

UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO

FACULDADE DE EDUCAÇÃO

INSTITUTO DE FÍSICA

INSTITUTO DE QUÍMICA

INSTITUTO DE BIOCÊNCIAS

**Investigação das concepções de licenciandos em
química sobre história da ciência**

Marcos Alberto Autuori Leme

Orientador: Prof. Dr. Paulo Alves Porto

Dissertação apresentada ao Instituto de Física, ao Instituto de Química, ao Instituto de Biociências e a Faculdade de Educação da Universidade de São Paulo, como exigência parcial para a obtenção do título de Mestre em Ensino de Ciências.

São Paulo

2008

FICHA CATALOGRÁFICA
Preparada pelo Serviço de Biblioteca e Informação
do Instituto de Física da Universidade de São Paulo

Leme, Marcos Alberto Autuori

Investigação das concepções de licenciados em química
sobre história da ciência – São Paulo - 2008

Dissertação (Mestrado) – Universidade de São Paulo.
Instituto de Física e Instituto de Química

Orientador: Prof. Dr. Paulo Alves Porto
Área de Concentração: Ensino de Ciências

Unitermos: 1. História da Ciência; 2. Ciência (Estudo e
Ensino; Historiografia); 3. Química (Estudo e Ensino);
4. Ensino Superior.

USP/IF/SBI-084/2008

Resumo

Este trabalho tem como objetivo investigar as idéias de alunos de licenciatura em química acerca de aspectos historiográficos da ciência, visando identificar se suas concepções estão de acordo com o perfil desejado para o professor de química atual. Partimos da idéia de que o ensino de ciências pode se beneficiar da abordagem adotada pela maioria dos historiadores da ciência na atualidade, denominada nova historiografia da ciência (NHC). Como instrumento de pesquisa, foi elaborado um questionário de múltipla escolha para o levantamento de concepções sobre história da ciência, construído a partir de uma rede sistêmica, na qual confrontamos concepções da NHC e da antiga historiografia da ciência (AHC). A opção pelo questionário de múltipla escolha foi decorrência da intenção de desenvolver um instrumento de pesquisa que permitisse investigar as concepções de um grande número de licenciandos. A análise dos dados obtidos através do questionário foi efetivada através de uma metodologia que utiliza dendrogramas, histogramas e outros parâmetros de natureza estatística. Concluímos que essa metodologia mostrou-se eficiente na comparação de dois ou mais grupos, no sentido de identificar em qual grupo as posições associadas a NHC e a AHC são mais claramente distintas. Através desta metodologia também foi possível avaliar qual a posição predominante em um determinado grupo, uma vez que os valores dos parâmetros e os aspectos dos dendrogramas e histogramas seguem padrões identificáveis. Os resultados obtidos sugerem que, entre os licenciandos em química, ainda prevalecem concepções sobre a história da ciência que não refletem as tendências historiográficas atuais, tampouco condizem com os objetivos preconizados para o ensino de ciências.

Abstract

This work aims to investigate the ideas of pre-service chemistry teachers about aspects of the historiography of science, and to identify whether their conceptions are in line with the current desired profile for chemistry teachers. We assume that science teaching can benefit from the approach adopted by most historians of science nowadays, called the new historiography of science (NHS). As a research tool, a multiple-choice questionnaire dealing with views on history of science was developed, following a systemic network in which the NHS is compared with the former historiography of science (FHS). The multiple choice questionnaire was chosen as the research tool in order to investigate a large number of pre-service chemistry teachers. Data analysis was carried out by means of dendrograms, histograms and other statistical parameters. Methodology of analysis proved efficient in the comparison of two or more groups, to identify in which group the positions associated with NHS and FHS were more clearly distinct. It also enabled the assessment of which was the predominant position in a particular group, for the values of the parameters and aspects of the dendrograms and histograms follow identifiable patterns. Results suggest that a significant number of pre-service chemistry teachers hold notions about the history of science that neither reflect the current historiographical trends, nor are consistent with the goals advocated for science teaching.

Este trabalho é dedicado a
Oswaldo Felipe Junior
(in memoriam)

Agradecimentos

A todos os professores, alunos e funcionários do Programa de Pós-Graduação Interunidades em Ensino de Ciências, responsáveis pelas condições para que o mestrado fosse desenvolvido, especialmente a Profa. Dra. Maria Eunice Ribeiro Marcondes.

Aos professores responsáveis pelas disciplinas de pós-graduação cursadas, as quais contribuíram muito para minha formação: Prof. Dr. Alberto Villani, Profa. Dra. Maria Eunice R. Marcondes, Profa. Dra. Myriam Krasilchik e Prof. Dr. Nílson José Machado.

Ao professores que contribuíram com valiosas sugestões no exame de qualificação, Profa. Dra. Maria Eunice R. Marcondes e Prof. Dr. João Zanetic.

Aos professores que auxiliaram esta pesquisa, aplicando questionários em suas disciplinas, e aos alunos de graduação e pós-graduação que pacientemente responderam aos questionários, no Instituto de Química da USP e na Fundação Santo André.

À minha Família, que soube compreender minhas ausências.

A Flávia Oliveira Cheloni, pelas inúmeras contribuições ao trabalho, demonstrando extraordinária dedicação e competência.

Especialmente, ao Prof. Dr. Paulo Alves Porto, que se dedicou muito além do esperado, demonstrando excepcional compromisso e postura ética exemplar.

Abreviações usadas nesta dissertação

AHC – antiga historiografia da ciência

FC – filosofia da ciência

HC – história da ciência

HQ – história da química

NFC – nova filosofia da ciência

NHC – nova historiografia da ciência

QMEHC – Questionário de múltipla escolha sobre história da ciência

RS – rede sistêmica

Sumário

I – Fundamentação Teórica.....	10
Apresentação e objetivos gerais.....	10
História e filosofia da ciência no ensino	11
Comparação entre a “nova” e a “antiga” historiografia da ciência.....	15
Transformações da historiografia da ciência ao longo da história.....	21
II - Metodologia	29
Redes sistêmicas	29
O questionário de múltiplas escolhas	31
Metodologia para a construção de redes sistêmicas e do questionário	32
Referencial metodológico para análise dos questionários.....	37
Metodologia para elaboração de questionário a partir de uma RS	42
Referências para o tratamento estatístico	44
Análise dos dados utilizando dendrogramas	47
Etapas para a elaboração de dendrogramas	50
Exemplo de construção de dendrograma.....	52
Análise por histogramas e dendrogramas.....	55
III - Parte Experimental	65
Levantamentos preliminares	65
Elaboração das categorias sobre concepções historiográficas.....	81
Elaboração da rede sistêmica.....	89
Construção do questionário	94
Validação do questionário	100
Aplicação do questionário	103
Alterações nas categorias	104
Análise dos resultados obtidos.....	106
Discussão geral sobre os resultados obtidos.....	128
IV – Considerações Finais	132
V- Bibliografia	137

VI - Anexos.....	143
Questionário 1.....	143
Questionário 2.....	144
Questionário 3.....	146

I – Fundamentação Teórica

Apresentação e objetivos gerais

O Grupo de Pesquisa em História da Ciência e Ensino de Química (GHQ), do qual fazemos parte, está sediado no Instituto de Química da USP, e é coordenado pelo Prof. Dr. Paulo Alves Porto. Um dos objetivos do grupo é aproximar a história da ciência do ensino de química, através de um olhar compatível com a historiografia da ciência atual. Para isso, iniciamos pesquisas que visam detectar qual tipo de história da ciência tem sido divulgada entre professores, licenciandos em química, e mesmo para o público em geral. Em alguns trabalhos prévios, detectamos que a concepção historiográfica divulgada pela maioria dos meios difere daquela adotada pela maioria dos pesquisadores da área na atualidade. Dentro desta perspectiva, algumas frentes de pesquisa específicas foram iniciadas. Em uma delas, tópicos relacionados à história da ciência, presentes em livros didáticos de química, estão sendo avaliados.¹ Em outra frente, o conteúdo de páginas na internet está sendo avaliado de forma similar². Outras pesquisas são conduzidas abordando tópicos da história da ciência, ligados à química, e suas possíveis relações com o ensino³. Uma delas, por exemplo, procurou investigar o trabalho de John Dalton, e suas relações com o ensino, investigando inclusive como as teorias de Dalton têm sido divulgadas em livros de química⁴.

A presente pesquisa tem por objetivo investigar concepções sobre história da ciência presentes entre professores de química. Inicialmente, procuramos organizar, de forma estruturada e hierarquizada, um conjunto de concepções sobre história da ciência. Este conjunto de concepções foi estruturado na forma de uma rede sistêmica (RS). A partir dessa rede foi elaborado um questionário, na forma de alternativas de múltipla

¹ M. A. M. Fernandes e P. A. Porto, “A presença da História da Ciência no livro Química Geral e Reações Químicas, de Kotz e Treichel”.

² R. M. Buoro e P. A. Porto, “Levantamento de recursos de história da química na Internet – um estudo preliminar”.

³ F. A. S. P. Baia e P. A. Porto, “Sobre o conceito de elemento químico de Dmitrii Mendeleev”; J. O. Baldinato e P. A. Porto, “Variações da História da Ciência e a (pseudo-)história de Michael Faraday”.

⁴ H. E. B. Viana, *A construção da teoria atômica de Dalton como estudo de caso - e algumas reflexões para o ensino de química*.

escolha, que reflete esta organização hierárquica de concepções. As etapas seguintes foram a validação do questionário e sua aplicação em algumas turmas, procurando identificar e comparar concepções ligadas à antiga historiografia da ciência com as da nova historiografia da ciência presentes em alunos de licenciatura em química. Finalmente, foi traçado um perfil dos licenciandos pesquisados no que tange a suas posturas em relação à história da ciência.

Uma característica do nosso trabalho é elaborar um instrumento de pesquisa que permita pesquisas mais extensivas. Consideramos relevante elaborar, em trabalhos futuros, um quadro mais amplo do posicionamento dos licenciandos, indicando as possíveis deficiências em relação a uma postura em relação à história da ciência que se aproxime mais da atividade atual dos historiadores da ciência. Um quadro como este pode contribuir para a divulgação de uma história da ciência que auxilie os professores a atingirem os objetivos propostos pelas novas diretrizes educacionais.

História e filosofia da ciência no ensino

Nos últimos anos, os órgãos governamentais federais responsáveis pelas diretrizes que norteiam a educação brasileira indicaram novos rumos para o ensino médio, que passou a ser visto como um instrumento para a formação humana e fator para o pleno exercício da cidadania. Nesse contexto, a história da ciência tem sido apontada como importante para a formação de professores de química, bem como para auxiliar na aprendizagem dessa disciplina no ensino médio.

O ensino da química, dentro dessa nova concepção, torna-se significativo se

“o conhecimento químico for promovido como um dos meios de interpretar o mundo e intervir na realidade, se for apresentado como ciência, com seus conceitos, métodos e linguagens próprios, e como construção histórica, relacionada ao desenvolvimento tecnológico e aos muitos aspectos da vida em sociedade”⁵.

Essa ênfase na apresentação da ciência como construção histórica e como atividade que possui conceitos, métodos e linguagens próprios pressupõe uma abordagem que inclui a história da ciência (HC) e a filosofia da ciência (FC).

⁵ Brasil – Ministério da Educação, *Parâmetros Curriculares Nacionais – Ensino Médio*.

A história e a filosofia da ciência são áreas de estudo estreitamente ligadas e que sofreram profundas mudanças, notadamente a partir da década de 1960⁶. As mudanças sofridas nestas áreas foram suficientes para que hoje possamos identificar uma nova historiografia da ciência, bem como uma nova filosofia da ciência (NFC). Na análise e comparação de diferentes visões sobre historiografia da ciência, consideramos como fundamental demarcar duas posturas distintas. Às posturas, opiniões e conceitos que remetem a concepções anteriores às mudanças citadas, iremos nos referir como “antiga historiografia da ciência” (AHC); e as posturas condizentes com a historiografia praticada pela maioria dos historiadores da ciência na atualidade serão referidas como “nova historiografia da ciência” (NHC). Um pressuposto básico para este trabalho é considerar que a NHC e a NFC são adequadas às novas diretrizes educacionais do Brasil. Lançar um olhar sobre a ciência a partir destas novas perspectivas é um caminho para efetivar a construção de um novo modelo de ensino.

Apesar das drásticas mudanças ocorridas, nas diversas visões sobre FC e HC, a visão da ciência divulgada na maioria dos meios de comunicação, e largamente ensinada em instituições de ensino, ainda utiliza referenciais ligados à AHC. Como resultado, é de se esperar que a visão sobre HC, predominante entre os professores de química, seja marcadamente influenciada pela historiografia anterior ao período citado.

A fim de fundamentar nossa pesquisa, foi feito um levantamento bibliográfico buscando localizar trabalhos com objetivos semelhantes aos nossos. Foram localizadas referências importantes de pesquisas em ensino de ciências ligadas a HC e/ou a FC, que indicaram metodologias compatíveis com os objetivos do nosso trabalho. As principais referências metodológicas que adotamos foram os trabalhos de Koulaidis e Ogborn

⁶ Neste trabalho, o foco principal é a história da ciência, portanto não serão apresentadas as diferentes correntes da filosofia da ciência que se desenvolveram ao longo da história. Como referência, em relação a este desenvolvimento, podemos citar A. F. Chalmers, *O que é ciência, afinal?*, no qual o autor apresenta um quadro bastante abrangente, traçando as diferentes correntes que se desenvolveram desde o indutivismo de Bacon até as reformulações das décadas de 1960 e 1970. Ver também J. Zanetic, *Física também é cultura*, que apresenta na introdução teórica de sua tese de doutorado um quadro bastante abrangente das modificações que se sucederam, ao longo da história, na FC. Para consultar algumas das fontes originais do debate em torno das idéias de Kuhn ver: M. Clagett (org.), *Critical Problems in the History of Science*.

(1988 e 1989).⁷ Por esse motivo, apresentaremos a seguir um resumo da metodologia proposta nesses trabalhos. Também são apresentadas algumas adaptações ao método proposto por aqueles autores, no sentido de servirem aos propósitos da presente pesquisa.

O principal objetivo de Koulaidis e Ogborn (1988) foi elaborar um questionário que permitisse identificar qual era a posição dos entrevistados em relação a diferentes concepções filosóficas da ciência. Em nosso trabalho, seguindo orientações similares, procuramos construir um questionário para avaliar a postura dos licenciados perante questões relacionadas à historiografia da ciência. Para elaborar o questionário, Koulaidis e Ogborn estruturaram previamente uma rede sistêmica (RS)⁸, baseada em uma análise detalhada das diferentes posições dentro da FC. A partir da RS, o questionário foi elaborado. Esse instrumento pode auxiliar na construção e validação do questionário, pois fornece uma visão estrutural das questões, sendo possível inter-relacionar as questões a uma estrutura pré-estabelecida. Isto quer dizer que as questões não estão soltas, mas fazem parte de uma estrutura.

Em 1989, no trabalho seguinte, Ogborn e Koulaidis aplicaram o questionário, elaborado anteriormente, a um grupo de 95 professores da Inglaterra, incluindo professoras e professores de física, química, biologia e geologia. Na análise dos resultados foram construídas tabelas relacionando as porcentagens de ocorrência de cada posição filosófica entre os professores, dentro de cada dimensão considerada. Na procura de uma metodologia adequada para nossa pesquisa a respeito de concepções sobre a historiografia da ciência, os trabalhos de Koulaidis e Ogborn se apresentaram como exemplos, ao indicar que uma análise cuidadosa de dados quantitativos pode resultar em significativas conclusões a respeito de assuntos complexos, como é o caso da FC.

Outros autores forneceram importantes referências, com relação ao tratamento dos dados obtidos, que puderam ser incorporadas a este trabalho. Wang e Marsh (1998)⁹

⁷ V. Koulaidis e J. Ogborn, "Use of systemic networks in the development of a questionnaire"; idem, "Philosophy of science: an empirical study of teachers' views".

⁸ No capítulo "Parte experimental" desta dissertação, elaboramos uma seção que aborda as redes sistêmicas e sua utilização nesta pesquisa.

⁹ H. A. Wang e D. D. Marsh, "Science Teachers' Perceptions and Practices in Teaching the History of Science".

efetuaram um levantamento sobre concepções e práticas pedagógicas de professores da Califórnia (EUA) envolvendo HC. Em um trabalho posterior, Wang e Cox-Petersen (2002)¹⁰ repetiram o levantamento, apresentando algumas melhorias em relação à análise dos dados. Os instrumentos de análise utilizados nesses trabalhos serão apresentados no capítulo “Metodologia”, uma vez que puderam ser adaptados aos nossos propósitos. O objetivo de Wang e Cox-Petersen foi investigar quais as percepções e as práticas pedagógicas em relação ao ensino da HC, comparando professores do ensino elementar, intermediário e médio. Os resultados indicaram que os professores pesquisados, de maneira geral, consideram que ensinar HC como parte do programa tem um papel importante. No entanto, esta convicção não é necessariamente congruente com suas práticas pedagógicas.

Em um trabalho realizado por Cachapuz e Paixão (2002)¹¹, os autores utilizaram um esquema similar ao de Wang e Cox-Petersen para estruturar idéias ligadas a HC e FC, em uma pesquisa voltada ao ensino. Nessa estrutura, constavam três grandes categorias ligadas a HC e FC. A primeira, relacionada à metodologia científica, a segunda à dinâmica da construção do conhecimento científico e a terceira, ao lado humano e social da ciência. No estudo, os autores adotaram a metodologia de estudo de casos, analisando qualitativamente entrevistas de um número reduzido de professores. Apesar desta diferença, em relação à metodologia que adotamos no presente trabalho, a idéia de criar uma estrutura conceitual prévia influenciou positivamente sobre nossa decisão em relação ao uso de redes sistêmicas.

Outros trabalhos ligados a HC e/ou FC puderam ser localizados e trouxeram contribuições diversas ao desenvolvimento de nossa pesquisa. Com relação aos possíveis propósitos de se abordar a HC na formação de professores, podemos citar o trabalho de Duschl (2000)¹², que propõe uma abordagem crítica ao uso da HC na educação científica. Ao final, o autor propõe um modelo de ensino para a educação em ciências. Sobre as dificuldades para a inclusão da HC e da FC nos currículos de

¹⁰ H. A. Wang e A. M. Cox-Petersen, “A Comparison of Elementary, Secondary and Student Teacher’s Perceptions and Practises Related to History of Science Instruction”.

¹¹ A. F. Cachapuz e F. Paixão, “Placing the History and the Philosophy of Science on Teacher Education”.

¹² R. A. Duschl, “Using and Abusing: Relating History of Science to Learning and Teaching Science”.

ciências, podemos citar Monk e Osborne (1996).¹³ Abordando o papel da HC no ensino, nos Estados Unidos, podemos citar Wang (1999)¹⁴, onde esse autor compara orientações oficiais do governo sobre a utilização da HC, com as abordagens presentes em quatro livros de física. Finalmente, encontramos uma extensa revisão bibliográfica articulada por Matthews e cols. (2001)¹⁵, direcionada a trabalhos ligados a HC e FC, reunindo mais de 400 referências a respeito do tema.

De um modo geral, esses trabalhos enfocam, principalmente, aspectos relacionados à filosofia da ciência. Em nosso caso, procuramos situar o foco nas idéias relativas à história da ciência. Para que seja possível compreender quais as concepções historiográficas que estamos procurando comparar, delinearemos a seguir as principais características dessas concepções.

Comparação entre a “nova” e a “antiga” historiografia da ciência

O que é história da ciência?

O ensino de HC para alunos de ensino médio, e também na formação de professores, apresenta algumas dificuldades inerentes ao campo. Uma dificuldade que pode ser apontada logo de imediato é a dificuldade que os licenciandos apresentam em compreender o que é a história da ciência. Muitos estudantes e professores de química apresentam uma compreensão muito superficial do que é esta disciplina. Uma idéia que aparece com frequência, baseada no senso comum, é que a HC é simplesmente uma união, ou aglutinação, de duas disciplinas, a história e a ciência. Inegavelmente, a HC se relaciona com estas duas disciplinas. No entanto, é uma disciplina com características, objetivos e metodologia próprias, constituindo-se em um conjunto mais complexo do que a simples soma de *história* e *ciência*.¹⁶ Para procurar entender o que é HC, de maneira adequada, identificaremos algumas características da ciência e da história,

¹³ M. Monk e J. Osborne, “Placing the History and Philosophy of Science on the Curriculum: A Model for the Development of Pedagogy”.

¹⁴ H. A. Wang, “A Content Analysis of the History of Science in the National Science Educational Standards Documents and Four Secondary Science Textbooks”.

¹⁵ R. Bell, F. Abd-El-Khalick, N. G. Lederman, W. F. McComas, M. R. Matthews, “The Nature of Science and Science Education: A Bibliography”.

