a história da ciência em termos de revoluções e Feyerabend se posicionou fortemente contrário ao método científico, Lakatos disse que a ciência se desenvolve através de *programas de pesquisa científica*, da competição entre eles e da superação dos programas, Bachelard

desenvolveu o conceito de perfil epistemológico e para Laudan a ciência se desenvolve se uma nova teoria resolve mais problemas do que sua predecessora, sejam problemas empíricos ou conceituais (MOREIRA e MASSONI, 2011).

Com os trabalhos dos epistemólogos citados acima, houve um rompimento com as visões puramente indutivistas e empíricas, sobretudo no que diz respeito à fonte do conhecimento científico, que para Bacon e John Locke, estava certamente na observação e experimentação (MASSONI, 2010, p. 69). Os filósofos da ciência, em suas teorias epistemológicas contemporâneas questionaram essa premissa, pois a história da ciência parecia apontar para outro caminho. Popper, por exemplo, em seu livro *Conjecturas e Refutações* (POPPER, 1980, p. 214), comentando sobre o trabalho de Nicolau Copérnico, admite que um dos argumentos mais importantes para o sistema Heliocêntrico proposto não era exatamente um argumento físico, fruto de observações, ao contrário, o Sol estava no centro do Universo por razões metafísicas, possivelmente por causa da influência (neoplatônica) no pensamento de Copérnico (SILVEIRA, 1996, p. 208).

Dentre todos os aspectos que foram explorados pelos principais epistemólogos, costuma-se denominar “natureza da ciência” os pontos em comum existentes entre seus trabalhos. Encontrar esses pontos de concordância não é uma tarefa fácil, pois “os conceitos sobre a natureza da ciência, assim como o conhecimento científico são dinâmicos” (ABD-EL-KHALICK, 2000, p. 1062). Porém, é possível se ancorar em inúmeros pesquisadores que tem destacado as características que são mais importantes para a melhor compreensão da ciência, através das teses dos filósofos da ciência e das pesquisas já realizadas em ensino de ciências. Sobre isso, Gil-Pérez et al (2001), afirma:

num segundo tempo, a nossa conjectura assumiu que a referida imagem pode obter-se diretamente a partir da consideração do que têm em comum as diversas perspectivas e teses epistemológicas de autores como Popper (1962), Khun (1971), Bunge (1976), Toulmin (1977), Lakatos (1982), Laudan (1984), Giere (1988). Para isso, procuramos os ditos pontos comuns – deixando de lado as inevitáveis interpretações, diferenças e mesmo divergências – com o objetivo de extrair algumas proposições básicas em torno da atividade científica (GIL-PÉREZ et al, 2001, p. 127).

Para que possamos elencar os elementos mais importantes que integram a NdC, é necessário que as divergências sejam deixadas de lado. Hodson (1985, p. 31), faz uma pequena lista sobre as concordâncias expostas pelos autores e pesquisadores sobre a natureza da ciência¹:

- I. A observação é afetada pelos sentidos, emoções, etc;
- II. A observação depende de teoria, portanto, é falível;
- III. A observação indireta depende de instrumentação;
- IV. A observação e a teoria tem status diferente;
- V. Os conceitos e as teorias são construídos por invenção e abstração;
- VI. As teorias são, muitas vezes, justificadas por evidências experimentais posteriores;
- VII. Os conceitos tem significado restrito ao contexto teórico;
- VIII. Os conceitos e as teorias tem status temporário;
- IX. A indução é inadequada para descrever o método científico.

Para este trabalho, seja para as atividades que desenvolvemos durante as aulas, seja para a análise dos instrumentos, nos baseamos no trabalho de Gil-Pérez et al (2001), em que foram identificadas deformações do trabalho científico através da realização de *workshops* com professores e da análise de artigos sobre educação científica e didática, buscando enumerar possíveis visões inadequadas sobre a ciência. Os resultados levaram os pesquisadores a desenvolverem sete categorias que foram denominadas *visões deformadas sobre o conhecimento científico*. Abaixo, descrevemos brevemente as sete visões deformadas:

I. Concepção empírico-indutivista e ateórica

Concepção que destaca o papel neutro da observação e da experimentação, deixando de lado o papel que tem a elaboração de hipóteses para as novas teorias.

II. Visão rígida (algorítmica, exata, infalível);

É a visão que supervaloriza o método científico como sendo universal e infalível, pois contém passos exatos para se chegar à explicação dos fenômenos.

¹ Traduzido por Harres, 1999.

III. Visão aproblemática e ahistórica

Esquece-se dos problemas que deram origem aos conhecimentos que estão sendo transmitidos, bem como as dificuldades que a teoria teve para permanecer confiável e sua evolução.

IV. Visão exclusivamente analítica

Tende a restringir os estudos, dividi-los, limitando e simplificando os corpos de conhecimentos, esquecendo dos esforços de unificação.

V. Visão acumulativa de crescimento linear

O conhecimento científico é tratado como produto de um crescimento cumulativo e linear, ignorando as crises.

VI. Visão individualista e elitista da ciência

Todo conhecimento científico é obra de gênios, ignorando-se as trocas entre os pares, a comunidade científica, os erros nos empreendimentos dos próprios cientistas, etc.

VII. Visão socialmente neutra da ciência

Não se leva em consideração as relações entre Ciência, Tecnologia e Sociedade e suas influências sobre a elaboração de teorias científicas.

Dentre as visões deformadas citadas acima, destacamos as duas primeiras: *empírico-indutivista* e *ateórica e rígida*, que, segundo os autores, são as que mais encontram respaldo na literatura, segundo o próprio trabalho de Gil-Pérez et al (2001). Essas duas concepções foram pesquisadas em nosso trabalho e serão melhor exploradas.

Além das concepções consideradas inadequadas, Gil-Pérez et al (2001), também enumera cinco visões que seriam consideradas adequadas sobre o trabalho científico, chamadas, pelos autores, “características essenciais do trabalho científico”, que compreenderiam elementos que possibilitam uma visão considerada mais próxima da natureza da ciência. São cinco características, que descreveremos, brevemente, a seguir, opostas às “visões deformadas”. A primeira se trata da recusa do Método Científico “como um conjunto de regras perfeitamente definidas”. A segunda característica é a recusa do empirismo, da “inferência indutiva a partir de dados puros”. Um terceiro aspecto a ser ressaltado é o papel da investigação e do pensamento divergente na construção das teorias, bem como das hipóteses e dos modelos. O quarto ponto é a busca de coerência global com o corpo de conhecimentos vigente na comunidade científica. Por fim, os autores destacam o caráter social do desenvolvimento científico. Para eles, essas cinco características são as mais fundamentais do trabalho científico.

1.2. Natureza da ciência na Educação em Ciências e formação de professores

No âmbito do Ensino de Ciências, a Epistemologia da Ciência está colocada na área de História e Filosofia da Ciência (HFC), que tem sido muito desenvolvida na pesquisa em Ensino de Ciências. Matthews (1995), sobre a aproximação entre História e Filosofia da Ciência explica que se deve além de ensinar ciência, ensinar sobre ela, não deixando de lado o modo como ela é desenvolvida. Discute-se, na comunidade científica, nos programas de Ensino de Ciências e nas orientações curriculares dos países (AAAS, 1990; BRASIL, 1998; 2000; 2002, 2013), como se deve incluir os temas históricos e filosóficos da ciência no currículo de Ensino de Ciências em diversos países. Também no Brasil, os Parâmetros Curriculares Nacionais para o Ensino Médio (2000), assinalam a necessidade de competências e habilidades e indicam essa tendência:

Permitam ao educando compreender as ciências como construções humanas, entendendo como elas se desenvolvem por acumulação, continuidade ou rupturas de paradigmas, relacionando o desenvolvimento científico com a transformação da sociedade (Brasil, 2000, p. 95).

Os Parâmetros Curriculares Nacionais para o Ensino Fundamental também tratam desse assunto:

Especialmente a partir dos anos 80, o ensino das Ciências Naturais se aproxima das Ciências Humanas e Sociais, reforçando a percepção da Ciência como construção humana, e não como verdade natural, e nova importância é atribuída à História e à Filosofia da Ciência no processo educacional (BRASIL, 1998, p. 21).

As Diretrizes Curriculares Nacionais (BRASIL, 2013) destacam que é preciso ensinar a compreender o que é ciência, qual sua história e a quem ela se destina. Sendo assim, a educação científica encontra o seu objetivo não somente na prática e na aquisição de técnicas ou o contato com as teorias mais importantes, por parte dos estudantes, mas podemos afirmar que:

Objetivos da educação científica: discutir a natureza da ciência, seus procedimentos, desafios e limitações da ciência e a discussão sobre o processo de construção do conhecimento científico. (ABD-EL-KHALICK e LEDERMAN, 2000).

Sendo assim, é importante que também os cursos de graduação nas áreas das Ciências Naturais, especialmente os cursos de licenciatura, e até mesmo os cursos de formação de professores para o ensino Fundamental, incluam em seus currículos temas que dizem respeito à História e Filosofia da Ciência.

Harres (1999) pesquisou as concepções de professores de diferentes níveis da Educação Básica e como estas podem influenciar em sua prática pedagógica. Seus resultados apontaram para uma necessidade urgente de maior discussão histórica e filosófica da ciência, para que os professores não influenciem os seus alunos com as mesmas visões consideradas distorcidas.

É necessária uma integração genuína, permeados por uma reflexão epistemológica profunda, que leve o futuro professor a questionar o seu modelo didático pessoal e a sua Concepção da Natureza da Ciência e da sua epistemologia pessoal, contrastando-a com as hipóteses evolutivas estabelecidas na programação curricular (PORLÁN, 1998, *apud* HARRES, 1999, p. 177).

A partir dos resultados obtidos pelo autor, tem-se que as concepções que os professores possuem a respeito da natureza da ciência podem influenciar na maneira em que irão preparar e ministrar as suas aulas, pois o professor é levado a refletir sobre o modelo didático que utiliza, bem como as teorias de aprendizagem que estão presentes em sua prática.

Há, de certa forma, grande quantidade de materiais que foram desenvolvidos em pesquisas sobre a inserção de história e filosofia da ciência na sala de aula, bem como os aspectos que dizem respeito à natureza da ciência, e esse número tende a crescer, tanto na perspectiva nacional, quanto na realidade internacional.

Porém, os trabalhos que apresentam aplicação didática são ainda em pequeno número. A falta de intervenções reais e empíricas impede que sejam delineadas as limitações do uso de HFC, principalmente no ensino de ciências (TEIXEIRA et al, 2009; TEIXEIRA, 2012).

Em nosso trabalho, devido ao contexto em que está inserido, não iremos trabalhar com as teorias dos epistemólogos de forma explícita durante a pesquisa, mas tão somente com os tópicos da natureza da ciência que são considerados consenso na literatura.

1.3. Currículo do curso de Física da UFSM e a disciplina de Fundamentos Históricos e Filosóficos da Física

O currículo dos cursos de Física (Bacharelado e Licenciatura Diurno e Noturno) da Universidade Federal de Santa Maria (UFSM) prevê apenas uma disciplina para a discussão de aspectos de História e Filosofia da Ciência, que é a disciplina Fundamentos Históricos e Filosóficos da Física. Segundo a análise realizada por Schirmer (2012), outras duas disciplinas mencionam, em suas ementas, aspectos que tem relações com História e Filosofia da Ciência. São elas: Didática da Física I e Didática da Física II. Porém, o modo com os professores ministram as suas disciplinas ao longo do curso, bem como a abordagem utilizada pelos livros didáticos adotados, pode influenciar a visão dos alunos sobre a ciência. Contudo, destacamos que a ementa da disciplina Fundamentos Históricos e Filosóficos da Física não traz temas sobre a Filosofia da Ciência, mas tão somente da História da Ciência, como ressalta Schirmer (2012).

A disciplina está localizada nos últimos semestres do curso, seja para licenciatura ou bacharelado, diurno e noturno. A esse respeito, Schirmer observa que nesse período do curso, “os licenciandos já elaboraram quase todos os planejamentos didáticos que são exigidos durante o curso” e, por isso, critica:

Aparentemente, os cursos de Licenciatura em Física da UFSM (diurno e noturno) parecem não dar conta de articular de forma efetiva HFC aos conteúdos de Física de forma a subsidiar os futuros professores na utilização dessa perspectiva em sua prática (SCHIRMER, 2012, p. 35).

Nas próximas três páginas, os Quadros 1, 2 e 3, trazem as grades curriculares dos três cursos envolvidos na pesquisa.

1º Semestre	2º Semestre	3º Semestre	4º Semestre	5º Semestre	6º Semestre	7º Semestre	8º Semestre
CÁLCULO I	CÁLCULO II	CÁLCULO III	MÉTODOS NUMÉRICOS		MECÂNICA CLÁSSICA I	DCG I	DCG II
TÓPICOS DE FÍSICA CONT.		EQUAÇÕES DIFERENCIAIS I	EQUAÇÕES DIFERENCIAIS II	PSICOLOGIA DA EDUCAÇÃO	ELETROMAGNETISMO I	MECÂNICA QUÂNTICA I	ESTRUTURA DA MATÉRIA
FÍSICA I	FÍSICA II	FÍSICA III	FÍSICA IV	POL. PUB. E GESTÃO NA ED. BÁSICA	TERMODINÂMICA	LABOR. FÍS. MODERNA	
LABOR. DE FÍSICA I	LABOR. DE FÍSICA II	LABOR. DE FÍSICA III	LABOR. DE FÍSICA IV	UNIDADES DE CONT. DE FÍSICA I	UNIDADES DE CONT. DE FÍSICA II	ELETRÔNICA PARA FÍSICA	
COMP. BÁS. FÍS.FORTRAN	QUÍMICA GERAL INORGAN.	DIDÁTICA I DA FÍSICA	DIDÁTICA II DA FÍSICA	ESTÁGIO SUPERV. ENS. FIS. - I	ESTÁGIO SUPERV. ENS. FIS. - II	ESTÁGIO SUPERV. ENS. FIS. - III	ESTÁGIO SUPERV. ENS. FIS. IV
		INSTR. EM ENSINO DE FÍSICA A	INSTR. EM ENSINO DE FÍSICA B	INSTR. EM ENSINO DE FÍSICA C	INSTR. EM ENSINO DE FÍSICA D	FUNDAMENTOS HISTÓRICOS E FILOSÓFICOS DA FÍSICA	

Quadro 1 - Grade curricular Licenciatura Diurna UFSM.

1º Semestre	2º Semestre	3º Semestre	4º Semestre	5º Semestre	6º Semestre	7º Semestre	8º Semestre
CÁLCULO I	CÁLCULO II	CÁLCULO III	MÉTODOS NUMÉRICOS	FÍSICA MATEM. I	FÍSICA MATEMÁTICA II	FUNDAMENTOS HISTÓRICOS E FILOSÓFICOS DA FÍSICA	FÍSICA DA MATÉRIA CONDENSADA
TÓPICOS DE FÍSICA CONTEMPORAN	ÁLGEBRA LINEAR	EQUAÇÕES DIFERENCIAIS I	EQUAÇÕES DIFERENCIAIS II	MECÂNICA QUÂNTICA I	ESTRUTURA DA MATÉRIA	MECÂNICA QUÂNTICA II	INTRODUÇÃO A ASTROFÍSICA
FÍSICA I	FÍSICA II	FÍSICA III	FÍSICA IV	LABOR. FÍS. MODERNA	ELETROMAGNETISMO I	ELETROMAGNETISMO II	FÍSICA DA ATMOSFERA
LABOR. DE FÍSICA I	LABOR. DE FÍSICA II	LABOR. DE FÍSICA III	LABOR. DE FÍSICA IV	ELETRÔNICA PARA FÍSICA	TERMODINÂMICA	MECÂNICA ESTATÍSTICA	FIS. NUCLEAR E DE PARTÍCULAS
COMP. BÁS. FÍS.FORTRAN	QUÍM.GER INORGAN.	DCG I	MECÂNICA CLÁSSICA I	MECÂNICA CLÁSSICA II	DCG III	ESTÁGIO SUPERV. ENS. FIS. - III	INTR.TEORIA DOS CAMPOS CLÁSSICOS PARTÍCULAS
					TRAB. DE GRADUAÇÃO I		TRAB. DE GRADUAÇÃO II

Quadro 2 - Grade curricular Bacharelado UFSM.

1º Semestre	2º Semestre	3º Semestre	4º Semestre	5º Semestre	6º Semestre	7º Semestre	8º Semestre	9º Semestre	10º Semestre
CÁLCULO I	CÁLCULO II	CÁLCULO III		COMP. BÁS. FÍS. FORTRAN	MÉTODOS NUMÉRICOS		DCG I		DCG II
TÓPICOS DE FÍSICA CONTEMPOR.	ÁLGEBRA LINEAR	EQUAÇÕES DIFERENCIAIS I	EQUAÇÕES DIFERENCIAIS II	QUÍMICA GERAL INORGÂNICA	TERMO-DINÂMICA	PSICOLOGIA DA EDUCAÇÃO	FUNDA-MENTOS HISTÓRICOS E FILOSÓFICOS DA FÍSICA	MECÂNICA QUÂNTICA I	ESTRUTURA DA MATÉRIA
FÍSICA I	FÍSICA II	FÍSICA III	FÍSICA IV	POL. PUB. E GESTÃO NA ED. BÁSICA	MECÂNICA CLÁSSICA I		ELETROMAGNETISMO I	LABORATÓRIO FÍSICA MODERNA	
LABORATÓRIO DE FÍSICA I	LABORATÓRIO DE FÍSICA II	LABORATÓRIO DE FÍSICA III	LABORATÓRIO DE FÍSICA IV			UNIDADES CONTEÚDO DE FÍSICA I	UNIDADES CONTEÚDO DE FÍSICA II	ELETRÔNICA PARA FÍSICA	
				DIDÁTICA I DA FÍSICA	DIDÁTICA II DA FÍSICA	ESTÁGIO SUPERV. ENS. FIS. I	ESTÁGIO SUPERV. ENS. FIS. II	ESTÁGIO SUPERV. ENS. FIS. III	ESTÁGIO SUPERV. ENS. FIS. IV
			INSTRUMENTAÇÃO ENSINO DE FÍSICA A	INSTRUMENTAÇÃO ENSINO DE FÍSICA B	INSTRUMENTAÇÃO ENSINO DE FÍSICA C	INSTRUMENTAÇÃO ENSINO DE FÍSICA D			

Quadro 3 - Grade curricular Licenciatura Noturno UFSM.

Devido a importância que as concepções sobre a natureza da ciência dos futuros professores e pesquisadores podem ter em sua futura prática docente, entendemos que é pertinente avaliar as concepções dos estudantes de graduação em Física da UFSM, verificando se estão mais próximas da NdC ou não e se podem avançar através de uma disciplina que traga a NdC à tona por meio de diferentes atividades e instrumentos, tornando possível o acompanhamento da evolução das concepções.

A disciplina em que a pesquisa foi realizada será descrita com maior detalhamento no capítulo 2, página 26.

1.4. Concepções abordadas e trabalhadas

Para estudar como as concepções sobre a natureza da ciência dos estudantes evoluíram durante a pesquisa, adotamos como referencial as visões consideradas deformadas no trabalho de Gil-Pérez et al (2001) e as consideramos como concepções que podem ser apresentadas pelos estudantes. É apenas uma denominação conveniente para nosso trabalho. Entendemos que cada visão deformada contém em si várias características, que podem ser exploradas e que fazem parte do núcleo da natureza da ciência. Por exemplo, nenhuma das sete visões deformadas que contenha o método científico em sua denominação, porém, além do tema ser importantíssimo para a discussão aqui proposta, percebemos que está intimamente relacionado com a *concepção 2*. Assim, alguns aspectos que não estão citados de forma explícita no texto de Gil-Pérez et al, serão incluídos em nosso estudo.

Para fins de análise, tomamos em nosso trabalho apenas as duas primeiras visões deformadas, chamando-as de CONCEPÇÃO 1 e CONCEPÇÃO 2. Essas duas concepções, segundo Gil-Pérez et al (2001), são as que se pode encontrar com maior frequência na literatura, bem como nas ideias dos professores pesquisados, como nos livros didáticos e entre os estudantes (KÖHNLEIN e PEDUZZI, 2005). Um dos instrumentos utilizados, o Instrumento 1, tem a maioria das suas afirmativas (18) relacionadas ou com a Concepção 1 ou com a Concepção 2 e, também por este motivo, decidimos avaliar essas duas concepções.

A CONCEPÇÃO 1 trata da visão empírico-indutivista. Segundo Gil-Pérez et al (2001):

É uma concepção que destaca o papel “neutro” da observação e da experimentação (não influenciadas por ideias apriorísticas), esquecendo o papel essencial das hipóteses como orientadoras da investigação, assim como dos corpos coerentes de conhecimentos (teorias) disponíveis, que orientam todo o processo. (GIL-PÉREZ et al, 2001, p. 129)

A CONCEPÇÃO 2 é decorrente da visão que trata a ciência com uma visão rígida, sobretudo, em relação ao método científico e à elaboração de hipóteses por parte dos cientistas.

Apresenta-se o “método científico” como um conjunto de etapas a seguir mecanicamente. Por outro lado, destaca-se o que se supõe ser um tratamento quantitativo, controle rigoroso etc., esquecendo - ou, inclusive, recusando - tudo o que se refere à criatividade, ao carácter tentativo, à dúvida (GIL-PÉREZ et al, 2001, p. 130).

No decorrer da pesquisa, as atividades, baseadas nos textos propostos, foram construídas com o objetivo de explorar essas duas concepções, ou outros aspectos que estejam implícitos nas suas definições.

1.5. Revisão bibliográfica

Realizamos uma revisão bibliográfica nos seguintes periódicos nacionais, buscando trabalhos que tratassem de epistemologia e natureza da ciência, inicialmente em seus títulos: *Caderno Brasileiro de Ensino de Física* (CBEF), *Revista Brasileira de Ensino de Física* (RBEF), *Revista Ensaio: Pesquisa em Educação em Ciências* (Ensaio) e *Investigações em Ensino de Ciências* (IENCI).

Selecionamos um total de 27 artigos previamente, conferindo todas as edições das revistas, desde o ano de 2003 até o ano de 2013. Apesar da pequena quantidade de trabalhos com a temática pesquisada, o número vem aumentando nos últimos 5 anos, onde se concentram 60% dos artigos.

Após a leitura dos artigos selecionados previamente, apenas 8 artigos foram escolhidos para a análise mais detalhada pois tratavam de intervenções didáticas e concepções sobre a natureza da ciência.

Dentre os 8 artigos selecionados, encontramos 3 pesquisas aplicadas no Ensino Superior, 2 aplicadas no Ensino Médio, 1 no Ensino Fundamental e 1 pesquisa em um livro didático, sendo que um artigo realizava a pesquisa no ensino médio e superior.

Segundo os instrumentos que foram utilizados durante as pesquisas, há predominância da aplicação de questionários (6 artigos), abertos ou fechados e as outras pesquisas (2) utilizaram entrevistas semi-estruturadas, sendo que duas pesquisas utilizaram mais de um instrumento.

No quadro abaixo, podemos ver os trabalhos selecionados por revista:

Periódico	Ano	Nível de aplicação	Principais instrumentos
Caderno Brasileiro de Ensino de Física	2005	Ensino Médio	Questionário
	2008	Ensino Fundamental	Entrevistas semi-estruturadas
Revista Brasileira de Ensino de Física	2007	Ensino superior	Questionário
Revista Ensaio: Pesquisa em Educação em Ciências			
Revista Investigações em Ensino de Ciências	2004	Ensino Superior	Questionário
	2006	Ensino Médio	Entrevistas
		Ensino Médio e Superior	Questionário e entrevistas
	2007	Ensino Superior	Questionário e entrevistas
2009	Livros didáticos		

Quadro 4 - Relação dos artigos selecionados, de acordo com o ano de publicação, periódico, nível de aplicação e instrumentos utilizados.

Abaixo, faremos uma breve descrição das pesquisas, além dos encaminhamentos dados a partir da leitura dos artigos selecionados.

Köhnlein e Peduzzi (2005) apresentam um Módulo Didático que visa discutir o processo de construção da ciência através da Teoria da Relatividade Restrita. O módulo, estruturado de acordo com os Três Momentos Pedagógicos de Angotti e Delizoicov (1992) foi testado em uma turma da 4ª fase do Ensino Médio. Os autores defendem que é preciso levar para a sala de aula reflexões a respeito da natureza da ciência, pois o empirismo segue sendo a concepção mais difundida. Durante o módulo foram desenvolvidas diversas atividades e também aplicado um questionário inicial e final aos estudantes. Os resultados demonstraram que o Módulo Didático contribuiu para uma mudança significativa nas visões que os estudantes apresentavam sobre a natureza da ciência, pois, após o desenvolvimento das atividades, o desempenho no questionário foi considerado satisfatório. Além disso, os estudantes tiveram maior interesse nas aulas e participação ativa nas discussões propostas.

Figueirêdo e Paula e Borges (2008) acompanharam uma turma do ensino fundamental durante a 7ª e 8ª séries, semi-estruturadas com os alunos. Foi utilizada uma metodologia que tratava explicitamente da natureza da ciência no contexto dos conteúdos usuais da ciência. Os autores criticam o modo como o ensino de Ciências na Educação Básica se concentra mais no produto da ciência e muito pouco no seu processo. Isso, segundo eles, leva os alunos a desenvolverem visões sobre a ciência como uma atividade baseada em observações rigorosas, desprezando o papel da imaginação e o caráter provisório dos conhecimentos científicos. Os resultados mostraram que, ao final, os estudantes passaram a considerar a importância da imaginação e da criatividade para a construção da ciência. Assim, quando os estudantes encontram um ambiente que propicie a reflexão epistemológica, podem desenvolver imagens mais próximas da natureza da ciência, sobretudo no que diz respeito à presença da imaginação nas teorias científicas.

Moreira, Massoni e Ostermann (2007) apresentam os resultados quantitativos de mudanças que ocorreram nas concepções de estudantes de graduação em Física, após uma disciplina de história e epistemologia da física. A disciplina tratava dos períodos de desenvolvimento da física e das principais ideias de alguns filósofos da ciência, além das implicações da história e epistemologia para o ensino. Os pesquisadores aplicaram um questionário inicial e final, avaliando os resultados obtidos. Além disso, os alunos realizaram duas monografias finais na disciplina, uma delas sobre as epistemologias estudadas, que possibilitou uma análise mais

detalhada por parte dos pesquisadores. Os resultados do questionário, que continha 25 afirmativas, mostraram que a disciplina contribuiu para a evolução das ideias dos alunos sobre a natureza da ciência. Esse resultado confirmou o que foi obtido com a análise qualitativa dos outros instrumentos da pesquisa.

El-Hani, Tavares e Rocha (2004) relatam os resultados obtidos com uma proposta de ensino de história e filosofia da ciência através de episódios concretos da história da ciência que servem de suporte para discussões epistemológicas. A proposta foi aplicada para alunos do curso de bacharelado em Ciências Biológicas e os dados coletados a partir da aplicação do questionário VNOS-C (Views of the Nature of Science, Form C) ao início e no final da mencionada disciplina. Ao final da disciplina, com as respostas ao pós-teste, os autores detectaram que todos os alunos apresentaram evolução em suas respostas, em relação ao pré-teste. Os autores notaram, através da análise das respostas dos alunos, níveis diferentes de evolução para pontos distintos da natureza da ciência.

O artigo de Guridi, Salinas e Villani (2006) apresenta uma proposta de compreender as concepções epistemológicas de estudantes de física através da epistemologia de Larry Laudan. Em artigos anteriores, Guridi (1999) apresentou resultados da aplicação de questionário a estudantes de física após algumas aulas de Mecânica Newtoniana. Mais da metade das respostas do questionário revelaram visões “idealistas ingênuas” por parte dos estudantes, assim como visões empiristas e falsacionistas ingênuas. Em contraponto, mais de 50% das respostas foi compatível com uma visão mais adequada sobre o método científico e a transitoriedade do conhecimento científico. Os resultados da análise das concepções através da epistemologia de Laudan levaram os autores a formular dois aspectos que poderiam auxiliar na educação científica:

- É importante resgatar as concepções dos estudantes com cautela e procurar entender a racionalidade que as sustenta;
- Também é preciso explicitar para eles quais são os valores, as metas e as metodologias da ciência.