¹⁶ A. M. Alfonso-Goldfarb, *O que é história da ciência*.

procurando compará-las, para depois situar a HC e suas possíveis relações com a ciência e com a história.¹⁷

Uma possível visão do que é ciência, compatível com diversas correntes da FC atual, tem como ponto de partida a atividade dos cientistas, tomados como pessoas comuns inseridas em um contexto¹⁸. Pesquisadores sofrem influência do meio científico, isto é, das teorias aceitas e também de fatores externos à atividade científica. Consideramos que a visão que as pessoas têm da realidade, das observações da Natureza e do resultado de experimentos, é fortemente influenciada pelo contexto em que estes cientistas vivem. Uma referência sobre a influência do contexto na atividade científica pode ser encontrada em Wang e Marsh (1998)¹⁹, onde os autores criaram uma estrutura conceitual sobre HC (*History of Science Conceptual Framework*) que contempla três aspectos, ou dimensões, da ciência: conceitual, procedimental e contextual. Na dimensão contextual foram incluídos fatores psicológicos (motivação e objetivos pessoais, por exemplo), fatores sociais (influência da opinião pública, incentivo público, necessidades sociais, questões políticas, por exemplo) e fatores culturais associados à pesquisa científica (como a tradição familiar, por exemplo). Considerando estes referenciais, é possível esquematizar, de modo simplificado, a atividade científica da seguinte maneira. Partimos do Universo, que existe independentemente da atividade de humanos, sendo fonte de observações para os mesmos. Os cientistas registram e

¹⁷ A análise que se segue é baseada nas idéias apresentadas por R. A. Martins em “Ciência versus historiografia: os diferentes níveis discursivos nas obras sobre história da ciência”. Nesse ensaio, o autor foi capaz de caracterizar de forma clara e sintética, de acordo com sua visão, o que é ciência, o que é história e a relação destas disciplinas com a história da ciência. A partir desta caracterização, o autor segue sua análise dos diferentes níveis discursivos apresentados em obras de HC.

¹⁸ Uma posição filosófica coerente com a análise que segue no texto é a adotada por L. Laudan. Para esse autor, a ciência é essencialmente uma atividade de resolução de problemas. A ciência tem uma ampla variedade de objetivos, do mesmo modo que os cientistas têm múltiplas motivações: procuram explicar e controlar o mundo natural, buscam aquilo que consideram a verdade, buscam a utilidade social, e também prestígio e influência. Apesar destas múltiplas motivações, o marco orientador do trabalho de Laudan é considerar a ciência como um sistema para resolver problemas: “O propósito deste breve livro é esboçar as implicações, tanto para a história da ciência como para sua filosofia, de uma visão da investigação científica que concebe a ciência, primordialmente, como uma atividade de resolução de problemas” (Laudan, *El Progreso y sus Problemas. Hacia una Teoría del Crecimiento Científico*, p. 40).

¹⁹ A. Wang e D. D. Marsh, “Science teacher’s perceptions and practices in teaching history of science”.

sistemizam observações diretas do Universo, além de idealizar e conduzir experimentos, utilizando equipamentos construídos a partir dos conhecimentos científicos estabelecidos. Os resultados destes experimentos também são registrados e sistematizados. As observações obtidas diretamente do Universo ou os resultados de experimentos são interpretados pelos cientistas, que se baseiam em outras obras científicas. Além disto, como já foi comentado, os cientistas também são fortemente influenciados pelo contexto histórico²⁰ em que vivem. A partir destas fontes, o cientista produz sua obra científica, que consiste em textos, fórmulas, esquemas e outras formas de representação, fazendo sempre referência a outras obras científicas aceitas pela comunidade científica. As obras científicas trazem, em geral, novos conhecimentos, que se forem aceitos pela comunidade científica, se incorporam ao conhecimento científico vigente, podendo ser referenciados em futuras obras.

Para procurar estabelecer o que é história podemos considerar que historiadores sofrem influência do meio acadêmico, isto é, das interpretações históricas aceitas e também de fatores externos à atividade acadêmica. O “Universo observável” para o historiador consiste em documentos, relatos, memórias e outros vestígios, produzidos a partir de uma realidade passada.²¹ Os historiadores organizam os documentos e vestígios, muitas vezes obtendo informações de áreas relacionadas, como a arqueologia, por exemplo. Estas informações são interpretadas pelos historiadores, que se baseiam em outras obras acadêmicas. Assim como os cientistas, os historiadores também são fortemente influenciados pelo contexto histórico em que vivem. A partir destas fontes o historiador produz sua obra que consiste em textos, esquemas e outras formas de representação, fazendo sempre referência a outras obras aceitas pela comunidade acadêmica. As obras históricas trazem, em geral, novos conhecimentos, que se forem aceitos, se incorporam ao conjunto das obras academicamente aceitas, podendo ser referenciados posteriormente. Nota-se que este esquema é bastante similar ao anterior, utilizado para se representar a atividade científica. No entanto, a atividade do historiador, com relação às possíveis metodologias, é distinta dos possíveis métodos

²⁰ Na análise conduzida por Martins, *op. cit.*, o autor denomina de *contexto histórico* as possíveis influências externas a que o pesquisador está sujeito.

²¹ Martins, *op. cit.*, denomina história como “um conjunto de situações, e acontecimentos pertencentes a uma época e a uma região, que é o objeto de estudo dos historiadores” (p 115).

utilizados pela ciência. Uma distinção marcante, que merece ser comentada, é a impossibilidade de se fazer experimentos planejados a partir dos conhecimentos em história. Não é possível tentar “isolar variáveis” e tentar repetir um determinado contexto histórico repetidamente, ou procurar “reprodutibilidade”, como se costuma fazer na ciência. No entanto, esta característica particular, não faz com que o conhecimento histórico seja menos “confiável” ou menos objetivo que o científico. Os conhecimentos na história e na ciência são igualmente construídos a partir de evidências. Os historiadores e cientistas que constroem conhecimentos são igualmente influenciados pelo contexto histórico em que vivem.

Além desta influência, podemos identificar outras particularidades comuns na atividade de cientistas e historiadores. O conhecimento, em ambos os casos, exige coerência interna, coerência com os conhecimentos anteriormente estabelecidos e coerência com os “dados” analisados. A coerência interna exige que a construção do conhecimento e o encadeamento das idéias possam ser justificados dentro do trabalho. Também é necessário, como já foi comentado, que a construção do conhecimento em um trabalho, em história ou em ciência, seja compatível com alguma teoria academicamente aceita. Finalmente, é necessário que os trabalhos, em ciência ou em história, sejam baseados em alguma evidência verificável. No caso da história, as evidências podem ser documentos, artefatos, relatos orais e outras evidências, inclusive aquelas produzidas a partir de conhecimentos da ciência, como a datação por isótopos, por exemplo.

Muitos autores distinguem o termo história, que consiste na realidade histórica que existe independentemente da interpretação dos historiadores, da historiografia, que são as obras produzidas pelos historiadores. Neste sentido, a historiografia é uma interpretação da realidade histórica. Historiografia também pode ser entendida como o conjunto de métodos utilizados pelo historiador na interpretação da realidade histórica. Neste trabalho, o termo historiografia tem este último significado, uma vez que procuramos diferenciar duas possíveis abordagens na interpretação da HC, aqui denominadas “nova historiografia da ciência” e “antiga historiografia da ciência”.

Estabelecidas algumas relações entre as atividades de historiadores e cientistas, voltamos à questão de entender o que é HC. Não é possível caracterizar a HC de forma atemporal. Assim como as outras atividades humanas, a historiografia da ciência sofreu

modificações ao longo do tempo, isto é, a historiografia da ciência também teve a sua história. Um breve histórico desta *história da historiografia* da ciência pode ser encontrado mais adiante. Antes disso, procuraremos traçar possíveis contornos do que é a HC, nos dias de hoje. Mesmo considerando o papel da HC, na atualidade, não podemos falar de um único contorno possível, uma vez que existem diferentes abordagens para interpretar as fontes utilizadas pelos historiadores da ciência.

Grosso modo, podemos identificar pelo menos duas abordagens concorrentes, e que podem originar interpretações distintas, na historiografia contemporânea.²² Uma delas considera quase que unicamente os fatores externos à ciência (sociais e psicológicos), procurando explicar a construção do conhecimento sem considerar a coerência interna das teorias. Nesta abordagem, teorias podem ser aceitas, ou não, em função da relação do cientista com a comunidade científica, desconsiderando-se seu conteúdo científico. Devemos lembrar que esta corrente historiográfica pode ser considerada oposta a outra corrente, não mais aceita, que desconsiderava, ou colocava em segundo plano, os fatores externos. No desenvolvimento do presente trabalho, adotamos uma corrente menos radical em relação a este aspecto, considerando importantes tanto fatores internos como externos.²³

Independentemente de a qual corrente historiográfica nos referimos, podemos esquematizar o trabalho do historiador da ciência de maneira similar à adotada para entender o trabalho do historiador. Na análise do passado e construção de trabalhos historiográficos, o historiador da ciência tem à disposição documentos (trabalhos científicos, artigos, cadernos de notas, etc.), relatos, memórias e outros vestígios e também materiais específicos do campo de estudo. Podemos citar, por exemplo,

²² Ver Martins, *op. cit.*, onde o autor defende uma historiografia da ciência que considere fatores internos e externos. O autor argumenta que: “Embora correndo o risco de uma excessiva simplificação, pode-se dizer que a antiga historiografia ‘internalista’ da ciência excluía do seu estudo o cientista e seu contexto histórico; e que a recente historiografia sociológica da ciência (que adota o programa ‘forte’ da sociologia da ciência) exclui de seu estudo a relação entre as obras científicas e o universo estudado pelos cientistas, quando não ignora o próprio conteúdo dessas obras científicas. A posição aqui defendida é que nenhum desses dois extremos é válido, pois ambos empobrecem nossa compreensão sobre a dinâmica da ciência” (p. 139).

²³ Martins desenvolve uma defesa mais detalhada dessa posição em: “História e História da Ciência: Encontros e Desencontros”.

instrumentos de laboratório, máquinas, aparelhos, produtos químicos, coleções de museus e laboratórios.²⁴ Historiadores da ciência também sofrem influência do meio acadêmico, isto é, das interpretações históricas aceitas. As informações à sua disposição são interpretadas pelos historiadores da ciência, que se baseiam em outras obras acadêmicas. Assim como os cientistas, os historiadores da ciência também são fortemente influenciados pelo contexto histórico em que vivem. A partir destas fontes, o historiador da ciência produz sua obra que consiste em textos, esquemas e outras formas de representação, fazendo sempre referência a outras obras aceitas pela comunidade acadêmica. As obras produzidas trazem, geralmente, novos conhecimentos, que se forem aceitos, se incorporam ao conjunto das obras aceitas, podendo ser citados em futuras obras de HC.

Podemos dizer que a historiografia da ciência, na maioria dos casos, se diferencia da historiografia geral pelo seu conteúdo. Na interpretação das obras científicas é necessário, considerando-se esta linha de abordagem, que o historiador seja capaz de entender como se deu a construção do conhecimento naquele contexto, ou seja, que o historiador tenha conhecimento científico da área em estudo. Estas ciências podem estar relacionadas às ciências atuais, como por exemplo, o estudo de casos mais recentes, ou relacionadas a conceitos e teorias que não são mais aceitos pela ciência atual, como é o caso da alquimia. Mesmo no caso de atividades que não fazem mais parte da ciência, como a alquimia, conhecimentos em química são úteis ao historiador da ciência que estuda estas atividades, pois pode permitir uma melhor compreensão das possíveis operações práticas executadas pelos alquimistas da época. Outra característica da HC é seu conteúdo metacognitivo, uma vez que a análise das obras científicas requer pensar sobre a construção do conhecimento. Neste aspecto, a HC se abastece de concepções da FC, ao mesmo tempo em que a análise da construção do conhecimento científico, na HC, pode contribuir para a reformulação de idéias na FC.

²⁴ Uma lista de categorias de fontes utilizadas pelo historiador da ciência pode ser encontrada em H. Kragh, *An Introduction to the Historiography of Science*.

Definidos os contornos gerais do que é história da ciência²⁵, elaboramos, a seguir, uma pequena narrativa sobre as diversas correntes que se sucederam na HC ao longo do tempo, desde as origens da ciência moderna, a partir do século XVI.

Transformações da historiografia da ciência ao longo da história²⁶

Podemos identificar características do que hoje denominamos de ciência moderna a partir do século XVI, em um período de transição, e de forma mais definida no século XVII, quando os vínculos com concepções medievais são lentamente rompidos. É difícil, portanto, definir quando a ciência que era praticada na Idade Média adquiriu as características que a transformaram definitivamente na ciência moderna. Esta lenta mudança variou bastante de acordo com o campo de estudo, permanecendo na ciência, pelo menos até o século XVIII, muitas concepções ligadas a uma antiga visão de mundo.

As obras sobre HC produzidas neste período, quando a ciência moderna ainda estava em formação, tinham um caráter de justificativa para a ciência. Os novos contornos que definiam a ciência moderna ainda não estavam bem definidos, e muitos debates aconteciam, procurando estabelecer como deveria ser a ciência. Portanto, muitos utilizavam a HC para justificar suas idéias, às vezes fazendo referências a períodos remotos, como a Antigüidade grega, outras vezes contando “histórias”, criadas para auxiliar na construção de argumentos.

Entre os séculos XVIII e XIX, a ciência moderna se consolidou, tomando um perfil muito parecido com a ciência atual. Neste período, a ciência não precisava mais ser justificada, e em algumas áreas seus contornos já estavam bem estabelecidos, como na física. A HC deste período passa a ser usada como exemplo do que fora “certo”, no desenvolvimento da ciência, e do que fora “errado”. Os parâmetros para classificar o certo e o errado na ciência eram baseados na ciência estabelecida na época. Portanto, tudo aquilo que de alguma forma desviou o caminho “natural” da ciência era

²⁵ Como referências gerais para historiografia da ciência ver: H. Kragh, *op. cit.*; A. M. Alfonso-Goldfarb e M. H. R. Beltrão (orgs.), *Escrevendo a história da ciência: tendências, propostas e discussões historiográficas*; R. A. Martins, “Que tipo de historiografia da ciência esperamos ter nas próximas décadas?”; e J. Le Goff (org.), *Memória - História*.

²⁶ Esta seção está baseada em A. M. Alfonso-Goldfarb, *O que é história da ciência*.

considerado como errado. Por outro lado, aquilo que ajudou a ciência a se consolidar como tal, evitando as armadilhas do misticismo e da religião, era considerado certo, e deveria ser seguido como exemplo. A HC passou a ser uma espécie de crônica interna da ciência, em geral produzida pelos mesmos personagens que faziam ciência. Muitos cientistas, neste período, utilizavam a HC para relatar os feitos e os méritos de outros cientistas, e algumas vezes deles próprios, mostrando como sua área de pesquisa se desenvolvera até aquele momento.

No final do século XIX havia cientistas que consideravam que a ciência, essencialmente, já havia atingido seu ápice, bastando acrescentar conhecimentos adicionais a uma obra que estava praticamente acabada. Neste período, predominava a doutrina positivista, que considerava a física como modelo a ser seguido pelas outras áreas do conhecimento. Uma vez que as teorias da física eram capazes de explicar a maioria das observações experimentais da época, para alguns cientistas a ciência, estruturalmente, estava concluída.

Contudo, problemas teóricos na física começaram a aparecer, comprometendo as teorias vigentes, além de algumas observações experimentais incompatíveis com a física clássica. Entre as últimas décadas do século XIX e as primeiras décadas do século XX, novos conhecimentos, em diversas áreas, contribuíram para abalar uma estrutura que parecia consolidada. Na física, podemos citar a teoria da relatividade e a física quântica, que geraram novas teorias sobre escalas muito grandes (massas e energia elevadas) e escalas muito pequenas (massas e energias reduzidas). Na biologia, a teoria da evolução, proposta paralelamente por Darwin e Wallace, colocou a espécie humana lado a lado com outras espécies animais, abrindo espaço para novos campos de pesquisa. A psicologia desenvolvia novas teorias e procurava se estabelecer como disciplina científica. A mais conhecida teoria de Freud, por exemplo, indeterminava as atitudes humanas, através do conceito de subconsciente, inserindo um caráter de irracionalidade ao ser humano. Na astronomia, novas teorias e observações indicavam que o Universo poderia estar se expandindo, contrariando a antiga concepção de um espaço estático, que poderia ser mapeado através de um referencial absoluto. Mesmo a terra firme e sólida não escapava de novas concepções, através da teoria da deriva continental, proposta pela primeira vez por Wegener.

Além destas questões científicas, as novas tecnologias decorrentes do desenvolvimento científico começaram a gerar ameaças de vários tipos. Na Primeira Guerra Mundial, por exemplo, novos armamentos, construídos com a tecnologia recentemente desenvolvida, causavam destruição e mortalidade jamais vistas. Problemas ambientais decorrentes das novas fábricas e dos automóveis já começavam a ser evidentes em grandes cidades e centros industriais. O poder e o alcance da ciência eram cada vez maiores, e a taxa de crescimento do conhecimento científico parecia aumentar ainda mais. As ameaças geradas pela tecnologia se somaram aos problemas teóricos mal resolvidos e aos novos conhecimentos, que eram muitas vezes assustadores, gerando descrédito em relação à ciência e à tecnologia. No início do século XX, a ciência não se parecia mais com um edifício concluído. Era evidente que reformas estruturais deveriam ser feitas, correndo-se o risco de ser necessária uma completa demolição do edifício. Além disto, os problemas gerados pela tecnologia, ou seja, como os conhecimentos científicos estavam sendo aplicados, colocava em xeque a neutralidade da ciência. Mesmo antes da Segunda Guerra Mundial, que se encerrou após o uso de armas nucleares, ficava cada vez mais evidente que a ciência, além de gerar soluções para os males do mundo, também representava grave ameaça para a humanidade.

Neste período de crise, a HC parecia ter cada vez menos um papel de importância. Os exemplos históricos contribuía cada vez menos para a edificação da ciência, e o foco dos pensadores estava voltado mais para a ciência e para a tecnologia do presente do que para as do passado. A HC, que já tinha um papel secundário, passa a ser considerada cada vez menos. Em geral, era estudada e ensinada pelos professores mais velhos, que haviam acumulado conhecimento suficiente sobre a ciência e sua história. Para os estudiosos da área, era evidente a situação precária em que se encontrava a HC. No início do século XX, era urgente a criação de uma área profissional para a HC, através da criação de cursos e departamentos, e da publicação de trabalhos em periódicos especializados, além da elaboração de obras abrangentes. A HC precisava ser vista como área de pesquisa acadêmica, e não apenas como uma “perfumaria”, lecionada por velhos mestres aos mais jovens.

O principal articulador desse movimento foi George Sarton, fundador, e por muitos anos editor, do periódico *Isis*, uma das mais respeitadas publicações da área até

os dias de hoje²⁷. Como principal articulador desse novo espaço para a HC, prevalecerem no meio acadêmico suas perspectivas metodológicas e historiográficas. As concepções que Sarton defendia eram típicas do período em que viveu e esse modelo foi seguido por um longo tempo.

Na virada do século XIX para o XX, as tendências epistemológicas tendiam para as idéias de pensadores como E. Mach e P. Duhem, de visão marcadamente positivista, pressupondo um desenvolvimento contínuo e acumulativo da ciência, baseado na evolução interna da ciência. Um processo considerado único, progressivo, inevitável, seguindo uma linha lógica, coerente com as verdades sobre a Natureza, onde não se concebiam descontinuidades ou rupturas no processo. Acreditava-se que contingências históricas tivessem atrasado ou interrompido o processo, mas que este fora sempre retomado, até um crescimento estável com a ciência moderna²⁸. Era uma trajetória onde eram contabilizados os erros, desviando do caminho, e acertos, apontando para o caminho. A procura de erros e acertos implicava na diferenciação de idéias frutíferas, que evoluíram até chegar a ciência moderna, e outras que não vingaram. Estudos que apontaram no caminho certo eram considerados proto-ciências ou pré-ciências, e outros que desviaram a ciência do caminho certo, ou não contribuíram para sua evolução, eram considerados pseudociências. Uma síntese histórica, a partir deste modelo, contemplava a infância da ciência, na Grécia Antiga, juventude no Medievo e Renascimento, e gozava na época de relativa maturidade.

Este modelo carregava também uma forte tendência a mensurar as ciências do passado através das ciências da Natureza, mais especificamente a física, considerando prioritariamente os aspectos teóricos. Desta forma, as contribuições que as ciências passadas tiveram para as ciências posteriores eram avaliadas, com o passado objetivando o presente, seguindo uma única linha que culminava com as ciências da época atual. Nesta linha contínua era quase que obrigatório encontrar os precursores das diferentes disciplinas, também denominados de “pais” da ciência. Era uma pesquisa que

²⁷ Além da fundação desse periódico, Sarton elaborou uma extensa obra intitulada *An Introduction to the History of Science*, composto de 3 volumes. Além de Sarton, A. Mieli e A. Rey elaboraram nessa época extensos compêndios sobre HC.

²⁸ A. M. Alfonso-Goldfarb, M. H. M. Ferraz e M. H. R. Beltran, “A Historiografia contemporânea e as ciências da matéria: uma longa rota cheia de percalços”, in A. M. Alfonso-Goldfarb e M. H. R. Beltrão (orgs.), *op. cit.*, p. 50.

se iniciava no presente e regredia, buscando os pais, avós e bisavós de cada ciência específica. Em outras palavras, pressupunha uma abordagem anacrônica, onde se olhava o passado através do presente, procurando no passado exemplos do presente. Carregava também a noção de que o progresso da ciência caminha, ou deveria caminhar, em direção a uma verdade a ser alcançada. No período em questão, nas primeiras décadas do século XX, as questões externas à ciência não eram, em geral, consideradas. Prevalencia uma visão internalista, onde a evolução da ciência dependia apenas de fatores internos, isto é, conceitos e questões do meio científico isolado. Posteriormente, outras linhas começaram a ganhar destaque como a tendência externalista, que considerava perspectivas sociais, políticas e econômicas. Podemos citar nomes como B. Hessen, J. D. Bernal e J. Needham²⁹, representantes desta linha historiográfica.

Entre as décadas de 1930 e 1940 o modelo internalista permaneceu dominante na HC, quando grandes obras como a de Sarton, A. Mieli e A. Rey eram baseadas neste tipo de historiografia. Era uma história marcada por grandes descobertas e grandes nomes (gênios) sendo, posteriormente, denominada de história *pedigree*, uma vez que procurava identificar os precursores das diferentes áreas da ciência. A Figura 1 procura demonstrar algumas peculiaridades dessa concepção.