Os autores Pecharoromán e Pozo (2006) analisam as concepções epistemológicas intuitivas de estudantes sob dois aspectos: a natureza do conhecimento científico e como se adquire esse conhecimento. Outro aspecto analisado pelos pesquisadores é a influência do nível de instrução sobre as

concepções epistemológicas. Os autores defendem que as concepções epistemológicas que os estudantes possuem sobre o conhecimento científico, influenciam em diversos aspectos, podendo favorecer ou não a aprendizagem. Devido à complexidade de elucidar as concepções dos estudantes, os pesquisadores desenvolveram e aplicaram diversas atividades, que visavam estimar as ideias, quase sempre implícitas, apresentadas pelos estudantes. Os resultados mostram que as concepções a respeito da natureza do conhecimento científico são predominante objetivistas, com grande influência do nível de instrução. Nos menores níveis de instrução foi verificada uma ambiguidade entre as justificativas e as respostas dadas às atividades propostas. Ainda, verificaram-se diferenças entre as concepções a respeito da aquisição do conhecimento científico para diferentes níveis de instrução.

Scheid, Ferrari e Delizoivoc (2007) buscaram caracterizar as concepções sobre a natureza da ciência de estudantes de biologia. Para tanto, desenvolveram e aplicaram um questionário e realizaram entrevistas semi-estruturadas com os estudantes. A concepção de ciência adotada pelos autores é baseada na visão epistemológica de Ludwik Fleck. Os resultados demonstraram que as visões dos estudantes não estavam de acordo com uma visão mais adequada sobre a natureza da ciência, pois entende que o trabalho dos cientistas se caracteriza pela aquisição de leis naturais e verdades, considera os cientistas como gênios e descreve a ciência como socialmente neutra.

Martorano e Marcondes (2009) investigaram o modo como é tratada a cinética química nos livros didáticos e a consequente imagem da ciência ligadas à ele. Os autores defendem que a visão desenvolvida por estudantes é influenciada pelo tratamento dado aos conteúdos científicos nos livros didáticos. Após analisar 20 livros didáticos de química, sob as perspectivas empirista/indutivista e racionalista, resultou que a perspectiva empirista-indutivista é predominante nas três categorias utilizadas: concepção de ciência, o desenvolvimento da ciência e a construção do conhecimento científico.

Alguns resultados, presentes nos artigos desta revisão bibliográfica, foram importantes para o delineamento de nossa pesquisa, tais como:

- a utilização de vários instrumentos para a caracterização das concepções dos estudantes devido a complexidade das ideias dos estudantes;

- o uso do questionário (MOREIRA, MASSONI e OSTERMANN, 2007) como instrumento em nossa pesquisa, aplicando-o como pré e pós-teste, de acordo com a maioria das pesquisas;

- busca da utilização de uma abordagem contextualizada e explícita da natureza da ciência;

O trabalho de Moreira, Massoni e Ostermann (2007) realizou a discussão epistemológica através do estudo das epistemologias contemporâneas, diferentemente da abordagem realizada em nossa pesquisa, que não contém o estudo das obras ou principais conceitos dos filósofos da ciência. Já, o trabalho de El Hani, Tavares e Rocha (2004), realiza a abordagem a partir da história da ciência, para desenvolver os conceitos da natureza da ciência. Essa abordagem se aproxima, por um lado, de nosso trabalho, pois faz as discussões tendo a história da ciência como base. Mas, se distancia, porque não definimos conceitualmente a natureza da ciência, mas tão somente a problematizamos através das atividades, principalmente das questões propostas durante a disciplina.

Dentre os trabalhos que foram selecionados, o único trabalho que é aplicado a alunos de graduação em Física é o trabalho de Moreira, Massoni e Ostermann (2007). Realizado em uma turma do Curso de Física licenciatura, no âmbito de uma disciplina de história e epistemologia da Física, que tratava dos períodos históricos de desenvolvimento da Física e das teorias epistemológicas contemporâneas. O artigo mostra os resultados obtidos com a aplicação do questionário inicial e final, que também foi desenvolvido pelos pesquisadores.

A revisão bibliográfica mostrou-nos, sobretudo, a carência de estudos realizados em sala de aula, diretamente com estudantes, tratando das concepções sobre a natureza da ciência. Embora muitos pesquisadores concordem com a necessidade que existe da consideração desse tema na educação científica, são escassos os trabalhos que relatam experiências dentro do ambiente da sala de aula.

As conclusões acima justificam a pertinência de nosso trabalho, que foi desenvolvido na sala de aula, diretamente com os estudantes de graduação.

2. IMPLEMENTAÇÃO DA PROPOSTA

A metodologia utilizada na pesquisa foi qualitativa com alguns aspectos quantitativos. Além disso, trata-se de um estudo de caso. Primeiramente, realizamos uma revisão bibliográfica nos principais periódicos de Ensino de Física e de Ciências do Brasil, buscando artigos que tratassem da natureza da ciência, contendo materiais didáticos e aplicações em sala de aula.

Após a revisão bibliográfica, acompanhamos a disciplina de Fundamentos Históricos e Filosóficos da Física durante o primeiro semestre de 2014. Aplicamos, durante a disciplina mencionada, algumas atividades e instrumentos, que serão descritos a seguir, para realizar o mapeamento das concepções dos alunos e verificar a ocorrência ou não de avanço nestas.

2.1. Disciplina Fundamentos Históricos e Filosóficos da Física

A pesquisa foi desenvolvida no curso de Física da Universidade Federal de Santa Maria, na disciplina denominada Fundamentos Históricos e Filosóficos da Física. A disciplina faz parte da grade curricular obrigatória do curso de Física, sendo oferecida no 7º semestre do curso diurno (Licenciatura e Bacharelado) e no 8º semestre do curso noturno, com carga horária de 60h, correspondendo a 4 créditos.

O objetivo da disciplina é que o aluno ao final do semestre letivo seja capaz de “dissertar sobre as etapas da evolução da Física desde a Antiguidade até o tempo presente, identificar os possíveis desdobramentos da ciência contemporânea”. O programa da disciplina é estruturado em ordem cronológica (Quadro 5), tendo início com a Física desenvolvida pelos gregos e estendendo-se até a Física Moderna, incluindo o trabalho científico realizado no Brasil. Desta forma, a ementa está centrada na História da Ciência, citando em sua bibliografia, como referência à Filosofia da Ciência, apenas o livro “A estrutura das Revoluções Científicas” de Thomas Kuhn.

A disciplina seguiu a ordem cronológica proposta no programa (ver Quadro 5), apenas com algumas alterações. Nas aulas foram utilizados os textos que já haviam sido produzidos pelo professor, o qual ministra essa disciplina há alguns anos, e aplicadas as atividades desenvolvidas para a pesquisa. Os textos tratam de História da Ciência, baseados em biografias, livros de história da Ciência, textos originais de cientistas e artigos publicados em revistas científicas que tratam do desenvolvimento da Ciência, mais especificamente da Física.

No âmbito da disciplina, foram incluídas atividades, que serão detalhadas e apresentadas juntamente com a descrição das aulas, que contém as seguintes características: explicitam os aspectos da natureza da ciência, discutindo a partir do assunto do texto trabalho pelo professor e tem caráter colaborativo, para que as ideias dos estudantes possam ser confrontadas com a NdC, a partir da História da Ciência.

Ainda, incluímos outros 3 textos, com a aprovação do professor titular, para enriquecimento das discussões e dos temas propostos. Optamos por não incluir textos ou outros materiais que tratassem de aspectos da Filosofia da Ciência, para que pudéssemos explicitar esses aspectos, principalmente, com os questionamentos a serem respondidos pelos estudantes. Tendo, assim, por objetivo verificar como a discussão de tópicos de História da Ciência influencia nas concepções dos estudantes.

O professor da disciplina, do Departamento de Física da UFSM, pesquisador da área experimental, durante as suas exposições a respeito dos textos, buscava incitar a participação dos estudantes. O mesmo permitiu que o pesquisador acompanhasse as aulas e propusesse as atividades e instrumentos, dando liberdade ao pesquisador na implementação da pesquisa, inclusive para introduzir 3 textos em seu planejamento.

A abordagem utilizada durante a disciplina foi *contextual* e *explícita* (MATTHEWS, 1995; TEIXEIRA, 2012). Contextual porque trata dos aspectos da natureza da ciência através da História da Ciência. Explícita, pois, tem o objetivo de discutir a natureza da ciência e não apenas deixar que os estudantes abstraíam.

As atividades e aulas foram elaboradas em conjunto com o professor titular da disciplina. Ressaltamos a importância da colaboração feita com o professor da disciplina e o trabalho realizado em sala de aula com os estudantes.

Ao todo foram 16 alunos investigados. A turma do diurno continha 10 alunos, 8 alunos do Curso de Física Bacharelado e 2 alunos do Curso de Física Licenciatura Plena. No noturno foram 6 alunos, todos do Curso de Física Licenciatura Noturno.

(continua)

<p>UNIDADE 01 - FÍSICA NA ANTIGUIDADE</p> <p>1.1 O surgimento das ciências e da Filosofia.</p> <p>1.2 Ciências novas.</p>
<p>UNIDADE 02 - A IDADE MÉDIA E O PERÍODO PRÉ-RENAASCIMENTO</p> <p>2.1 Ciência e a queda do Império Romano.</p> <p>2.2 Ciência Árabe e outros aspectos da idade média.</p> <p>2.3 Ciência na China.</p>
<p>UNIDADE 03 - A REVOLUÇÃO GALILEANA</p> <p>3.1 Copérnico e o Sistema Heliocêntrico.</p> <p>3.2 Um diálogo acerca de dois sistemas de mundo: a Obra de Galileu Galilei.</p> <p>3.3 Conseqüências da revolução galileana.</p>
<p>UNIDADE 04 - A TERMODINÂMICA E A REVOLUÇÃO INDUSTRIAL</p> <p>4.1 Conceitos primitivos de calor.</p> <p>4.2 A descoberta da máquina a vapor.</p> <p>4.3 Primórdios da Revolução Industrial.</p>
<p>UNIDADE 05 - O SÉCULO IX</p> <p>5.1 A evolução da mecânica, do eletromagnetismo e da mecânica estatística.</p>
<p>UNIDADE 06 - A FÍSICA DO SÉCULO XX.</p> <p>6.1 Física Moderna e o surgimento da Mecânica Quântica.</p>
<p>UNIDADE 07 - DESAFIOS PARA A FÍSICA E A CIÊNCIA NO SÉCULO XXI</p> <p>7.1 Nanociência e nanotecnologia.</p> <p>7.2 Computação Quântica.</p> <p>7.3 Física Computacional.</p> <p>7.4 Problemas abertos na Ciência Contemporânea.</p>

(conclusão)

UNIDADE 08 - A FÍSICA NO BRASIL

8.1 Bartolomeu de Lourenço, Landell de Moura, José Bonifácio, Santos Dumont etc.

8.2 As ciências no Brasil no Início do Século XX.

8.3 A segunda guerra mundial e a fundação do CNPq e do CBPF.

8.4 O período do governo militar.

8.5 O amadurecimento e a profissionalização da comunidade de Física no Brasil.

Quadro 5 - Programa da disciplina Fundamentos Históricos e Filosóficos da Física

2.2. Descrição das aulas

Nesta seção serão descritas as aulas da disciplina de Fundamentos Históricos e Filosóficos da Física, que ocorreram durante o primeiro semestre letivo de 2014. As aulas seguiram planejamento semelhante para as duas turmas (diurno e noturno), por isso, ao realizar a descrição, não faremos distinção. Somente quando ocorreram diferenças consideradas significativas entre as aulas ministradas, tais diferenças serão destacadas no texto. Posteriormente, será feita uma descrição mais detalhada dos instrumentos utilizados durante a disciplina.

As atividades propostas consistiram de questionários, mapas, trabalhos, questões e tinham o objetivo de envolver os alunos nas discussões, explicitar as ideias dos estudantes e problematizar as concepções trabalhadas. Além disso, foram desenvolvidas atividades colaborativas para que os alunos trocassem ou compartilhassem as suas ideias.

- Aula 1

Na primeira aula, foi realizada a apresentação e introdução da disciplina, feita pelo professor, e a explicação da pesquisa que se realizaria durante o andamento do semestre, os estudantes que concordavam assinaram o Termo de Consentimento

Livre e Esclarecido (Apêndice B). Após, os estudantes responderam ao pré-teste (Instrumento 1), que está no apêndice A. Compareceram, nesta aula, 10 alunos do diurno e 6 do noturno.

- Aula 2

Na segunda aula, após uma introdução ao uso e construção de mapas conceituais, com a apresentação de um exemplo, os estudantes construíram o primeiro mapa conceitual (Instrumento 2), reunidos em grupos. Para tanto, receberam uma folha contendo 12 sugestões de palavras, para auxiliar na construção do mapa conceitual.

As palavras que os estudantes receberam foram as seguintes: ciência, método científico, teoria, experimento, crenças pessoais, verdade, comprovação, conhecimento, construção, modelos, criatividade e refutação.

- Aula 3

Na aula 3, os alunos receberam o texto intitulado “A Grécia antiga – berço da ciência ocidental”, com introdução denominada “Técnica, ciência e tecnologia”. Inicialmente, o texto discute as diferenças entre técnica, ciência e tecnologia, apresentando exemplos da história da ciência, como o advento da Termodinâmica, desenvolvida, sobretudo, para melhor desempenho das máquinas a vapor.

O restante do texto fala a respeito da ciência na Antiguidade e o esforço de inúmeros pensadores gregos, iniciando pelos filósofos pré-socráticos, entre eles, por exemplo, Telas de Mileto, Anaxímenes, Empedocles, Leucipo, Demócrito, Epicuro, Heráclito, Parmênides, Zenon e, por fim, Pitágoras e sua escola.

A partir da leitura prévia do texto, o professor apresentou, através de aula expositiva, uma introdução ao período histórico tratado no texto, comentando os vários pensadores citados no decorrer do texto. No final da aula, os alunos receberam uma pergunta (Questão 1).

Questão 1

O que caracteriza o trabalho científico dos gregos? Qual o método científico utilizado por eles?

O objetivo foi problematizar a ciência desenvolvida no período da Antiguidade, para gerar a reflexão, por parte dos alunos, muitas vezes presos à ideia de método

científico único e universal, trazendo à tona a Concepção 2. Os alunos responderam em duplas e, após, comentaram as suas respostas.

- Aula 4

Entregamos, ao início da aula, o texto intitulado “O período de ouro de Alexandria e sua biblioteca” para leitura prévia. O texto trata o período da criação da biblioteca em Alexandria como “auge da ciência grega”, pois passaram por ela Euclides, Arquimedes, Apolônio, Aristarco de Samus, Hiparco e Ptolomeu, comentando as contribuições de cada um deles.

- Aula 5

Na aula seguinte, a partir do texto “Aristóteles”, foram tratados aspectos gerais sobre as contribuições de Aristóteles, como a sua relação com Platão e sua importância para a ciência que estava sendo desenvolvida na Grécia. O professor comentou a vasta obra de Aristóteles, que vai desde a Filosofia, política e lógica, até astronomia, física e biologia.

- Aula 6

Nesta aula, foi abordada a Física de Aristóteles, seu modelo de Universo e a teoria dos 4 elementos, que trata da questão das forças. Ao final foram propostos dois questionamentos (Questão 2 e Questão 3), que estão descritos abaixo.

Questão 2

As ideias de Aristóteles a respeito do universo são consideradas importantes no desenvolvimento da ciência, principalmente, porque ele realizava observações. As observações são suficientes para explicar os fenômenos naturais?

A Questão 2, realizada na aula 6, foi proposta para que a *concepção 2* fosse problematizada, as relações entre a observação e a teoria, sobretudo a importância das teorias e hipóteses para a ciência.

Questão 3

Aristóteles concebia a Terra como sendo esférica, argumentando com razões estéticas e físicas. Os argumentos físicos estavam baseados em suas observações

e as razões estéticas, sustentadas na simetria da esfera. É aceitável que uma teoria científica contenha também questões estéticas em sua elaboração?

De acordo com o texto entregue nesta aula, Aristóteles considerava argumentos estéticos e físicos em sua visão de Universo. Haviam, portanto, hipóteses que não diziam respeito às suas observações. Por isso, questionamos a presença dessas razões que estavam mais relacionadas às crenças do que a experimentos, problematizando a *concepção 2*, com o objetivo de explicitar o processo de desenvolvimento da ciência, questionando a ideia de método científico universal.

- Aulas 7 e 8

Nas aulas seguintes, após as discussões a respeito dos esforços científicos realizados na Grécia Antiga, sobretudo de Aristóteles, introduzimos um texto de Edward Grant (1997), intitulado “Quando a Ciência Moderna começou?”, o qual tratava de alguns aspectos da Idade Média que foram importantes para que a Revolução Científica pudesse ocorrer.

Para o autor, no mínimo, foram três as pré-condições que permitiram que a Revolução Científica acontecesse: a tradução das obras de ciência e filosofia natural greco-arábicas para o latim, a formação da universidade medieval e a emergência dos teólogos e filósofos-naturais. Os alunos receberam sete perguntas relacionadas ao texto, a serem respondidas e entregues na aula seguinte.

- Aula 9

Os estudantes receberam, nesta aula, uma cópia, em português, do prefácio do livro “*De Revolutionibus Orbium Coelestium*” de Nicolau Copérnico, de 1543. O professor comenta que Copérnico parece não concordar com o prefácio assinado por Osiander, que tem caráter de “acalmar os ânimos” com a obra considerada revolucionária, pois trazia uma concepção do Universo completamente diferente da que era amplamente estudada e propagada na época.

Depois, o professor mostrou uma edição completa, em inglês, do livro de Copérnico e destacou que a dedicatória foi dada ao Papa Paulo III. Foi entregue, também, uma folha contendo um esboço do modelo planetário de Copérnico. O professor destacou que, apesar da mudança do sistema geocêntrico para

heliocêntrico, as órbitas permanecem perfeitamente circulares e aparecem apenas 6 planetas. Ao final, propusemos 2 questões, que serão descritas abaixo:

Questão 4

A principal obra de Copérnico (De Revolutionibus Orbium Coelestium) foi terminada, provavelmente, em 1532, sendo publicada somente em 1543, ano da sua morte. Antes disso, seus escritos teriam sido de conhecimento do papa, a quem ele dedicaria seu livro. O que o teria impedido de publicar a sua teoria?

O objetivo dessa atividade era que os estudantes pudessem refletir em torno da questão polêmica da publicação da obra de Copérnico e perceber todo o processo, muitas vezes conturbado, que envolve a publicação de trabalhos científicos e está diretamente relacionada com a construção da ciência.

Questão 5

Copérnico, no livro I, capítulo 10, do De Revolutionibus Orbium Coelestium escreve o seguinte: “No meio de todos os assentos, o Sol está no trono. Neste bellissimo templo poderíamos nós colocar esta luminária noutra posição melhor de onde ela iluminasse tudo ao mesmo tempo? Chamaram-lhe corretamente a Lâmpada, o Mente, o Governador do Universo; Hermes Trimegisto chama-lhe o Deus Visível, a Electra de Sófocles chama-lhe O que vê tudo. Assim, o Sol senta-se como num trono real governando os seus filhos, os planetas que giram à volta dele”. As hipóteses de Copérnico levam em conta somente dados experimentais? O que mais o influenciou?

A questão 5 tinha por objetivo gerar a discussão em torno do argumento utilizado por Copérnico na elaboração da sua teoria Heliocêntrica: um argumento metafísico, não experimental. Assim, verificamos de que modo a *concepção 2* mostrava indícios de estar presente ou não nas ideias dos estudantes.

- Aula 10

Nesta aula, entregamos, inicialmente e para leitura, um pequeno texto de autoria de I. Kepler e, posteriormente, o professor fez algumas considerações a respeito da importância das leis de Kepler para a teoria Copernicana.

- Aula 11

Leitura de escritos de Galileu, em especial a sua abjuração perante o tribunal do Santo Ofício. Após, entregamos outro texto, tratando de Isaac Newton. A respeito deste texto, o professor salientou a importância da mecânica da Teoria da Gravitação Universal, que findou com a separação entre a “física celeste” e “terrestre”, presente nos estudos astronômicos gregos, sobretudo na visão de Aristóteles.

O professor destacou, também, outras contribuições de Newton, como o disco e o prisma que levam o seu nome, bem como telescópios. Ainda, relatou a “disputa” entre Isaac Newton e Huygens no campo da óptica. Por fim, os alunos do noturno receberam o mapa conceitual construído na aula 2 (Instrumento 2), para que pudessem refazer, se julgassem necessário.

- Aula 12

O texto sobre o Mecanicismo de Descartes, produzido pelo professor, foi enviado previamente e, no início da aula, os estudantes, em dupla, responderam à duas questões sobre o texto, com o objetivo de introduzir o assunto. Após leitura das respostas, o professor comentou as respostas e seguiu tecendo comentários sobre o texto. Destacou a tentativa de Descartes de descrever o sistema planetário através da teoria mecanicista. Durante esse momento o professor faz o seguinte comentário: “O cientista é limitado pelas circunstâncias e pelos instrumentos que tem à disposição”.

Depois disso, foi proposto um trabalho individual de elaboração de uma linha do tempo, com o objetivo de situar os cientistas e suas teorias na época em que foram construídas. Para tanto, foram enviados os nomes de alguns cientistas, para serem situados em sua época e pesquisados os seus principais trabalhos.

- Aula 13

Com a entrega e apresentação das linhas do tempo construídas pelos alunos, o professor questiona sobre o trabalho de alguns cientistas que foram citados na atividade, como o Conde de Rumford (B. Thompson) e sua experiência do canhão sobre o calor e J. J. Thompson, o primeiro a conseguir medir o elétron.

Em meio às discussões, o professor afirma o seguinte: “Ninguém tinha visto átomos ou moléculas antes do século XX.” E, ainda: “há mais de um caminho para começar uma teoria na Física”, comentando as diferenças entre o início da

Termodinâmica, com a máquina a vapor e da Eletricidade, com o motor elétrico. Dessa forma, retomou a discussão do início da disciplina, das diferenças entre técnica, ciência e tecnologia.

- Aula 14

Inicialmente, nesta aula, os alunos receberam um texto sobre Ampère, de título “Os Ideólogos, Emmanuel Kant e Ampère”, que versava sobre sua relação com os ideólogos (nome cunhado por Napoleão) e a filosofia de Kant. Ampère se afastou do pensamento dos chamados Ideólogos, aproximando-se do pensamento filosófico de Kant, com algumas ressalvas, que diziam respeito ao método hipotético-dedutivo utilizado por Ampère, que permitia estudar, a partir dos fenômenos, entidades não observáveis.

O professor destacou a explicação dada por Ampère sobre o átomo, mesmo este permanecendo invisível, devido à carência de técnica e instrumentos na época. Além disso, em seus comentários, o professor abordou as várias áreas em que Ampère dedicou seus estudos, como matemática, estatística, química e, é claro, física. Ao final, propusemos duas questões (Instrumento 9 e Instrumento 10), a serem respondidas e entregues.

Questão 6

O método hipotético-dedutivo, proposto por Ampère, considerava a importância da criação de hipóteses, que depois seriam incorporadas em um processo de dedução, que é testado por experimentos. Esse método é ainda utilizado em Física? Cite ao menos um exemplo de teoria que foi desenvolvida com a utilização desse método. Esse é o método científico mais aceitável?” Quais características ele deve conter? Deve obedecer a uma ordem ou sequência?

Essa questão tinha por objetivo a reflexão a respeito do método científico, à luz do texto entregue e dos relatos de aula, relacionando-se com a *concepção 2*. Originalmente, foi aplicado em 3 etapas, mas aqui, para fins de relato e análise, o apresentamos de maneira unificada.

Questão 7

Muitos cientistas trabalharam com hipóteses que não podiam verificar experimentalmente, como é o caso dos atomistas modernos, sejam da Química ou

da Física. Como Ampère descrevia o comportamento do mundo que ele não podia acessar? Que recursos ele utilizava?

Desejamos explicitar as relações entre teoria e observação, explorando as tentativas de Ampère de explicar o átomo, mesmo carecendo de materiais e técnicas experimentais. Além disso, a importância das hipóteses, que depois serão ou não, corroboradas experimentalmente. Tentamos explorar, com esta questão, a concepção 1.

- Aula 15

O objetivo dessa aula era fornecer um panorama geral da Física no séc. XIX, através do texto sobre Boltzmann e o desenvolvimento da termodinâmica. O texto comenta a respeito do princípio da causalidade, presente na mecânica clássica, mas que tende a falhar quando as grandezas físicas não podem ser medidas com precisão, necessitando, então, da inclusão da estatística.

O professor ressaltou, durante a aula, que “fazemos ciência com o que não podemos ver”. Ainda, com vários exemplos, explicou a importância da estatística para a Física para auxiliar nos problemas de Mecânica Estatística.

- Aula 16

Os alunos do diurno construíram o segundo mapa conceitual (Instrumento 3) no início da aula. Depois, o professor comentou novamente sobre o surgimento da Mecânica Estatística e dois paradoxos: o paradoxo de Maxwell (demônio de Maxwell) e o paradoxo de Zermello, que estavam descritos no texto entregue na aula anterior e que receberam atenção de Boltzmann, que tentou resolvê-los.

O paradoxo de Maxwell está relacionado com a entropia, é um experimento mental, que aparentemente viola a Segunda Lei da Termodinâmica. O paradoxo de Zermello diz que para um tempo muito grande, um sistema fechado irá passar por todas as configurações possíveis, por maior que seja o número delas. Isso significaria, segundo Boltzmann, que a entropia, ora aumenta, ora diminui, o que não é verificável na natureza. Depois de muito esforço, Boltzmann conseguiu demonstrar que o paradoxo necessita de tempos muito grandes para ocorrer.

- Aula 17

Entregamos o texto intitulado “O século XX”, que tratava da Física no século mencionado no título do texto, o surgimento da Física Moderna. Assim, o professor proferiu considerações sobre a natureza da luz, os experimentos das fendas, dualidade onda partícula, Albert Einstein e o princípio da incerteza da Heisenberg.

O professor comentou sobre o experimento das fendas, comentando a dificuldade encontrada, disse que esses temas eram assuntos que “não gostaríamos de mexer”, por parecerem consolidados.

Na mesma aula, propomos um trabalho a respeito de três importantes áreas da física, a saber: Termodinâmica, Eletricidade e Eletromagnetismo. Juntamente com cada tema dos trabalhos, que foram realizados em grupos, entregamos algumas questões para nortearem a realização do mesmo. Cada grupo entregou uma versão escrita do trabalho e realizou apresentação oral em aula. As apresentações orais compreenderam 4 aulas.

- Aula 18

Entregamos algumas cartas originais de Einstein, retiradas de uma coletânea de escritos seus, que tratavam de conversas do cientista com outros cientistas importantes, como Niels Bohr e Erwin Schroedinger. Após a leitura das mesmas, o professor destaca que nas cartas “aparecem os percalços da teoria, que não tem espaço nos artigos”. Sobre uma carta enviada por Einstein a Niels Bohr, o professor comenta: “Bohr ‘colocou com a mão’ a quantização do momento”, pois não haviam evidências experimentais. Mesmo não sendo o objetivo da disciplina, o professor, em seus comentários, acaba por tratar de aspectos epistemológicos, como a elaboração de hipóteses, o processo de modelagem, entre outros aspectos relacionados com a natureza da ciência.

Ainda, o professor ressaltou o perfil de Einstein e o efeito fotoelétrico, contribuições de Louis deBroglie, finalmente, chegando ao paradoxo de Einstein-Podolsky-Rosen (EPR), que deixou de ser paradoxo, anos depois, quando foi comprovado. Ao final da aula, na turma do período noturno, foi apresentado um documentário sobre o projeto Manhattan.

- Aula 19

Após a leitura de mais alguns trechos de cartas de Einstein, sobre suas discordâncias com Schoeredinger e Heisenberg, o professor comenta: “os

cientistas escolhem por uma teoria ou outra”. Ao final, os alunos do diurno assistiram a alguns vídeos sobre Física moderna, contendo imagens de antigos congressos, com participação massiva dos cientistas modernos, como Einstein, Bohr, Marie Curie, entre outros.