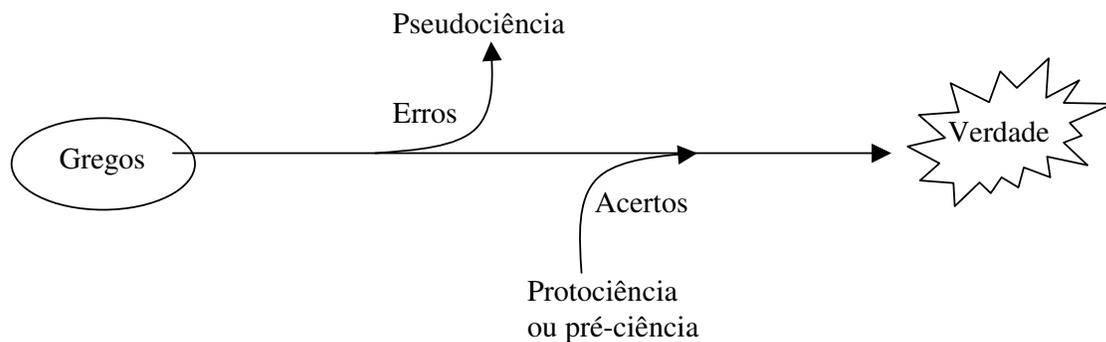


Figura 1 – Linha única e contínua na antiga historiografia da ciência.

²⁹ B. Hessen, *Las Raíces Socioeconómicas de la Mecánica de Newton*; J. D. Bernal, *Ciência na História*; J. Needham, *Science and civilisation in China*.

Além do externalismo, outras correntes divergentes começaram a ganhar importância, como a de L. Thorndike³⁰, que não abandonou o enfoque interno à ciência, mas abriu espaço através de uma perspectiva operativista, mais ampla, onde a transformação da ciência incluía desde o experimentalismo até a magia. Os trabalhos de E. Burt e G. Bachelard abriram caminho para outra corrente influente, considerada oposta a de Sarton, uma vez que considerava uma perspectiva descontinuísta, e a inclusão de fatores externos no desenvolvimento da ciência. Nas décadas seguintes outros trabalhos desviaram-se cada vez mais das diretrizes estabelecidas por Sarton. Podemos citar os nomes de A. Koyré, G. Bassala, J. S. Price, R. Merton e R. Hall, como representantes de linhas divergentes, sendo o último defensor da idéia de “revolução científica”. Apesar de as teses descontinuístas já estarem presentes décadas antes, a ruptura definitiva com a visão continuísta ocorreu nos anos 60, sobretudo pelo debate em torno da obra de T. S. Kuhn. Apesar de ser um marco importante para a historiografia da ciência e para a epistemologia, seu modelo original apresentou alguns problemas e foi revisto, inclusive pelo próprio Kuhn, que mudou de posição em relação a algumas posturas iniciais. Outros nomes de destaque na nova historiografia da ciência foram W. Pagel e F. Yates, que na década de 1960 já propunham mudanças de enfoque. Em seus trabalhos, o foco que anteriormente era centrado na física abre-se para outras áreas do conhecimento, de modo que conhecimentos e personagens ligados a outras disciplinas passam a ser considerados como igualmente relevantes. Mesmo conhecimentos que anteriormente eram desconsiderados, ligados a áreas que se afastaram da ciência atual, passam a ser estudados. Observa-se, portanto, uma diluição das linhas que separavam as chamadas protociências das pseudo-ciências. Os conhecimentos esquecidos, exilados, ou mesmo deformados, passaram a ter relevância no quadro geral dos saberes sobre a Natureza. As propostas de Pagel e Yates passam a ter uma maior aceitação a partir da década de 1970, quando foi inevitável uma reformulação mais profunda na historiografia da ciência.

Os estudos de casos, de acordo com este novo modelo, procuram aprofundar os estudos particulares, incluindo observações pontuais e minuciosas. Contudo, nestes estudos, não se perde de vista o contexto geral em que se desenvolveu o episódio. Com relação à tensão entre as versões continuístas e descontinuístas, no desenvolvimento da

³⁰ L. Thorndike, *History of Magic and Experimental Science*.

ciência, a NHC supera essa dicotomia, considerando tanto a continuidade, quanto as rupturas, em diferentes níveis superpostos.³¹ Em outras palavras, a NHC propõe:

“... uma análise de mão dupla, que perpassa as diversas camadas de texto e contexto. Sua realização vem utilizando elementos de filologia, arqueologia, semiótica, antropologia, das histórias do livro e das artes e ofícios, além das já tradicionais histórias da cultura, do pensamento e da sócio-política. Desta maneira, tem se formado um mapa temporal da ciência, extremamente complexo, onde convivem rupturas e permanências, e onde é possível estabelecer pressupostos que extrapolam os modelos historiográficos convencionais.”³²

Estudos baseados nesta historiografia permitiram visualizar novos caminhos que influenciaram a ciência, por exemplo, vieses religiosos, herméticos, neoplatônicos, entre outros. Alguns autores importantes que seguiram esta linha foram A. Debus, B. J. Dobbs, G. E. R. Lloyd, P. Rossi, P. Rattansi, B. Copenhaver e W. Shea.³³

Finalizando essa sucinta comparação entre a NHC e a AHC, apresentamos a seguir uma tabela, que sumariza os principais aspectos.

³¹ Sobre a questão entre continuidade e descontinuidade na ciência ver: G. Canguilhem, *Ideologia e racionalidade nas ciências da vida*, pp. 23 – 25.

³² A. M. Alfonso-Goldfarb e M. H. R. Beltrão (orgs.), *op. cit.*, p. 55.

³³ Sobre as novas tendências na historiografia ver: A. M. Alfonso-Goldfarb e M. H. R. Beltrão (orgs.), *op. cit.*; A. Thackray (org.), *Constructing Knowledge in the History of Science*.

Tabela 1 – Comparação entre a antiga e a nova historiografia da ciência

Antiga historiografia da ciência	Nova historiografia da ciência
Noção de progresso como um desenvolvimento acumulativo e linear.	Desenvolvimento através de continuidades e rupturas.
Origem na Grécia antiga	Origens diversas
Erros e acertos em relação a um caminho pré-determinado que conduz à verdade, através de um processo acumulativo.	Não acumulativa e desprovida de julgamentos do tipo “certo e errado”.
A ciência caminha em direção à verdade	O que é a “verdade” depende do contexto
Processo “evolutivo” da ciência (cada vez “melhor”)	O que é melhor depende do contexto
Diferencia ciência de protociência e pseudo-ciência.	Estuda os diferentes contextos de cada ciência.
Busca pelos precursores das idéias atuais.	Estuda as várias formas de ciência, incluindo as que hoje não são consideradas como tais.
Ciências físicas como modelo	Considera outras áreas da ciência
Deixa de lado elementos não científicos do trabalho dos cientistas.	Leva em consideração a complexidade dos pensadores, incluindo os elementos não científicos.
Foco centrado na origem das idéias e teorias da ciência.	Reconhece a importância da prática.
Foco centrado na Europa e no Ocidente	Considera a ciência das diferentes culturas
Abordagem anacrônica	Abordagem considerando o contexto da época
Considera apenas aspectos internos da ciência	Considera aspectos internos e externos à ciência
Abordagem extensiva (“enciclopédica”)	Estudos de casos, considerando o contexto, análise de fontes primárias, aparato das fontes, contextualização.
História interna das idéias; as idéias mudam devido à racionalidade, independente da época e local.	Não é a história do triunfo da racionalidade humana. Considera aspectos internos e externos.

II - Metodologia

Redes sistêmicas

Nas pesquisas em educação, um recurso muito utilizado é a criação de categorias de análise¹. Em pesquisas desse tipo podemos encontrar uma diversidade de categorias e, muitas vezes, é difícil estabelecer relações entre as mesmas. Trabalhar com grande número de categorias pode exigir muito esforço dos pesquisadores. Com o intuito de sistematizar esse esforço, Bliss e Ogborn, em uma publicação pioneira na área de pesquisa em ensino de ciências, adotaram e adaptaram um tipo notação normalmente utilizada por lingüistas, e desenvolveram um instrumento de análise conhecido como rede sistêmica (RS)².

Redes sistêmicas são formas gráficas que constituem uma notação cuja finalidade é distribuir categorias de acordo com as relações que apresentam entre si. Em outras palavras, uma RS busca descrever qualitativamente as relações existentes entre categorias, representando graficamente as informações. A complexidade das RS é menor do que a dos mapas conceituais³, buscando um equilíbrio entre a visão detalhada e a visão global.

Como exemplo de uso de RS, apresentamos a seguir uma simulação de pesquisa. Consideremos uma pesquisa para saber, dentro de um grupo, quais pessoas estão empregadas ou desempregadas e quais são jovens ou adultas. Obviamente as categorias “empregada”/“desempregada” e “jovem”/“adulta” são mutuamente excludentes. Neste caso, utilizamos o colchete, “[”, indicando a relação excludente. Ou seja: uma pessoa pode ser ao mesmo tempo jovem e desempregada, mas não pode ser, ao mesmo tempo, jovem e adulta. Portanto, para relacionar o par “jovem”/“adulta” utilizamos colchetes. No entanto, uma pessoa jovem pode estar empregada ou desempregada, indicando que

¹ Para a criação de categorias a partir da análise de textos, vide: R. Bogdan e S. Biklen, *Investigação Qualitativa em Educação*, pp. 220 – 260. Para a criação de categorias em uma rede sistêmica, vide: J. Bliss e J. Ogborn, *The Analysis of Qualitative Data*.

² Em 1983, J. Bliss, M. Monk e J. Ogborn publicaram o livro *Qualitative Analysis Data for Educational Research – A guide to uses of systemic networks*, no qual propuseram conceitos, notação e metodologia para o uso de RS. Também apresentaram diversas aplicações das RS em pesquisas no âmbito educacional, em projetos da Grã-Bretanha. Este livro foi também uma importante referência para o desenvolvimento deste trabalho.

³ Sobre a utilização de mapas conceituais no ensino ver: J. Novák, *A Theory of Education*.

estes pares de termos são concomitantes. Neste caso, utilizamos a chave, “{”. A Figura 1 apresenta um exemplo de RS em que apenas um nível está presente.

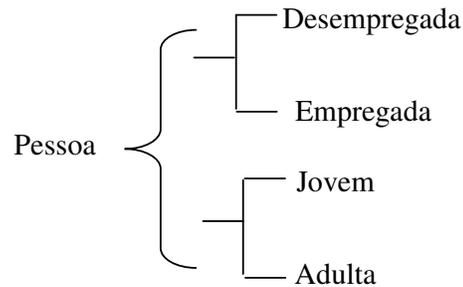


Figura 1 – Exemplo de rede sistêmica.

Poderíamos, por exemplo, detalhar mais esta RS, adicionando à categoria “desempregada” um colchete à direita, com os pares “com seguro desemprego”/“sem seguro desemprego”. Os termos na RS apresentam maior nível de detalhamento da esquerda para a direita (Figura 2). Os pontos onde uma RS sofre bifurcação, trifurcação, etc., são os chamados “nós” da rede.

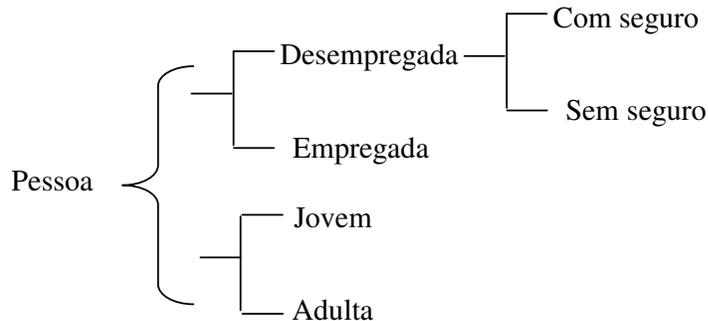


Figura 2 – Exemplo de rede sistêmica.

Na linguagem utilizada por Bliss e Ogborn, denominamos *paradigma* aos possíveis caminhos que podem ser percorridos na RS. Assim, um paradigma possível na Figura 1 é pessoa desempregada e jovem. Na RS da Figura 1 são possíveis quatro paradigmas (2 x 2).

Tabela 1 – Exemplo de paradigmas possíveis na RS da Figura 1.

Paradigma	Dimensão 1	Dimensão 2
1	Desempregada	Jovem
2	Desempregada	Adulta
3	Empregada	Jovem
4	Empregada	Adulta

O questionário de múltiplas escolhas

Antes de apresentar a metodologia utilizada em nossa pesquisa, procuraremos responder uma questão que talvez seja mais fundamental: por que escolhemos aplicar um questionário de múltiplas escolhas, em vez de analisar questões dissertativas ou entrevistas? Afinal, as metodologias para análise qualitativa são amplamente utilizadas e aceitas nos meios de pesquisa.

Nossa escolha foi baseada no desejo de fazer pesquisas mais extensivas sobre concepções em HC. A análise de questões dissertativas, ou mesmo a análise de entrevistas transcritas, demanda um tempo considerável para cada entrevistado. Se optássemos por este tipo de instrumento, nossa pesquisa estaria se voltando para estudos de casos e não para uma pesquisa mais extensiva. É preciso esclarecer que não se trata de um juízo de valor, de considerar um tipo de pesquisa mais relevante do que outro: foi apenas uma decisão metodológica para este momento, para o qual optamos por investigar as concepções de um grande número de licenciandos. Além disso, a opção pelo questionário de múltipla escolha foi também fundamentada pelo trabalho de Aikenhead⁴, o qual observou que questões de múltipla escolha – elaboradas a partir de concepções sobre a natureza da ciência, identificadas previamente entre os próprios estudantes investigados – atingiram um nível de ambigüidade significativamente menor do que o observado em respostas a questões dissertativas. Conforme será mostrado por meio dos resultados obtidos, a abordagem adotada mostrou-se frutífera, e adequada aos objetivos almejados para esta dissertação.

Consideramos relevante elaborar, em trabalhos futuros, um quadro mais amplo do posicionamento dos licenciandos em relação à HC, indicando com mais detalhes as

⁴ G. S. Aikenhead, “An analysis of four ways of assessing student beliefs about STS topics”.

possíveis deficiências em relação a posturas coerentes com os objetivos propostos para o ensino de ciências na atualidade.

Metodologia para a construção de redes sistêmicas e do questionário

Conforme mencionamos anteriormente na “Fundamentação Teórica”, as principais referências para nossa pesquisa, em relação à metodologia, são os trabalhos de Koulaidis e Ogborn⁵. A seguir, aprofundaremos alguns aspectos dos referidos trabalhos.

Koulaidis e Ogborn estavam interessados em investigar as concepções de professores de ciências a respeito da FC. Os autores levaram em consideração quatro dimensões sobre esse tema. A primeira dimensão estava relacionada à opinião sobre a existência ou não de um método científico único, bem como qual seria a natureza desse método. A segunda dimensão se referia ao critério de demarcação entre o que pertence ou não à ciência, ou seja, quais atividades poderiam ser incluídas dentro da ciência. A terceira dimensão se relacionava à existência ou não de padrões (modelos) de desenvolvimento científico, e a natureza desses padrões. Finalmente, a quarta dimensão era relativa à posição (*status*) do conhecimento científico, ou seja, se o conhecimento científico seria especial ou não em relação a outras formas de conhecimento. A Figura 3, adaptada a partir do referido trabalho, representa estas dimensões através de uma RS.

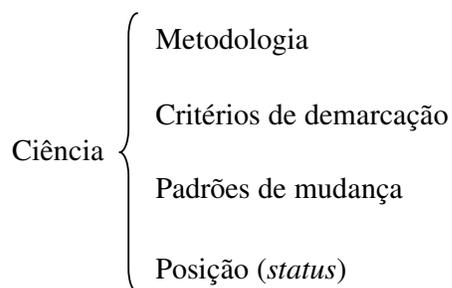


Figura 3 – Dimensões da ciência

No levantamento das concepções sobre estas dimensões, os autores desenvolveram e aplicaram um questionário que visava definir qual a posição dos

⁵ Koulaidis e Ogborn, “Use of systemic networks in the development of a questionnaire”; idem, “Philosophy of science: an empirical study of teachers’ views”.

pesquisados em relação a cada uma dessas dimensões. Koulaidis e Ogborn consideraram inicialmente cinco posições descritas pela FC: (1) indutivismo, ligado ao positivismo; (2) método hipotético-dedutivo de Popper e Lakatos; (3) contextualismo consensual de Kuhn ligado à sua primeira posição, ou seja, uma versão relativista; (4) contextualismo intrínseco de Kuhn ligado à sua segunda versão (racionalista), assumida por ele após os debates gerados por sua primeira versão; e (5) relativismo (radical) de Feyerabend.⁶ Considerando a dificuldade de mapear a estrutura filosófica de um indivíduo, fez-se necessário um método em que “as categorias descritivas estão ligadas a uma estrutura que mostra, entre outras coisas, quais categorias estão conectadas, quais são independentes, e quais estão condicionadas na escolha de outras”⁷ – daí o desenvolvimento de uma RS. O questionário desenvolvido era constituído de 16 questões⁸, compostas de sentenças. Nas seis primeiras, o entrevistado deveria escolher uma entre duas ou três sentenças que julgasse correta, podendo, se quisesse, rejeitar todas as alternativas. Nas demais, deveria julgar cada sentença manifestando concordância ou discordância em relação a ela.

No trabalho de 1989, Koulaidis e Ogborn⁹ descreveram a aplicação do questionário junto a um grupo de 95 professores da Inglaterra, incluindo professoras e professores de física (27), química (26), biologia (41) e geologia (1). Para a análise dos resultados foram construídas tabelas relacionando as porcentagens de ocorrência de cada posição filosófica no grupo de professores, dentro de cada dimensão considerada. No entanto, na análise das respostas, os autores consideraram outras posições que eram desdobramentos destas posições iniciais, combinações das mesmas ou versões “indecisas” (*undecided*) das posições consideradas. Incluíram também o pragmatismo de William James, associado ao contextualismo racionalista. Os autores encontraram ainda categorias “eccléticas”, ou seja, que não se encaixavam em nenhuma das posições filosóficas estabelecidas.

⁶ Estas dimensões e posturas são explicadas em Koulaidis e Ogborn, “Use of systemic networks in the development of a questionnaire”, pp. 499-504.

⁷ idem, p. 490.

⁸ Esse foi o questionário apresentado aos professores pesquisados, cujos resultados foram descritos no artigo de 1989. Em seu trabalho anterior, de 1988, Koulaidis e Ogborn propuseram um questionário com 18 questões.

⁹ Koulaidis e Ogborn, “Philosophy of science: an empirical study of teachers’ views”.

Uma característica metodológica dos referidos trabalhos, que fundamenta nossa pesquisa, é a maneira de construir o questionário. Para elaborar o questionário, Koulaidis e Ogborn estruturaram previamente uma RS baseada em uma análise detalhada das referidas posições dentro da FC. A partir da RS, o questionário foi elaborado procurando cobrir os “nós” da rede. A Figura 4 apresenta um fragmento da rede construída por Koulaidis e Ogborn.

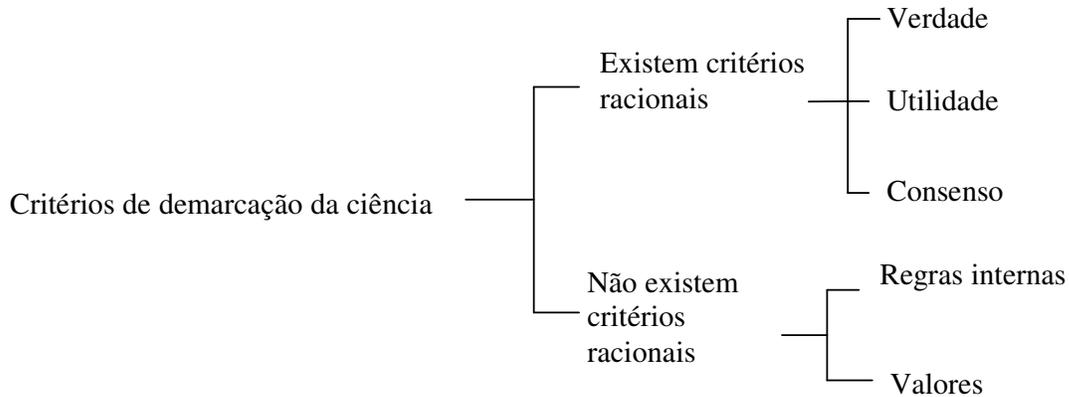


Figura 4 – Fragmento da rede sistêmica utilizada por Ogborn e Koulaidis (1988).

Podemos destacar três características importantes, apresentadas pelos autores, com relação à utilização de RS na construção de questionários. A primeira é facilitar a transformação de uma rede conceitual complexa em sentenças distintas, sem perder sua essência, de forma que cada sentença contenha um conceito. Segundo, explicitar em que extensão um conceito relevante é satisfatoriamente coberto, e se ele está bem caracterizado. Por último, prover uma base clara e flexível para posterior análise dos dados.

Em nosso trabalho, as dimensões a serem consideradas, em relação à historiografia da ciência, são as seguintes. A primeira se refere ao objeto de estudo, ou seja, a HC. Nessa primeira dimensão de análise, a questão é definir o que é HC. A segunda dimensão diz respeito à abrangência da HC, incluindo os períodos, contextos, personagens, etc. Uma terceira dimensão inclui aspectos metodológicos. Como esta dimensão é bastante complexa, foi subdividida em outras três: como ocorre a construção do conhecimento científico; quais são os valores associados ao conhecimento científico; e quais as fontes de pesquisa em HC (primárias ou secundárias). Nas seções

“Elaboração das categorias sobre concepções historiográficas” e “Elaboração da rede sistêmica” (Capítulo III) serão apresentados mais detalhes sobre o significado dessas dimensões.

Nossa análise está focada em duas possíveis posturas distintas, uma ligada à NHC, e outra, à AHC. Analogamente aos trabalhos de Koulaidis e Ogborn, elaboramos um questionário a partir de uma RS, e procuramos, inicialmente, categorizar a posição dos indivíduos em relação a dimensões ligadas à historiografia da ciência.

Para analisar cada uma das dimensões mencionadas, Koulaidis e Ogborn basearam-se em algumas questões do questionário aplicado. Por exemplo, na análise da primeira dimensão, foram utilizadas 7 questões do questionário. De acordo com o padrão de respostas, para estas 7 questões, o entrevistado era categorizado dentro de uma das posições filosóficas pré-determinadas. Como já havíamos comentado, na análise dos resultados obtidos, os autores incluíram também uma categoria denominada “eclético”, que era aplicada quando a posição do indivíduo não seguia nenhum dos padrões de respostas pré-determinados. Portanto, bastava uma resposta fora do padrão esperado para classificar a posição como sendo eclética.

Fazendo uma leitura pessoal do trabalho Koulaidis e Ogborn¹⁰, olhando o trabalho como um todo, podemos considerar que os autores organizaram seus resultados em 4 eixos cartesianos, ou dimensões (Metodologia, Critérios de Demarcação, Padrões de Mudança e Posição) e para cada um destes eixos verificaram quais posições filosóficas foram mais frequentes. Na análise dos questionários, cada indivíduo contribuiu com um “ponto” no espaço de quatro dimensões consideradas. Em cada dimensão considerada, o número de posições efetivamente observadas variou em relação às cinco posições inicialmente propostas, produzindo um padrão bastante complexo. Este padrão complexo é compatível com a natureza do assunto estudado, evidenciando a dificuldade de assumir padrões definidos. Os autores exploraram as inter-relações entre as dimensões não através de eixos cartesianos, como foi pensado nesta síntese, mas através de tabelas de correlação entre as dimensões, duas a duas. Este tipo de comparação, aos pares, geraria seis tabelas comparativas; no entanto, por razões não esclarecidas no texto, não foi efetivada a comparação entre Critérios de

¹⁰ Koulaidis e Ogborn, “Philosophy of science: an empirical study of teachers’ views”.

Demarcação e Padrões de Mudança. As outras cinco comparações possíveis foram apresentadas na forma de tabelas de correlação.

A Tabela 2, a seguir, adaptada de trabalho de Koulaidis e Ogborn¹¹, foi construída a partir das respostas coletadas nos questionários originais (dados não disponíveis no trabalho publicado), efetuando uma correlação entre duas dimensões. Apesar desta informação não estar disponível no trabalho, é possível que os autores tenham executado uma regressão linear entre as variáveis. Observamos que na dimensão que se encontra na parte superior da tabela (a existência ou não de padrões [modelos] de desenvolvimento científico, e a natureza deste padrão) foram consideradas cinco posições (indutivismo, contextualismo racionalista, contextualismo relativista, relativismo e eclético). Na outra dimensão (a existência ou não de um método científico, e sua natureza), foram consideradas cinco posições (indutivismo, método hipotético-dedutivo, contextual, racional “indeciso” e eclético). Os sinais “+” e “-” indicam a “força” e o caráter da correlação.

Tabela 2 – Comparação entre a existência ou não de padrões (modelos) de desenvolvimento científico e a natureza deste padrão em relação à existência ou não de um método científico e sua natureza.

		A existência ou não de padrões (modelos) de desenvolvimento científico e a natureza deste padrão.				
		Indutivismo	Contextualismo - versão racionalista.	Contextualismo - versão relativista	Relativismo	Eclético
A existência ou não de um método científico e sua natureza.	Indutivismo		++	—	++	— —
	Método hipotético-dedutivo	+		—		
	Contextual		—			+
	Racional “indeciso”			++	—	
	Eclético		—		+	

Legenda

Correlação positiva forte: ++

Correlação positiva moderada: +

Correlação negativa moderada: —

Correlação negativa forte: — —

¹¹ idem, p. 180.

Da Tabela 2 podemos tirar algumas conclusões, observando as correlações mais fortes. Primeiro, professores indutivistas em relação à existência ou não de um método científico e sua natureza são contextualistas racionalistas e relativistas em relação à existência ou não de modelos de desenvolvimento científico. Segundo, professores racionalistas “indecisos” em relação à existência ou não de um método científico e sua natureza são contextualistas relativistas em relação à existência ou não de modelos de desenvolvimento científico. Terceiro, professores indutivistas em relação à existência ou não de um método científico e sua natureza não são ecléticos no que tange à existência ou não de modelos de desenvolvimento científico. No referido trabalho, os autores criaram mais quatro tabelas como a Tabela 2, comparando as dimensões consideradas.

As tabelas se constituíram em poderoso instrumento de análise, permitindo induzir conclusões gerais fundamentadas em um grande número de dados experimentais. Em um trabalho posterior (1995), Koulaidis e Ogborn expuseram uma síntese dos trabalhos anteriores, relacionados ao assunto. A citação a seguir exemplifica o tipo de conclusões que se pôde obter após um tratamento adequado dos dados:

“(a) Professores indutivistas em relação à metodologia tendem a ser contextualistas (racionalistas) em relação aos critérios de demarcação entre ciência e não ciência, e também em relação aos padrões de mudança dentro da ciência. No entanto, estes mesmos professores são mais relativistas em relação ao *status* do conhecimento científico. (b) Contextualistas em relação à metodologia tendem a ser mais racionalistas em relação aos critérios de demarcação e *status* do conhecimento científico. Também foi possível observar que estas duas últimas categorias estão relacionadas uma com a outra. (c) Os ecléticos costumam assumir esta posição [eclética] de forma geral”.¹²

Referencial metodológico para análise dos questionários

A estrutura do nosso questionário de múltipla escolha sobre história da ciência (QMEHC) foi baseada em uma RS construída a partir de questões consideradas relevantes na HC, seguindo um caminho similar ao dos trabalhos de Koulaidis e

¹² Koulaidis e Ogborn, “Science teacher’s philosophical assumptions: how well do we understand them?”, p. 279.

Ogborn. Na análise dos resultados, nossa perspectiva inicial era conduzir uma análise semelhante à dos referidos autores, mediante uma comparação baseada nas dimensões consideradas. Foi montado um quadro comparativo (Tabela 3) para explicitar as diferenças e semelhanças entre as dimensões e categorias consideradas nos trabalhos de Koulaidis e Ogborn, e em nossa pesquisa (entre parêntesis, são indicados os nomes das dimensões que aparecem na RS; vide a seção “Elaboração da rede sistêmica”, no Capítulo III). No primeiro caso, estão presentes um menor número de dimensões a serem consideradas, em relação ao nosso trabalho (4 e 5 dimensões, respectivamente), mas um número maior de posições (6 e 3 posições, respectivamente). É fundamental ressaltar que as dimensões criadas por Koulaidis e Ogborn estavam relacionadas à FC, e as dimensões em nosso trabalho se referem à HC.

Tabela 3 - Comparação entre trabalhos.

	Trabalhos	
	Koulaidis e Ogborn	Nossa pesquisa
Dimensões	<ul style="list-style-type: none"> ● A existência ou não de um método científico, e sua natureza. ● Critério de demarcação entre o que pertence ou não à ciência. ● A existência ou não de padrões de desenvolvimento científico e a natureza desses padrões. ● A posição (<i>status</i>) do conhecimento científico em relação a outras formas de conhecimento. 	<ul style="list-style-type: none"> ● O que é HC (<i>Área do conhecimento</i>). ● Qual a abrangência da HC (<i>Abrangência</i>). ● <i>Metodologia</i>: <ul style="list-style-type: none"> ● Como o conhecimento científico é construído (<i>Desenvolvimento</i>). ● Qual o <i>status</i> do conhecimento científico (<i>Valores</i>). ● Quais fontes de dados principais para a HC (<i>Fontes de dados</i>).
	Koulaidis e Ogborn	Nossa pesquisa
Posições	<ul style="list-style-type: none"> ● Indutivismo ● Hipotético-dedutivo ● Contextualismo relativista ● Contextualismo racionalista ● Relativismo ● Eclético 	<ul style="list-style-type: none"> ● NHC ● AHC ● Eclético

Depois da aplicação dos primeiros questionários, procuramos, como foi mencionado, seguir uma análise semelhante à conduzida por Koulaidis e Ogborn, considerando as analogias da Tabela 3. No entanto, concluímos que existiam diferenças fundamentais entre as duas pesquisas, que dificultavam a aplicação de metodologias de

análise similares. Após alguma reflexão, fundamentada em alguns trabalhos sobre esta questão¹³, percebemos que a HC difere da FC em alguns pontos chaves, apesar de serem dois campos de estudo correlatos.

Koulaidis e Ogborn partiram de estruturas pré-estabelecidas (as posições filosóficas diante da ciência) e de questões estruturais dentro da FC (as dimensões consideradas)¹⁴. Mesmo verificando que a complexidade das respostas não permitia a categorização dentro das estruturas pré-estabelecidas, os autores procuraram reorganizar estas mesmas categorias (posições filosóficas) através de desdobramentos, aglutinações e inclusão de outra posição (pragmatismo). Mesmo após reorganizar as possíveis posturas dos professores investigados, os autores ainda se depararam com um número considerável de casos que foram classificados como “ecléticos”, como podemos ver pela Tabela 4, a seguir.¹⁵

Percebemos que os autores procuraram, dentro do possível, categorizar os casos dentro dos padrões pré-estabelecidos, apesar da diversidade de respostas encontradas.

A partir destas considerações, refletimos se seria viável conduzir a análise dos resultados de forma similar. Levando em conta estas reflexões e a análise de resultados iniciais, optamos por conduzir nossa análise de forma pontual, sem procurar forçar a categorização dentro das dimensões estabelecidas (representadas na RS). Percebemos que, apesar de útil na estruturação da RS e do QMEHC, as dimensões dentro da HC não representavam estruturas nas quais podíamos basear nossa análise. Concluímos, após estudos iniciais, que não seria possível conduzir análise semelhante à do trabalho de Koulaidis e Ogborn, utilizando as analogias da Tabela 3. As posturas dos licenciandos se mostraram bastante fragmentadas em relação às dimensões pré-estabelecidas, não oferecendo padrões identificáveis.

¹³ C. Pinnick e G. Gale, “Philosophy of Science and History of Science: A Troubling Interaction”; N. R. Hanson, “The Irrelevance of History of Science to Philosophy of Science”; H. Radder, “Philosophy and History of Science: Beyond the Kuhnian Paradigm”.

¹⁴ “O questionário [...] foi desenvolvido com a ajuda da representação oferecida por uma rede sistêmica (Bliss, Monk e Ogborn, 1983) elaborada a partir de uma análise *a priori* das distinções relevantes capazes de discriminar as principais linhas de pensamento sobre a natureza da ciência.” (Koulaidis e Ogborn, “Philosophy of science: an empirical study of teachers’ views”, p. 174.)

¹⁵ Os dados da Tabela 4 foram obtidos de Koulaidis e Ogborn, “Philosophy of science: an empirical study of teachers’ views”, p. 176.

Tabela 4 – Número de posições “ecléticas” encontradas no trabalho de Koulaidis e Ogborn¹⁶.

Dimensão	Número total de questões para avaliara a posição do entrevistado	Porcentagens de indivíduos ecléticos / %
A existência ou não de um método científico, e sua natureza.	7	42,1
Critério de demarcação entre o que pertence ou não à ciência.	4	38,9
A existência ou não de padrões (modelos) de desenvolvimento científico, e a natureza desses padrões.	3	33,7
A posição (<i>status</i>) do conhecimento científico em relação a outras formas de conhecimento.	2	23,2

Aparentemente, uma causa das diferenças entre os dois estudos, é o número de perguntas propostas em cada caso. Retomando a comparação da Tabela 3, concluímos que Koulaidis e Ogborn focaram seu trabalho em quatro questões centrais, sendo duas delas desdobradas:

- Existe ou não de um método científico? Qual sua natureza?
- Quais são os critérios de demarcação entre o que pertence e o que não pertence à ciência?
- Existem ou não de padrões de desenvolvimento científico? Qual é a natureza desses padrões?

¹⁶ É interessante constatar que a quantidade de casos “ecléticos” aumenta em função do número de questões relacionadas a cada dimensão. É possível que esta dispersão seja devida à incerteza inerente que cada caso (professor) apresenta quando responde uma única questão. Portanto, mais questões em uma dimensão implicam em maior incerteza.

- Qual a posição (*status*) do conhecimento científico em relação a outras formas de conhecimento?

Estas questões centrais parecem ser pertinentes em relação às posturas filosóficas consideradas pelos autores diante da ciência, isto é, cada uma das correntes origina respostas diferentes a estas questões.

No nosso estudo, no entanto, as cinco questões centrais se desdobraram em múltiplas questões pontuais, causando uma dispersão considerável nas posições (AHC e NHC) em relação às perguntas iniciais:

- O que é HC?
- Qual a abrangência da HC?
- Como o conhecimento científico é construído?
- Qual o *status* do conhecimento científico (na perspectiva da HC)?
- Quais fontes de dados principais para a HC?

Podemos considerar que na lista de categorias descritas na seção “Elaboração das Categorias sobre Concepções Historiográficas” (Capítulo III) cada uma das vinte categorias consideradas (correspondendo aos nós da RS) é uma questão relevante dentro da HC, sendo difícil estruturar e associar estas categorias a partir das respostas dos licenciandos. A estruturação dos padrões de respostas dentro das dimensões previamente estabelecidas se mostrou muito forçada.

Portanto, apesar da **pré-estruturação** da RS, não foi possível observar o mesmo através da análise das **respostas dos licenciandos**. Podemos indicar pelo menos duas hipóteses que justificam este contraste. A primeira é em relação às diferenças entre concepções presentes nos pesquisadores e nos licenciandos. A RS foi elaborada através de pesquisas sobre elementos estruturantes na HC, construída após muita reflexão, por membros do nosso grupo de pesquisa. Por outro lado, podemos esperar que as concepções sobre HC não apresentem o mesmo grau de estruturação nos licenciandos, considerando que eles não possuem formação específica na área.

Outra hipótese é que as questões relevantes na HC, diferentemente da FC, são pontuais e resistem a estruturações. Neste caso, a função estruturante da RS teria um papel organizador na nossa pesquisa, isto é, de agrupar questões semelhantes, mas que mantém particularidades inerentes. Sem dúvida, a RS se mostrou útil na organização e estruturação dos conceitos sobre historiografia da ciência, abordados nesta pesquisa, independentemente desta estrutura ser “aparente” ou não.

Como não é objetivo central da presente pesquisa a investigação das hipóteses levantadas nesta seção, mas investigar a postura dos licenciandos diante de duas posturas possíveis na HC (AHC ou NHC), optamos por conduzir a análise de uma forma pontual, sem a preocupação de considerar as estruturas centrais encontradas na nossa RS.

Conduzir a análise de forma pontual implica em assumir a dificuldade em lidar com múltiplas variáveis. Felizmente, pudemos encontrar uma ferramenta de análise capaz de lidar com a natureza multidimensional dos dados obtidos. Mais adiante, abordamos um instrumento de análise de dados conhecido como *dendrograma*, útil para este tipo de análise. Antes disso, porém, apresentaremos o processo de construção de um questionário baseado em uma RS.

Metodologia para elaboração de questionário a partir de uma RS

Como exemplo de como é possível elaborar um questionário a partir de uma RS, vamos apresentar um exemplo de pesquisa simulada. Neste exemplo, também veremos como é possível trabalhar com os dados e tirar algumas conclusões. Vamos supor que se deseje efetuar uma pesquisa envolvendo estudantes de ensino médio (EM). Nesta simulação, tomamos quatro entrevistados – o que, estatisticamente, seria um número insuficiente para análises, tratando-se apenas de um exemplo voltado a mostrar como trabalhar com os dados obtidos. Dos entrevistados queremos analisar duas dimensões: a primeira relacionada ao perfil geral do estudante, incluindo faixa etária e emprego, e a segunda sobre a área de interesse. A RS correspondente pode ser representada pela Figura 5. Para mapear o paradigma¹⁷ de cada entrevistado, podem ser elaboradas três questões, que se relacionam com a RS, também na Figura 5. Os códigos 1A, 2A etc. indicam as alternativas de cada questão.

¹⁷ De acordo com o sentido relacionado às redes sistêmicas, indicado em Bliss, Monk e Ogborn, *op. cit.*

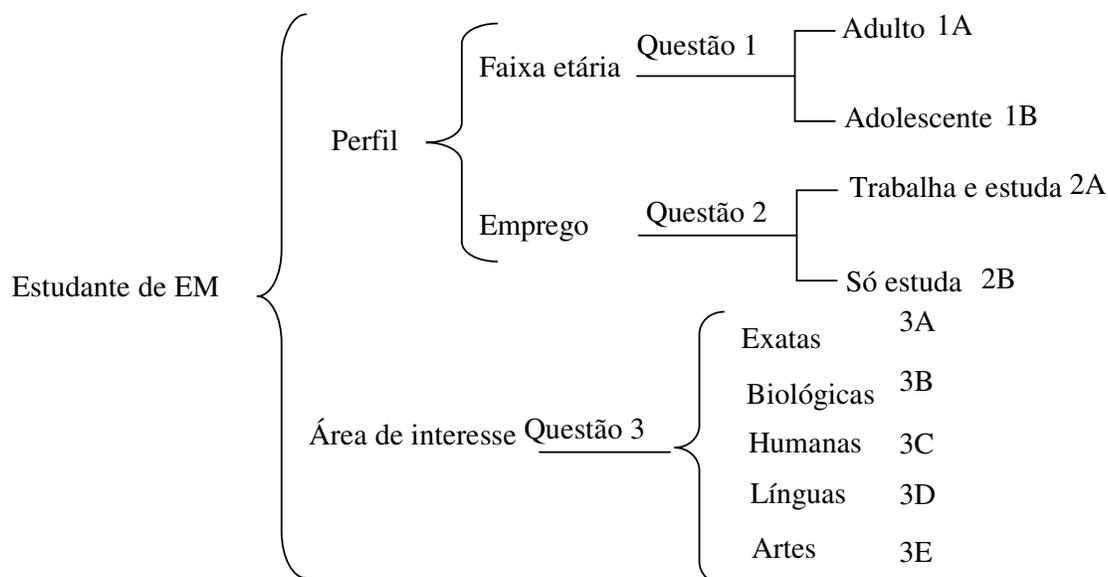


Figura 5 – Exemplo de rede sistêmica.

Após a aplicação do questionário, foram obtidos hipoteticamente os dados da Tabela 5. O número 1 indica que o aluno marcou a alternativa correspondente, e o número 0, que não marcou. Não será apresentado um modelo de questionário, uma vez que estamos indicando aqui apenas possíveis resultados, e as perguntas são evidentes neste caso.

Tabela 5 – Simulação de respostas.

	Perfil				Interesse				
	Adulto	Adolescente	Trabalha e estuda	Só estuda	Exatas	Biológicas	Humanas	Línguas	Artes
Aluno	1A	1B	2A	2B	3A	3B	3C	3D	3E
1	0	1	1	0	1	1	0	0	0
2	1	0	1	0	1	0	0	0	1
3	1	0	0	1	0	0	0	0	1
4	0	1	0	1	1	1	0	0	0

Dos resultados da Tabela 5, podemos determinar para a dimensão “Perfil” duas posições (similares às posições quanto à FC, no trabalho de Koulaïdis e Ogborn) e duas posições em relação ao interesse, listadas na Tabela 6, a seguir. É importante ressaltar que as posições da Tabela 6 foram pré-determinadas em relação aos dados da Tabela 5.

Tabela 6 – Posições possíveis em cada dimensão.

	Perfil		
	Adulto trabalhador	Adolescente estudante	Misto
Adulto	sim	não	Outras respostas
Adolescente	não	sim	
Trabalha e estuda	sim	não	
Só estuda	não	sim	
	Interesse		
	Futuro arquiteto	Futuro médico	Outro
Exatas	sim	sim	Outras respostas
Biológicas	não	sim	
Humanas	não	não	
Línguas	não	não	
Artes	sim	não	

Através das Tabelas 5 e 6 podemos concluir que adultos trabalhadores pretendem ser arquitetos, e adolescentes estudantes querem ser médicos. Este exemplo, apresentado com um número reduzido de dados e considerações, serve para mostrar uma metodologia válida para tratar situações mais complexas.

Referências para o tratamento estatístico

Na análise estatística dos dados, utilizamos como referência, inicialmente, o artigo de Wang e Cox-Petersen¹⁸, comentado anteriormente. A aplicação de alguns métodos utilizados por estes autores evidenciou que as diferenças entre a natureza dos dados obtidos pelos mesmos e os dados obtidos em nossa pesquisa exigia um tratamento estatístico diferenciado. Pudemos perceber que pode ser problemático utilizar um tratamento estatístico padronizado sem considerar as particularidades dos dados, ou

¹⁸ H. A. Wang e A. M. Cox-Petersen, “A Comparison of Elementary, Secondary and Student Teacher’s Perceptions and Practices Related to History of Science Instruction”.

seja, fórmulas e procedimentos estáticos retirados de “manuais” necessitam ser adaptados de acordo com a natureza dos dados. Discutimos nesta seção os aspectos metodológicos do referido trabalho que foram adaptados aos propósitos de nossa pesquisa, e outros que foram descartados.