- Aula 20

Foi exibido um documentário sobre a Física no Brasil, César Lattes, José Leite Lopes e a criação do Centro Brasileiro de Pesquisas Físicas (CBPF). O professor destaca, ao final do documentário, 4 pontos: a conjuntura geopolítica, as áreas de atuação, o imprevisto da política científica e o motivo da perda de protagonismo, como características do surgimento e desenvolvimento da física produzida no Brasil.

Nas quatro aulas seguintes, aulas 21, 22, 23 e 24, foram realizadas as apresentações dos trabalhos propostos anteriormente. Na primeira apresentação, sobre o assunto Eletricidade, após a exposição dos estudantes, o professor afirma que “a experiência não existe fora do modelo teórico”, referindo-se aos trabalhos de Luigi Galvani e Alessandro Volta, destacando, assim, uma importante característica da natureza da ciência. Na apresentação sobre Eletromagnetismo, comentando a superação do conceito de éter, um estudante disse que “se um cientista tiver evidências ao propor uma teoria, pode ser aceito por um certo tempo”. Na outra turma, em apresentação sobre o mesmo tema, após uma discussão sobre o conceito de éter, o professor faz outra afirmação relevante para os assuntos que desejávamos destacar: “quando vamos fazer alguma coisa (experimento científico), já trazemos ideias na cabeça”. Além disso, deixou claro que “a primazia de uma descoberta depende de aspectos exteriores à física”.

Na aula final, aula 25, os alunos responderam ao pós teste (Instrumento 5). Além disso, responderam duas questões a respeito do texto que trata da ciência nas nuvens e sobre Bruno Latour. Por fim, receberam duas questões avaliativas da disciplina, com perguntas sobre a pertinência da disciplina e as suas opiniões a respeito do modo como a disciplina foi ministrada. A última tarefa (Instrumento 4) foi a construção do terceiro mapa conceitual, que poderia ser entregue na próxima aula (apenas para entrega do mapa conceitual) ou enviado por e-mail e deveria ser realizada individualmente, sem consulta às sugestões dadas na construção dos dois mapas anteriores (Instrumento 2 e Instrumento 3).

2.3 Instrumentos utilizados na pesquisa

A pesquisa tem caráter qualitativo e quantitativo, e, para acompanhar a evolução dos estudantes, foram desenvolvidas e aplicadas várias atividades, já citadas e que serão descritas neste capítulo. Algumas atividades foram denominadas instrumentos, que foram analisados neste trabalho. Os instrumentos tem o objetivo de externalizar as ideias dos estudantes, possibilitando a análise e busca de indícios de avanço das concepções apresentadas pelos estudantes no decorrer da pesquisa.

2.3.1. Instrumento 1 (pré-teste) e Instrumento 5 (pós-teste)

Aplicamos o questionário desenvolvido por Moreira, Massoni e Ostermann (2007) como pré-teste e pós-teste e o denominamos Instrumento 1 e Instrumento 5. O questionário contém 25 afirmativas sobre “como é produzido o conhecimento científico: como ele evolui, como ele se diferencia de outros tipos de conhecimentos e outros aspectos” (MOREIRA, MASSONI e OSTERMANN, 2007).

Brandão et al (2011) faz um levantamento dos principais questionários utilizados para verificação das concepções de estudantes e professores de ciência sobre a natureza da ciência, que tem sido utilizados nas pesquisas na área, sobretudo, para análises quantitativas.

O questionário em questão foi escolhido devido à similaridade de condições em que foi desenvolvido e aplicado: disciplina de história e epistemologia da Física, oferecida no 7º semestre do Curso, com conteúdo programático que se aproxima do programa da disciplina Fundamentos Históricos e Filosóficos da Física, com a diferença relevante de que está presente o estudo das epistemologias contemporâneas, tendo uma turma de Licenciatura em Física da Universidade

Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS) como público alvo. Além disso, o instrumento foi validado e apresentou fidedignidade.

O pré-teste (Instrumento 1) foi aplicado no primeiro dia de aula, como descrito acima, e tinha por objetivo verificar as ideias iniciais dos alunos e o pós teste (Instrumento 5) na última aula. As afirmativas contidas no Instrumento I foram relacionadas com as visões deformadas de Gil-Pérez et al (2001), conforme está descrito na fundamentação teórica.

2.3.2. Instrumentos 2, 3 e 4 (mapas conceituais)

Como forma de melhor compreender o comportamento das concepções apresentadas pelos alunos durante o andamento da disciplina, propomos a confecção de 3 mapas conceituais por parte dos estudantes.

Mapa conceitual é uma ferramenta desenvolvida por Joseph Novak e colaboradores, que tem por objetivo representar relações significativas entre conceitos na forma de proposições (NOVAK e GOWIN, 1988), com grande contribuição para a teoria da Aprendizagem Significativa de Ausubel. Os mapas conceituais são uma “técnica flexível, podendo ser usados em diversas situações: instrumento de análise do currículo, técnica didática, recurso de aprendizagem, meio de avaliação” (MOREIRA e BUCHWEITZ, 1993). Devido a sua diversidade de aplicação, tem sido amplamente utilizados na pesquisa em Ensino de Ciências, sobretudo, para a busca de indícios de aprendizagem significativa de conceitos. Dentre as diversas características dos mapas conceituais destacamos uma que foi explorada em nosso trabalho: a recursividade. Essa característica valoriza o erro e auxilia na aprendizagem significativa. Sendo assim, os mapas podem ser refeitos, corrigidos e modificados (MOREIRA, 2005).

Em nossa pesquisa, não estamos nos referindo a conceitos, propriamente ditos, e, sim, a palavras com significados diversos que descrevem a construção do conhecimento científico e tem influência para a natureza do conhecimento científico, foram elas: ciência, método científico, teoria, experimento, crenças pessoais, verdade, comprovação, conhecimento, construção, modelos, criatividade e refutação. Por isso, propomos a atividade de construção dos mapas como forma de

auxiliar os estudantes a externarem as suas concepções, sobretudo nas relações que poderiam fazer entre as palavras que foram indicadas, bem como outras que poderiam incluir. Além disso, os mapas foram utilizados para auxiliar no processo de construção do conhecimento dos estudantes.

Os dois primeiros mapas (Instrumento 2 e Instrumento 3) foram construídos durante as aulas e em pequenos grupos, para a valorização da colaboração e discussão entre os alunos até chegarem a um consenso. Além disso, os estudantes receberam uma folha contendo sugestões de palavras (citadas acima) para a construção deste mapa conceitual. O terceiro mapa (Instrumento 5) foi construído ao final da disciplina, sem o auxílio da folha com as sugestões de palavras. Os mapas foram construídos no início, meio e fim da disciplina, para uma melhor caracterização da evolução das concepções.

Na análise dos dois primeiros mapas, assumimos que os estudantes, quando da decisão das palavras a serem incluídas no mapa conceitual e das relações feitas entre elas, entraram em consenso, ainda que pudessem possuir ideias discordantes. Por isso, se o mapa de um grupo apresenta indícios das concepções de seus componentes, representa o resultado das negociações feitas por eles durante a construção dos mapas.

2.3.3. Questões

Desenvolvemos, a partir dos textos sobre história da ciência, de autoria do professor e propostos na disciplina, 7 questões envolvendo a história e a filosofia da ciência. As questões foram aplicadas durante a disciplina e as respostas dos estudantes às essas questões serviram para auxiliar na investigação dos indícios das concepções dos estudantes e da pertinência do uso de textos sobre História da Ciência na formação inicial, em conjunto com as outras atividades.

O objetivo das questões era de explicitar a natureza da ciência e os aspectos mais importantes da construção do conhecimento científico, que podiam ser explorados nos relatos históricos e proporcionar a colaboração entre os estudantes, fomentando a troca de significados, para que eles pudessem externalizar as suas ideias.

Todas as questões foram baseadas nos textos produzidos e entregues aos alunos, com o objetivo de explorar o tema proposto nos textos, elucidando os aspectos da natureza da ciência contidos na narrativa histórica. Cada questão foi construída de acordo com alguma característica presente em uma das visões deformadas da ciência (GIL-PÉREZ et al, 2001), sobretudo as concepções 1 e 2.

Observamos que as questões se relacionam com as concepções, porém, suas respostas não foram analisadas neste trabalho, mas serviram para realizar o acompanhamento da disciplina.

Abaixo, apresentamos um quadro (Quadro 6) contendo a relação de todos os instrumentos e questões, apresentados de acordo com a ordem cronológica com que foram realizados pelos alunos.

(continua)

	Instrumento	Concepção
Pré-teste	1	1 e 2
Mapa Conceitual 1	2	1 e 2
Questão 1	-	1 e 2
Questão 2	-	2
Questão 3	-	2
Questão 4	-	1 e 2
Questão 5	-	2
Mapa Conceitual 2	3	1 e 2
Questão 6	-	2
Questão 7	-	1
Mapa Conceitual 3	4	1 e 2
Pós-teste	5	1 e 2

Quadro 6 - Relação dos instrumentos e questões com as concepções, em ordem cronológica

Foram cinco os instrumentos utilizados na pesquisa. Desse modo foi realizada a triangulação entre os instrumentos (pré-teste, mapas conceituais e pós-teste), a fim de buscar evidências das concepções dos estudantes.

O Instrumento 1 e o Instrumento 2 tinham como objetivo principal verificar as ideias iniciais dos estudantes sobre a ciência e sua natureza. O Instrumento 3, porque aplicado na metade do semestre letivo, tinha por objetivo fornecer um panorama do andamento das ideias dos estudantes e a influência sofrida pelas aulas, textos, discussões e atividades. Os Instrumentos 4 e 5 buscaram mapear o comportamento final das concepções dos estudantes, através dos indícios da presença ou não das concepções investigadas (concepção 1 – empírico-indutivista e atórica e concepção 2 – visão rígida) e da comparação com os instrumentos iniciais.

3. ANÁLISE E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

Os instrumentos implementados, que foram descritos anteriormente, a saber: o questionário (Instrumento 1 e Instrumento 5) e os mapas conceituais (Instrumento 2, Instrumento 3 e Instrumento 4), serão analisados neste capítulo, para a análise das concepções que os alunos apresentam. As questões que foram produzidas e aplicadas, referentes aos textos produzidos pelo professor titular da disciplina, irão servir de apoio para a compreensão mais apurada destas concepções dos estudantes. A análise foi realizada tomando como referência as concepções 1 e 2, de acordo com as visões deformadas da ciência delineadas por Gil-Pérez et al (2001), já descritas no capítulo 1. Ao final, analisaremos o desempenho dos estudantes de Licenciatura e Bacharelado, comparando os resultados obtidos.

3.1. Observações sobre a análise dos instrumentos

3.1.1. Pré e pós-teste (Instrumento 1 e Instrumento 5)

O Instrumento 1 (MOREIRA, MASSONI e OSTERMANN, 2007), composto por 25 afirmativas e com escala tipo *Likert* (Discordo Fortemente, Discordo, Indeciso, Concordo e Concordo Fortemente) foi aplicado aos 16 alunos, 10 do turno diurno e 6 do noturno. O escore máximo para cada afirmativa é 5, ou seja, a escala é de 1 a 5, crescendo na medida em que se aproxima da resposta esperada. Então, quando discorda-se fortemente de uma afirmação que se afasta do que é aceito como natureza da ciência ou concorda-se fortemente com uma afirmação que é mais correta em relação à NdC atinge-se o escore máximo. Portanto, o escore máximo total é de 125.

Para a análise das respostas do Instrumento 1, dividimos as afirmativas em torno das concepções 1 (empírico-indutivista e atórica) e 2 (visão rígida), já descritas no capítulo 1. As afirmativas que julgamos ter relação com a CONCEPÇÃO

1 são: 3, 7, 9, 13, 16, 17, 20, 25. Com a CONCEPÇÃO 2 nós relacionamos as afirmativas de número 1, 2, 4, 8, 15, 19, 21, 22, 23 e 24. Relacionamos, por semelhança, as afirmativas do questionário com as duas concepções adotadas no trabalho: empírico-indutivista e rígida. De acordo com o conteúdo de cada afirmativa, escolhemos as que se relacionavam mais explicitamente com os aspectos abordados pelas concepções.

Consideramos que o estudante apresenta indícios de concordar com a concepção 1 se, das 8 afirmativas do instrumento relacionadas com a concepção 1, ele apresentar pelo menos 5 destas.

De forma semelhante, consideramos que o estudante apresenta indícios de concordar com a concepção 2, se ele não assinalou conforme o esperado em 5 ou mais das 10 afirmativas relacionadas com esta concepção.

Nas afirmativas em que o estudante optou por marcar indeciso, consideramos que ele apresenta indícios de uma ideia confusa a respeito daquela afirmação e, portanto, não tomamos como relevante para fins de análise.

3.1.2. Mapas conceituais (Instrumentos 2, 3 e 4)

Durante a disciplina, no início, no meio e no final, cada aluno construiu 3 mapas conceituais para auxiliar na investigação de indícios da presença das concepções e sua possível evolução, através da análise dos mesmos. O primeiro mapa foi construído em grupos no segundo dia de aula, o segundo mapa foi realizado, novamente em grupos, na metade do semestre e o terceiro mapa foi construído individualmente na última semana de aula.

Para a construção dos dois primeiros mapas os alunos receberam uma folha contendo sugestões de conceitos que poderiam ser utilizados ou não para a realização da atividade. Para a elaboração do terceiro mapa conceitual, os alunos não receberam as sugestões, visto que a disciplina estava próxima do seu encerramento e desejava-se dar maior liberdade para que o estudante pudesse expressar suas ideias.

Após uma breve introdução sobre a utilização de mapas conceituais e a entrega de um exemplo, os estudantes fizeram um mapa conceitual em duplas ou trios, para valorizar a colaboração e a discussão.

Para a construção do mapa 2 (Instrumento 3), os estudantes refizeram o mapa conceitual anterior, com base no primeiro mapa que haviam construído, procurando manter os grupos que haviam se reunido inicialmente. Eles puderam fazer correções no mapa feito anteriormente ou fazer um novo, destacando as mudanças que haviam ocorrido.

O terceiro mapa foi realizado na última aula, individualmente e sem consulta aos conceitos sugeridos nas outras duas atividades.

Os mapas conceituais permitem a verificação das concepções apresentadas pelos estudantes, por isso, analisaremos aspectos gerais dos mapas conceituais das duas turmas, buscando evidências das concepções apresentadas pelos estudantes.

Para a análise dos mapas conceituais (Instrumentos 2, 3 e 4), os mesmos foram transcritos através do *software CmapTools*, para facilitar a legibilidade das palavras.

3.2. Análise das concepções de acordo com cada instrumento

Analisaremos os instrumentos utilizados na pesquisa para investigar indícios da presença ou não da Concepção 1 (empírico-indutivista e ateórica) e/ou da Concepção 2 (visão rígida), segundo Gil-Pérez et al (2001). Em suas respostas, os alunos receberam códigos: os alunos do diurno o código D, seguido por um número (de 1 a 10) e, se matriculados no bacharelado o código B ou na Licenciatura, o código L. Os alunos do noturno receberam o código N, seguido de um número de 1 a 6 e o código L, referente ao curso de Licenciatura.

3.2.1. Concepção 1: empírico-indutivista e ateórica

A concepção 1 é aquela que destaca, sobretudo, “o papel neutro da observação e da experimentação”, desprezando a importância da elaboração de hipóteses e dos corpos de teorias já existentes, que podem nortear a pesquisa científica (GIL-PÉREZ et al, 2001).

- Instrumento 1

Cada afirmativa do questionário (pré teste e pós teste) foi relacionada a uma das concepções tidas como visões deformadas sobre a ciência, de acordo com o referencial adotado (Concepção 1 e Concepção 2). As afirmativas que foram relacionadas com a concepção 1, de acordo com o seu conteúdo, são as de número 3, 7, 9, 13, 16, 17, 20, 25. Todas elas tratam da questão da visão indutivista da ciência e da supervalorização da observação e da experimentação em relação aos elementos teóricos, mesmo que de forma parcial.

Este instrumento foi respondido pelos alunos do diurno (10) no início da disciplina em que a pesquisa foi desenvolvida, para a verificação das ideias iniciais dos alunos, após assinatura do Termo de Consentimento Livre e Esclarecido. Os alunos que apresentaram indícios, de acordo com os critérios adotados, de concordar com a concepção 1 no pré teste foram 4 (40%), os alunos D1B, D3B, D4B e D9B.

Os alunos do noturno (6) também responderam ao instrumento na primeira aula. Nesta fase, os alunos que demonstraram concordar com a concepção 1 foram 3 (50%): os alunos N2L, N5L e N6L.

De acordo com os critérios adotados, dentre os 16 alunos participantes da pesquisa, 7 (43,7%) apresentaram indícios de que suas ideias estão de acordo com a concepção 1. Tal número não é considerado elevado e difere do resultado obtido por outros estudos, como em Moreira, Massoni e Ostermann (2007) (Quadro 7).

Das alternativas do instrumento 1 que correspondem à concepção 1, a alternativa 3 (abaixo) é a que melhor a descreve. Apenas 1 aluno (D6B) assinalou esta alternativa corretamente (escore 5) no pré-teste.

- *Qualquer investigação científica sempre parte de conhecimentos teóricos para só depois realizar uma testagem experimental.*

Este fato demonstra que a maioria dos alunos tende a concordar com alguns aspectos das concepção 1 de forma isolada.

- Instrumento 5

Ao final da disciplina, foram cinco alunos do diurno que concordaram com a visão distorcida apresentada, os alunos D1B, D6B, D7B, D8L e D9B. O número de alunos, em relação ao pré teste, aumentou em 10% (Quadro 7).

Cinco alunos modificaram a sua visão no pós teste (Instrumento 5). Os alunos D3B e D4B apresentavam a concepção no pré teste (Instrumento 1) e passaram a não apresentar no pós teste. Já, os alunos D6B, D7B e D8L não apresentavam a concepção no pré teste e passaram a apresentar no pós teste.

Os alunos do noturno que assinalaram as alternativas de acordo com a concepção 1 foram três: os alunos N2L, N5L e N6L, exatamente os mesmos do Instrumento 1 (Quadro 7).

Nenhum dos seis alunos do noturno mudou de concepção no pós teste (Instrumento 5), os que apresentavam ideias que se aproximam da visão considerada adequada e os que concordam com a concepção considerada inadequada apresentaram indícios de permanecerem com a mesma visão.

O aluno N6L foi o único, entre as duas turmas, que manteve as mesmas respostas nas 8 questões relacionadas à concepção 1 no pré teste e nos pós teste (Instrumentos 1 e 5), sendo apenas duas consideradas adequadas.

Abaixo, no quadro 7, podemos ter uma visão geral a respeito dos indícios da presença da concepção 1 nas ideias dos estudantes nos instrumentos 1 e 5.

(continua)

Aluno	Instrumento 1	Instrumento 5
D1B	Apresenta a concepção	Apresenta a concepção
D2B	Não apresenta a concepção	Não apresenta a concepção
D3B	Apresenta a concepção	Não apresenta a concepção
D4B	Apresenta a concepção	Não apresenta a concepção
D5B	Não apresenta a concepção	Não apresenta a concepção
D6B	Não apresenta a concepção	Apresenta a concepção
D7B	Não apresenta a concepção	Apresenta a concepção
D8L	Não apresenta a concepção	Apresenta a concepção
D9B	Apresenta a concepção	Apresenta a concepção
D10B	Não apresenta a concepção	Não apresenta a concepção
N1L	Não apresenta a concepção	Não apresenta a concepção
N2L	Apresenta a concepção	Apresenta a concepção
N3L	Não apresenta a concepção	Não apresenta a concepção
N4L	Não apresenta a concepção	Não apresenta a concepção

(conclusão)

Aluno	Instrumento 1	Instrumento 5
N5L	Apresenta a concepção	Apresenta a concepção
N6L	Apresenta a concepção	Apresenta a concepção

Quadro 7 - Desempenhos dos alunos no Instrumento 1 e no Instrumento 5, de acordo com a Concepção 1

- Instrumento 2

Foi possível verificar a ocorrência da *concepção 1* no mapa conceitual 1 construídos pelos estudantes (Instrumento 2). O mapa foi construído em grupos de dois a três integrantes, com o objetivo de fomentar a troca de significados e, por isso, consideramos que os estudantes entraram em acordo na escolha das palavras e ligações.

Ao todo, foram construídos 31 mapas. Devido a problemas técnicos alheios à nossa vontade, pudemos analisar somente 24 mapas. Acreditamos que este fato não prejudique a análise como um todo, pois fazemos uso de vários outros instrumentos.

Na análise, buscamos obter indícios da ocorrência da *concepção 1* através da escolha das palavras utilizadas e das relações entre elas. O fato desta concepção não ficar evidente no mapa não significa que o aluno não a apresente, mas tão somente que não ficou explícita em seu mapa.

Dos 4 mapas construídos pelos grupos formados pelos alunos do diurno, 2 contém indícios da presença da concepção 1. Por exemplo, no mapa construído pelo grupo 4, formado pelos alunos D6B, D7B e D10B, está presente a seguinte ligação (Figura 1), indicando que a observação vem antes da teoria, ou seja, está isenta de aporte teórico.

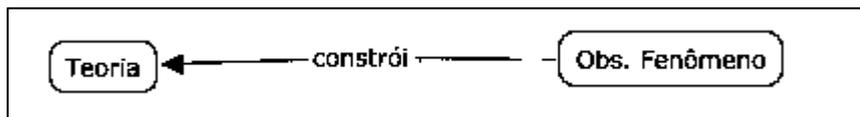


Figura 1 - Fragmento do mapa conceitual dos alunos D6B, D7B e D10B

Outro exemplo, em que consideramos a presença da concepção 1, está no mapa dos alunos D9B e D5B, como podemos ver na figura 2. Na parte superior do mapa está “fenômenos da natureza” e, logo abaixo, a palavra “conhecimento”, parecendo indicar que o conhecimento vem diretamente dos fenômenos naturais observáveis, sem a necessidade ou possibilidade da elaboração de hipóteses ou auxílio de teorias conhecidas. Há, ainda, uma ligação entre criatividade e teoria, assumindo a possibilidade de hipóteses, distanciando-se da concepção 1.

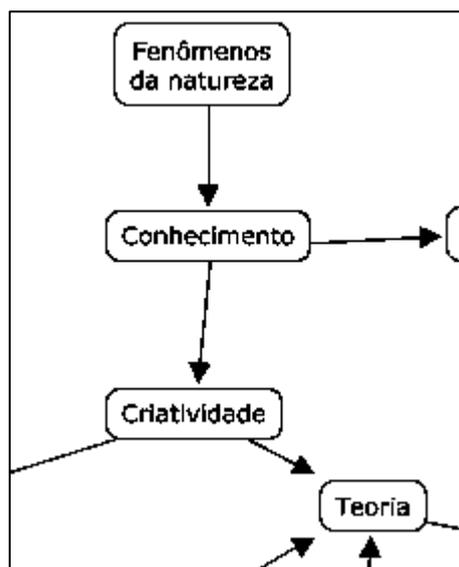


Figura 2 – Fragmento 1 do mapa conceitual dos alunos D9B e D5B

A palavra “ciência” também está relacionada com “teoria”, que é a palavra que recebe o maior número de ligações no mapa, como podemos ver na figura 3. Esse fato demonstra a importância dada pelos estudantes à “teoria” em seu mapa conceitual, ainda que não esteja diretamente ligada aos “fenômenos da natureza”.

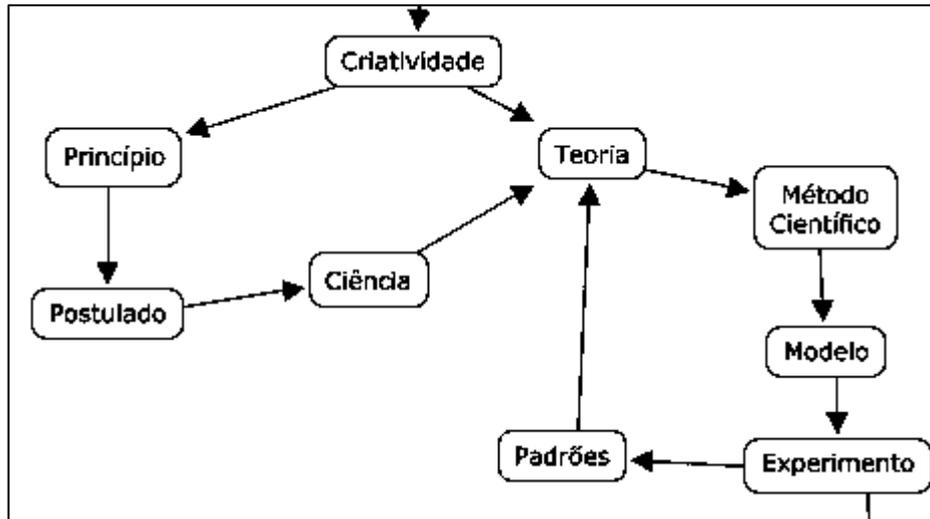


Figura 3 – Fragmento 2 do mapa conceitual dos alunos D9B e D5B

O mapa conceitual construído pelos alunos do noturno também apresentam indícios da presença da concepção 1. Como exemplo, apresentamos um fragmento do mapa dos alunos N2L, NL4 e N5L, de acordo com a figura 3. Encontramos duas ligações que parecem evidenciar a presença desta concepção.

Primeiro, os estudantes relacionam ciência com crenças pessoais, através da palavra de ligação “despreza”, indicando a *concepção 1*, como podemos ver no fragmento do mapa apresentado na figura 4:

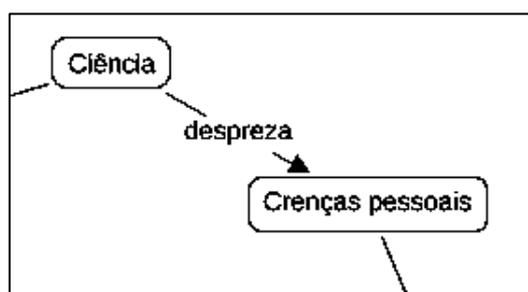


Figura 4 – Fragmento 1 do mapa conceitual dos alunos N2L, N4L e N5L

Além disso, destacaram que o “experimento” “comprova ou refuta” a “teoria” (Figura 5), indicando que o experimento tem status maior do que a teoria e que o experimento é desprovido de teoria e hipóteses.

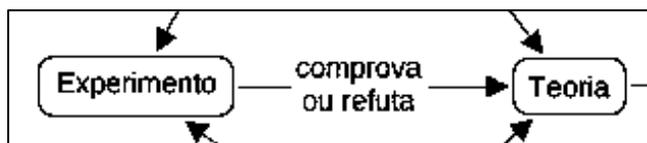


Figura 5 – Fragmento 2 do mapa conceitual dos alunos N2L, N4L e N5L

- Instrumento 3

A segunda atividade de construção de mapa conceitual foi realizada na metade do semestre letivo, na mesma folha em que o mapa conceitual 1 foi construído na aula 2. Buscamos, na medida do possível, manter os mesmos grupos do mapa conceitual 1, porém, alguns mapas foram construídos individualmente. Percebemos alguns avanços em relação aos primeiros mapas construídos (Instrumento 2).

No diurno, verificamos que 2 mapas passaram a não conter palavras que evidenciassem indícios da concepção 1. Por exemplo, o aluno D1B (Figura 6), assim como os alunos D4B e D9B fazem referência à elaboração de hipóteses. No mapa do aluno D1B, as hipóteses estão relacionadas com as crenças pessoais e com a teoria, indicando uma concepção um pouco mais sofisticada.

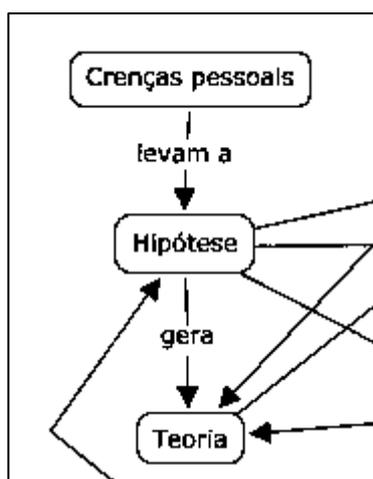


Figura 6 – Fragmento 1 do mapa conceitual construído pelo aluno D1B

Por outro lado, 6 mapas apresentaram indícios da concepção 1, inclusive os mapas dos alunos citados acima. (Quadro 8)

No noturno, aluno N5L , manteve a ligação entre “experimento” e “teoria”, mediada por “comprovação” e, também, a ligação entre “ciência” e “crenças pessoais” (Figura 7).

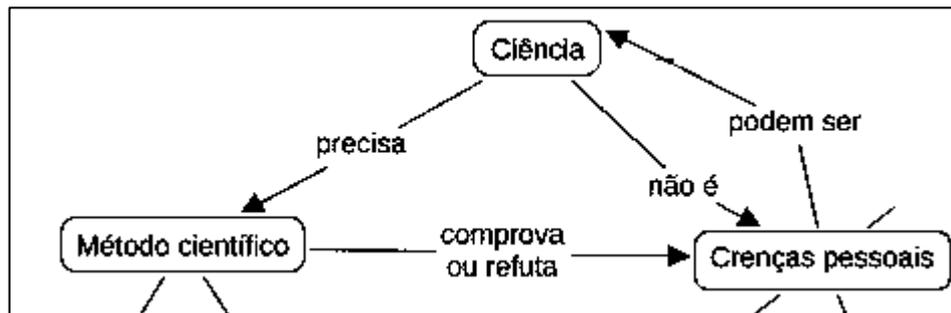


Figura 7 – Fragmento do mapa conceitual construído pelo aluno N5L

Além disso, visualizamos que foi incluída uma ligação entre “crenças pessoais” e “ciência” (Figura 7), através da palavra de ligação “podem ser”, indicando um possível avanço em suas ideias a respeito da NdC.

- Instrumento 4

O Instrumento 4 foi construído ao final da disciplina, individualmente e sem consulta às palavras sugeridas na construção dos outros dois mapas. Quatro estudantes do diurno e 2 estudantes do noturno apresentaram claramente indícios de concordarem com a concepção 1, pois valorizam a observação em detrimento da teoria. Por exemplo, o aluno D6B, manteve a ligação unidirecional que relaciona o método científico com a observação precedendo a teoria (Figura 8).

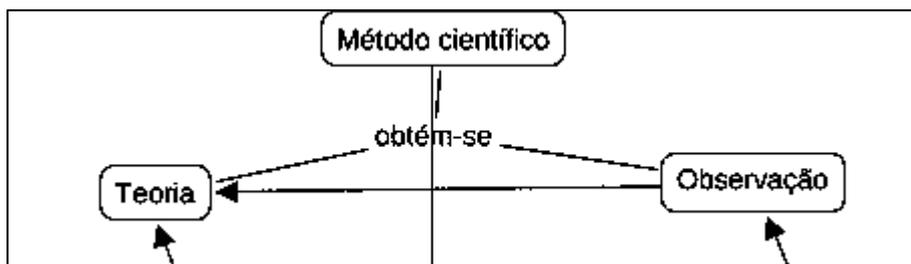


Figura 8 – Fragmento do mapa construído pelo aluno D6B

Dos dois alunos do noturno que demonstraram indícios de concordarem com a concepção 1, destacamos a ligação feita pelo aluno N2L (Figura 9):

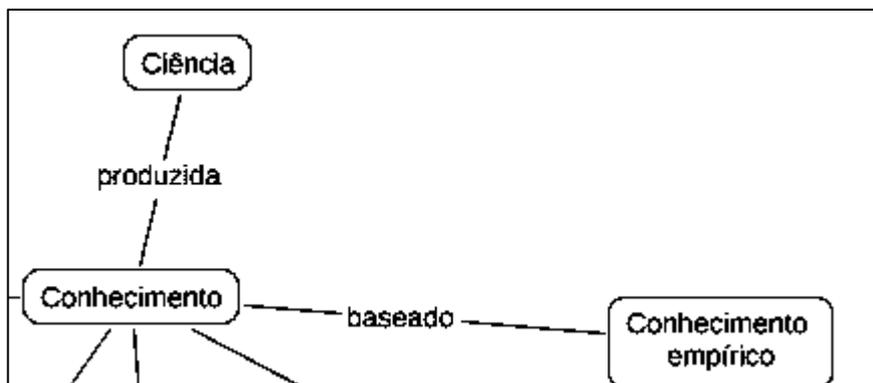


Figura 9 – Fragmento 1 do mapa conceitual construído pelo aluno N2L

A ligação, em nosso entendimento, indica que a base do conhecimento, para a ciência é o “conhecimento empírico”, valorizando, assim, os aspectos experimentais e observacionais em primeiro lugar e deixando de lado as hipóteses e teorias.

O quadro abaixo mostra o número de indícios da presença da concepção 1 nos mapas conceituais produzidos, de acordo com as relações feitas entre as palavras. As legendas I2, I3, e I4 referem-se aos instrumentos utilizados:

	D1 B	D2 B	D3 B	D4 B	D5 B	D6 B	D7 B	D8 L	D9 B	D10 B	N1 L	N2 L	N3 L	N4 L	N5 L	N6 L
I 2					2	2	2		2	2		2		2	2	
I 3	1				1	2			2	2					1	
I 4	2			2		1	2					2		2		

Quadro 8 - Número de indícios da presença da concepção 1 nos mapas conceituais

Os alunos D5B, D6B, D10B e N5L apresentaram menos evidências nos Instrumentos 3 e 4 em relação ao Instrumento 2, demonstrando um provável avanço na compreensão da natureza da ciência.

3.2.2. Concepção 2: visão rígida (algorítmica, exata, infalível)

Esta concepção apresenta uma visão de ciência extremamente fechada, baseada em tratamentos rigorosos e quantitativos de dados experimentais, “recusando tudo o que se refere à criatividade, ao carácter tentativo, à dúvida” (GIL-PÉREZ, 2001). Sobretudo, considera o “método científico” como sendo um algoritmo que, certamente, levará ao “conhecimento científico”.

- Instrumento 1

Analisamos as respostas do questionário, verificando as afirmativas que foram relacionadas à concepção 2. Ao todo, foram dez afirmativas (1, 2, 4, 8, 15, 19, 21, 22, 23 e 24) que se enquadravam, segundo a nossa visão, nesta concepção, mesmo que de forma parcial.

Inicialmente, apenas os alunos D1B e D6B do diurno demonstraram concordar com a concepção 2 nesse instrumento, configurando 20% do total da turma. Na turma do noturno, nenhum dos 6 estudantes demonstrou concordância

com a concepção 2 no pré-teste, não concordando com a visão considerada inadequada da natureza da ciência.

- Instrumento 5

No pós teste (Instrumento 5), apenas 1 estudante, D6B do diurno apresentou a concepção 2. No noturno, o aluno N5L passou a apresentar a concepção 2 no pós-teste. Portanto, ao todo foram 9, dos estudantes, que se aproximaram de uma visão considerada mais coerente da natureza da ciência.

No diurno, o aluno D1B apresentou um avanço, concordando com apenas uma afirmativa do questionário referente à concepção 2 e de acordo com os critérios adotados (pág. 50), não apresenta indícios de concordar com esta concepção. Por outro lado, o aluno D6B demonstrou permanecer com esta concepção, como podemos visualizar no quadro 9.

(continua)

Aluno	Instrumento 1	Instrumento 5
D1B	Apresenta a concepção	Não apresenta a concepção
D2B	Não apresenta a concepção	Não apresenta a concepção
D3B	Não apresenta a concepção	Não apresenta a concepção
D4B	Não apresenta a concepção	Não apresenta a concepção
D5B	Não apresenta a concepção	Não apresenta a concepção
D6B	Apresenta a concepção	Apresenta a concepção
D7B	Não apresenta a concepção	Não apresenta a concepção
D8L	Não apresenta a concepção	Não apresenta a concepção
D9B	Não apresenta a concepção	Não apresenta a concepção
D10B	Não apresenta a concepção	Não apresenta a concepção
N1L	Não apresenta a concepção	Não apresenta a concepção
N2L	Não apresenta a concepção	Não apresenta a concepção
N3L	Não apresenta a concepção	Não apresenta a concepção
N4L	Não apresenta a concepção	Não apresenta a concepção
N5L	Não apresenta a concepção	Apresenta a concepção
N6L	Não apresenta a concepção	Não apresenta a concepção

Quadro 9 - Desempenho dos alunos no instrumento 1, de acordo com a concepção 2

Dois alunos apresentaram indícios de modificarem as suas ideias no pós teste, em relação ao pré-teste. O aluno D1B assinalou as afirmativas de acordo com

uma visão mais apropriada da NdC, abandonando a concepção 2 no pós teste. O aluno N5L, de maneira contrária, se aproximou da concepção 2 no pós-teste, inclusive obtendo um escore total muito abaixo do seu próprio escore no pré-teste e dos escores dos outros estudantes no pós-teste.

- Instrumento 2

Ao analisarmos a ocorrência da concepção 2 neste instrumento, buscamos no mapa conceitual palavras de ligação que evidenciassem indícios da presença da referida concepção. A ausência explícita da presença da concepção 2 nos mapas não significa que os estudantes não a possuam, mas somente que não a evidenciaram neste instrumento. Dos seis mapas construídos na aula 2, 3 demonstraram concordar com a *concepção 2* (quadro 10), ou seja, todos os que pudemos analisar.

Todos os mapas conceituais contêm a palavra “método científico”. No diurno, alguns deles admitem a teoria em sua composição (construído pelos alunos D6B, D7B e D10B) e, em outros, a teoria não está contida (construído pelos alunos D5B e D9B) e o método científico está no topo do mapa (Figura 10). Além disso, há preferência pelos termos que correspondem a dados quantitativos e observacionais em relação ao levantamento de hipóteses e à criatividade.

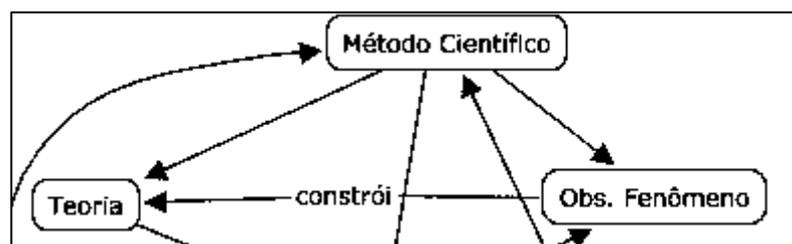


Figura 10 – Fragmento 3 do mapa conceitual dos alunos D5B e D9B

No noturno, os alunos N2L, N4L e N5L apresentam indícios da concepção 2, em nossa visão, pois dão uma posição destacada para o “método científico” em seu mapa conceitual, como podemos ver abaixo na Figura 11.

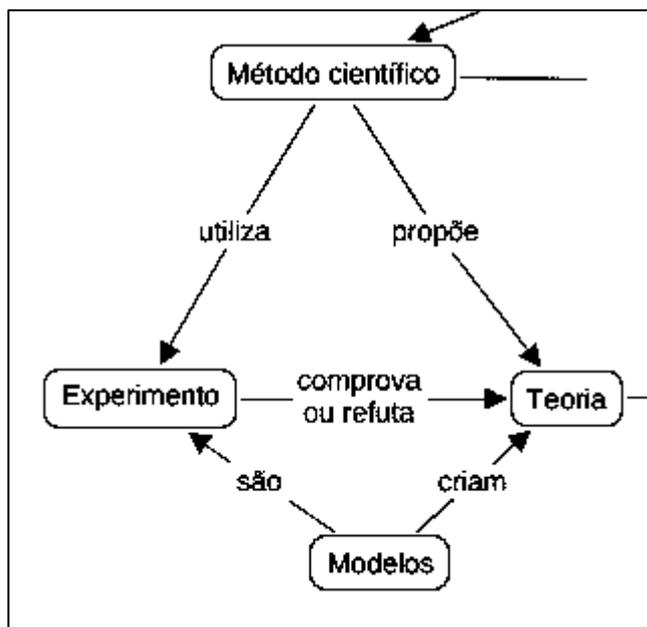


Figura 11 – Fragmento 3 do mapa conceitual dos alunos N2L, N4L e N5L

Como podemos observar na figura acima (Figura 11), dá-se grande importância para o método científico, que parece “controlar” teoria e experimento, embora não pareça um processo extremamente rígido.

- Instrumento 3

No segundo mapa construído pelos estudantes do diurno, o método científico continua presente na maioria deles (5). Ressaltamos o aluno D5B, que não escreveu a palavra método científico, mas seu mapa conceitual pareceu-se com um fluxograma, dando a ideia de rigor, de passos a seguir. Abaixo, reproduzimos o mapa citado:

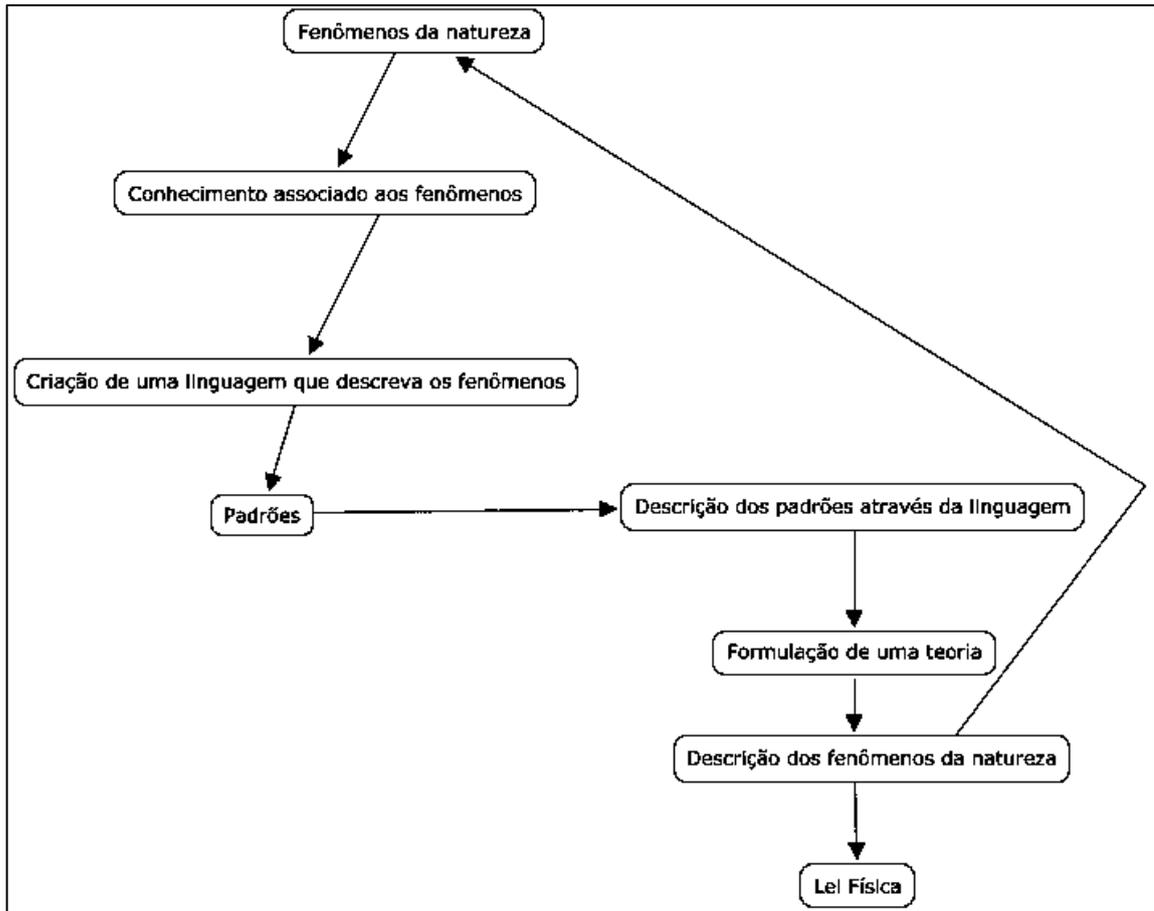


Figura 12 – Mapa conceitual construído pelo aluno D5B

O aluno D4B, relaciona “experimento” com “método científico” através da palavra de ligação “utiliza” (Figura 13). Apenas a palavra “método científico” parece indicar um conjunto de regras bem definido, uma receita que deve ser seguida, o que se aproxima da concepção 2.

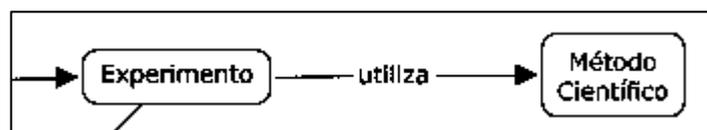


Figura 13 – Fragmento 1 do mapa conceitual construído pelo aluno D4B

No mapa aluno N5L, a palavra “ciência” aparece relacionada com “método científico” através da palavra de ligação “precisa”, demonstrando, em nosso entendimento, indícios da concepção 2 (Figura 14).

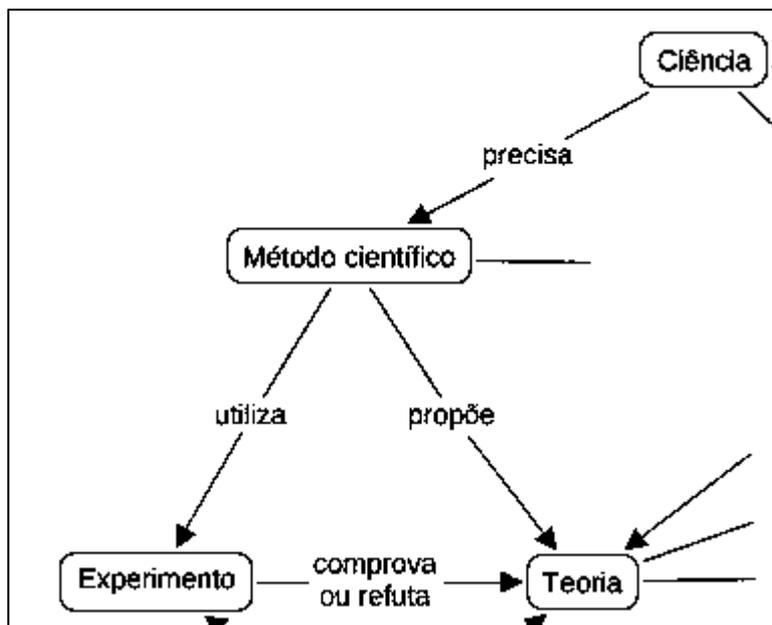


Figura 14 – Fragmento do mapa conceitual construído pelo aluno N5L

- Instrumento 4

A palavra método científico aparece na maioria dos mapas (11). Alguns alunos (8), como o aluno D1B, permaneceram apresentando a concepção 2, com uma visão rígida e infalível sobre o método científico, conforme podemos visualizar na figura 15.

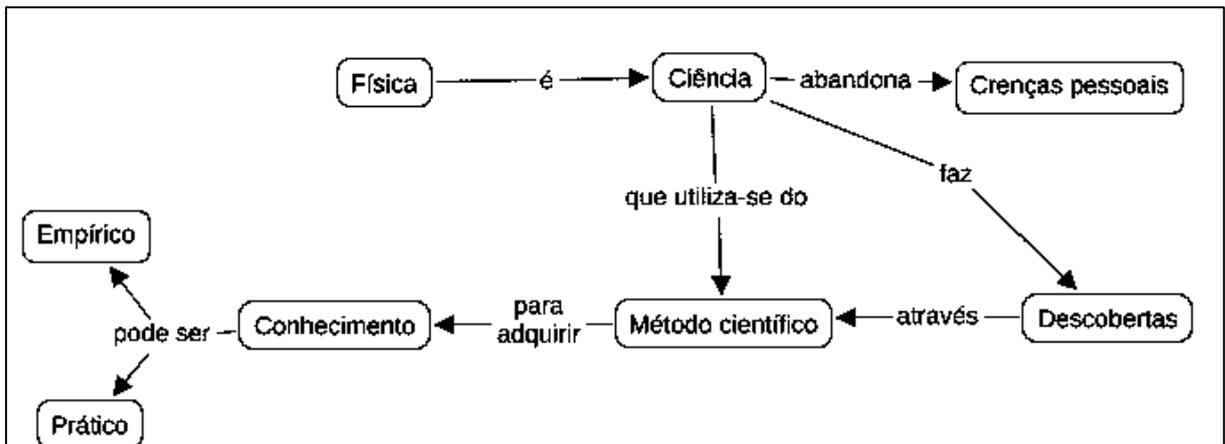


Figura 15 – Fragmento 2 do mapa conceitual construído pelo aluno D1B

O aluno D4B, realizou ligação entre ciência e conhecimento com a palavra de ligação adquirir e, conseqüentemente, entre conhecimento e teoria (Figura 16), com a palavra de ligação “baseando-se”, indicando que somente com a aplicação do “método científico” pode-se adquirir conhecimento científico.

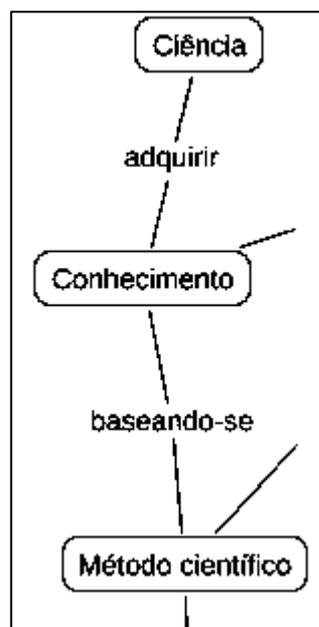


Figura 16 – Fragmento 2 do mapa conceitual construído pelo aluno D4B

Por outro lado, o aluno D6B fez uma observação junto ao seu mapa. Ele escreveu “método científico” na parte superior do mapa, circulou as palavras “teoria”, “observação” e “experimento” e ao lado observou: “não tem um ponto de começo, mas é sempre cíclico”.

No noturno, como podemos ver no quadro 10, foram 5 estudantes que apresentaram indícios de concordar com a concepção 2. Abaixo, a figura 17 mostra um fragmento retirado do mapa do aluno N4L.

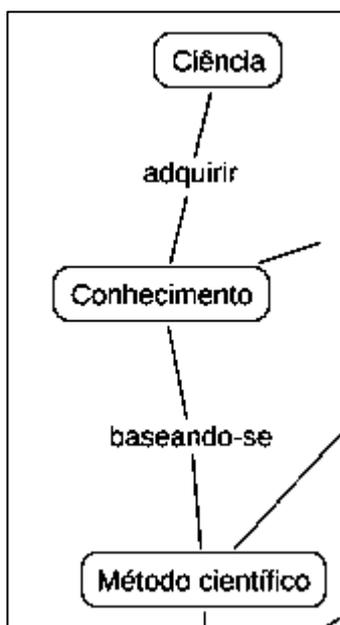


Figura 17 – Fragmento do mapa conceitual construído pelo aluno N4L

Segundo o mapa acima, a ciência adquire conhecimento baseando-se no método científico. Essa noção é concordante com uma visão rígida da ciência, conforme a concepção 2 aponta.

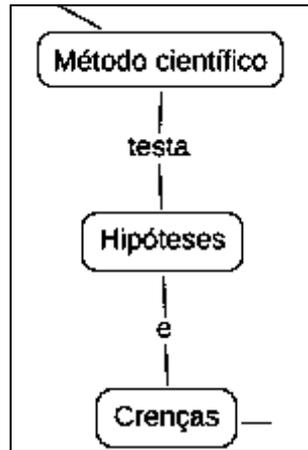


Figura 18 – Fragmento 2 do mapa conceitual construído pelo aluno N2L

O aluno N2L, em seu mapa (Figura 18), em nosso entendimento, assinala que o método científico é como um algoritmo, pois, por meio dele são testadas as “hipóteses” e “crenças”, se aproximando da concepção 2.

Colocamos abaixo, no quadro 10, o número de vezes em que as relações entre as palavras evidenciaram a concepção 2 nos mapas conceituais.

	D1 B	D2 B	D3 B	D4 B	D5 B	D6 B	D7 B	D8 L	D9 B	D10 B	N1 L	N2 L	N3 L	N4 L	N5 L	N6 L
I 2					3	1	1		3	1		2		2	2	
I 3						1			3	1					1	
I 4	2			1					1		1	3	1	2	1	

Quadro 10 - Número de relações com a concepção 2 nos mapas conceituais

No quadro acima, podemos visualizar que apenas 2 alunos do diurno (D5B e D7B) apresentaram indícios da concepção 2 apenas no Instrumento 2, demonstrando que possivelmente tenham abandonado essa concepção ao longo da disciplina. Em contraposição, os alunos D1B, D4B, N1L e N3L, apresentaram a

concepção 2 apenas no Instrumento 4, ou seja, após as discussões e atividades, passaram a concordar com uma visão considerada não adequada da natureza da ciência na forma de construir os seus mapas. O quadro ainda mostra que os alunos D9B e N5L foram os únicos que apresentaram indícios nos 3 instrumentos, embora tenha ocorrido uma menor incidência.

Abaixo, apresentamos um panorama geral das concepções de cada aluno, de acordo com os instrumentos implementados, onde a seguinte notação foi utilizada: C1 – apresenta a concepção 1; C2 – apresenta a concepção 2.

	I1		I2		I3		I4		I5	
D1B	C1	C2	C1	-	C1	C2	C1	C2	C1	-
D2B	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
D3B	C1	-	-	-	-	-	-	-	-	-
D4B	C1	-	C1	-	-	C2	-	C2	-	-
D5B	C1	-	C1	C2	-	C2	C1	C2	-	-
D6B	-	C2	C1	C2	C1	C2	C1	-	C1	C2
D7B	-	-	C1	C2	-	-	C1	-	C1	-
D8L	-	-	-	-	-	-	C1	C2	C1	-
D9B	-	-	C1	C2	-	C2	-	C2	-	-
D10B	-	-	C1	C2	C1	C2	-	-	-	-
N1L	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
N2L	C1	-	C1	C2	-	-	C1	-	C1	-
N3L	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
N4L	-	-	C1	C2	-	-	C1	C2	-	-
N5L	C1	-	C1	C2	C1	C2	-	C2	C1	C2
N6L	C1	-	-	-	-	-	-	-	C1	-

Quadro 11 – Comportamento das concepções dos estudantes em cada instrumento

Os alunos que apresentaram indícios de evolução em pelo menos uma das concepções foram 3 e nas duas concepções apenas o aluno D3B. Oito alunos permaneceram, no final da disciplina, com ideias semelhantes àquelas que apresentavam no início da pesquisa. Dos 16 alunos, 4 (25%) apresentaram retrocesso ao final da disciplina.

O quadro abaixo (quadro 12), mostra em quantos dos 5 instrumentos os alunos apresentaram as concepções 1 e/ou 2.

	Concepção 1	Concepção 2
D1B	4	3
D2B	Zero	Zero
D3B	1	Zero
D4B	2	2
D5B	2	3
D6B	4	3
D7B	3	2
D8L	1	1
D9B	4	2
D10B	2	2
N1L	Zero	Zero
N2L	4	1
N3L	Zero	Zero
N4L	2	2
N5L	4	3
N6L	2	Zero

Quadro 12 – Número de instrumentos que cada aluno apresenta as concepções 1 ou 2

Destacamos, ainda, a partir dos dados presentes no quadro 12, a evolução das concepções de acordo com o curso dos estudantes, Licenciatura ou Bacharelado. Primeiro, em relação aos instrumentos 1 e 5 e, posteriormente, em relação aos instrumentos 2, 3 e 4.

A turma do diurno continha 9 alunos do curso de Bacharelado e 1 aluno do curso de Licenciatura. No noturno, todos os alunos integrantes da turma eram do curso de Licenciatura Plena.

	Instrumento 1		Instrumento 5	
	C1	C2	C1	C2
Bacharelado	4 (44%)	2 (22%)	4 (44%)	1 (11%)
Licenciatura	3 (42%)	0	4 (57%)	1 (14%)

Quadro 13 – Comparação do desempenho dos alunos de licenciatura/bacharelado nos Instrumentos 1 e 5

O quadro cima demonstra resultados semelhantes para Licenciatura e Bacharelado. Somente o resultado para a concepção 2 no Instrumento 1 difere para os dois cursos.