O objetivo de Wang e Cox-Petersen foi investigar quais as percepções e as práticas pedagógicas em relação ao ensino da HC, comparando professores do ensino elementar (43 professores do nível K5), intermediário (8 professores dos níveis K6, K7 e K8) e médio (21 professores do K9, K10, K11 e K12). O instrumento de avaliação constava de um questionário elaborado a partir da rede conceitual elaborada anteriormente em Wang e Marsh (1998).¹⁹ Essa rede conceitual abordava a HC através de três dimensões. Duas delas estavam relacionadas a aspectos mais internos da ciência: dimensão conceitual e dimensão procedimental. A outra dimensão abordava o entendimento contextual da ciência, envolvendo aspectos externos à ciência (fatores culturais, sociais e psicológicos). Cada uma destas dimensões era subdividida em dois “enfoques” distintos. O primeiro estava relacionado à percepção dos professores em relação ao tema. O segundo enfoque se referia à prática efetiva dos professores, isto é, se eles efetivavam ações relacionadas aos conceitos em questão. Portanto, resultaram quatro dimensões de análise distintas.

O questionário era constituído de 26 questões no total. As primeiras sete, relacionadas à percepção dos professores em relação à inclusão da HC no ensino, abordavam aspectos internos da ciência. As questões de 8 a 13 abordavam a percepção dos professores em relação à inclusão da HC no ensino em relação aos aspectos externos da ciência. As questões de 14 a 20 se relacionavam às práticas efetivas em relação à inclusão de tópicos envolvendo questões internas da ciência. Finalmente, as questões de 21 a 26 se relacionam às práticas efetivas em relação à inclusão de tópicos envolvendo questões externas à ciência. É importante entender que havia 13 tipos de enunciados de questões, sendo que cada um servia para avaliar a percepção e a prática em relação a uma questão.

Na Tabela 7 encontram-se dois exemplos de enunciados de questões utilizadas:

¹⁹ H. A. Wang e D. D. Marsh, “Science Teachers’ Perceptions and Practices in Teaching the History of Science”.

Tabela 7 – Exemplos de questões utilizadas em Wang e Cox-Petersen (2002).

Questões	Incluir a história da ciência...
14 (percepção)	...ajuda os estudantes a dominarem conceitos e idéias científicas.
2 (prática)	
9 (percepção)	...ajuda os estudantes a entenderem como fatores sociais e poder político estão intimamente ligados às atividades da ciência.
22 (prática)	

Os professores avaliaram os enunciados através de uma escala de Likert²⁰, variando de 0 a 5. Para as questões relacionadas à percepção, 0 significava “discordo totalmente” e 5, “concordo totalmente”. Para as questões de prática, 0 significava “raramente ocorre” e 5, “ocorre freqüentemente”. Em nossa pesquisa, a opção metodológica foi adotar um questionário de múltiplas escolhas, o qual fornece uma escala binária, ou seja, cada categoria pode ser escolhida (valor = 1) ou não escolhida (valor = 0). No entanto, não excluimos a possibilidade de elaborar, no futuro, instrumentos de pesquisa utilizando escalas Likert: apenas não foi nossa escolha metodológica neste momento, em função da maior complexidade que introduziria na análise dos dados.

No diagnóstico dos resultados, além do teste de confiabilidade, isto é, de consistência interna dos dados²¹, Wang e Cox-Petersen fizeram quatro tipos de análise. A partir dos dados foram calculadas as médias e os desvios padrão para cada questão, sendo geradas tabelas com esses resultados. Foram efetuadas regressões lineares entre os grupos de dados referentes à percepção e à prática. Também aplicaram o Teste-t

²⁰ Na Internet podemos encontrar referências sobre as escalas Likert em:

<http://www.socialresearchmethods.net/kb/scallik.php> e também em

<http://www.gifted.uconn.edu/siegle/research/instrument%20Reliability%20and%20Validity/Likert.html>

²¹ Na análise dos dados, em resumo, podemos efetuar dois tipos de análise de “consistência”. No primeiro, comparamos os dados com outro grupo de dados, chamado de grupo de controle. É um tipo de análise externa, isto é, que se apóia em outro grupo de dados, em geral denominada validação. Por outro lado, é possível efetuar um tipo de análise que independe de outros dados, baseando-se apenas no grupo em questão. Este tipo de análise é chamado de consistência interna dos dados, também conhecido como confiabilidade. Na língua inglesa este tipo de teste é conhecido como *reliability*.

independente²², comparando aos pares os três níveis de ensino pesquisados (elementar, intermediário e médio).

No mesmo trabalho, Wang e Cox-Petersen procederam à construção de um dendrograma para visualizar as possíveis relações entre os grupos de respostas. Consideramos este recurso como um instrumento adequado e frutífero na análise dos dados obtidos pelos autores. Como resultado final, a principal contribuição do referido artigo para nosso trabalho foi a utilização de dendrogramas. Os dendrogramas construídos a partir dos nossos dados forneceram indicações de coerência interna e de tendência principal, através de uma rápida inspeção visual (qualitativa), além de fornecer alguns índices associados a sua estrutura que provêm dados quantitativos sobre cada conjunto de dados.

Análise dos dados utilizando dendrogramas

Dendrogramas são figuras representadas num gráfico com uma estrutura em árvore, à semelhança de uma classificação taxonômica. Permitem a análise de uma grande quantidade de variáveis através da visualização de múltiplas correlações e interdependências. Podem ser construídos através de ferramentas computacionais, que transformam uma matriz multidimensional em padrões reconhecíveis de duas dimensões. Os dendrogramas simulam no plano bidimensional múltiplas variáveis, que necessitariam de muitas dimensões, caso representássemos suas correlações de forma convencional, através de retas, superfícies etc. Assim, torna-se possível extrair informações significativas sem afetar a natureza multivariada (multidimensional) dos dados. Em estatística, os dendrogramas são ferramentas que pertencem à categoria de análise de *clusters* (*cluster analysis*), que é uma classificação hierárquica. Este tipo de análise procura agrupar os dados de forma a permitir a identificação de semelhanças entre as variáveis, em casos em que se pretende de uma forma geral explicitar a semelhança entre variáveis e grupos de variáveis, assim como suas dessemelhanças.

Dendrogramas são classificados como sendo um tipo de metodologia aglomerativa:

²² Na análise das possíveis relações entre duas categorias ou dois grupos de categorias o Teste-t é uma ferramenta muito usada. O Teste-t avalia se as médias de dois grupos são ou não estatisticamente diferentes entre si.

“Os métodos aglomerativos são os mais comuns entre os métodos hierárquicos. Nesse tipo de método inicia-se com cada padrão formando seu próprio agrupamento e gradualmente os grupos são unidos até que um único agrupamento contendo todos os dados seja gerado... Logo no início do processo, os agrupamentos são pequenos e os elementos de cada grupo possuem alto grau de similaridade. Ao final do processo, têm-se poucos agrupamentos, cada um podendo conter muitos elementos e menos similares entre si”.²³

Como exemplo, a Figura 6 representa um dendrograma no qual podemos observar que as variáveis 7 e 14 estão mais fortemente correlacionadas, em seguida as variáveis 3 e 11, e assim sucessivamente. Podemos observar que existem dois grandes grupos (*clusters*), e que a variável 13 parece não ter relação significativa com as outras.

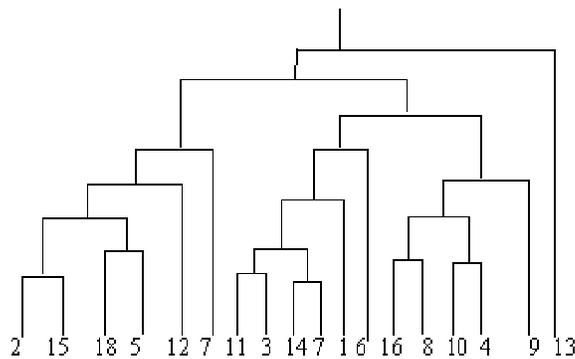


Figura 6 – Exemplo de dendrograma

Nesta dissertação, os dendrogramas foram gerados a partir do programa Statistica®, que aceita dados gerados em planilhas eletrônicas do Excel®. Além dos dados, alguns parâmetros são ajustados para a construção adequada dos dendrogramas. A construção manual de dendrogramas é um processo lento, ao passo que o referido programa gera o gráfico em segundos. Na operação foram selecionados parâmetros adequados para dados do tipo binário, que é o formato final dos dados em nossa pesquisa. Cada indivíduo pesquisado respondeu a um questionário com várias questões, sendo que cada uma das alternativas da questão é considerada como uma variável. O volume total de dados obtidos através dos questionários (9 conjuntos de questionários

²³ M. N. Do Vale, *Agrupamentos de Dados: Avaliação de Métodos e Desenvolvimento de Aplicativo para Análise de Grupos*, p. 33.

aplicados) é igual a $7,8 \times 10^3$ bit, considerando que cada alternativa dos questionários corresponde, no formato final, a um bit de informação, uma vez que ela pode ser assinalada (1) ou não ser assinalada (0). Uma visualização prévia das correlações entre as variáveis se mostrou útil na análise da consistência dos resultados, isto é, se categorias *a priori* similares se mostraram relacionadas, e também indicou muitas inter-relações não esperadas.

Os dados primários, obtidos através dos questionários respondidos, foram tabelados, gerando uma planilha onde a primeira coluna contém a numeração dos “casos” (cada um dos licenciandos) numerados e iniciando sempre pelo número 1 em todas as turmas. As outras colunas contêm as alternativas assinadas para cada questão (“a”, “b”, “c” etc.), seguindo uma notação que permite identificar se o licenciando não assinalou nenhuma alternativa na questão (notação “n”), e se ele fez algum comentário por escrito (notação “x” depois da alternativa). A Tabela 8 exemplifica um fragmento de uma planilha com os dados primários.

Tabela 8 – Exemplo de tabelamento de dados primários			
Caso	Questão 1	Questão 2	Questão 3
1	a	b	nx
2	b	b	a
3	ax	n	a

O caso número 1 não respondeu a questão 3, mas fez comentários por escrito. O caso número 3 assinalou a alternativa **a** e fez comentários por escrito na questão 1. O mesmo caso não respondeu a questão 2 e não fez comentários.

Este primeiro tipo de planilha é convertido em um segundo tipo, que contém as categorias correspondentes. Cada categoria terminal na RS correspondia a uma alternativa no QMEHC. Na RS, cada terminal possui códigos (por exemplo, 1A, 1B, 2A, 2C, etc.) e nomes (Ciência, Independente, Prática, Teoria, etc.). No QMEHC, cada questão pode conter de duas a cinco categorias, dependendo do número de alternativas. Na geração dos dendrogramas, consideramos 20 questões do QMEHC, associadas a um total de 51 categorias existentes na RS.

O segundo tipo de tabela contém na primeira coluna os números dos casos e nas demais colunas as categorias. Como exemplo, vamos considerar a tabela anterior e postular que cada uma das três questões contém duas alternativas (portanto duas categorias cada), perfazendo um total de 6 categorias, como podemos ver na Tabela 9. Este tipo de planilha, com valores binários, pode ser exportada para o programa Statística®, que gera os dendrogramas. A seguir descrevemos, resumidamente, o algoritmo utilizado na criação dos dendrogramas.

Tabela 9 – Exemplo de tabelamento de dados binários						
Caso	Questão 1		Questão 2		Questão 3	
	1A	1B	2A	2B	3A	3B
1	1	0	0	1	0	0
2	0	1	0	1	1	0
3	1	0	0	0	1	0

O caso número 3 não respondeu a questão 2, portanto as categorias 2A e 2B deste caso recebem, ambas, o valor zero. O mesmo ocorreu com o caso número 1 na questão 3. Nesta tabela, as informações sobre comentários (código “x”) são perdidas.

Etapas para a elaboração de dendrogramas

Existem muitos algoritmos para a criação de dendrogramas; contudo, neste texto comentaremos preferencialmente os algoritmos utilizados neste trabalho. De maneira geral, todos os algoritmos para a construção de dendrogramas seguem as seguintes etapas²⁴:

1) Codificação dos dados. Os dados são tratados e codificados, gerando uma tabela com variáveis e casos que pode ser trabalhada matematicamente. No caso dos nossos dados, a codificação consiste em transformar a tabela com as alternativas das questões em uma tabela binária com as ocorrências das alternativas (uma categoria associada a cada alternativa).

²⁴ Uma referência importante sobre dendrogramas é o manual eletrônico do programa Statística® 7.0. Recentemente foi lançada uma versão impressa deste manual: T. Hill e P. Lewicki, *STATISTICS: Methods and Applications*.

2) Cálculo das medidas de proximidade entre os dados. A medida de proximidade pode ser definida como uma medida de similaridade ou medida de dissimilaridade entre os dados. Na prática é criada uma matriz quadrada de dimensão m , onde m é o número de variáveis presentes. Cada elemento desta matriz corresponde a uma comparação entre variáveis, sendo que cada variável é comparada com as outras, na matriz dos dados, de acordo com determinado critério. Quando uma variável apresenta a mesma seqüência de valores em relação a outra, considerando todos os casos, dizemos que a similaridade é total, podendo-se atribuir o valor 100 (em uma escala de 0 a 100) ou 1 (em uma escala de 0 a 1), isto é, podemos dizer que as variáveis são iguais na matriz de dados. No caso específico de dados binários, a dissimilaridade total ocorre quando para cada valor em cada caso de uma variável, encontramos o complemento lógico²⁵ na outra variável. Um critério de comparação de proximidade bastante utilizado é a distância euclidiana que, em um espaço de n dimensões (n casos), pode ser calculada pela fórmula: $D(a,b) = \sqrt{\sum_{i=1}^n (a_i - b_i)^2}$, onde $D(a,b)$ é a distância entre as variáveis a e b .

No caso de uma tabela de dados binários este critério não é adequado à natureza dos dados, sendo preferível a utilização da porcentagem de dessemelhança (*percent disagreement*), que pode ser definida como: $D(a,b) = (\text{Somatória de } a_i \neq b_i)/n$, onde $D(a,b)$ é a distância entre as variáveis a e b em um espaço de n casos.

3) Agrupamento dos dados. A partir da matriz com a medida de proximidade dos objetos (variáveis), inicia-se o algoritmo de agrupamento, isto é, a criação dos *clusters* do dendrograma. No processo de formação de *clusters*, o algoritmo considera cada variável como um objeto. A primeira etapa na formação dos *clusters* do dendrograma é a inspeção na tabela de distâncias, verificando pares de objetos com as menores distâncias. Estes pares de objetos são os *clusters* iniciais, aos quais se agregarão os demais objetos. O processo seguinte de agregação pode seguir de várias maneiras, ou seja, existem vários algoritmos de agrupamento possíveis. Uma vez que diversos objetos foram “ligados”, para determinar as distâncias entre estes objetos podemos utilizar a regra do “vizinho mais próximo” (*nearest neighbors*). Neste caso, para avaliar a distância entre dois *clusters*, consideramos a menor distância entre os objetos dos mesmos. Este método é denominado de *single linkage*. Outra possibilidade é considerar

²⁵ Neste caso, complemento lógico corresponde à negação (função NÃO), isto é, para o número 1 o complemento lógico é 0, e vice-versa.

a maior distância entre os objetos dos *clusters* (*furthest neighbor*), método denominado de *complete linkage*. Há diversos métodos possíveis de agrupamento, sendo que o programa Statística® 7.0 oferece sete opções. Na construção dos dendrogramas desta dissertação, utilizamos o método *complete linkage*, que será exemplificado a seguir.

4) Construção do dendrograma. Uma vez que os objetos foram hierarquicamente agrupados, formando *clusters* cada vez maiores, é possível construir o dendrograma a partir da tabela que registra as distâncias relativas dos *clusters*. No caso do Statística® 7.0, este processo é automatizado²⁶, bastando ao usuário do programa definir algumas opções gráficas. A principal escolha é se o dendrograma (árvore) será desenhado “de pé” (com os “ramos” voltados para baixo) ou “deitado” (com os “ramos” para a direita).

Exemplo de construção de dendrograma

Vamos exemplificar a construção de um dendrograma através de dados simulados. A Tabela 10 contém dados binários, que correspondem aos dados já tratados dos questionários, isto é, as alternativas de cada questão foram convertidas em categorias, que foram escolhidas (1) ou não (0).

Tabela 10 – Dados binários.						
Casos	Var1	Var2	Var3	Var4	Var5	Var6
1	1	1	1	1	0	0
2	1	1	0	0	0	0
3	1	1	1	0	1	0
4	1	1	1	1	1	1
5	1	0	0	0	0	0

O cálculo das medidas de proximidade, de acordo com a fórmula $D(a,b) = (\text{Somatória de } a_i \neq b_i)/n$ resulta na Tabela 11.

²⁶ No referido programa, todo o processo é automatizado, bastando inserir a planilha com os dados e escolher as opções de algoritmos. No entanto, o programa pode gerar tabelas que evidenciam as etapas do processo de construção. A primeira é uma tabela com as distâncias entre as variáveis (*percent disagreement*); a segunda, com as distâncias entre os clusters (denominada *amalgamation schedule*).

	Var1	Var2	Var3	Var4	Var5	Var6
Var1	0,00	0,20	0,40	0,60	0,60	0,80
Var2	0,20	0,00	0,20	0,40	0,40	0,60
Var3	0,40	0,20	0,00	0,20	0,20	0,40
Var4	0,60	0,40	0,20	0,00	0,40	0,20
Var5	0,60	0,40	0,20	0,40	0,00	0,20
Var6	0,80	0,60	0,40	0,20	0,20	0,00

Podemos observar que a comparação de qualquer variável com ela mesma resulta sempre zero, uma vez que a somatória de valores correspondentes que são diferentes é sempre zero (Somatória de $a_i \neq b_i$ é sempre zero). A Var1 comparada com a Var2 resulta 0,20, uma vez que apenas um valor não coincide. Então temos $D(a,b) = (1)/5 = 0,20$.

Inspecionando a Tabela 11 podemos preencher as três primeiras linhas da Tabela 12, inserindo três *clusters* binários com menores distâncias, formados pelos pares de variáveis Var1/Var2, Var3/Var4 e Var5/Var6.

Distância	Obj. No. 1	Obj. No. 2	Obj. No. 3	Obj. No. 4	Obj. No. 5	Obj. No. 6
0,20	Var1	Var2				
0,20	Var3	Var4				
0,20	Var5	Var6				
0,40	Var3	Var4	Var5	Var6		
0,80	Var1	Var2	Var3	Var4	Var5	Var6

Este exemplo foi construído utilizando o algoritmo *complete linkage*. Para entender como funciona este algoritmo, podemos observar, na Tabela 13, as distâncias entre os três *clusters* inicialmente formados, utilizando a lógica do “vizinho mais distante” (*furthest neighbor*), que é a maneira de agrupar de acordo com o algoritmo *complete linkage*. A célula Var1/Var2 x Var3/Var4 (linha x coluna) é igual a 0,60, uma vez que, de acordo com os dados das células correspondentes na Tabela 12, a maior distância entre estas 4 variáveis, comparadas aos pares, é 0,60.

	Var1/Var2	Var3/Var4	Var5/Var6
Var1/Var2	-	0,60	0,80
Var3/Var4	0,60	-	0,40
Var5/Var6	0,80	0,40	-

Neste caso, a menor distância é entre os *clusters* Var3/Var4 e Var5/Var6. Conseqüentemente, o *cluster* formado na quarta linha da Tabela 12 é Var3/Var4/Var5/Var6, cuja distância de ligação (*linkage distance*) é 0,40. Usando o mesmo algoritmo obtemos o *cluster* final (contendo todos os objetos) a uma distância de 0,80. O dendrograma obtido pode ser visualizado na Figura 7.

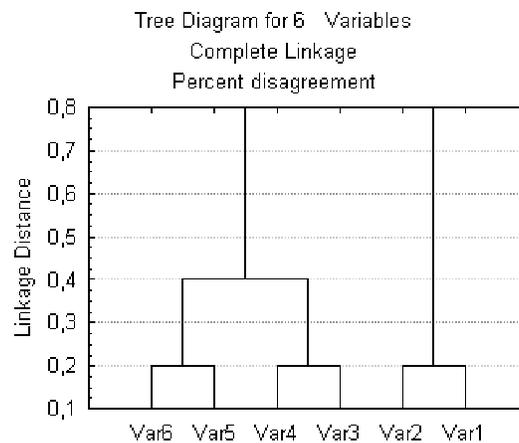


Figura 7 – Exemplo de dendrograma

Durante o processo de agrupamento, o programa gera um gráfico que registra a distância em cada etapa (o gráfico é denominado *plot of linkage distances across steps*), representado na Figura 8. Cada etapa no gráfico corresponde a uma das linhas da Tabela 12 (*amalgamation schedule*), ou cada um dos *clusters* da Figura 7. Os três primeiros passos, no eixo das ordenadas, correspondem aos *clusters* agrupados a uma distância de 0,2 (Var1/Var2, Var3/Var4 e Var5/Var6). O *cluster* seguinte foi agrupado a uma distância de 0,4 (Var3/Var4/Var5/Var6); e, finalmente, o *cluster* “total”, contendo todos os objetos, a uma distância de 0,8.

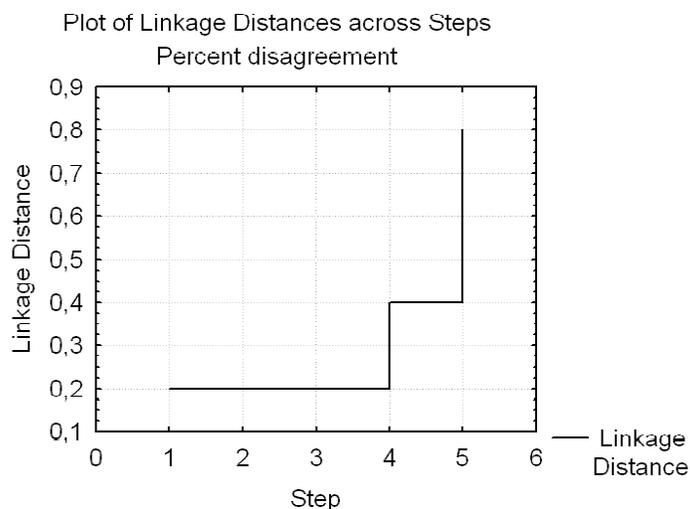


Figura 8 – Etapas do agrupamento.

Na análise dos dendrogramas construídos a partir dos dados dos QMEHC aplicados, veremos que as referidas tabelas dos agrupamentos (*amalgamation schedule*) e o gráfico de registro das etapas são úteis na interpretação dos resultados.

Análise por histogramas e dendrogramas

Como já havíamos comentado, a análise dos dados a partir de dendrogramas se mostrou o método mais adequado à natureza dos dados obtidos, uma vez que permitiu discriminar diferentes grupos de dados. Também utilizamos a representação das ocorrências através de histogramas, que complementam a análise dos dados. Apresentaremos a metodologia de análise dos dados através de uma simulação de dados. Os exemplos apresentados a seguir foram elaborados para comparar três casos de grupos de dados com diferentes graus de aleatoriedade, denominados G1, G2 e G3. A base inicial foi uma planilha com 30 casos e 26 variáveis, sendo 2 grupos com 13 variáveis cada. O primeiro grupo (variáveis de A a M) tem todos os valores, para todos os casos, iguais a 1. O segundo grupo (variáveis de N a Z) tem os valores iguais a 0. Esta tabela inicial simula a situação hipotética em que todos os 30 casos escolheram uma determinada posição (NHC ou AHC) em todas as alternativas. A partir desses dados “ideais”, e através do uso da função “Aleatório” do *Excel*®, foram geradas três outras tabelas com diferentes graus de aleatoriedade. Na primeira (G1) a probabilidade

de mudanças de valores (de 1 para 0 e vice-versa) era menor, na segunda tabela um pouco maior, e na terceira (G3) a probabilidade de mudanças de valores era a maior das três. Portanto, na tabela do grupo G3 os dados se apresentam mais “embaralhados”, simulando a situação em que os casos (licenciandos) não são capazes de definir adequadamente qual é sua posição. Nos exemplos, o primeiro grupo foi considerado como NHC; no entanto, nesta simulação não é importante se o primeiro grupo de variáveis corresponderia às categorias da NHC ou vice-versa, uma vez que procuramos identificar o grau de aleatoriedade de cada conjunto de dados não relacionado a seu significado.

A partir dos dados gerados em G1, G2 e G3, foram construídos dendrogramas e histogramas, comparados a seguir. Os histogramas foram construídos a partir da soma das ocorrências de cada variável. Cada histograma contém separadamente as somas das ocorrências dos dois grupos de variáveis, em cada conjunto de dados. A título de exemplo, é apresentado um esboço do G1, na Tabela 14. As duas últimas colunas contêm as somas das ocorrências de cada caso para cada grupo de variáveis. A última linha contém a soma das ocorrências de cada variável para todos os casos.

Tabela 14 – Fragmentos do G1.

Caso	A	B	...	M	N	...	Z		NHC	AHC
1	1	1	...	1	0	...	0		13	0
...
30	0	1	...	0	1	...	0		12	1
						
Soma	28	30	...	29	1	...	0			

Na comparação dos dendrogramas dos dados em G1, G2 e G3, é possível perceber como os dados se agrupam mais em G1, formando dois grandes *clusters*, cada um relacionado a uma das tendências (NHC ou AHC). Em G3 isto não ocorre, e em G2 os dois grupos se formam, mas com muitas variáveis (objetos) trocadas em relação à tendência geral dos *clusters*.

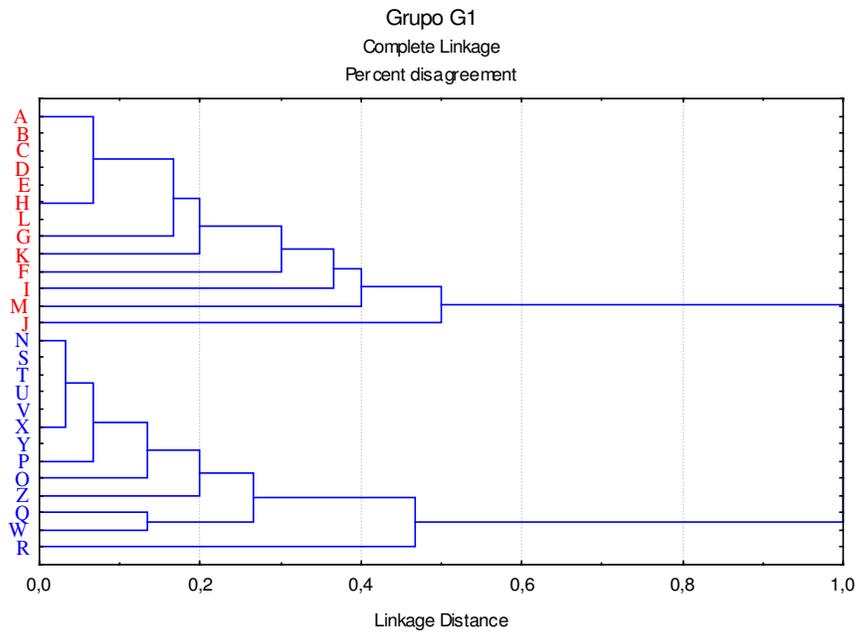


Figura 9 – Dendrograma para o grupo G1.

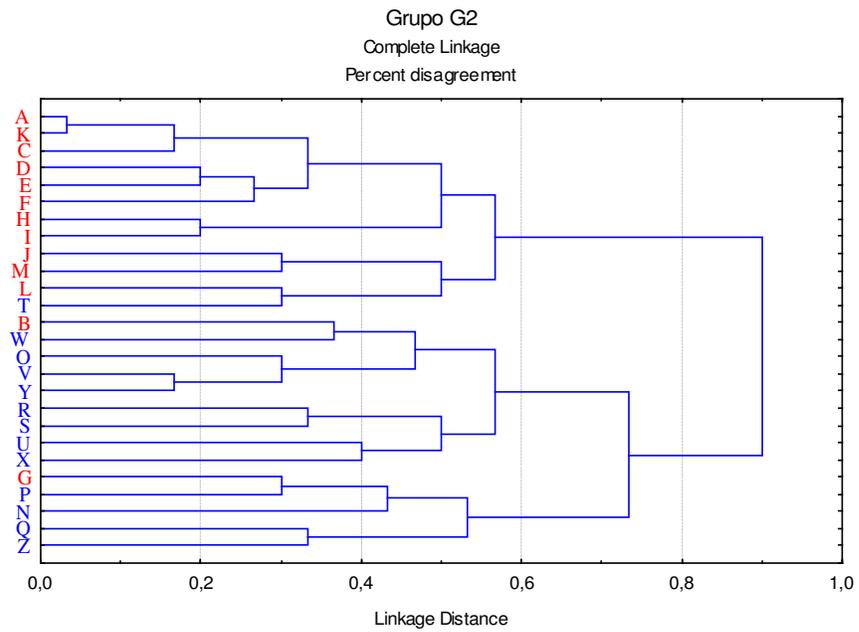


Figura 10 – Dendrograma para o grupo G2.

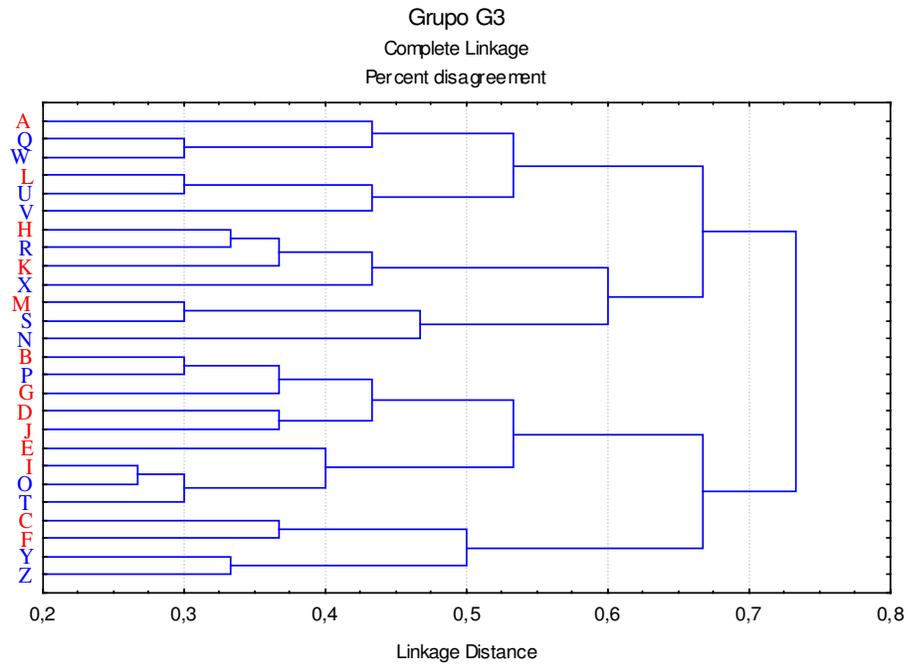


Figura 11 – Dendrograma para o grupo G3.

Nos histogramas a seguir, os valores no eixo das ordenadas representam o número de ocorrências de casos nas variáveis, e os valores das abscissas o número de vezes que o valor foi observado. No histograma de G1, observamos que os maiores números de ocorrências se encontram à esquerda, correspondendo às variáveis do grupo AHC (muitas ocorrências com números pequenos), e à direita, correspondendo às variáveis do grupo da NHC (muitas ocorrências com números grandes). Na comparação dos três histogramas, podemos perceber que no histograma dos dados G1 ocorre uma separação completa dos dados dos dois grupos de variáveis. No G2 os grupos se sobrepõem, mas ainda é possível diferenciar os grupos de dados, principalmente através das linhas de tendência geradas. No G3 a sobreposição é total.

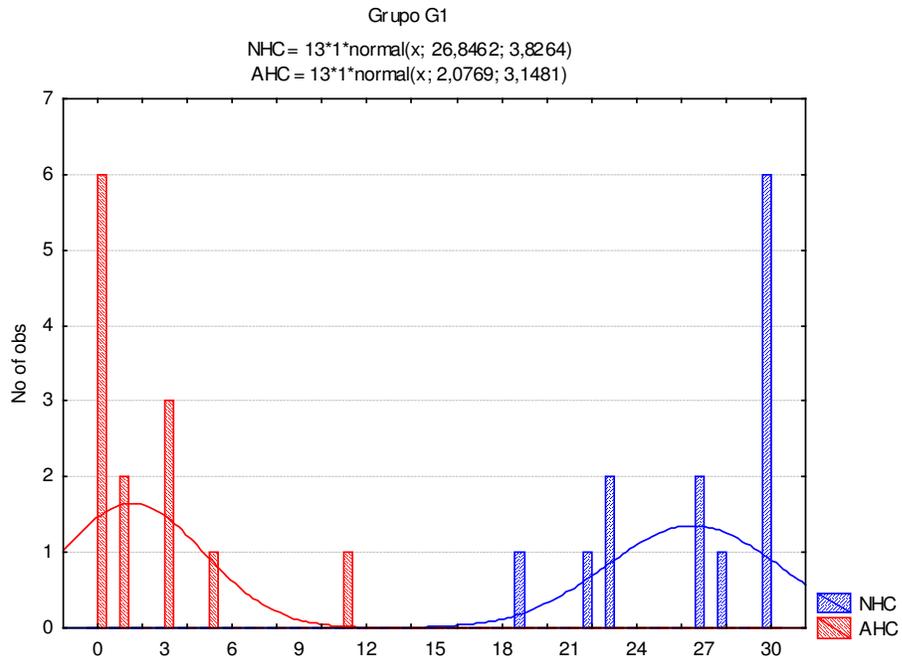


Figura 12 – Histograma para o grupo G1.

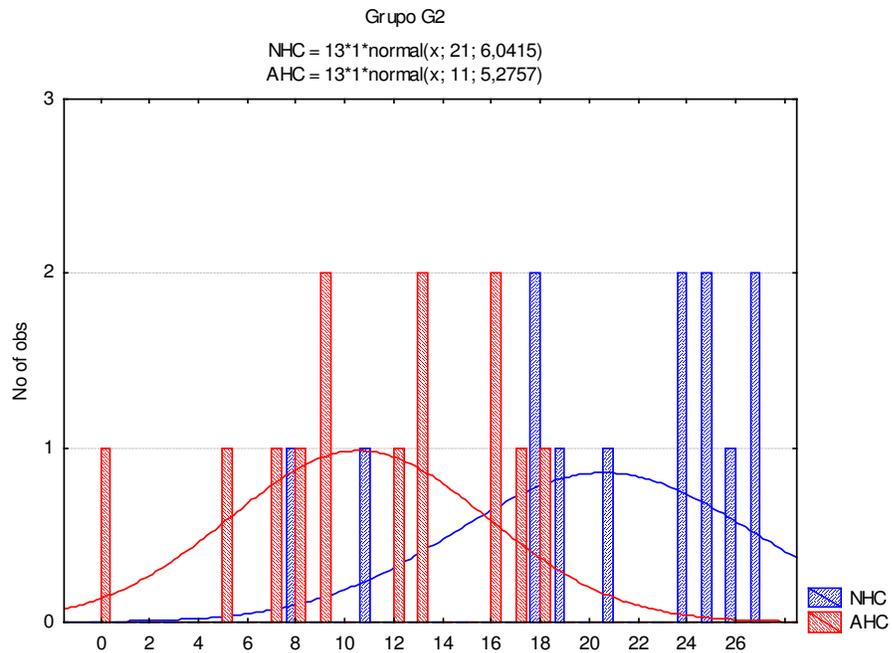


Figura 13 – Histograma para o grupo G2.

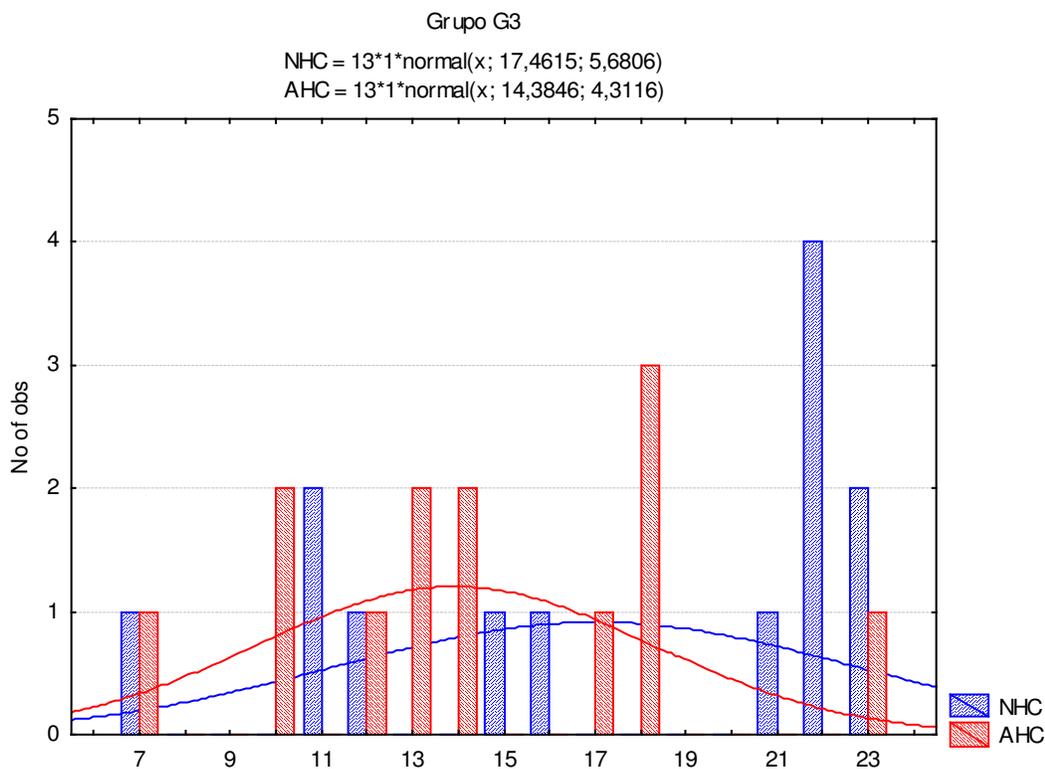


Figura 14 – Histograma para o grupo G3.

Além da visualização (aspecto qualitativo), os gráficos comparativos (dendrogramas e histogramas) fornecem valores quantitativos comparáveis. As médias das curvas de tendências indicam a sobreposição quase total em G3, e a separação em G1 – conforme podemos ver na Tabela 15, que compara as médias das curvas de tendências nos três histogramas.

Tabela 15 – Média das curvas de tendência nos histogramas.

	NHC	AHC
G1	26,8	2,1
G2	21,0	11,0
G3	17,5	13,4

No G1 as médias apresentam valores distintos, em G2 se aproximam, e em G3 ficam mais próximas ainda.

Histogramas equivalentes podem ser gerados também a partir da soma das ocorrências das variáveis em cada caso, correspondendo às duas últimas colunas da Tabela 14.

No caso dos dendrogramas, podemos obter valores quantitativos a partir das médias das distâncias dos *clusters* gerados. Estes valores podem ser obtidos a partir da tabela com as distâncias de agrupamento (*amalgamation schedule*), gerada pelo programa *Statistica*®. A Tabela 16 compara os valores médios obtidos.

Tabela 16 – Média das distâncias entre os *clusters*.

Grupos	Média
G1	0,1720
G2	0,3880
G3	0,4293

Observação: Os valores não têm unidades, pois são distâncias relativas.

Para complementar a comparação dos dendrogramas e dos histogramas, apresentamos na tabela seguinte (Tabela 17) os valores relevantes para a comparação, inserindo alguns parâmetros adicionais.

A primeira variável é o número total de casos do grupo (Cas). Na coluna seguinte, inserimos a soma das ocorrências (Sm) no grupo para cada posição (AHC ou NHC). Em seguida foram inseridas as porcentagens de ocorrências para cada posição (Oc%), obtidas a partir dos valores das somas em cada posição (Sm). A quarta variável é a média das ocorrências de casos nas categorias²⁷ (Med) para cada posição, seguida do respectivo desvio padrão (Dsv). Em seguida, o desvio padrão porcentual (Dsv%) é obtido dividindo-se o desvio padrão pelas médias das ocorrências e multiplicando-se o quociente por 100. Este dado indica qual o valor relativo do desvio padrão em relação ao valor médio, sendo útil na comparação de desvios padrão de diversos grupos de dados, com diferentes médias. Na seqüência estão os valores das curvas médias dos

²⁷ É possível calcular a média ou a soma das **ocorrências de casos nas variáveis**, como no caso de Sm e Med, ou a soma ou média de **ocorrências de variáveis nos casos**. Nesta análise, optamos pela contagem das ocorrências de casos nas variáveis, inclusive na construção dos histogramas e dendrogramas.

histogramas (Cvs). A variável seguinte, denominada distância percentual média das curvas dos histogramas (Dh%), é calculada a partir dos valores médios das curvas de tendência dos histogramas (linhas finas). Para efetuar os cálculos, partimos dos valores das médias de cada curva (valor médio) que podem ser vistos em cada histograma, acompanhados dos desvios padrão. As médias de cada curva foram divididas pelo maior valor (o valor da NHC, nesta simulação) obtendo distâncias relativas (maior valor = 1,00). As diferenças dos quocientes (o maior subtraído do menor) resultam nas distâncias relativas. Em seguida, multiplicamos as distâncias relativas por 100, obtendo distâncias relativas percentuais (maior valor = 100%). Finalmente, são apresentadas as distâncias médias dos grupos (*clusters*) do dendrograma correspondente (Dist), obtidas a partir da planilha gerada automaticamente pelo Statistica® (*amalgamation schedule*).

Tabela 17 – Comparação das turmas simuladas.

Turma	Posição	Cas	Sm	Oc%	Med	Dsv	Dsv%	Cvs	Dh%	Dist
G1	AHC	30	27	7	2	3	152	2,100	92,2	0,1720
	NHC		349	93	27	4	14	26,80		
G2	AHC	30	143	34	11	5	48	11,00	47,6	0,3880
	NHC		273	66	21	6	29	21,00		
G3	AHC	30	187	45	14	4	30	13,40	23,4	0,4293
	NHC		227	55	17	6	33	17,50		

Legendas para a tabela. Cas: Número de casos; Sm: Soma das ocorrências em cada posição (AHC ou NHC); Oc%: Porcentagem das ocorrências obtidas a partir de Sm; Med: Média das ocorrências em cada posição; Dsv: Desvio padrão das médias (Med); Dsv%: Desvio padrão percentual; Cvs: Média das curvas de tendência dos histogramas; Dh%: distância percentual das curvas de tendência dos histogramas; Dist: Distância média dos grupos (*clusters*) nos dendrogramas.

Uma análise dos valores da Tabela 17 permite generalizar a tendência de cada variável a crescer ou decrescer em função da aleatoriedade. A Tabela 18 apresenta as tendências a crescimento (\uparrow) ou decréscimo (\downarrow) dos valores de um grupo de dados G_i conforme aumenta o grau de aleatoriedade desde um grupo G_0 (em G_0 a porcentagem de NHC é igual a 100% e a de AHC igual a 0%) até um grupo G_n , onde os valores na tabela

binária são totalmente aleatórios (neste caso, a tendência é que as porcentagens de NHC e AHC se igualem a 50% cada).