	Instrumento 2		Instrumento 3		Instrumento 4	
	C1	C2	C1	C2	C1	C2
Bacharelado	5 (55%)	5 (55%)	5 (55%)	3 (33%)	4 (44%)	3 (33%)
Licenciatura	3 (42%)	3 (42%)	1 (14%)	1 (14%)	2 (28%)	5 (71%)

Quadro 14 – Comparação do desempenho dos alunos de licenciatura/bacharelado nos Instrumentos 2, 3 e 4

Notamos que a diferença entre as concepções dos alunos da Licenciatura e do Bacharelado, ocorreu de forma mais significativa nos mapas conceituais, sobretudo os Instrumentos 3 e 4. Nos instrumentos 1 e 5 a diferença é quase imperceptível.

3.3. Análise geral da disciplina

Dividimos essa seção em duas partes: análise da abordagem realizada na disciplina e análise das atividades implementadas.

3.3.1. Abordagem realizada na disciplina e uso de textos sobre história da ciência

A abordagem que, segundo a literatura tem conseguido melhores resultados em pesquisas sobre concepções da NdC, é uma abordagem *explícita* e *contextualizada*. O contexto, em nossa disciplina, foi dado pela própria História da

Ciência, que é o principal objetivo da disciplina. Os textos utilizados forneceram um pano de fundo muito propício para discutir a NdC. Embora insuficientes em seu conteúdo, o que é praticamente inevitável, colocaram-se, durante as aulas, discussões que, como podemos notar nas respostas aos instrumentos, levaram os estudantes à reflexão.

Porém, os aspectos sobre a natureza da ciência não foram explicitados de forma a contribuir com mais eficácia para o avanço das concepções dos estudantes. Possivelmente, se livros de filósofos da ciência ou textos sobre os temas da NdC fossem incluídos, os resultados poderiam ter sido mais satisfatórios no sentido do avanço das concepções para ideias mais adequadas.

A duração de um semestre parece ser insuficiente para discutir com maior precisão, temas que exigem reflexão e leitura. A História da Ciência é extensa e não pode ser abreviada. Sabemos que não se trata de um curso de história ou filosofia, mas devido a pertinência dos temas, poderia haver uma formação complementar aos futuros professores, sobretudo, mas também à formação continuada.

3.3.2. Análise das atividades implementadas

As atividades implementadas, sejam os instrumentos que foram analisados, sejam as questões apresentadas aqui e que serviram de apoio para a análise, tinham por objetivo fomentar a discussão e reflexão por parte dos alunos, fazendo-os exprimir, de alguma forma, as suas ideias a respeito da natureza da ciência.

Primeiro, o questionário (Instrumento 1 e 5), embora validado anteriormente, foi aplicado em um contexto semelhante em que foi aplicado em nosso trabalho, porém, contém também distanciamentos que podem ter influenciado nas respostas dos alunos. Por exemplo, a linguagem em que foi escrito, pode não ser familiar aos estudantes ou alguns termos utilizados na composição das afirmativas poderiam ser desconhecidos.

O mapa conceitual (Instrumentos 2, 3 e 4), visivelmente, era uma ferramenta desconhecida da maioria dos estudantes, sobretudo no diurno e, em maioria, do curso de bacharelado. Possivelmente os alunos da licenciatura já poderiam ter tido contato com os mapas conceituais em disciplinas próprias do curso de licenciatura.

Esse aspecto pode ter gerado dificuldades na elaboração dos mapas. A introdução realizada durante a aula, com a exposição das principais características dos mapas conceituais e apresentação de um exemplo pode ter sido insuficiente para que os estudantes se familiarizassem com a ferramenta em questão.

As questões foram elaboradas de acordo com os textos propostos aos alunos, para auxiliar na explicitação dos aspectos da natureza da ciência, implícitos, mas presentes nas narrativas históricas. Embora tenham sido discutidas previamente, durante o planejamento, tal elaboração apresenta limitações, que podem influenciar nas respostas dos alunos aos questionamentos.

CONCLUSÃO

Neste trabalho, buscamos acompanhar a evolução das concepções a respeito da natureza da ciência de estudantes de graduação em Física, licenciandos e bacharéis, que estão se aproximando da conclusão do curso. Realizamos esse acompanhamento durante uma disciplina que faz parte da grade curricular do curso de Física da UFSM, intitulada “Fundamentos Históricos e Filosóficos da Física” tanto no diurno, como no noturno.

O trabalho insere-se entre as pesquisas que são realizadas empiricamente, em sala de aula, a fim de verificar a influência do uso didático da História da Ciência nas ideias dos estudantes a respeito da natureza da ciência e do processo de construção da ciência. Uma diferença importante em relação a maioria das pesquisas desse tipo, é que neste trabalho não tratamos das teorias epistemológicas durante a abordagem, devido as características da disciplina em que ocorreu a pesquisa.

Na disciplina em questão, discutimos os aspectos da natureza da ciência, baseados na História da ciência, por meio de questões que tinham por objetivo principal explicitar a NdC, através da colaboração entre os estudantes e o confronto de suas ideias. As questões foram elaboradas a partir de textos sobre história da ciência, narrativas históricas, a fim de proporcionar as devidas discussões sobre as características do conhecimento científico.

Os instrumentos aplicados aos estudantes e analisados pelos pesquisadores, pré e pós teste e os mapas conceituais, possibilitaram mapear as concepções dos estudantes, verificando possíveis indícios de ideias consideradas mais avançadas ou não a respeito da natureza da ciência.

O pré-teste (Instrumento 1), aplicado inicialmente para verificar as ideias já trazidas pelos estudantes, mostrou diferenças entre os resultados da concepção 1 e sobre a concepção 2. A concepção 1 apareceu em praticamente metade dos 16 estudantes (44%), 4 do diurno e 3 do noturno. Por outro lado, a concepção 2 foi presente em somente 2 alunos do diurno, caracterizando 12% do total de alunos, ou 40% dos alunos do diurno e 50% dos alunos do noturno apresentaram indícios da

concepção 1. Diferentemente, a concepção 2, aparece em apenas 20% dos alunos do diurno e em nenhum aluno do noturno.

Os dois primeiros mapas conceituais, também mostraram discrepâncias entre os resultados para as duas concepções. O primeiro mapa conceitual mostrou pequenas diferenças entre as concepções 1 e 2. Para a concepção 2, os resultados apresentaram que 50% dos estudantes (5 do diurno e 3 do noturno) apresentaram essa concepção, o que difere do resultado do Instrumento 1 para a concepção 2, que mostrava apenas 12%. Os resultados para a concepção 1 mostraram mais alunos do diurno (7) do que os resultados do Instrumento 1 (4) e os mesmos 50% dos alunos do noturno. (Somente temos o mapa de um grupo (alunos), provavelmente a concepção possa ter aparecido em outro mapa.)

O segundo mapa, aplicado para fornecer dados a respeito das concepções dos estudantes durante o andamento da disciplina, mostrou em geral, avanços em relação ao primeiro mapa (Instrumento 2) e ao Instrumento 1, permanecendo abaixo dos 50% do total de alunos, tanto para a concepção 1, quanto para a concepção 2.

No último mapa conceitual, metade dos 16 alunos apresentou as duas concepções. Para a concepção 1 o número foi idêntico ao resultado do pós-teste. O mesmo não ocorreu para a concepção 2, que no questionário final (Instrumento 5) obteve apenas 10% para o diurno e 16% para o noturno.

Os resultados da pesquisa mostraram que a maioria dos alunos tende a manter as suas ideias iniciais ao final da disciplina. Porém, se verificamos o processo, percebemos que as concepções variam, pois as ideias dos estudantes, como pudemos verificar, são dinâmicas e variáveis, sobretudo durante o andamento da disciplina. Esse resultado é semelhante ao encontrado por Moreira, Massoni e Ostermann (2007), quando analisou a monografia sobre epistemologia de um aluno, cujo escore havia evoluído no pós-teste, em relação ao pré-teste, inferiu que sua concepção não apresentava indícios de mudança no conteúdo que havia escrito, apresentando ainda uma visão empirista e indutivista da ciência.

Na comparação entre o instrumento 1 e o instrumento 2 e o instrumento 5 e o instrumento 4, em nenhuma das ocasiões os resultados dos mapas conceituais superaram os resultados do questionário, ao contrário, nos mapas os alunos que apresentavam as concepções foram sempre em maior número do que no questionário, revelando a importância do instrumento mapa conceitual para

evidenciar, de maneira mais clara, os indícios das concepções dos estudantes que não puderem ser verificadas nas respostas do questionário.

No instrumento 3, aplicado na metade do semestre, percebemos uma variação em relação aos instrumentos do início e fim. Tal variação é mais forte para a concepção 1 (de 44% e 50% para 25%), mas também presente na concepção 2 no noturno. Entendemos que as discussões geraram reflexão por parte dos estudantes, e estes tentaram expressá-las em seus mapas conceituais.

Antes do encerramento da disciplina, propomos aos estudantes duas perguntas de cunho avaliativo sobre a disciplina, para que eles pudessem expressar a sua opinião sobre o estudo realizado. A fim de que eles tivessem maior liberdade, optamos por permitir que as respostas não fossem identificadas. Por isso, receberam a denominação A, seguida de um número, para a análise das respostas. As seguintes perguntas foram respondidas pelos 16 participantes da pesquisa:

1 - *Qual a importância dos conhecimentos de História e Filosofia da Ciência para a sua formação? Explique.*

2 - *Qual a sua opinião a respeito da metodologia utilizada na disciplina de Fundamentos Históricos e Filosóficos da Física?*

As respostas foram analisadas de acordo com a análise de conteúdo (MORAES, 2003) e foram construídas três categorias para a pergunta 1 e três para a pergunta 2. Estas categorias foram construídas com base em indícios de superação da concepção 1 (empírico-indutivista e ateórica) e da concepção 2 (rígida: algorítmica, exata, infalível).

Na primeira categoria, doze estudantes destacaram, ao responderem a pergunta 1, a importância de conhecer o processo de construção da ciência. Abaixo apresentamos trechos de respostas dos alunos a esta questão, em que os estudantes se referem ao "como" aconteceu o processo de construção da ciência, dando indícios de entendimento da natureza da ciência:

"... é muito bom saber como as coisas aconteceram e como acontecem..." (Aluno A2)

"Acredito ser importante e interessante conhecer 'de onde veio' as ideias, experimentos e formulações físicas." (Aluno A7)

“É importante conhecer o passado e como as coisas se sucediam naquela época, para ter uma visão geral de tudo o que já aconteceu na ciência e como ela evoluiu.”
(Aluno A8)

Na segunda categoria, três estudantes destacaram que a física não é uma ciência acabada:

"... a importância de que a física não é uma ciência acabada e que está em constante construção." (Aluno A1)

"... bem como mostrar que a física/ciência não está acabada, mas em constante construção." (Aluno A12)

"... saber que a Física é uma ciência que está em construção constante, ou seja, uma ciência inacabada..." (Aluno A15)

Três estudantes, pertencentes a categoria 3 destacaram o papel que o contexto social exerce sobre o desenvolvimento da ciência:

"Considerando que ao contextualizar, demarcando datas e acontecimentos, paralelos ao desenvolvimento científico, permite compreender, por exemplo, qual a importância de tal estudo para aquele período..." (Aluno A9)

"... a disciplina de fundamentos nos situa no tempo, o que foi descoberto primeiro, qual o contexto social em que está inserido, etc." (Aluno A14)

"...saber as questões históricas e sociais do momento..." (Aluno A15)

Em respostas à pergunta 2, quatro alunos ressaltaram a importância das discussões ocorridas na disciplina, fazendo parte da categoria 1:

"Na minha opinião, a proposta de trabalhar com discussões acerca de cada estudioso da área é válida..." (Aluno A9)

"Acho que o professor deve continuar com esta metodologia, pois é muito interessante e divertida, onde todos podem expor suas opiniões e pensamentos em relação ao conteúdo." (Aluno A1)

Na categoria 2, seis estudantes aprovaram a utilização dos textos e de diversos recursos didáticos, além de diferentes atividades:

"Acho que foi boa (a metodologia), foi utilizado vídeos, documentários (bomba atômica), simulações, textos, revistas, foram bem diversificadas..." (Aluno A12)

"A metodologia foi adequada, mesclando textos com atividades e trabalhos, assim não torna-se tão maçante e monótona." (Aluno A14)

"Acho que a metodologia utilizada foi adequada, ou seja, as metodologias foram bem diversificadas onde foram utilizados textos, vídeos, seminários." (Aluno A15)

Por fim, na terceira categoria, três alunos assinalaram que é possível incluir outros temas históricos e/ou variar os recursos didáticos:

"... acreditava que a disciplina fosse mais carregada com conhecimento histórico fundamental, como o desenvolvimento da matemática na época dos povos do Egito, o impacto disso sobre a física." (Aluno A5)

"... quem sabe procurar mais ferramentas que estimulem a participação dos alunos." (Aluno A6)

"... creio que faltou nos passar mais textos para ler, já que como os alunos são de semestres diferentes, nem todos possuem o mesmo contexto." (Aluno A11)

As opiniões dos estudantes configuram importante contribuição para a avaliação da eficiência da metodologia aplicada, sobretudo, com as informações dadas por eles a respeito da utilização dos instrumentos e recursos didáticos, que fomentaram as discussões sobre os temas abordados em aula. Além disso, outra informação relevante dada pelas respostas é o destaque para o contato com o desenvolvimento da ciência e a observação de que a física "não está acabada". Esses dois últimos resultados estão diretamente relacionados com a compreensão da natureza da ciência.

De forma geral, os alunos de licenciatura apresentaram menos indícios de concordar com as concepções 1 e 2, sobretudo, nos mapas conceituais (quadro 14). Este fato pode indicar que alguns aspectos da NdC vem sendo discutidos também em outras disciplinas da graduação. Isso ressalta a importância de que o currículo leve em consideração a NdC, os aspectos envolvidos no processo de elaboração da ciência e não somente os conhecimentos científicos (ALLCHIN, 2011).

Isso evidencia ainda mais a necessidade de acompanhamento de todo o processo em uma disciplina que busca utilizar a História da Ciência como eixo contextualizador para discussões sobre a natureza da ciência e, em nosso entendimento, demonstrou que deveria haver maior preocupação em explicitar os conteúdos da natureza da ciência, não somente nas questões que foram propostas, mas também durante as aulas.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Entendemos que a importância de nossa pesquisa consiste em que sua realização se deu em sala de aula, com o acompanhamento dos estudantes, em uma situação real. Com isso, pudemos constatar a complexidade das visões que os estudantes apresentam em relação à ciência e a necessidade de tratá-las com cautela, buscando a aprendizagem dos conceitos sobre a natureza da ciência através de diferentes atividades, ancoradas na história da ciência, que levem à reflexão sobre os temas mais importantes da construção do conhecimento científico. Esse fato evidencia a necessidade de ampliar os estudos desses temas no curso de graduação, promovendo outras discussões, não somente em uma disciplina específica, mas durante boa parte da formação dos futuros professores e pesquisadores.

Apesar de o estudo ter sido aplicado a estudantes de graduação em Física, porque as concepções investigadas são sobre a natureza da ciência, portanto, constituem um núcleo comum das ciências da natureza, química, física e biologia, e, de certo modo, do trabalho científico como um todo, entendemos que os resultados obtidos podem ser aplicados às outras áreas das ciências.

Diversas perguntas surgem após o trabalho e levá-las em consideração pode encaminhar novas pesquisas. Alguns períodos históricos podem ser mais valiosos para compreender certos aspectos da NdC, mas podem incluir limitações para outros. Inclusive, como aponta Forato (2011), algumas entrelinhas da elaboração de certos conceitos científicos podem revelar aspectos que são considerados inadequados. Qual período histórico pode contribuir mais para o estudo da NdC? E quais aspectos da NdC podem ser abordados a partir de um dado período ou fato histórico da ciência? Trabalho semelhante foi realizado por Henrique (2011), através do estudo da NdC a partir da história do desenvolvimento da cosmologia e Forato (2009) com a história da luz.

O referencial adotado (GIL-PÉREZ et al, 2001) aponta 7 visões deformadas da ciência. Em nosso trabalho, desenvolvemos a pesquisa em torno de apenas duas concepções. E as outras visões? Uma possível pesquisa futura poderia ser

desenvolver sequências didáticas que abordassem as 7 visões deformadas, contextualizadas com a história da ciência e aplicar o material em sala de aula.

Outro possível encaminhamento seria a aplicação do questionário a ingressantes e concluintes, procurando verificar a influência do curso como um todo, não somente no âmbito de uma disciplina, como fora realizado. Ainda, pode ser verificado como os estudantes conceituam o método científico, aplicando, por exemplo, entrevistas, em que eles possam expor suas ideias a respeito desse conceito, levando em consideração a possível influência da iniciação científica, para aqueles alunos que são bolsistas e realizam trabalhos em laboratórios de pesquisa científica.

Outro possível encaminhamento, seria a utilização das teorias epistemológicas, que não foram trabalhadas nessas pesquisas e, a partir delas, com base na história da ciência, discutir a NdC. Ou ainda, a utilização de conceitos de um filósofo da ciência em específico, como marco teórico, desenvolvendo atividades sobre a natureza da ciência, a partir das suas contribuições epistemológicas e aplicando-as, posteriormente.

Estamos cientes das limitações contidas em nosso trabalho, sejam de ordem teórica ou metodológica. Porém, desejamos ter contribuído para a área, mesmo que em pequena escala.

REFERÊNCIAS

AAAS (American Association for the Advancement of Science). Science for all Americans. Project 2061. New York, Oxford: Oxford University Press, 1990.

ABD-EL-KHALICK, F.; LEDERMAN, N. G. The Influence of History of Science Courses on Students' Views of Nature of Science. *Journal of Research in Science Teaching*, v. 37, n. 10, p. 1057-1095, dez. 2000.

ALLCHIN, D. Evaluating Knowledge of the Nature of (Whole) Science. *Science Education*, v. 95, n. 3, p. 518-542, 2011.

BRANDÃO, R. V. et al. Validación de um cuestionario para investigar concepciones de profesores sobre ciência y modelado científico em el contexto de la física. *Revista Electrónica de Investigación em Educación en Ciencias*, v.6, n. 1, p. 43-60, jul. 2011.

BRASIL. Ministério da Educação e Cultura. Secretaria de Educação Fundamental. **Parâmetros curriculares nacionais: Ciências Naturais**. Brasília, 1998.

BRASIL. Ministério da Educação e Cultura. Secretaria da Educação. **Parâmetros curriculares nacionais: Ensino Médio**. Brasília, 2000.

BRASIL, Ministério da Educação e Cultura. Secretaria de Educação Média e Tecnológica. **PCN + Ensino Médio: orientações educacionais complementares aos Parâmetros Curriculares Nacionais**. Brasília: MEC, 2002.

BRASIL. Ministério da Educação. Secretaria de Educação Básica. Secretaria de Educação Continuada, Alfabetização, Diversidade e Inclusão. Conselho Nacional da Educação. **Diretrizes Curriculares Nacionais Gerais da Educação Básica**. Brasília: MEC, SEB, DICEI, 2013.

CHALMERS, A. F. **O que é ciência, afinal?**. Brasília: Brasiliense, 1993.

EL-HANI, C. N.; TAVARES, E. J. M.; ROCHA, P. L. B. Concepções epistemológicas de estudantes de biologia e suas transformações por uma proposta explícita de ensino sobre História e Filosofia das Ciências. *Investigações em Ensino de Ciências*, v. 9, n.3, p. 265-313, 2004.

FIGUEIRÊDO E PAULA, H. de.; BORGES, A. T. A compreensão dos estudantes sobre o papel da imaginação na produção das ciências. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, v. 25, n. 3, p. 478-506, dez. 2008.

FORATO, T. C. M. **A natureza da ciência como saber escolar**: um estudo de caso a partir da história da luz. Tese de Doutorado. Programa de Pós-Graduação em Educação. Faculdade de Educação da Universidade de São Paulo, 2009.

FORATO, T. C. M.; PIETROCOLA, M.; MARTINS, R. D. A. Historiografia e natureza da ciência na sala de aula. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, v. 28, n. 1, p. 27-59, abr. 2011.

GIL-PÉREZ, D. ... [et al.] Para uma imagem não deformada do trabalho científico. **Ciência & Educação**, v.7, n. 2, p. 125-153, 2001.

GURIDI, V.; SALINAS, J.; VILLANI, A. Contribuciones de la epistemologia de Laudan para la comprensión de concepciones epistemológicas sustentadas por estudiantes secundários de física. **Investigações em Ensino de Ciências**, v. 11, n. 1, p. 97-117, 2006.

HARRES, J. B. S. **Concepções de professores sobre a natureza da ciência**. Tese de Doutorado. Programa de Pós-Graduação em Educação. Faculdade de Educação da Pontifícia Universidade Católica do Rio Grande do Sul, 1999.

HENRIQUE, A. B. **Discutindo a natureza da ciência a partir de episódios da história da cosmologia**. Dissertação de Mestrado. Instituto de Física, Instituto de Química, Instituto de Biociências, Faculdade de Educação da Universidade de São Paulo, 2011.

HODSON, D. Philosophy of Science, Science and Science education. **Studies in Science Education**, n. 12, p. 25-57, 1985.

KÖHNLEIN, J. F. K.; PEDUZZI, L. O. Q. Uma discussão sobre a natureza da ciência no ensino médio: um exemplo com a teoria da relatividade restrita. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, v. 22, n. 1, p. 36-70, abr. 2005.

MARTORANO, S. A. de A.; MARCONDES, M. E. R. As concepções de ciência nos livros didáticos de química, dirigidos ao Ensino Médio, no tratamento da cinética química no período de 1929 a 2004. **Investigações em Ensino de Ciências**, v. 14, n. 3, p. 341-355, 2009.

MASSONI, N. T. **A epistemologia contemporânea e suas contribuições em diferentes níveis de ensino de física: a questão da mudança epistemológica.** Programa de Pós-Graduação em Física. Instituto de Física da Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 2010.

MATTHEWS, M. R. História, Filosofia e Ensino de Ciências: a tendência atual de reaproximação. **Caderno Catarinense de Ensino de Física**, v. 12, n. 3, p. 164-214, dez. 1995.

MCCOMAS, W. F., Seeking historical examples to illustrate key aspects of the nature of science. **Science & Education**, v. 17, p. 249-263, 2008.

MORAES, R. Uma tempestade de luz: a compreensão possibilitada pela análise textual discursiva. **Ciência & Educação**: Bauru, SP, v. 9, n. 2, p. 191-210, 2003.

MOREIRA, M. A. BUCHWEITZ, B. **Novas estratégias de ensino e aprendizagem: os mapas conceituais e o Vê epistemológico.** Lisboa: Plátano Edições Técnicas, 1993.

MOREIRA, M. A. Mapas conceituais e aprendizagem significativa. **Revista Chilena de Educação Científica**, v. 4, n. 2, p. 38-44, 2005.

MOREIRA, M. A.; MASSONI, N. T.; OSTERMANN, F. "História e epistemologia da física" na licenciatura em física: uma disciplina que busca mudar concepções dos alunos sobre a natureza da ciência. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v. 29, n. 1, p. 127-134, 2007.

MOREIRA, M. A.; MASSONI, N. T. **Epistemologias do século XX.** São Paulo: E.P.U., 2011.

NOVAK, J. D. GOWIN, D. B. **Aprendiendo a aprender.** Barcelona: Martínez Roca. Tradução para o espanhol do original Learning how to learn. 1988.

PECHARROMÁN, I.; POZO, J. I. ¿Cómo sé que es verdade?: Epistemologías intuitivas de los estudiantes sobre el conocimiento científico. **Investigações em Ensino de Ciências**, v. 11, n. 2, p. 153-187, 2006.

POPPER, K. R. **Conjecturas e refutações.** Brasília; Editora da UnB, 1980.

SCHEID, N. M. J.; FERRARI, N.; DELIZOICOV, D. Concepções sobre a natureza da ciência num curso de ciências biológicas: imagens que dificultam a educação científica. **Investigações em Ensino de Ciências**, v. 12, n. 2, p. 157-181, 2007.

SCHIRMER, S. B. **Textos originais de cientistas e textos sobre história das ideias da ciência em um proposta didática sobre ótica na formação inicial de professores de física**. Dissertação de Mestrado. Programa de Pós-Graduação em Educação em Ciências; Química da Vida e Saúde. Centro de Ciências Naturais e Exatas da Universidade Federal de Santa Maria, 2012.

SILVEIRA, F. L. A filosofia da ciência da Karl Popper: o racionalismo crítico. **Caderno Catarinense de Ensino de Física**, v. 13, n. 3, p. 197-218, dez. 1996.

SILVEIRA, F. L.; OSTERMANN, F. A insustentabilidade da proposta indutivista de “descobrir a lei a partir de resultados experimentais”. **Caderno Catarinense de Ensino de Física**, v. 19, n. especial, p. 7-27, jun. 2002.

TEIXEIRA, E. S.; GRECA, I.; FREIRE, O. The History and Philosophy of Science in Physics Teaching: A Research Synthesis of Didactic Interventions. **Science & Education**, 2009.

TEIXEIRA, E. S. Uma revisão sistemática das pesquisas publicadas no Brasil sobre o uso didático de História e Filosofia da Ciência no Ensino de Física. In: PEDUZZI, L. O. Q.; MARTINS, A. F. P.; FERREIRA, J. M. H. **Temas de História e Filosofia da Ciência o Ensino**. Natal: EDUFRRN, 2012. cap. 1, p. 9-40.

APÊNDICES

Apêndice A – Instrumentos 1 e 5



Universidade Federal de Santa Maria
Centro de Ciências Naturais e Exatas



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

Nome:

Solicito a sua opinião a respeito das afirmativas abaixo. Assinale com um círculo a opção que mais se adequa à sua visão. (CF = Concordo Fortemente; C = Concordo; I = Indeciso; D = Discordo; DF = Discordo Fortemente). Sempre que possível, não utilize a alternativa I (Indeciso), procure posicionar-se a favor ou contra a afirmativa proposta. Não existe resposta correta ou errada, mas aquela que mais se aproxima da sua opinião.

1. A elaboração de Leis e Princípios científicos dispensa obrigatoriamente a criatividade, a intuição e a imaginação do pesquisador.	CF C I D DF
2. O modo como a ciência produz conhecimento segue necessariamente a sequência: observação de fatos, elaboração de hipóteses, comprovação experimental das hipóteses, conclusões, generalização.	CF C I D DF
3. Qualquer investigação científica sempre parte de conhecimentos teóricos para só depois realizar uma testagem experimental.	CF C I D DF
4. O conhecimento científico se distingue do não-científico pelo fato de usar o método científico, isto é, a partir da observação e experimentos para posteriormente elaborar Leis e Princípios.	CF C I D DF
5. Todo conhecimento científico é provisório.	CF C I D DF
6. Quando dois cientistas observam os mesmos fatos, eles devem chegar obrigatoriamente às mesmas conclusões.	CF C I D DF
7. O aspecto mais importante na evolução do conhecimento científico são os novos experimentos e as novas observações.	CF C I D DF
8. Problemas científicos diferentes podem requerer diferentes sequências no desenvolvimento das etapas do método de investigação.	CF C I D DF
9. Observações científicas são sempre o ponto de partida para a elaboração das Leis e Princípios em ciência.	CF C I D DF
10. Existem investigações científicas que dispensam a realização de experimentos.	CF C I D DF

11. Leis e Princípios que entram em conflito com observações ou resultados experimentais devem ser rejeitados imediatamente.	CF C I D DF
12. A evolução da ciência ocorre principalmente pelo desenvolvimento e proposição de novos modelos, teorias, concepções.	CF C I D DF
13. Em uma pesquisa científica o mais importante são os detalhes factuais.	CF C I D DF
14. Para que um enunciado se transforme em Lei ou Princípio científico não é necessário que seja demonstrado como verdadeiro.	CF C I D DF
15. Todo conhecimento científico resulta da obtenção sistemática e cuidadosa de evidências experimentais.	CF C I D DF
16. O pesquisador sempre está condicionado, em sua atividade, pelas hipóteses que intui sobre o problema investigado.	CF C I D DF
17. Tudo aquilo que não é passível de comprovação experimental não pode receber a designação de conhecimento científico.	CF C I D DF
18. Um mesmo conjunto de evidências experimentais sempre é compatível com mais de uma Lei ou Princípio científicos.	CF C I D DF
19. Através da ciência e de seu método pode-se responder a todas as questões.	CF C I D DF
20. Descobertas científicas sempre se caracterizam muito mais como achados do que propriamente descobertas, uma vez que sempre confirmam ou contrariam uma expectativa teórica anterior.	CF C I D DF
21. Existe apenas um método geral e universal para produzir conhecimento científico.	CF C I D DF
22. Através do experimento o pesquisador comprova se a sua hipótese de trabalho é verdadeira ou falsa.	CF C I D DF
23. Ideias metafísicas ou não-científicas podem, por vezes, direcionar a pesquisa científica para resultados relevantes.	CF C I D DF
24. As afirmações científicas e os enunciados científicos são necessariamente verdadeiros e definitivos.	CF C I D DF
25. Toda investigação científica começa pela observação sistemática do fenômeno a ser estudado.	CF C I D DF

Santa Maria, 11 de março de 2014

Apêndice B – Termo de Consentimento Livre e Esclarecido

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

Termo de Consentimento Livre e Esclarecido

Em meu trabalho de mestrado estou investigando as concepções acerca da natureza da ciência dos estudantes de Física da Universidade Federal de Santa Maria. Essa investigação se dará no âmbito da disciplina “FSC1042 - Fundamentos Históricos e Filosóficos da Física”, em conjunto com o professor ministrante da disciplina.

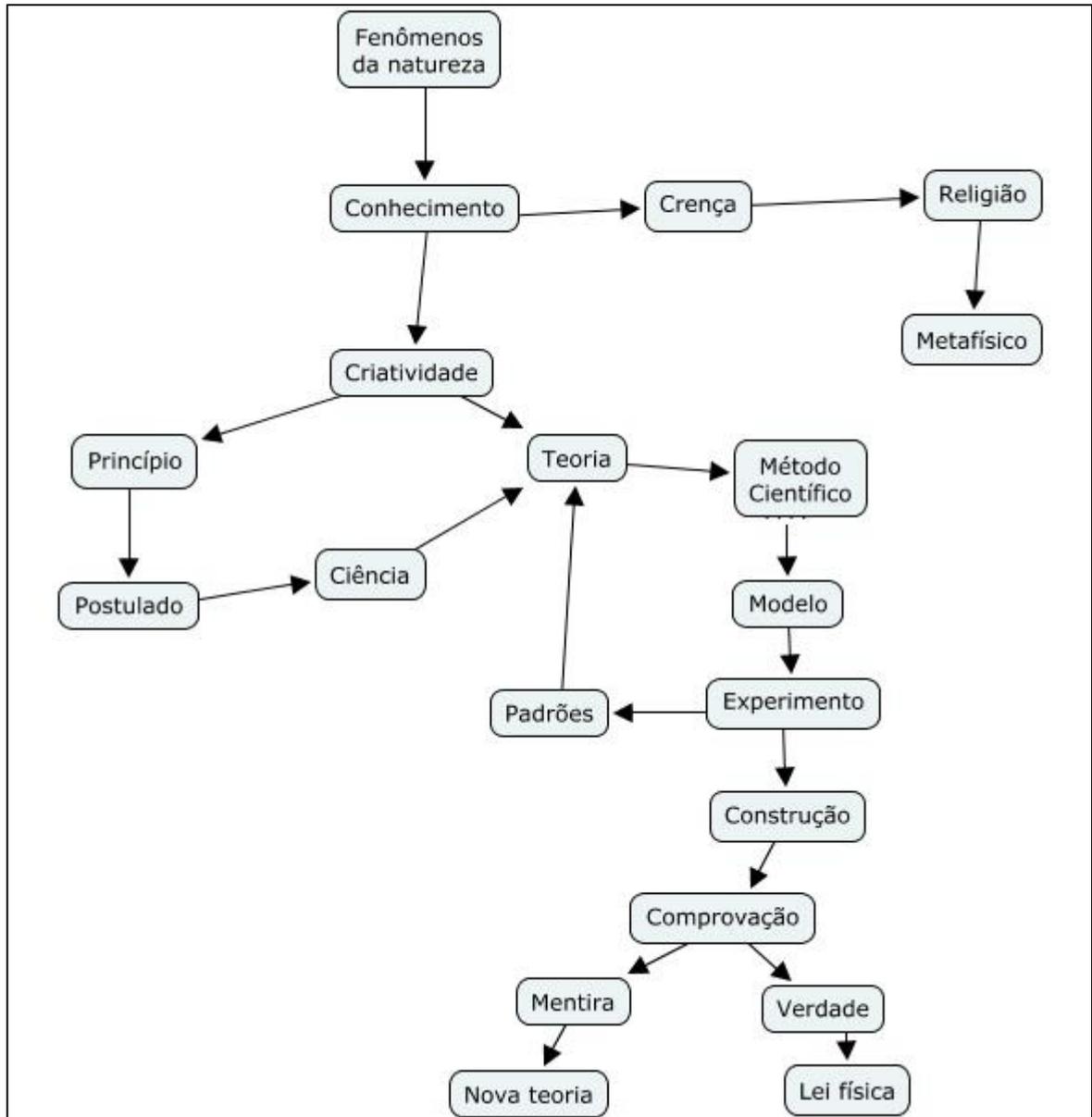
Para o levantamento dos dados será aplicado um questionário e atividades serão feitas ao longo do semestre letivo. Para realizar a análise, será necessário que eu esteja de posse dos instrumentos descritos acima.

Desta forma, peço a permissão para o uso de todas essas informações. Comprometo-me em manter a privacidade dos alunos, utilizando as informações coletadas única e exclusivamente para a execução do projeto de pesquisa, sendo estas divulgadas somente de forma anônima. A assinatura deste termo significa a concordância

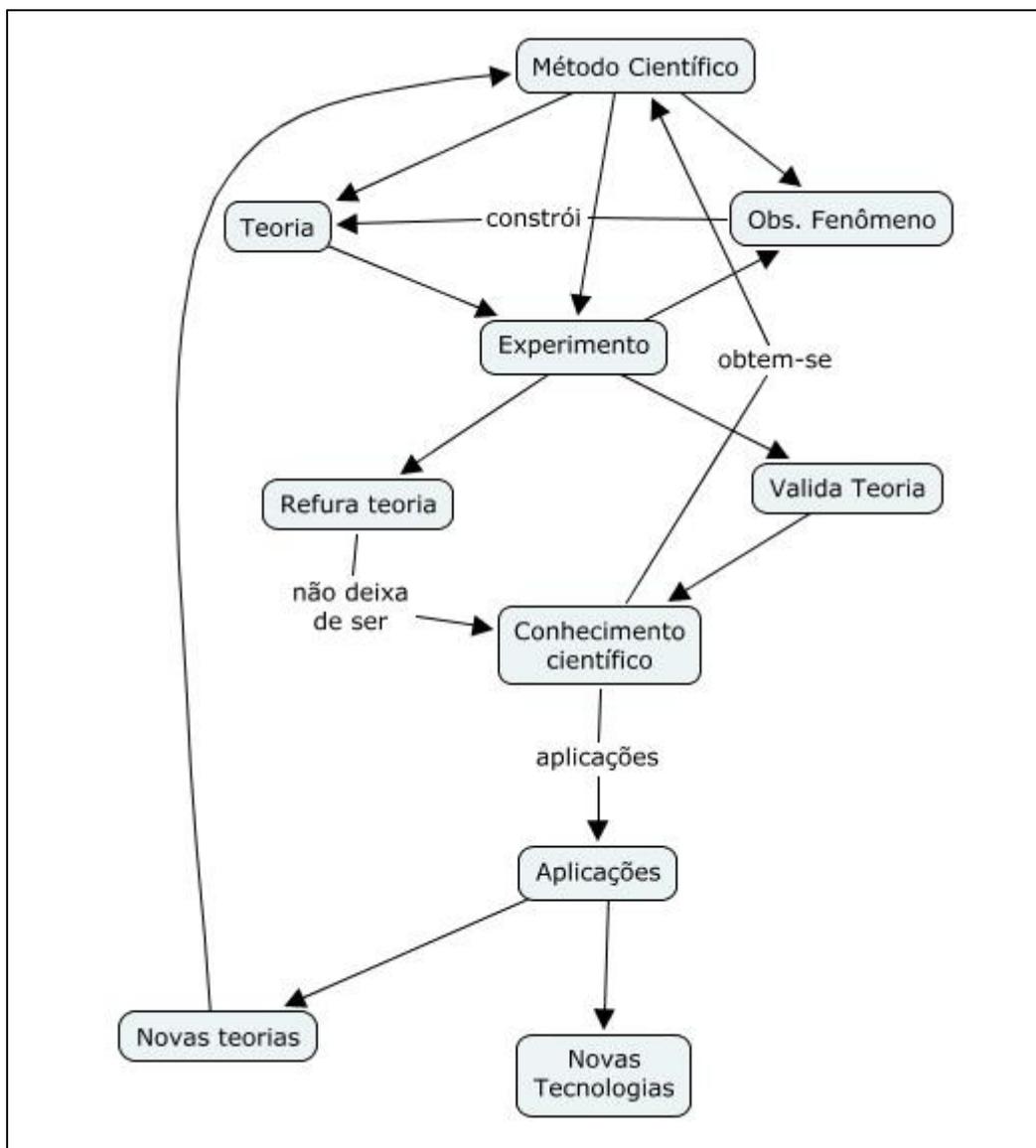
Vinícius Medeiros da Rosa
Mestrando

Sujeito da pesquisa

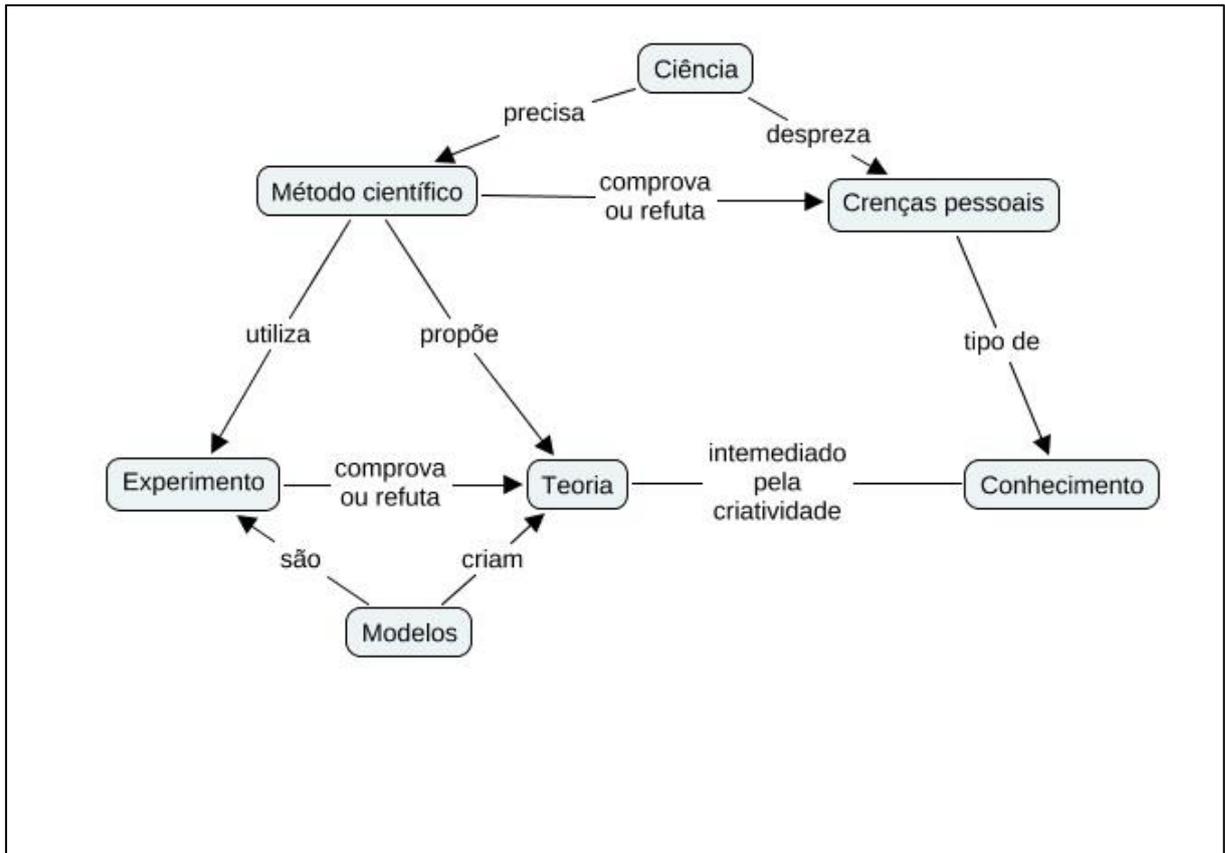
Apêndice C – Mapas conceituais (Instrumento 2)



Mapa conceitual construído em conjunto pelos alunos D5B, D9B

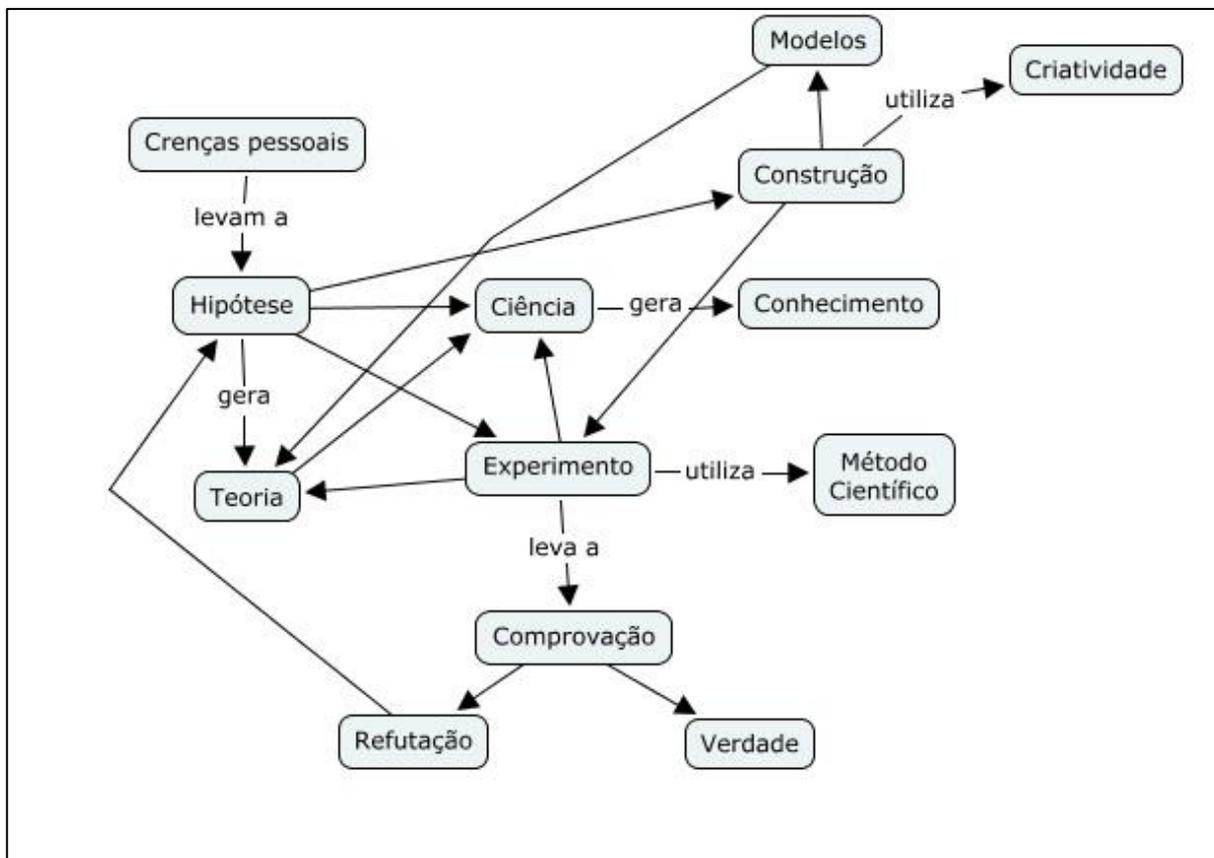


Mapa conceitual construído em conjunto pelos alunos D6B, D7B, D10B

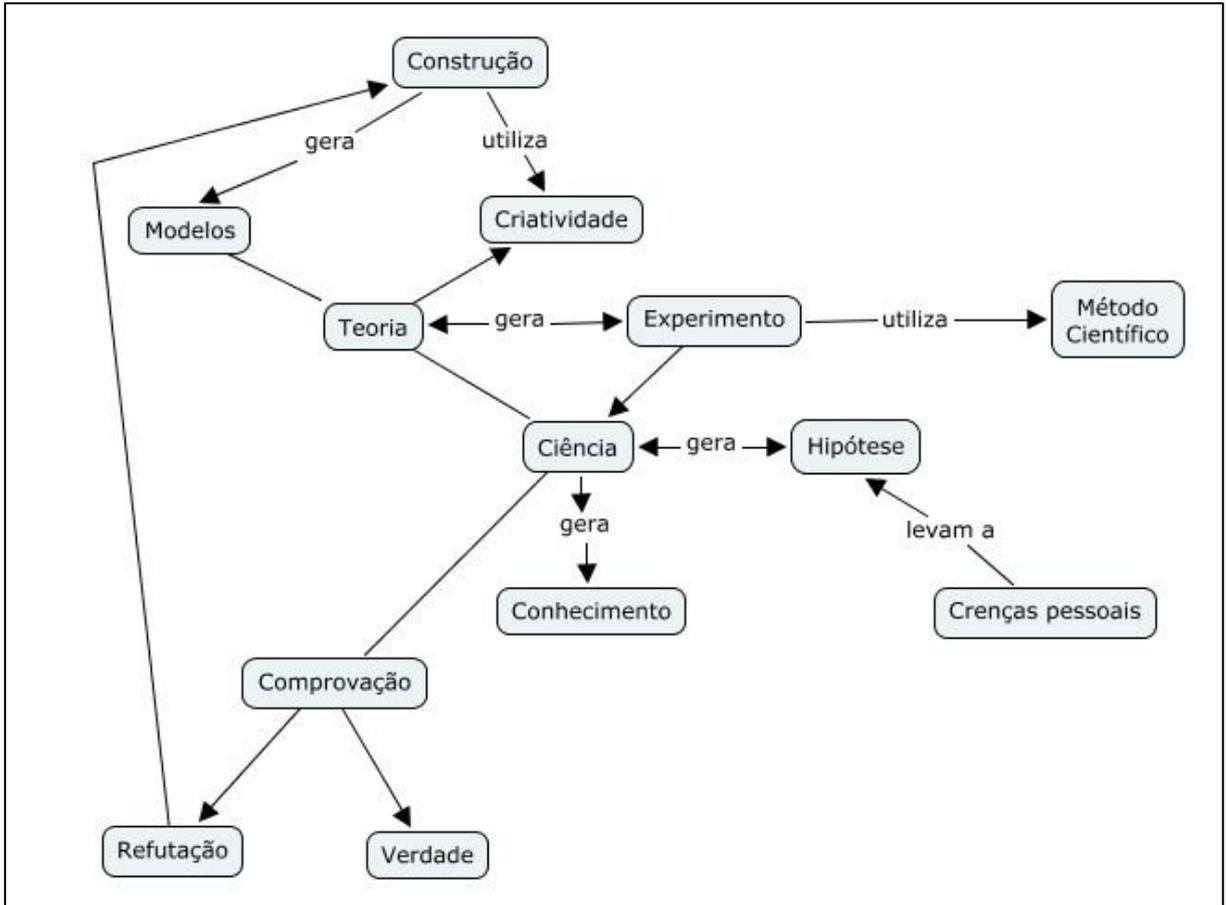


Mapa conceitual construído em conjunto pelos alunos N2L, N4L, N5L

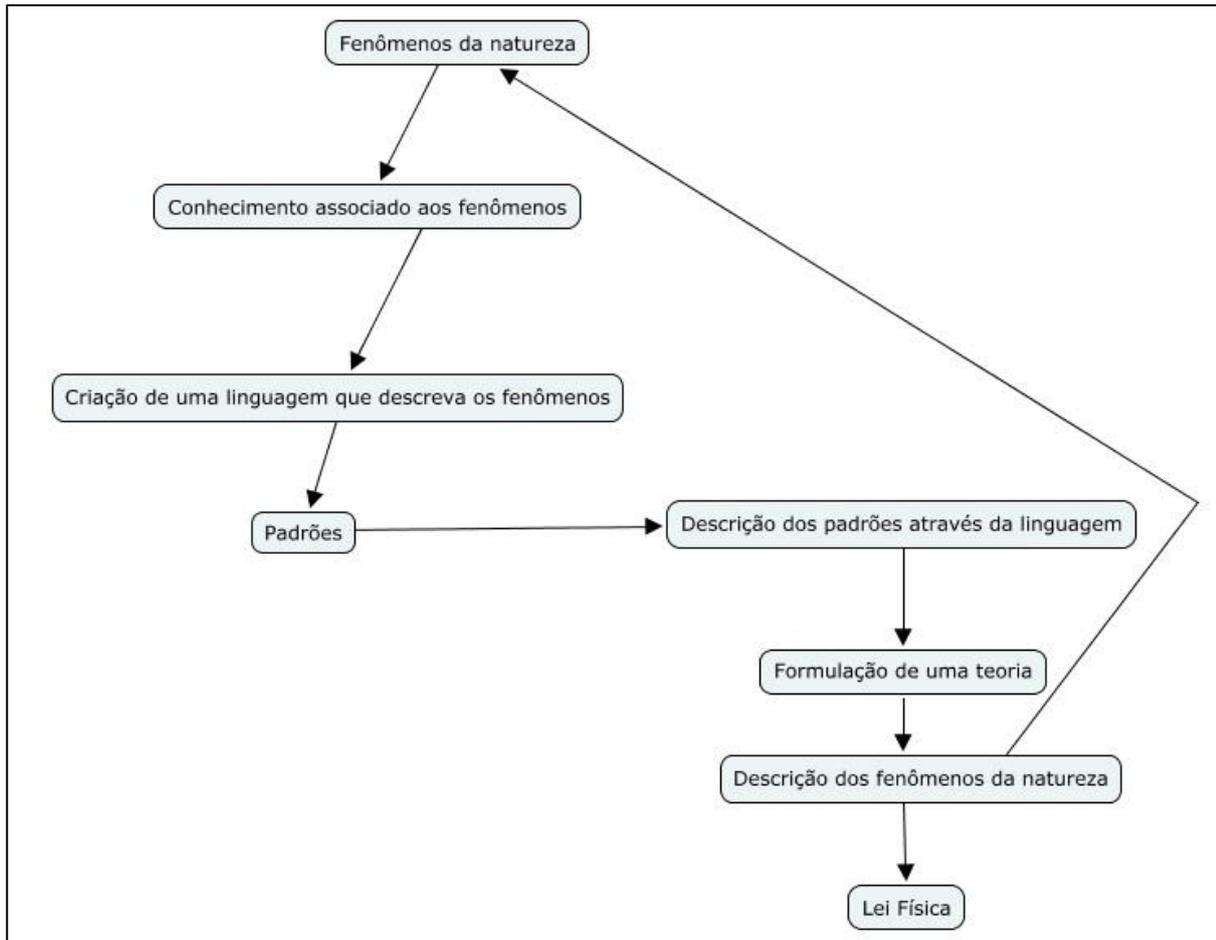
Apêndice D - Mapas conceituais (Instrumento 3)



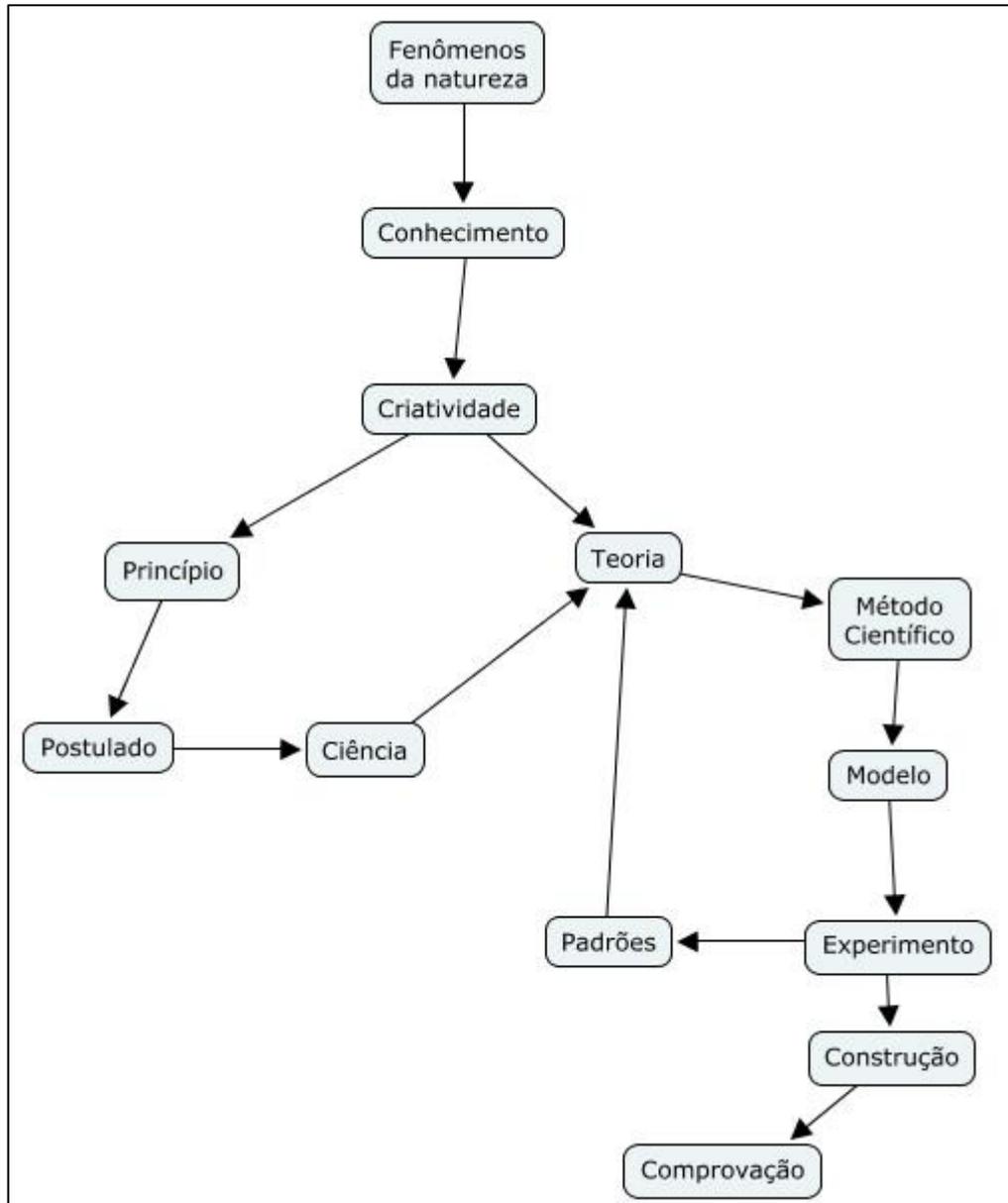
Mapa conceitual construído pelo aluno D1B