Tabela 18 – Comparação das tendências

Turma	Posição	Cas	Sm	Oc%	Med	Dsv	Dsv%	Cvs	Dh%	Dist
$G_i, i \uparrow$ $i=0$ to $i=n$	AHC	-	↑	↑	↑	↑	↓	↑	↓	↑
	NHC		↓	↓	↓	↑	↑	↓		

As tendências de Sm – crescer em AHC e decrescer em NHC – são devidas à distribuição inicial (porcentual) dos dados no grupo G_0 , que apresenta 100% de ocorrências dentro da NHC. Conforme o grau de aleatoriedade aumenta, as distribuições tendem a se igualar, aproximando-se de 50% para cada posição. Conseqüentemente, Oc% e Med seguem as mesmas tendências, considerando que em G_0 a média para AHC é zero. A tendência é que as Med para AHC e NHC se igualem, conforme aumenta o grau de aleatoriedade, tendendo a um valor igual à metade do número de casos (15, no caso destes grupos simulados). Os desvios padrão têm tendência ao crescimento nas duas posições, conforme aumenta o grau de aleatoriedade, uma vez que o desvio padrão é uma medida de dispersão estatística. No entanto, o desvio percentual (Dsv%) para AHC diminui e aumenta para NHC, conforme aumenta o grau de aleatoriedade. Devemos lembrar que Dsv% é a razão entre o desvio padrão e a média ($Dsv\% = 100 \times Dsv / Med$), e observar que a taxa de crescimento de Dsv é menor que as taxas de crescimento ou decréscimo de Med, portanto as tendências de Dsv% se invertem, matematicamente ($1/x$), em relação às taxas de Med. Assim sendo, quanto mais próximo o grupo G_i está de G_0 , maior será Dsv% para AHC, tendendo a infinito em G_0 , uma vez que Med é igual a zero em G_0 para AHC.

As médias das curvas de tendência para AHC e NHC também tendem para um valor igual à metade do número de casos (15, no caso destes grupos simulados), seguindo tendências iguais às Med nas duas posições, pelos mesmos motivos. Uma vez que a tendência é que as médias em Cvs se aproximem, o valor de Dh% tende a diminuir. Finalmente, a análise da tendência da média das distâncias dos *clusters* indica que, quanto maior a aleatoriedade do grupo, maiores serão as distâncias entre os

clusters, indicando que as variáveis nos casos têm progressivamente menos semelhanças.

A análise dos dados simulados aqui apresentou resultados compatíveis com a natureza de cada grupo, diferenciando cada um Del es em relação a uma tendência geral para uma determinada posição (G1) ou não (G3), bem como o caso intermediário (G2).

Os métodos empregados nesta seção foram utilizados na análise dos dados obtidos a partir dos questionários respondidos, os quais serão apresentados na *Parte Experimental* desta dissertação.

III - Parte Experimental

Levantamentos preliminares

Antes de iniciarmos a elaboração da RS, realizamos alguns levantamentos preliminares de idéias a respeito da HC entre licenciandos em química. Foram três levantamentos, sendo que os dados obtidos foram analisados e geraram comunicações em congressos científicos. Esses levantamentos, ao lado da bibliografia estudada a respeito da historiografia da ciência, constituíram-se em subsídios importantes para a elaboração da RS. Assim, antes de passarmos à descrição da RS, apresentamos a seguir esses trabalhos preliminares.

Na execução desses trabalhos, dois tipos de questionários foram elaborados, contendo prioritariamente questões dissertativas. Os questionários podem ser encontrados na seção “Anexos”. A Tabela 1 apresenta uma síntese das turmas pesquisadas, dos questionários aplicados e das correspondentes comunicações em congressos.

Tabela 1 – Levantamentos preliminares de idéias sobre história da ciência entre licenciandos em química.

Referência	Turma	Nº de licenciandos	Questionário (vide Anexos)	Questões exploradas
SBQ2006 ¹	3º e 4º anos - USP - São Paulo - Período noturno	28	1	1 e 2
ENEQ2006 ²	3º e 4º anos - USP - São Paulo - Período noturno	28	1	3 e 4
	3º e 4º anos - USP - São Paulo - Período diurno	19	2	5 e 6
SBQ2007 ³	4º ano - FSA - Noturno	63	2	Todas

¹ F. Cheloni, M. A. A. Leme, P. A. Porto, “Concepções de licenciandos em química da USP – São Paulo sobre a história da ciência a partir de uma abordagem biográfica”.

² F. Cheloni, M. A. A. Leme, P. A. Porto, “Concepções de licenciandos em química da USP – São Paulo sobre a relação entre a alquimia e a química”.

³ M. A. A. Leme, P. A. Porto, “Concepções de professores de química sobre história da ciência – perfil de licenciandos em uma faculdade particular”.

No primeiro trabalho (SBQ2006), investigamos conhecimentos sobre questões mais específicas e factuais da HC, além de questões sobre a metodologia na HC (vide questões nos *Anexos*, Questionário 1). O segundo trabalho (ENEQ2006) foi mais focado em questões metodológicas da HC, ou seja, como os licenciandos lidam com, e entendem a, HC, deixando em segundo plano questões mais específicas e factuais (vide questões no Anexo 2). Essa preocupação pode ser exemplificada pela Questão 1 do Questionário 2 (vide *Anexos*): “Para você, o que é história da ciência? Explique.” Nessa questão, não estávamos tentando mapear se o aluno possuía ou não conhecimentos sobre os acontecimentos que se sucederam na história, mas determinar qual a concepção do aluno sobre os objetivos e métodos da HC. Este mapeamento está em outro nível, em relação às questões propostas no primeiro questionário, situando-se no plano da metacognição, isto é, como o aluno interpreta a construção do conhecimento histórico. Exemplificando essa diferença, podemos dizer que um aluno, mesmo sem conhecer a importância de figuras históricas como Lavoisier ou Dalton, poderia expressar, através da Questão 1, uma concepção adequada sobre os objetivos e métodos da HC. Por outro lado, alunos capazes de relacionar corretamente os nomes e as principais contribuições das figuras citadas, poderiam expressar objetivos não adequados à NHC. Apesar de questões sobre conhecimentos específicos em HC também poderem ser relevantes, o foco de nossas pesquisas estava sempre voltado à metodologia da HC, ou seja, a questões de natureza historiográfica. Por exemplo, na questão a seguir, além de informações factuais, aspectos historiográficos podem ser avaliados: “(1) Na sua opinião, qual o químico mais importante da história? Por que?” Nessa questão, presente no primeiro e no segundo questionários, algumas respostas indicaram que os licenciandos expressavam a concepção de que a história é construída por uma diversidade de personagens, e não por um químico mais importante – o que foi observado principalmente no terceiro trabalho (SBQ2007). Essa concepção indica que o aluno aceita que a HC é uma construção humana coletiva, e não o fruto exclusivo de “mentes brilhantes”.

Além de nossa preocupação com os aspectos historiográficos, analisamos também as respostas que se referem a conteúdos específicos na HC. Por meio desse tipo de questão, pudemos observar dificuldades dos licenciandos em relação a conhecimentos factuais da HC, o que também pode contribuir para distorcer a HC.

No primeiro trabalho (SBQ2006), a metodologia escolhida foi a distribuição de um questionário aos licenciandos, contendo – além da já mencionada questão sobre o químico mais importante – outra questão referenciando algumas figuras históricas ligadas à química: “(2) A respeito dos cientistas mencionados a seguir, escreva justificando qual você acha que foi sua importância para a história da química: Lavoisier; Dalton; Wöhler; Pauling.” Foram pesquisados 28 alunos de licenciatura em química do IQ-USP, do segundo ao quarto anos. Na análise dos questionários foram elaboradas categorias que representam as principais concepções encontradas entre os entrevistados. A partir das categorias foram elaboradas tabelas contendo o número de ocorrências de cada categoria. As respostas à Questão (1) indicaram que, embora essa questão fosse aberta, os três nomes mais citados estavam entre os listados na Questão (2), conforme mostra a Tabela 2.

Tabela 2 – Respostas à questão sobre quem seria o químico mais importante da história.

Químico	Número de menções	%
A. Lavoisier	10	36
J. Dalton	3	10
L. Pauling	3	10
R. Boyle	2	7
F. Wöhler	1	4
D. Mendeleiev	1	4
M. Curie	1	4
Há muitos químicos importantes	4	14
Em branco / não sabe	3	10
Total	28	100

Lavoisier foi o nome mais citado, e a maioria dos alunos o associou de alguma forma à idéia de “conservação da massa”. A frase “Na Natureza nada se perde, nada se cria, tudo se transforma” foi atribuída a Lavoisier por cinco alunos, e consideramos que eles se referiam à conservação de massas, apesar de essa frase não ser encontrada nos trabalhos originais do químico francês. É uma frase, porém, muito citada em livros

didáticos e na mídia em geral. É de se destacar que não houve menção a dois aspectos fundamentais do trabalho de Lavoisier: a definição operacional de elemento químico; e a nova nomenclatura para a química, proposta por um grupo de químicos franceses do qual ele fazia parte.⁴ As justificativas apontadas pelos licenciandos para a importância de Lavoisier estão relacionadas na Tabela 3.

Tabela 3 – Justificativas apresentadas pelos alunos para a importância de **Lavoisier** (respostas múltiplas).

Justificativa	Nº de ocorrências
Conservação de massas	22
Teoria do oxigênio	3
Matematização da química	2
Uso de equipamentos precisos	1
Justificativas vagas (exemplos: rompeu barreiras, deu consistência aos conceitos químicos).	3
Justificativas imprecisas:	
➤ Transformou a química em ciência	2
➤ Introdução das medidas de massa	1
➤ Derrubou a teoria do ar vital	1
➤ Postula teorias a partir da observação	1
➤ Idéia à frente do seu tempo	1
➤ Justificativas incompreensíveis	2
Total	8
Em branco / não sabe	3
Total de respostas	42

Outros problemas puderam ser observados na análise das respostas referentes à importância de outros químicos. Dalton foi bastante associado à criação de uma teoria atômica, ou de um modelo atômico. Seus estudos com gases também foram lembrados.

⁴ A esse respeito, vide: P. H. O. Vidal, F. O. Cheloni e P. A. Porto, “O Lavoisier que não está presente nos livros didáticos”.

Por outro lado, aparece com relativa frequência a concepção incorreta de que Dalton teria sido o “criador do conceito de átomo”, ou que teria resgatado uma idéia esquecida desde a Antigüidade. Os licenciandos parecem desconhecer que teorias atômicas eram bastante discutidas na Europa desde o século XVII. Também chama a atenção o fato de que nenhum dos alunos associou o conceito de massas atômicas relativas – ponto central de sua teoria atômica – ao nome de Dalton.

Tabela 4 – Justificativas apresentadas pelos alunos para a importância de **Dalton** (respostas múltiplas).

Justificativa	Nº de ocorrências
Menção a modelo atômico / teoria atômica	13
Trabalho com gases / lei dos gases	2
Reuniu informações de colegas na elaboração do modelo atômico	1
Uso de símbolos para os elementos	1
Inventor do átomo / resgatou a idéia de átomo da Antigüidade	8
Outras justificativas imprecisas ou vagas:	
➤ Propôs o modelo atômico atual	1
➤ Estrutura atômica	1
➤ Pudim de passas	1
➤ Átomos formam moléculas	1
➤ Organizou os átomos em tabela	1
Total	5
Total de respostas	30

Linus Pauling foi associado, pela maioria dos licenciandos, à distribuição eletrônica ou ao diagrama que leva seu nome. Apenas três alunos fizeram menção explícita aos trabalhos de Pauling relativos às ligações químicas.

Tabela 5 – Justificativas apresentadas pelos alunos para a importância de Pauling (respostas múltiplas).	
Justificativa	Nº de ocorrências
Distribuição eletrônica	18
Ligações químicas	3
Desenvolvimento da mecânica quântica	2
Estudo da estrutura do DNA	2
Justificativas vagas ou imprecisas:	
➤ Menção a “tabela periódica”	2
➤ Criador da tabela periódica	1
➤ Propôs a teoria do octeto	1
➤ Preocupação com a sociedade / recebeu o Prêmio Nobel da Paz	1
➤ Referência ao Princípio da Exclusão de Pauli	1
➤ Desenvolveu o conceito de átomo; modelo de camadas e subcamadas	1
Total	7
Total de respostas	32

Wöhler mostrou-se o menos conhecido dos quatro nomes apresentados: 53,6% dos licenciandos não responderam à questão, ou afirmaram desconhecer a importância desse químico. Seu feito mais lembrado foi a chamada “síntese artificial da uréia”. Apenas um aluno destacou a importância desse trabalho para o desenvolvimento das idéias sobre isomeria. Observou-se, em 9 respostas (30% do total), que o nome de Wöhler foi associado, explícita ou implicitamente, ao mito de um “experimento crucial”: a síntese feita por ele teria sido capaz de “derrubar” idéias “não científicas”, ou de “derrubar” a divisão entre química orgânica e inorgânica.

Tabela 6 – Justificativas apresentadas pelos alunos para a importância de Wöhler (respostas múltiplas).	
Justificativa	Nº de ocorrências
Síntese da uréia / composto orgânico a partir de um inorgânico	6
Descobertas na área de isômeros	1
Justificativas vagas ou imprecisas:	
➤ Derrubou a barreira entre química orgânica e inorgânica	3
➤ Menção a “sínteses orgânicas” / “compostos orgânicos”	2
➤ Mostrou que a síntese de compostos orgânicos não precisa de Deus / compostos orgânicos não possuem alma / substâncias orgânicas não têm caráter “místico”	3
Total	8
Em branco / não sabe	15
Total de respostas	30

Foi muito freqüente os licenciandos mencionarem detalhes, às vezes de menor importância, mas não citarem aspectos essenciais dos trabalhos dos cientistas que seriam relevantes para o ensino de química. Uma explicação possível para isso seria que os alunos ouvem falar da HC, mas de maneira superficial, não chegando a construir um quadro mais detalhado da complexidade da atividade científica. Identificamos também visões ingênuas acerca da natureza do conhecimento científico – tal como a idéia de “experimento crucial”, uma versão ingênua do falsificacionismo popperiano.

Os resultados sugerem, ainda, que a formação inicial dos professores deveria explorar melhor determinados estudos de casos em HC, discutindo-os em profundidade e com detalhes, à luz da NHC. Assim, os licenciandos poderiam desenvolver a perspectiva histórica em suas futuras atividades de ensino, tal como se preconiza nas diretrizes oficiais.

Em uma segunda etapa do levantamento, procuramos investigar mais profundamente como os licenciandos entendem a HC, e qual modelo historiográfico está implícito em suas concepções.

O Questionário 2 (vide *Anexos*) procurava investigar se as concepções dos licenciandos estavam mais ligadas à NHC ou à AHC. No trabalho apresentado no ENEQ 2006, nosso foco foram as concepções dos licenciandos sobre a relação entre química e alquimia. Também exploramos quais foram as possíveis fontes de informação dos licenciandos sobre a alquimia. A metodologia escolhida foi a distribuição do segundo questionário aos licenciandos, no qual foram exploradas as seguintes questões:

- (5) Na sua opinião, qual a relação entre a alquimia e a química?
- (6) Cite o nome de um alquimista sobre o qual você já tenha ouvido falar. (Caso se lembre, cite onde tomou conhecimento do nome.)

Foram pesquisados 47 alunos do 2º ao 4º anos de licenciatura. Na análise dos questionários foram elaboradas categorias que representam as principais concepções encontradas entre os entrevistados. A partir das categorias foram elaboradas tabelas contendo o número de ocorrências de cada categoria.

Na análise da Questão (5) foram definidas 18 categorias, e um total de 78 ocorrências foram classificadas nessas categorias. Na análise que se segue, as porcentagens sem indicação referem-se ao número total de ocorrências. Quando os valores se referem a número ou porcentagem de alunos entrevistados, é feita indicação nesse sentido.

Foi possível observar duas tendências principais entre os resultados obtidos. A primeira grande tendência observada (63%) é composta de categorias que indicam uma aproximação entre a alquimia e a química (Tabela 7). No entanto, essa aproximação, em geral, é expressa de maneira simplista, sugerindo que alquimia e química compartilham os mesmos métodos de pesquisa e/ou objetivos semelhantes. Em 21 dos 47 questionários, aparece a idéia de que a alquimia é “precursora” da química, algumas vezes explicitando o conceito, outras de forma indireta como “... uma forma primitiva de ciência química...” Outra relação de proximidade freqüentemente encontrada (17%) é que a alquimia e a química estão ligadas por atividades de manipulação da matéria, como “... pesquisar a constituição dos materiais para (criar) materiais desejados e manipular a matéria”, ou ainda “... reações foram estudadas pelos alquimistas e (estes)

descobriram alguns elementos químicos...”. Outra forma de ligação foi através da afirmação de que ambas estudam “... a Natureza e suas transformações”.

Tabela 7 – Categorias que indicam proximidade entre alquimia e química

Categorias	Número de ocorrências	Porcentagem (%)
A alquimia é precursora da química.	21	27
Ambas tinham por objetivo a manipulação da matéria.	13	17
Ambas estudam a Natureza e suas transformações.	4	5
Ambas trabalhavam a experimentação em busca de novos conhecimentos.	3	4
A alquimia desenvolveu aparelhos que foram usados na química.	2	3
Outras categorias que indicam proximidade.	9	8
Totais	49	63

A outra grande tendência (Tabela 8) indica uma diferença ou incompatibilidade entre alquimia e química. O motivo mais frequentemente apontado (18%) é que a alquimia é “filosófica”, “mística” e “especulativa”, enquanto a química é “científica”, “racional” e “concreta”. Outra concepção freqüente (12%) é a de que a alquimia era puramente experimental, sem teorias explicativas – ou seja, esta concepção destitui as práticas alquímicas de fundamentos teóricos e/ou racionais. Dois licenciandos atribuíram características qualitativas à alquimia e quantitativas à química. Por outro lado, com muita freqüência, encontramos associações da química com “o método científico”, com uma racionalidade absoluta e com “fatos concretos”, indicando uma visão inadequada da química em relação à NFC.

Tabela 8 – Categorias que indicam distanciamento entre alquimia e química

Categorias	Número de ocorrências	Porcentagem (%)
A alquimia é filosófica, mística, especulativa, enquanto a química é científica, racional e concreta, ou real.	14	18
A alquimia é (somente) experimental e a química faz uso de teorias.	9	12
A alquimia é qualitativa e a química quantitativa.	2	3
Outras categorias que denotam distanciamento ou incompatibilidade.	4	5
Totais	29	37

Na análise da Questão (6), a maioria dos graduandos (79%) não foi capaz de citar o nome de nenhuma figura histórica ligada à alquimia. Apenas 5 alunos (11%) citaram figuras pertinentes (Paracelso; Maria, a Judia; e Isaac Newton). O restante dos entrevistados (11%) fez referência a figuras não ligadas à alquimia. A não indicação de nomes poderia ser indício de uma concepção mais elaborada a respeito da ciência, segundo a qual esta resulta do esforço conjunto de uma comunidade, e não da genialidade de personagens individuais. Poderia, por outro lado, também ser indício de uma visão que subestima o conhecimento alquímico: como este estava “errado”, não vale a pena destacar o nome das pessoas que teriam se “iludido” com essa forma de conhecimento. Por um motivo ou por outro, os nomes de alquimistas pouco aparecem em materiais didáticos, de divulgação e na mídia em geral. Com relação às fontes de informação, ocorreram 5 citações a meios formais de ensino (graduação, ensino médio e cursinho), 3 referentes a livros e revistas, 2 à Internet e 2 à televisão e ao teatro.

Os resultados desse levantamento mostraram a existência de concepções inadequadas a respeito da HC entre os licenciandos, em relação às concepções historiográficas atuais e aos objetivos propostos para o ensino de ciências. A principal distorção observada indica que os alunos consideram a alquimia como uma atividade precursora da química, sem considerar o contexto histórico das origens da química e do enfraquecimento da alquimia, e das diferentes visões de mundo que elas pressupõem.

Quando apontam aspectos que diferenciam a alquimia da química, os licenciandos o fazem de maneira simplista, sem se dar conta da complexidade da atividade científica e de suas nuances ao longo da história. Também chama a atenção o desconhecimento de nomes de figuras históricas ligados à alquimia – o que transforma a alquimia em empreendimento anônimo e homogêneo ao longo de séculos de história.

O levantamento seguinte foi realizado entre licenciandos de uma outra instituição de ensino: a Fundação Santo André (FSA), faculdade sediada na cidade de Santo André (SP). Foi aplicado o Questionário 2, obtendo-se 63 questionários respondidos por alunos do quarto ano. Os principais diferenciais deste trabalho (SBQ2007), em relação aos anteriores, foram a utilização de todas as questões do Questionário 2, e um maior número de pesquisados. É importante ressaltar que esses licenciandos já haviam cursado uma disciplina de HC.

A análise dos dados foi efetuada identificando categorias, mapeando as ocorrências e as inter-relações entre as categorias encontradas, como nos outros trabalhos. A seguir, apresentamos tabelas contendo as principais categorias encontradas a partir das respostas. A notação %(F) indica o percentual de ocorrências em relação ao número de questionários aplicados (N=63).

Tabela 9 – Respostas à questão: “O que é história da ciência?”

Ocorrência	%(F)
Cronologia seqüencial de eventos históricos. Estuda o caminho pela qual a ciência cresceu e modernizou-se.	37
Estudo do surgimento da ciência até os dias de hoje.	30
Estudo da “evolução” da ciência, ou seja, de um constante aprimoramento até atingir a ciência atual que é a mais “evoluída”.	29
Definições vagas sobre o que é história da ciência.	19

Além das ocorrências acima, apenas 8 ocorrências consideradas adequadas à luz da NHC foram encontradas no total de respostas. Entre estas respostas, podemos encontrar referências ao contexto social e político, às diversas culturas, relação com a filosofia e a ciência como construção humana. No entanto, essas ocorrências foram esparsas e, muitas vezes, vagas. Os resultados indicam que a HC não é vista, pelos alunos pesquisados, como um espaço para a compreensão histórica da ciência ou como uma possível ferramenta para a crítica da ciência, visões que podem ser consideradas

adequadas no contexto do ensino atual. Essa questão mostrou-se bastante frutífera para identificar concepções historiográficas que permitam situar o pesquisado dentro da NHC ou da AHC. O perfil desta turma, apenas através desta questão, mostrou que a maioria apresenta ainda concepções ligadas à AHC.