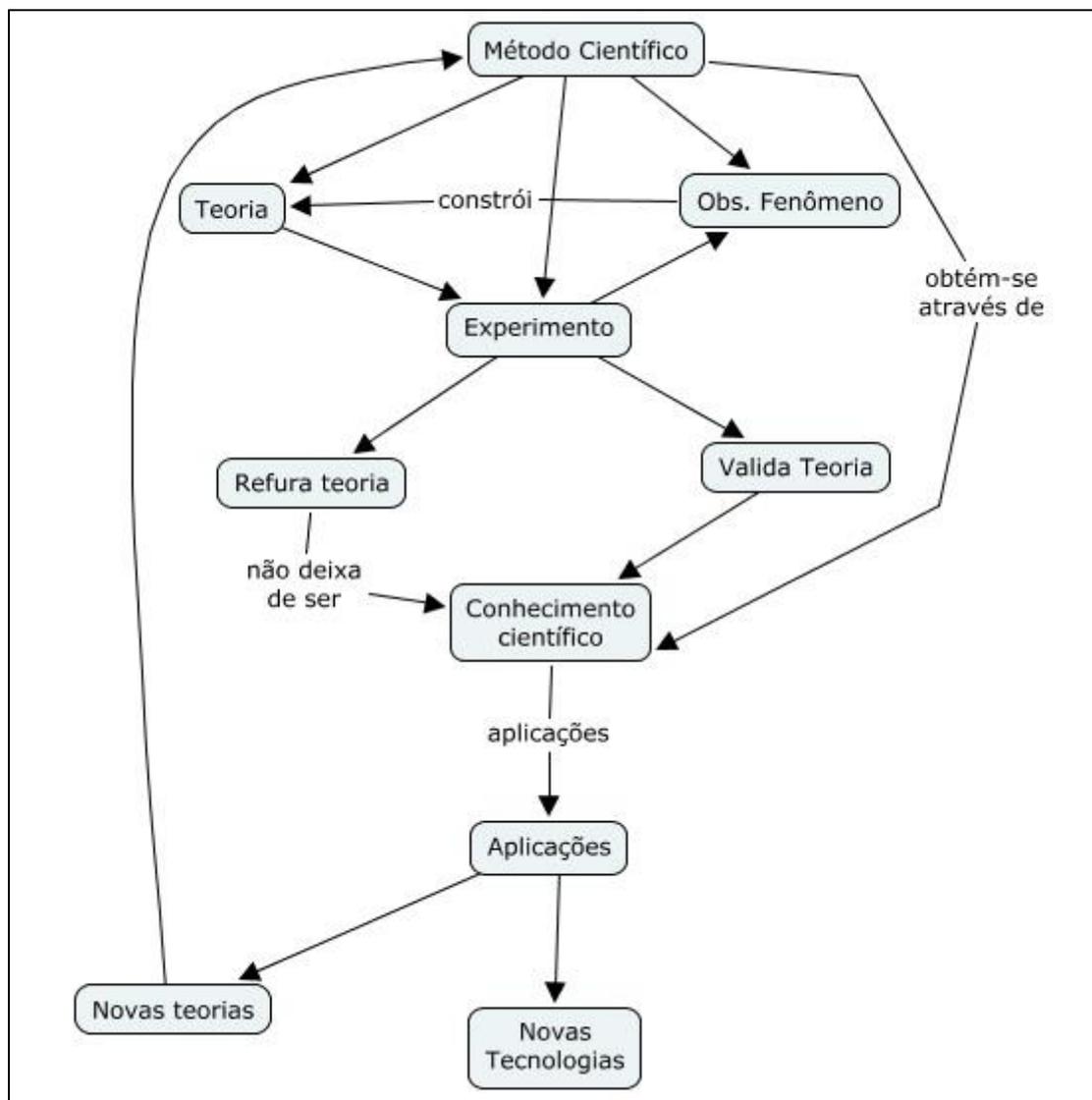
Mapa conceitual construído pelo aluno D4B



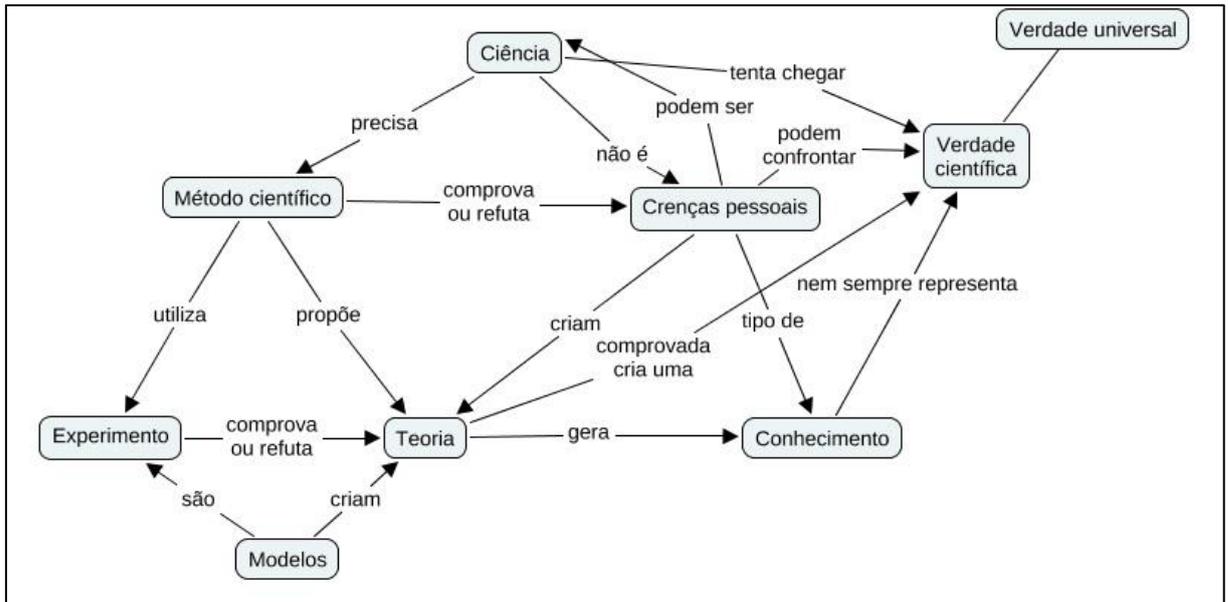
Mapa conceitual construído pelo aluno D5B



Mapa conceitual construído D9B

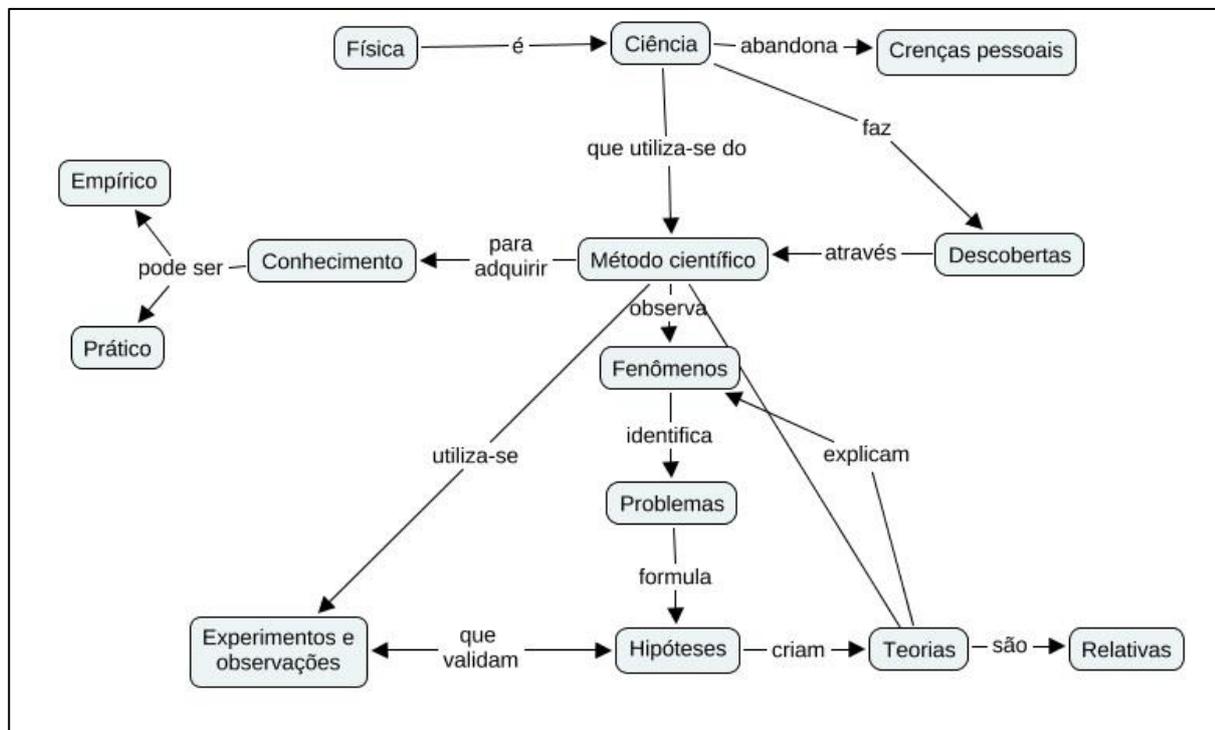


Mapa conceitual construído pelo aluno D6B

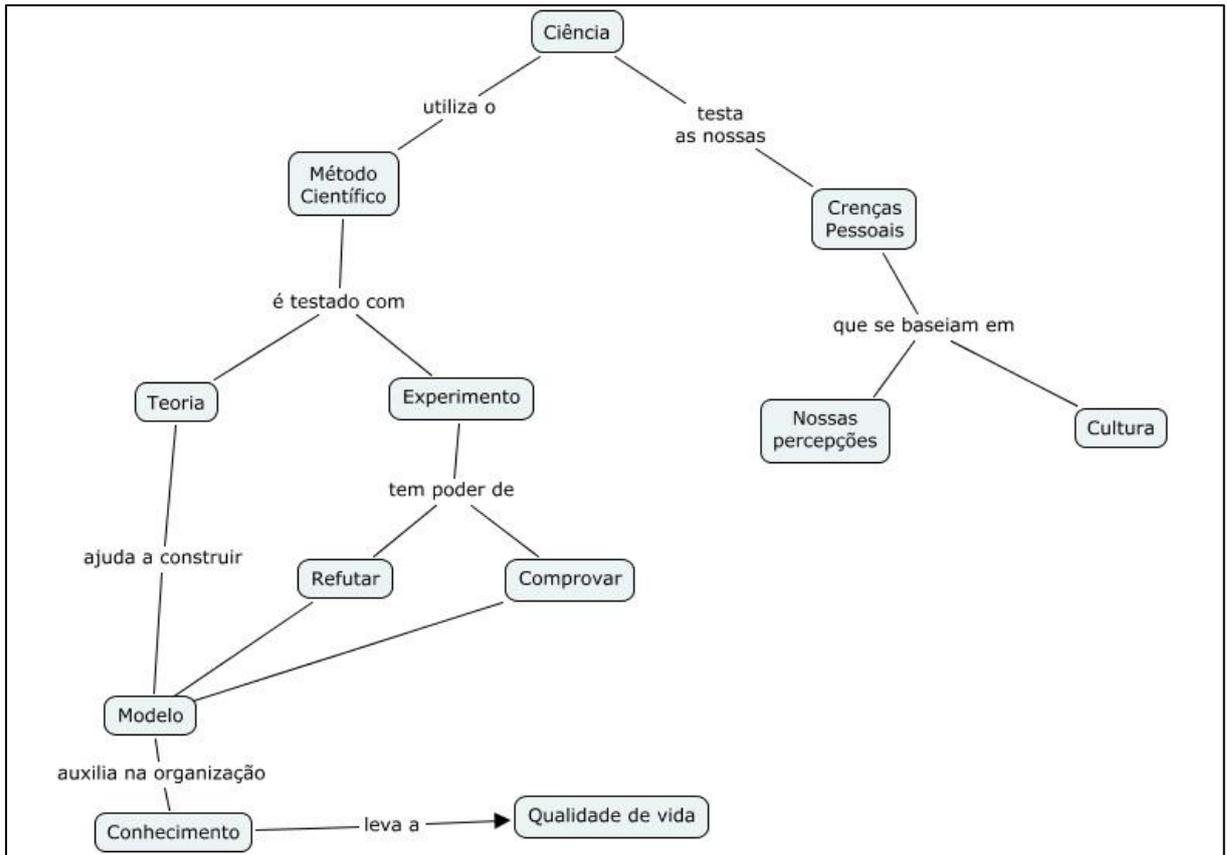


Mapa conceitual construído pelo aluno D5B

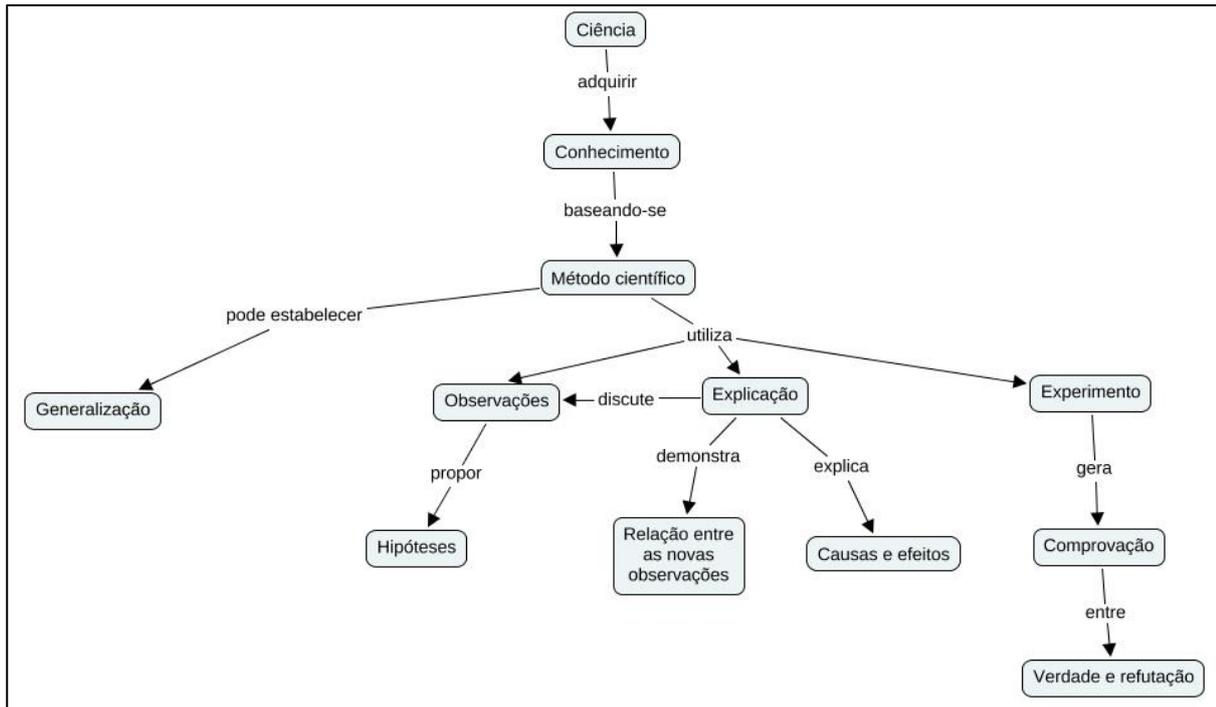
Apêndice E - Mapas Conceituais (Instrumento 4)



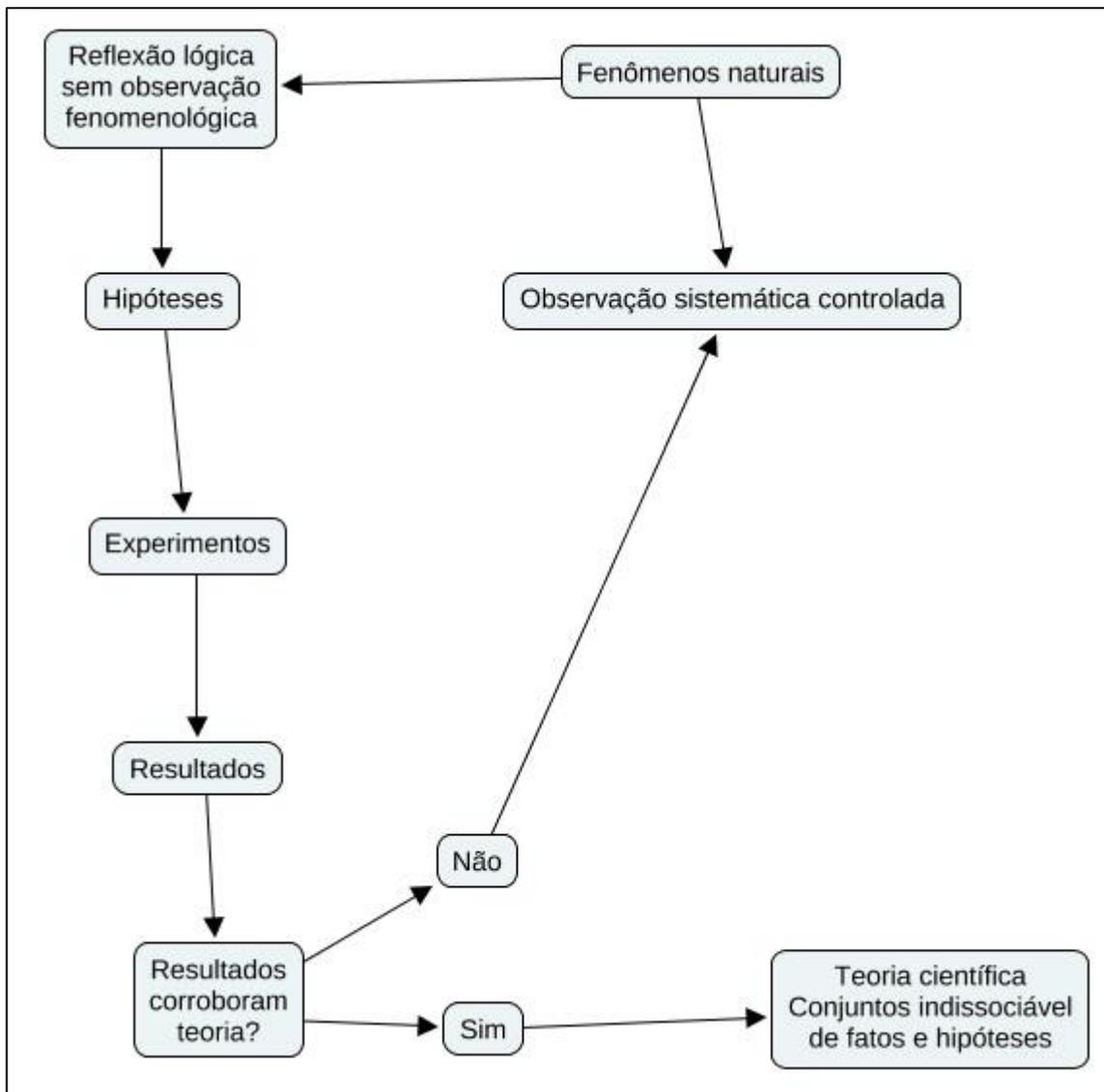
Mapa conceitual construído pelo aluno D1B



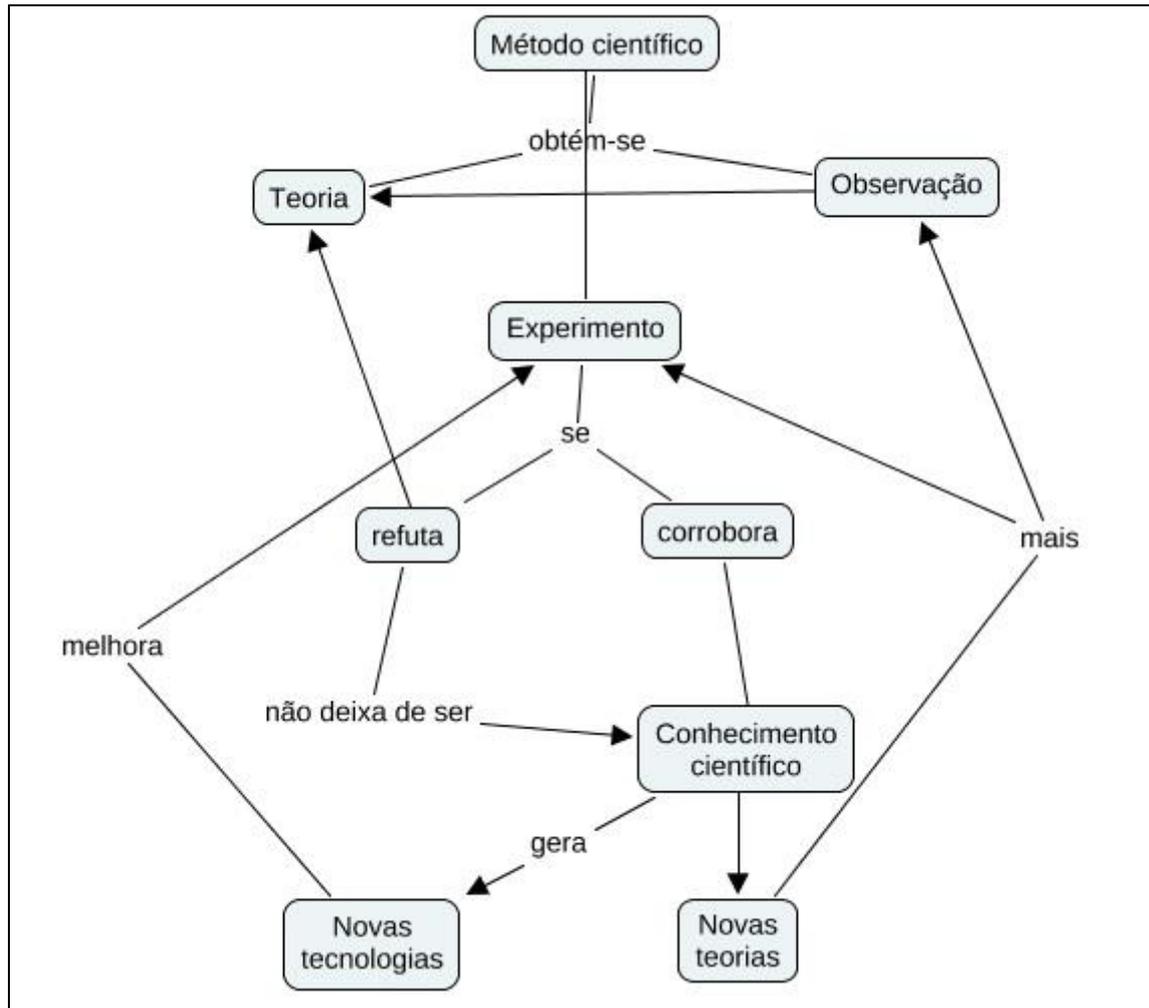
Mapa conceitual construído D3B



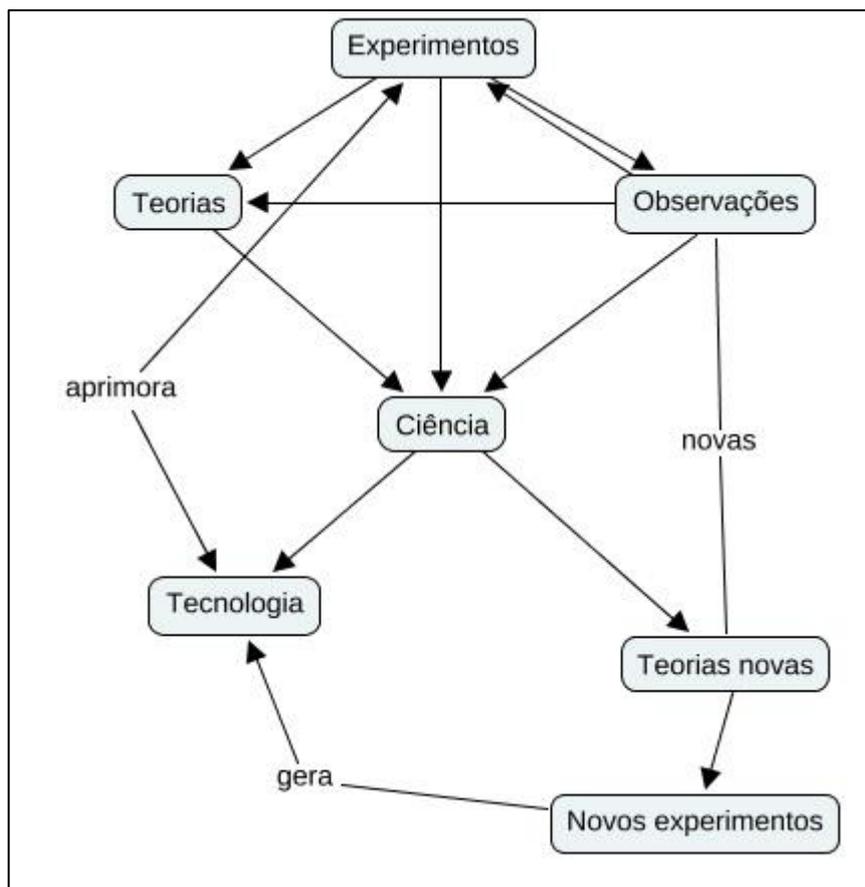
Mapa conceitual construído pelo aluno D4B



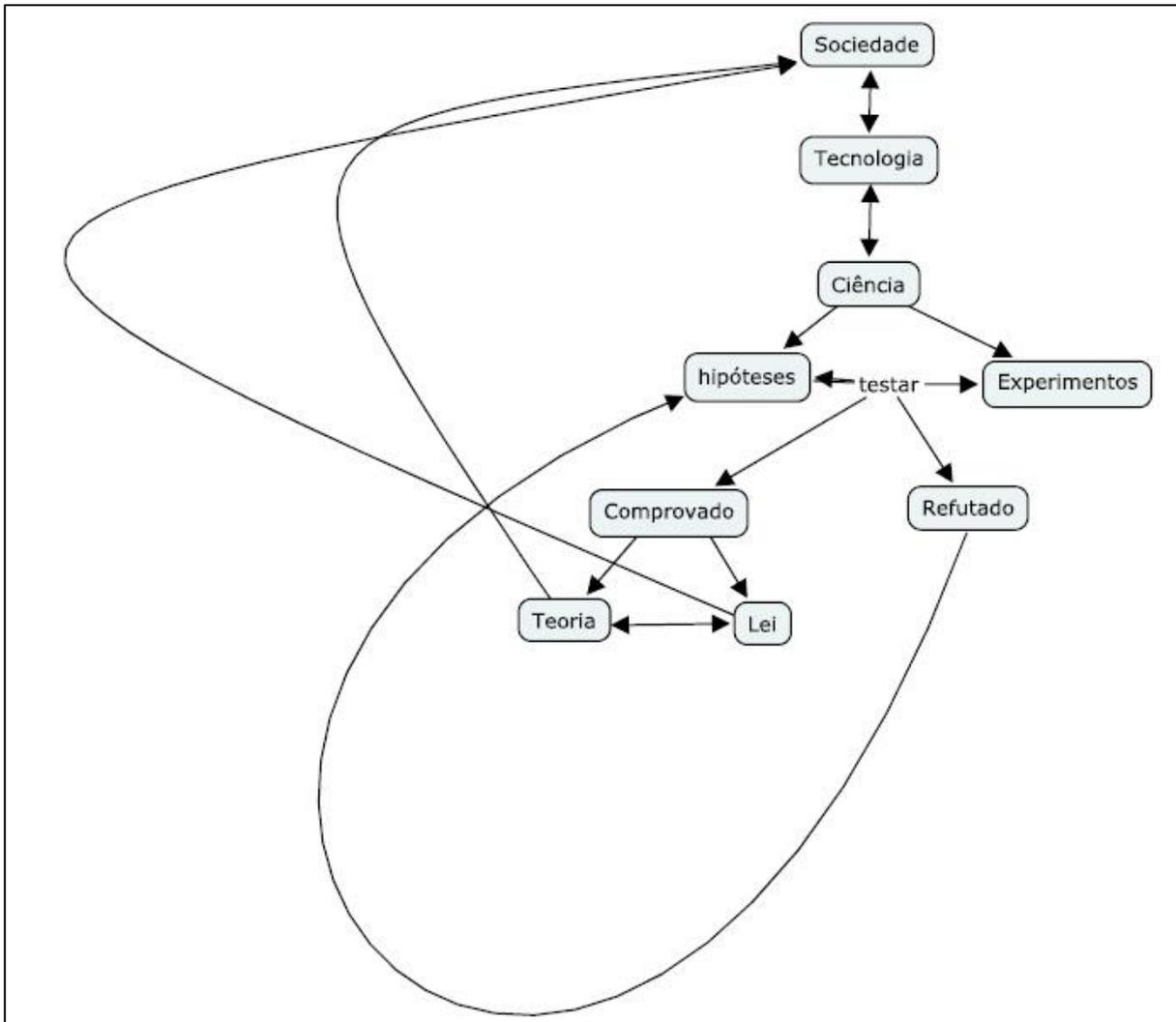
Mapa conceitual construído pelo aluno D5B



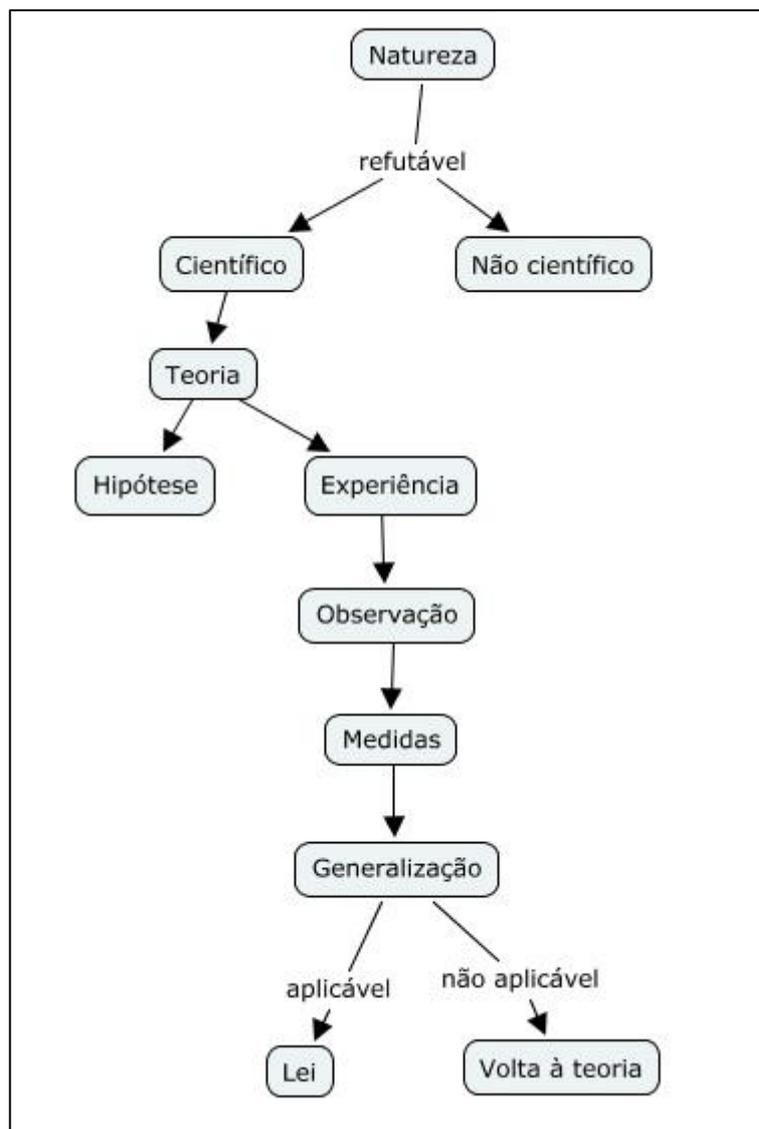
Mapa conceitual construído pelo aluno D6B



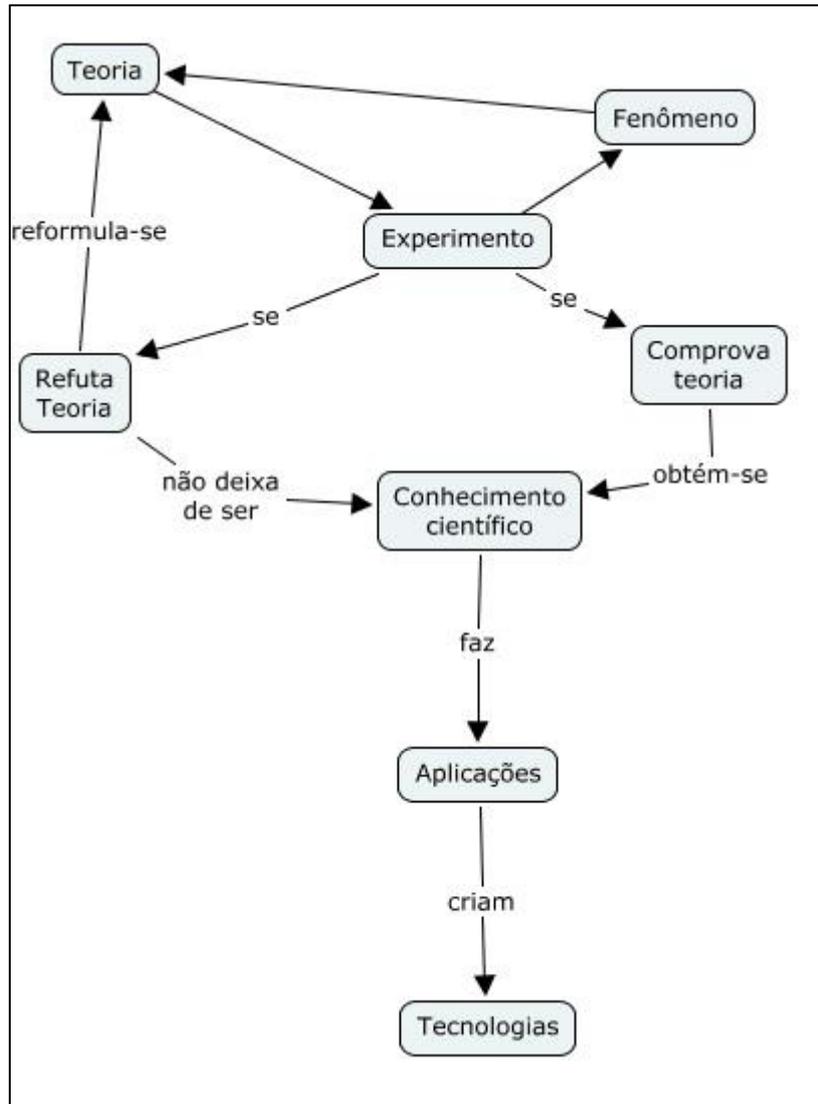
Mapa conceitual construído pelo aluno D7B



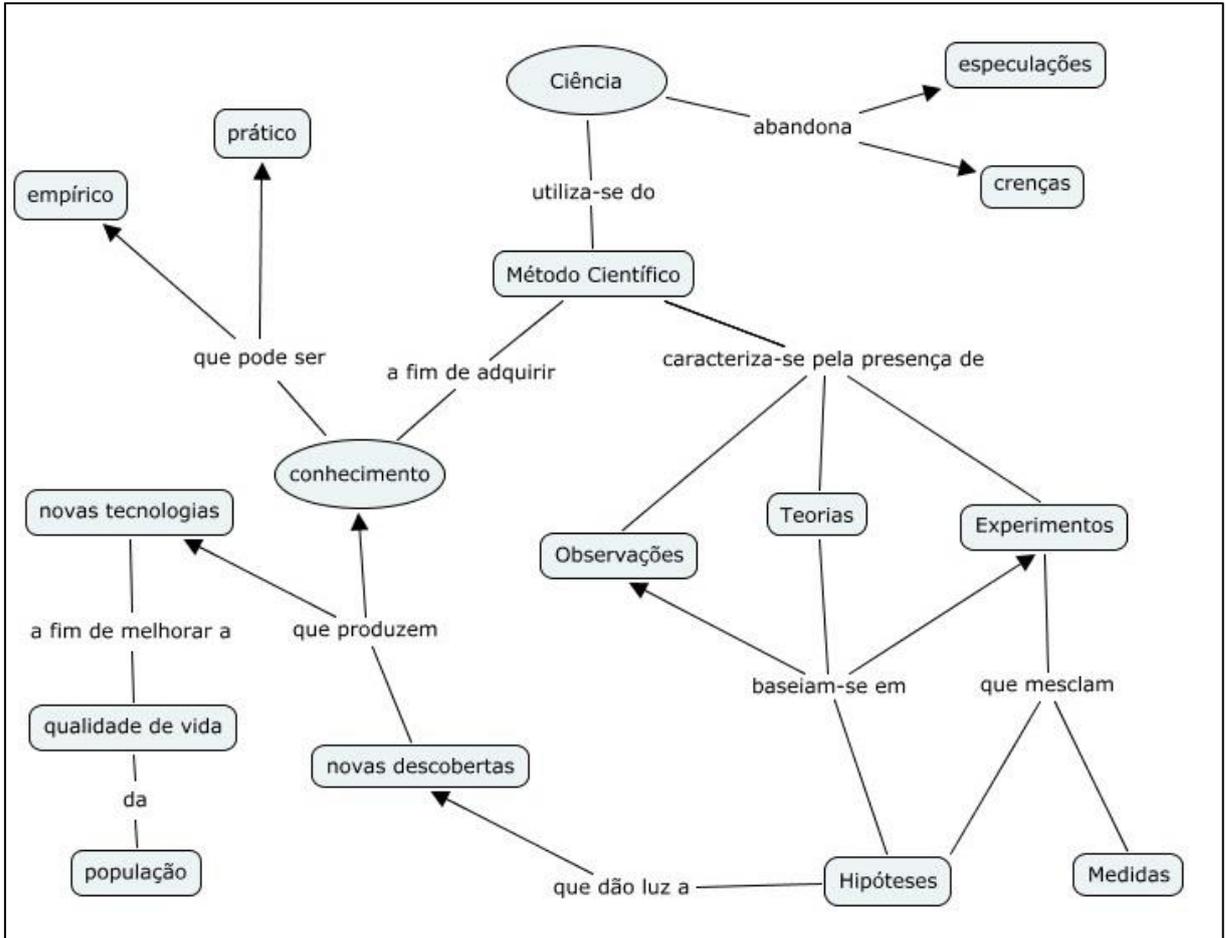
Mapa conceitual construído pelo aluno D8L



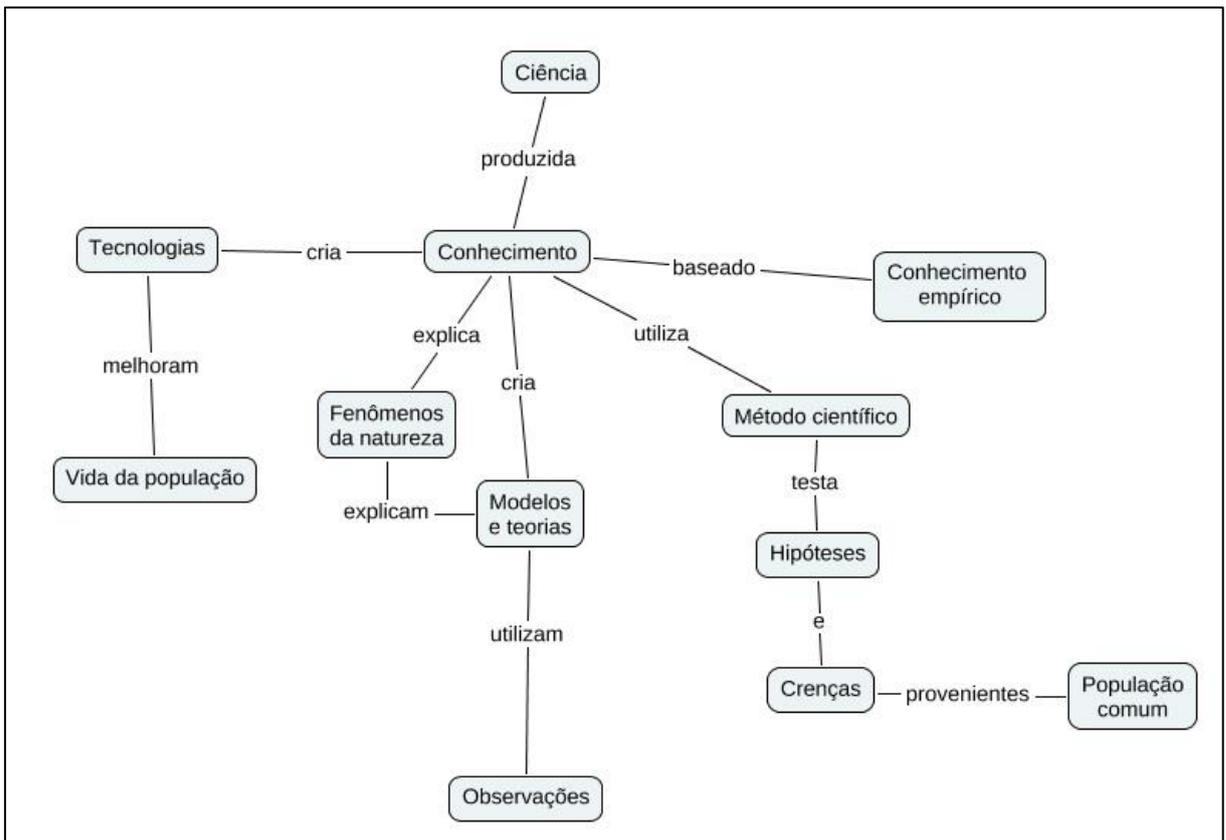
Mapa conceitual construído pelo aluno D9B



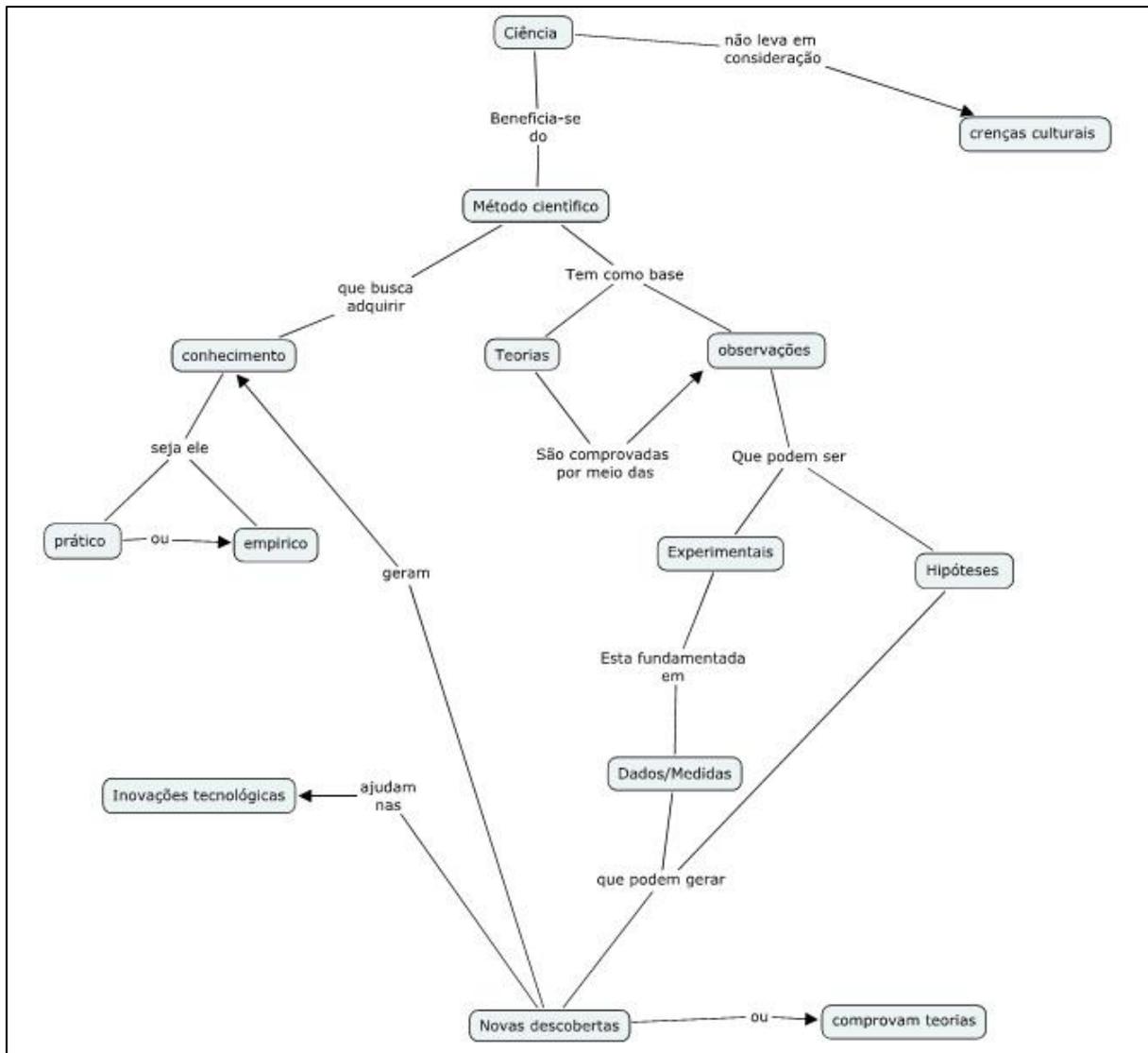
Mapa conceitual construído pelo aluno D10B



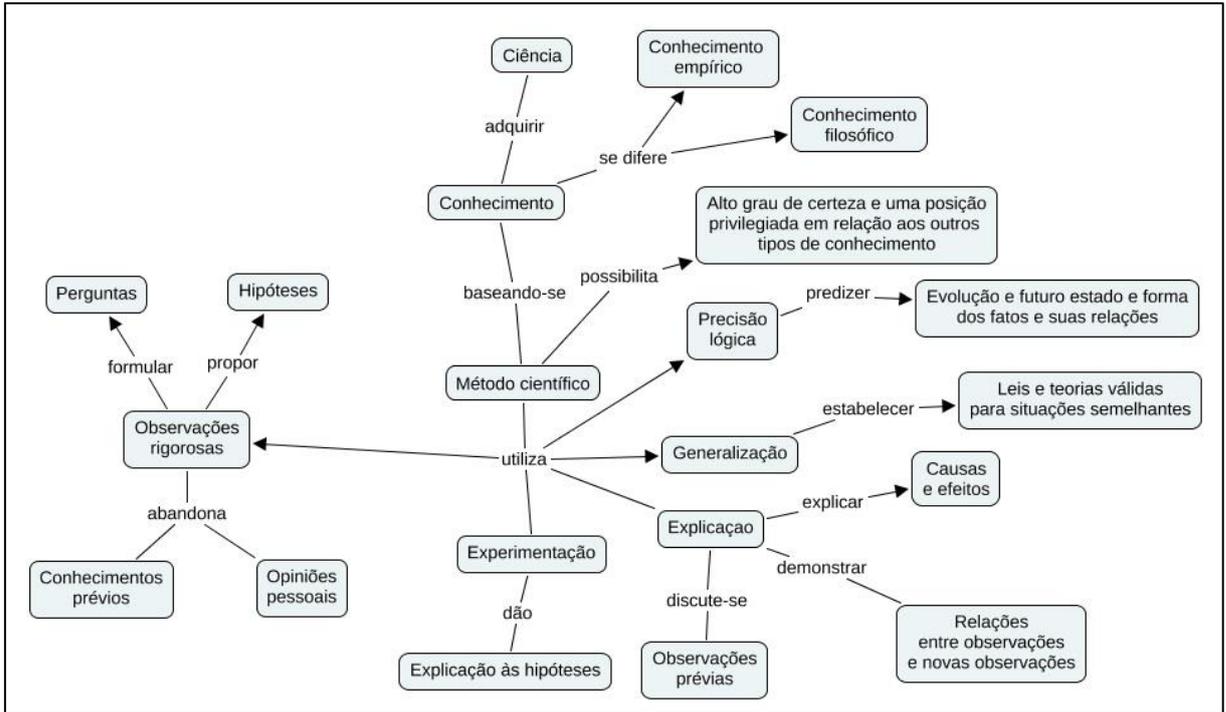
Mapa conceitual construído pelo aluno N1L



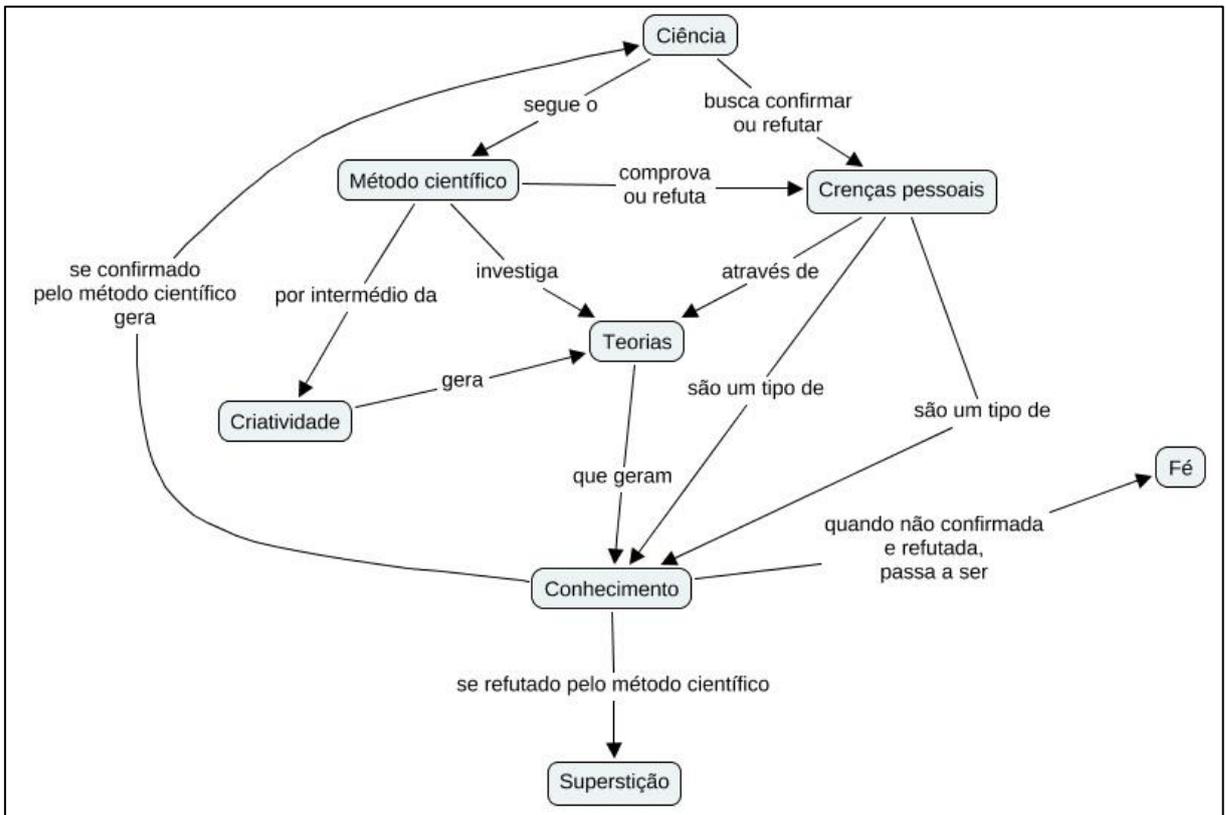
Mapa conceitual construído pelo aluno N2L



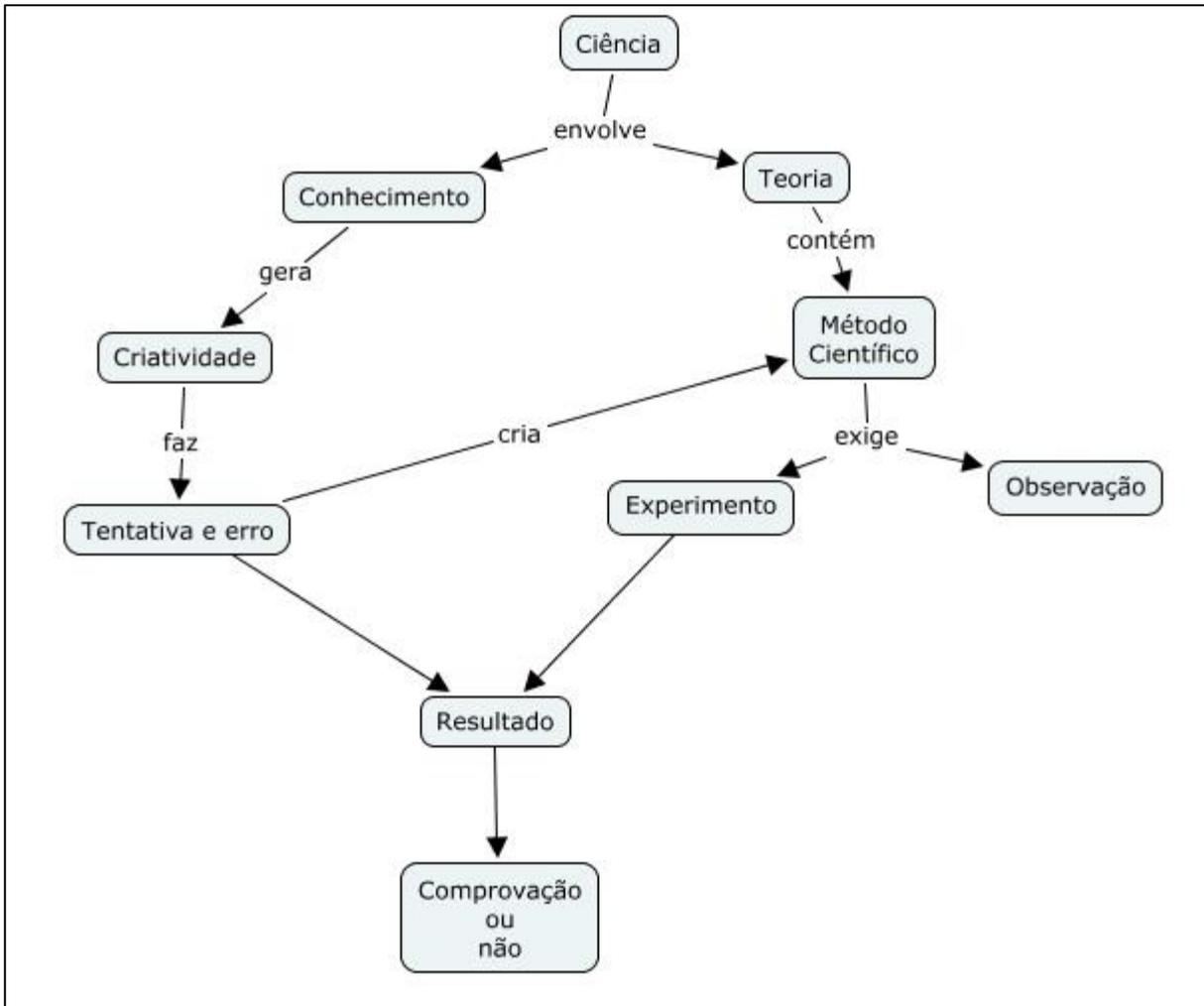
Mapa conceitual construído pelo aluno N3L



Mapa conceitual construído pelo aluno N4L



Mapa conceitual construído pelo aluno N5L



Mapa conceitual construído pelo aluno N6L

Apêndice F – Questões sobre o Texto de Edward Grant

Questões

1) O autor aborda as premissas para a ocorrência de uma revolução científica na Europa Ocidental. Que revolução é esta? Quais são os principais nomes da física que dela participaram? Quais foram suas teorias, e no que elas diferiam dos modelos medievais anteriores?

2) A revolução em questão levou aos primórdios daquilo que o autor chama ciência moderna. Em física, usamos (erroneamente, talvez) a palavra moderno para a física do início do século XX. No que a ciência moderna se diferencia da medieval?

3) Para o autor, quais são os três pré-requisitos fundamentais para o surgimento da ciência moderna na Europa e não em outro lugar?

4) Estes pré-requisitos, são considerados necessários ou suficientes para o surgimento da revolução científica do século XVII?

5) O que é exatamente, educação secular? O autor lista como fundamental uma relativa autonomia das Universidades em relação aos estados e à Igreja no final da Idade Média. Isto está relacionado com o conceito de laicidade, ou seja, separação entre assuntos de estado e religião. Analise como a laicidade era praticada na época e como ela é praticada atualmente mundo afora.

6) Qual uma característica biográfica comum aos principais nomes da física que participaram da revolução científica que fortalece o argumento do autor sobre a importância da universidade.

7) O autor, ao longo do texto, diferencia ciência medieval de filosofia natural, fundamentalmente Aristotélica. Faça uma pequena lista de assuntos que eram temas da ciência, e de outros que eram objeto da filosofia natural.