Sobre a questão relacionada às fontes de consulta, apesar da categoria Livros ser a mais citada, um número significativo de questionários apresentou a resposta Livros e Internet (40%). Um número extremamente significativo dos questionários (98%) apresentou as categorias Livros ou Internet ou Escola/Graduação. Uma hipótese para explicar os resultados obtidos é que a maior fonte de informação sobre HC, para os alunos pesquisados, foi obtida na graduação, através de leitura de textos retirados de livros como fonte principal de consulta, e Internet como fonte alternativa.

Tabela 10 - Fontes de consulta para a história da ciência.

Ocorrência	% (F)
Livros	73
Internet	48
Graduação / Escola	40
Revistas / Jornais	30
TV / Vídeo	14
Outras	11

Na análise da questão de múltipla escolha, relacionada à importância da HC no ensino, apesar do elevado número de ocorrências das categorias Importante ou Muito importante (92%), as justificativas para a abordagem da HC no ensino dirigiram-se ao ensino de conceitos da química. Não foi feita nenhuma referência à HC como instrumento para a formação humana ou com o sendo conhecimento importante ao exercício da cidadania.

Tabela 11 - Importância da história da ciência.

Ocorrência	% (F)
Muito importante	52
Importante	40
Mais ou menos importante	5
Pouco importante	3
Não é importante	0

Lavoisier foi o personagem mais citado como químico mais importante, apesar de as principais justificativas para isso terem sido apenas o princípio da conservação das massas (32%), ou justificativas vagas ou imprecisas (37%). A categoria que descreve a ciência como construção humana coletiva, por sua vez, apresentou uma significativa porcentagem de ocorrência. Em vários questionários foram encontradas respostas indicando que muitos personagens foram importantes para a química, justificando adequadamente essa posição, ou seja, as respostas indicavam que os alunos consideram que a ciência não se constrói apenas a partir do trabalho de grandes “gênios da ciência”. É uma categoria que pressupõe uma visão coerente com a NHC e os atuais objetivos educacionais, no que tange a este aspecto.

Comparando-se os resultados da Tabela 12 com os da Tabela 3, que contém as respostas dos licenciandos da USP à mesma questão, pode-se notar que foi predominante a citação de Lavoisier como químico mais importante nas duas turmas (36% e 29%).

Tabela 12 - O químico mais importante.

Ocorrência	% (F)
Lavoisier	29
Construção humana	22
Mendeelev	11
Não sabe / em branco	10
Marie Curie	6
Dalton	3
Bohr	3
Rutherford	3
Thomson	2
Kekulé	2
Galvani	2

Para análise das respostas a respeito da relação entre alquimia e química, foram novamente considerados dois grandes grupos de respostas: categorias que denotam proximidade entre química e alquimia, e categorias que denotam distanciamento. Como muitos questionários apresentaram categorias opostas, em relação a este critério, o tabelamento foi feito em relação ao número total de ocorrência (N=80) e a porcentagem relativa é indicada por % (O).

Tabela 13 - Categorias que denotam proximidade.

Categorias	% (O)
A alquimia é precursora da química	38
As duas atividades compartilharam os mesmos objetivos e/ou métodos.	19
Outras	15
Total	72

As respostas encontradas, sejam no sentido de indicar proximidade entre as duas atividades, ou distanciamento, se apoiaram em argumentos que denotam uma visão, em relação à alquimia, distante da NHC.

Tabela 14 - Categorias que denotam distanciamento.

Categorias	%(O)
A alquimia não era uma ciência.	15
A alquimia era essencialmente prática, sem teorias.	11
A alquimia pressupunha uma ideologia distinta da química.	1
Total	28

As respostas à questão sobre nomes de alquimistas indicam que os graduandos da FSA desconhecem quase por completo figuras ligadas à alquimia, havendo menção a personagens fictícios (Flamel, como personagem de uma novela de televisão), ou menções a personagens que não praticavam a alquimia, como Lavoisier.

Tabela 15 - Alquimistas.

Ocorrência	% (O)
Não sabe / em branco	73
Flamel	14
Lavoisier	5
Paracelso	2
Outras figuras não relacionadas à alquimia	8
Total (N=63)	100

Livros e televisão foram as principais fontes de informação para os nomes de alquimistas (Tabela 16). Há que se destacar dois aspectos. Essas fontes foram citadas de maneira genérica, sem se especificar quais livros foram consultados, por exemplo. Além disso, houve apenas vinte ocorrências de respostas a essa questão – ou seja, a maioria dos licenciandos não soube ou não quis indicar qual sua fonte de informação sobre alquimia.

Tabela 16 - Fontes de informação sobre alquimistas

Ocorrência	% (O)
Livros	45
Televisão	35
Cinema	10
Internet	5
Graduação	5
Total (N=20)	100

Os resultados gerais desse terceiro levantamento mostram que, de um modo geral, esses licenciandos apresentam: visão distorcida em relação ao papel da história da ciência (HC); conhecimentos limitados sobre eventos na HC; visão inadequada sobre o caráter do conhecimento científico; visão distorcida em relação à alquimia e sua relação com a química; desconhecimento de fontes adequadas de informação a respeito de HC. Além disso, a HC foi considerada como importante ferramenta para a melhoria do ensino, embora as justificativas apontadas possam não ter sido as mais adequadas à luz dos objetivos atuais para o ensino. Uma idéia que foi manifestada com relativa frequência é a de que a HC é vista como o estudo da “evolução” da ciência desde os seus primórdios até a atualidade. A HC seria uma grande coleção de eventos cronologicamente organizados, de maneira linear e através de um único caminho, onde os “grandes eventos” têm destaque. O conceito de “evolução” nos questionários está vinculado à idéia de que a ciência melhorou progressivamente, e esse caminho estava desde sempre destinado a conduzir à ciência atual. É uma visão anacrônica da HC, procurando objetivos atuais da ciência em situações do passado, sem considerar o contexto histórico. Outra característica importante da concepção dos alunos indica que aspectos importantes dos trabalhos dos cientistas, relevantes para o ensino de química, não foram lembrados – sugerindo que a formação inicial dos professores deveria explorar melhor determinados estudos de casos, à luz da NHC.

Os resultados dos três levantamentos prévios realizados forneceram importantes informações sobre as concepções dos licenciandos sobre HC, e foram importantes para a estruturação da RS, desenvolvida para investigar as concepções de licenciandos sobre HC.

Elaboração das categorias sobre concepções historiográficas

A partir da pesquisa bibliográfica sobre historiografia da ciência, e dos levantamentos realizados, foi possível elaborar uma lista de categorias relacionadas à historiografia da ciência. Algumas delas descrevem as concepções condizentes com a NHC, e outras descrevem concepções ligadas à AHC. A Tabela 17 apresenta uma lista dessas categorias, elaborada para compor uma RS sobre historiografia da ciência. Existem diversas relações entre essas categorias que podem ser entendidas a partir da RS, vista mais adiante.

Tabela 17 - Categorias utilizadas na construção da rede sistêmica sobre historiografia da ciência.

Significado	Código	Nome
A HC, considerada como uma área de pesquisa, é uma disciplina que utiliza métodos e procedimentos da ciência.	01A	Ciência
A HC, considerada como uma área de pesquisa, é uma disciplina independente que assimila, filtra e adapta métodos e procedimentos de várias outras disciplinas.	01B	Independente
A HC, considerada como uma área de pesquisa é uma disciplina que utiliza métodos e procedimentos da história.	01C	História
Considerando a formação da ciência, tal como a conhecemos hoje, quanto à relevância das atividades práticas em relação às considerações teóricas, podemos afirmar que ciência moderna se estruturou a partir dos trabalhos dos filósofos e de artesãos, resultando de uma síntese de considerações teóricas com conhecimentos práticos. Assim, para se compreender a formação da ciência moderna é preciso considerar o trabalho dos construtores de máquinas, relojoeiros, preparadores de remédios, tintureiros, etc.	02A	Prática

Considerando a formação da ciência, tal como a conhecemos hoje, quanto à relevância das atividades práticas em relação às considerações teóricas, podemos afirmar que a ciência se transforma, essencialmente, porque as teorias são modificadas. O que determina as características da ciência moderna são as considerações teóricas, ou seja, os modelos, imagens mentais, abstrações, etc., criados pelos cientistas. Neste contexto, as atividades práticas têm pouca importância.	02B	Teoria
Para compreender as idéias de um período, os estudos em HC procuram centrar seu foco nas principais teorias científicas vigentes na época, em especial naquelas que foram evoluindo até dar origem às teorias atuais.	03A	Principais
Para compreender as idéias de um período, os estudos em HC procuram estudar o significado das diversas teorias da época, procurando estabelecer relações entre teorias e idéias pouco aceitas na época e aquelas mais aceitas, ou seja, entender a coerência das idéias da época	03B	Diversidade
Com relação aos personagens que fizeram a HC – tanto os personagens principais como aqueles menos conhecidos – aqueles mais relevantes são os que contribuíram para o desenvolvimento das melhores teorias científicas e, portanto, merecem mais atenção dos historiadores da ciência.	04A	Centrais
Com relação aos personagens que fizeram a HC, aqueles menos conhecidos merecem o devido reconhecimento dos historiadores, já que ajudam a compreender o significado das idéias da época.	04B	Periféricos
Com relação aos personagens que fizeram a HC, os personagens menos conhecidos têm pouca importância para os historiadores da ciência, uma vez que são ofuscados pela genialidade dos grandes personagens.	04C	Ofuscados
Os diferentes estudos em HC centram-se principalmente nos períodos de maior desenvolvimento, deixando em segundo plano os períodos de estagnação cultural.	05A	Importantes

Os diferentes estudos em HC procuram compreender a importância de cada período, procurando entender também os períodos em que ocorreram poucas mudanças.	05B	Relevância
No estudo da construção de teorias científicas, são relevantes apenas os aspectos estritamente científicos e internos à ciência, ou seja, a coerência interna das teorias e sua capacidade de explicar ou prever fenômenos.	06A	Científicos
No estudo da construção de teorias científicas, questões externas à ciência, tais como aspectos culturais, religiosos, sociais e políticos, mostram-se determinantes para a escolha entre uma teoria científica e outra que se apresente como alternativa.	06B	Externos
No estudo da construção de teorias científicas, o historiador da ciência deve levar em consideração a interação entre aspectos internos e externos à ciência.	06C	Global
Os estudos em HC devem abranger a ciência ocidental, gerada na Europa e na América do Norte.	07A	Ocidental
Os estudos em HC devem abranger o estudo de como a ciência oriental antiga (como a ciência mesopotâmica, árabe e chinesa) influenciou na formação da ciência ocidental.	07B	Oriental
Os estudos em HC devem abranger as ciências específicas de cada região, buscando entender como cada povo foi construindo seu conhecimento científico.	07C	Específicas
Os estudos em HC devem abranger a ciência da Grécia antiga, que foi o berço da ciência moderna, e como ela se desenvolveu posteriormente na Europa.	07D	Grega
Uma metodologia válida para a pesquisa em HC consiste em procurar estabelecer as grandes linhas do pensamento científico ao longo da história, buscando traçar as origens das idéias científicas desde suas formulações mais antigas.	08A	Geral
Uma metodologia válida para a pesquisa em HC consiste em procurar estudar os detalhes específicos de cada episódio e de cada idéia proposta no passado, buscando entender seu significado particular naquele contexto em que foi proposta.	08B	Contextualizados

Em relação à necessidade de consultar fontes primárias: os historiadores da ciência quando conduzem uma pesquisa precisam recorrer a fontes primárias, ou seja, aos próprios escritos dos homens e mulheres de ciência, do período que se deseja estudar. No decorrer do trabalho, pode ser necessário também recorrer a outros textos de autores do período, bem como às fontes citadas pelo personagem histórico que está em estudo.	09A	Primárias
Em relação à necessidade de consultar fontes primárias: os historiadores da ciência quando conduzem uma pesquisa podem estudar apenas as fontes secundárias – ou seja, textos de outros autores que trazem a análise dos escritos originais dos homens e mulheres de ciência que se deseja estudar – não sendo obrigatório ler fontes primárias, que em muitos casos foram escritas em idiomas e/ou linguagem de difícil acesso.	09B	Secundárias
Sobre o estudo das teorias, podemos dizer que um dos objetivos da HC é localizar teorias do passado que evoluíram até o presente, gerando teorias válidas nos dias de hoje.	10A	Evolução
Sobre o estudo das teorias, podemos dizer que a HC busca compreender a relevância das teorias, no contexto de cada época, independentemente da relação destas teorias do passado com as teorias atuais.	10B	Contexto
Em relação à origem das disciplinas científicas atuais (física, química, biologia etc.), e dos conceitos científicos atuais, os estudos em HC procuram entender, dentro do contexto de cada época, como cada disciplina se estruturou, e quando foi proposto determinado conceito, procurando localizar os precursores de cada disciplina e dos conceitos atuais – isto é, identificar os pioneiros de cada disciplina científica (ex.: Lavoisier é o pai da química) e dos conceitos científicos (ex.: Lavoisier descobriu o oxigênio).	11A	Precursores

Em relação à origem das disciplinas científicas atuais (física, química, biologia etc.), e dos conceitos científicos atuais, os estudos em HC procuram entender, dentro do contexto de cada época, como cada disciplina se estruturou, e qual o significado de cada conceito no contexto em que foi proposto, mesmo que sejam diferentes das concepções atuais, reconhecendo que a origem de muitas idéias se perde no passado, mas que em determinados momentos há rupturas e o estabelecimento de novos pontos de vista.	11B	Incertos
A ciência, desde suas origens, vem se construindo através de um caminho linear e progressivo que acumula conhecimentos cada vez mais completos sobre a Natureza.	13A	Acumular
Não se pode dizer que o conhecimento científico seja acumulado ao longo do tempo, pois há momentos de ruptura em que as informações são reinterpretadas sob novos pontos de vista. A ciência se transforma por adaptações a diferentes contextos históricos.	13B	Não acumular
Os historiadores da ciência procuram determinar as origens da ciência tal como ela existe hoje em dia nas mais antigas civilizações, como as da antiguidade oriental (Mesopotâmia, Egito, etc.).	14A	Oriente
Os historiadores da ciência procuram determinar as origens da ciência tal como ela existe hoje em dia na Grécia antiga, berço da filosofia e do pensamento racional (Pitágoras, Aristóteles, Arquimedes, etc.).	14B	Grécia
Os historiadores da ciência procuram determinar as origens da ciência tal como ela existe hoje em dia na no século XVII, quando o pensamento medieval foi finalmente superado por personagens como Copérnico, Galileu, Descartes, Newton, etc.	14C	Século XVII
Os historiadores da ciência procuram determinar as origens da ciência tal como ela existe hoje em dia nos primórdios da humanidade, ou seja, na pré-história.	14D	Pré-história

Os historiadores da ciência procuram determinar as origens da ciência tal como ela existe hoje em dia em diversos períodos e épocas, pois a construção de sua forma atual foi um processo muito complexo.	14E	Diversas
Um modelo adotado no estudo da HC é que a ciência caminha de forma contínua, pois o ser humano tem capacidade de conhecer cada vez mais e com maior precisão a natureza.	15A	Contínua
Um modelo adotado no estudo da HC é que a ciência caminha de forma descontínua, devido à incompatibilidade entre as teorias de diferentes períodos.	15B	Descontínua
A ciência atual pode ser utilizada como referência para encontrar erros e acertos nas ciências do passado, uma vez que a ciência atual é mais evoluída.	16A	Erros
A ciência atual não deve ser utilizada para encontrar erros e acertos das ciências do passado, uma vez que a ciência atual não pode ser diretamente comparada com as anteriores por estarem inseridas em diferentes contextos.	16B	Não comparar
A escolha de um método apropriado para a construção do conhecimento científico é guiada pelo consenso da comunidade científica, isto é, pelo acordo mútuo dos cientistas envolvidos na área de estudo.	17A	Consenso
A escolha de um método apropriado para a construção do conhecimento científico pode ser determinada pela própria lógica interna da ciência e não depende de escolhas pessoais ou da comunidade científica.	17B	Lógica
A escolha de um método apropriado para a construção do conhecimento científico é feita por indivíduos, que utilizam seus próprios critérios, isto é, pela decisão dos cientistas que conduzem suas pesquisas.	17C	Indivíduos
Os personagens mais conhecidos na HC eram expoentes do pensamento científico de suas épocas, pois contribuíram com idéias e teorias à frente do seu tempo, ou seja, criaram ou descobriram correntes de pensamento que não existiam naquela época.	18A	Avançadas

Os personagens mais conhecidos na HC eram expoentes do pensamento científico de suas épocas, pois interpretaram de maneira original o conhecimento então disponível, ou seja, reelaboraram idéias e teorias de seu tempo.	18B	Expoentes
A ciência é determinada pela Natureza. Os fenômenos produzidos pelos objetos do mundo real podem ser descritos e compreendidos de diferentes maneiras, por diferentes pessoas, grupos e civilizações. Porém, a ciência é construída independentemente do mundo social, e a ciência atual representa melhor a realidade que as ciências do passado.	19A	Só Natureza
A ciência não é determinada apenas pela Natureza. Os fenômenos produzidos pelos objetos do mundo real podem ser descritos e compreendidos de diferentes maneiras, por diferentes pessoas, grupos e civilizações. Por isso, a ciência não é construída independentemente do mundo social.	19B	Social
O modelo para entender o desenvolvimento das idéias científicas é baseado na física, que foi a primeira a se desenvolver como ciência moderna. A física seria, pois, como um modelo para as outras ciências.	20A	Física
O modelo para entender o desenvolvimento das idéias científicas é baseado nas ciências exatas, como a matemática e a lógica. A matematização da ciência seria um aspecto fundamental para que ela seja válida.	20B	Exatas
O modelo para entender o desenvolvimento das idéias científicas é baseado nas ciências físicas e biológicas. Embora as ciências físicas sejam mais comumente associadas a um ideal científico, a biologia também seria incluída nesse modelo.	20C	Físicas e biológicas
Para entender o desenvolvimento das idéias científicas não é necessário seguir nenhum modelo determinado, pois cada ramo da ciência se desenvolveu de maneira peculiar.	20D	Sem modelo

<p>A alquimia, a magia, a astrologia, etc., devem ser consideradas como pseudociências, pois resultaram de enganos, superstições ou mesmo ignorância do passado, que retardaram o desenvolvimento da ciência da época. Existe uma divisão entre ciências, pseudociências e protociências, ou seja, uma distinção entre conceitos válidos, de acordo com ciência atual, e conceitos enganosos, que não estão de acordo com a ciência atual.</p>	<p>21A</p>	<p>Divisão</p>
<p>A alquimia, a magia, a astrologia, etc., devem ser consideradas. Apesar de serem formas de conhecimento que não mais fazem parte da ciência atual, foram relevantes no desenvolvimento das idéias científicas do passado.</p>	<p>21B</p>	<p>Inclusão</p>

Elaboração da rede sistêmica

A primeira etapa na elaboração da RS foi pensar quais aspectos ou dimensões da HC deveriam ser considerados. A primeira dimensão está associada a uma questão básica: o que é história da ciência? Esta dimensão foi denominada *Área do Conhecimento*.

Uma segunda dimensão diz respeito à *Abrangência* da HC, ou seja: o que estuda a HC? Neste aspecto podemos incluir abrangência geográfica, temporal, personagens, teoria, técnica e aspectos externos.

Uma terceira dimensão a ser considerada é a *Metodologia* nos estudos em HC. Estão incluídas nesta dimensão categorias relacionadas ao desenvolvimento de teorias, à construção do conhecimento e ao foco em relação às fontes históricas.

A RS representando essas dimensões concomitantes é mostrada na Figura 1.

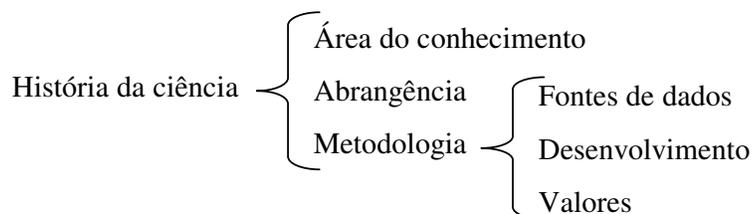


Figura 1 - Visão geral da rede sistêmica sobre historiografia da ciência.

Em um nível de detalhamento maior, a dimensão *Área do Conhecimento* pode ser desdobrada, conforme a Figura 2.

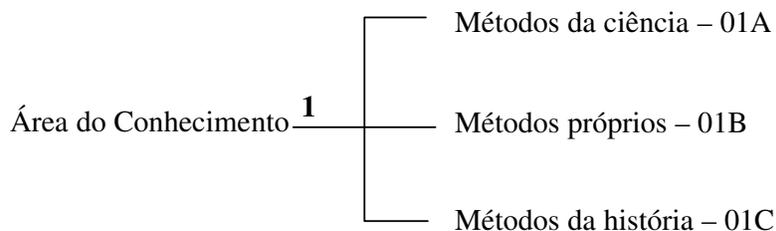


Figura 2 - Dimensão *Área do Conhecimento*

O significado de cada categoria que aparece nas próximas figuras pode ser entendido consultando-se a Tabela 17. À direita do nome de cada categoria encontram-

se seus respectivos códigos, os quais permitem relacionar as figuras com a Tabela 17. A Figura 3 desenvolve a dimensão Abrangência dos estudos em HC.

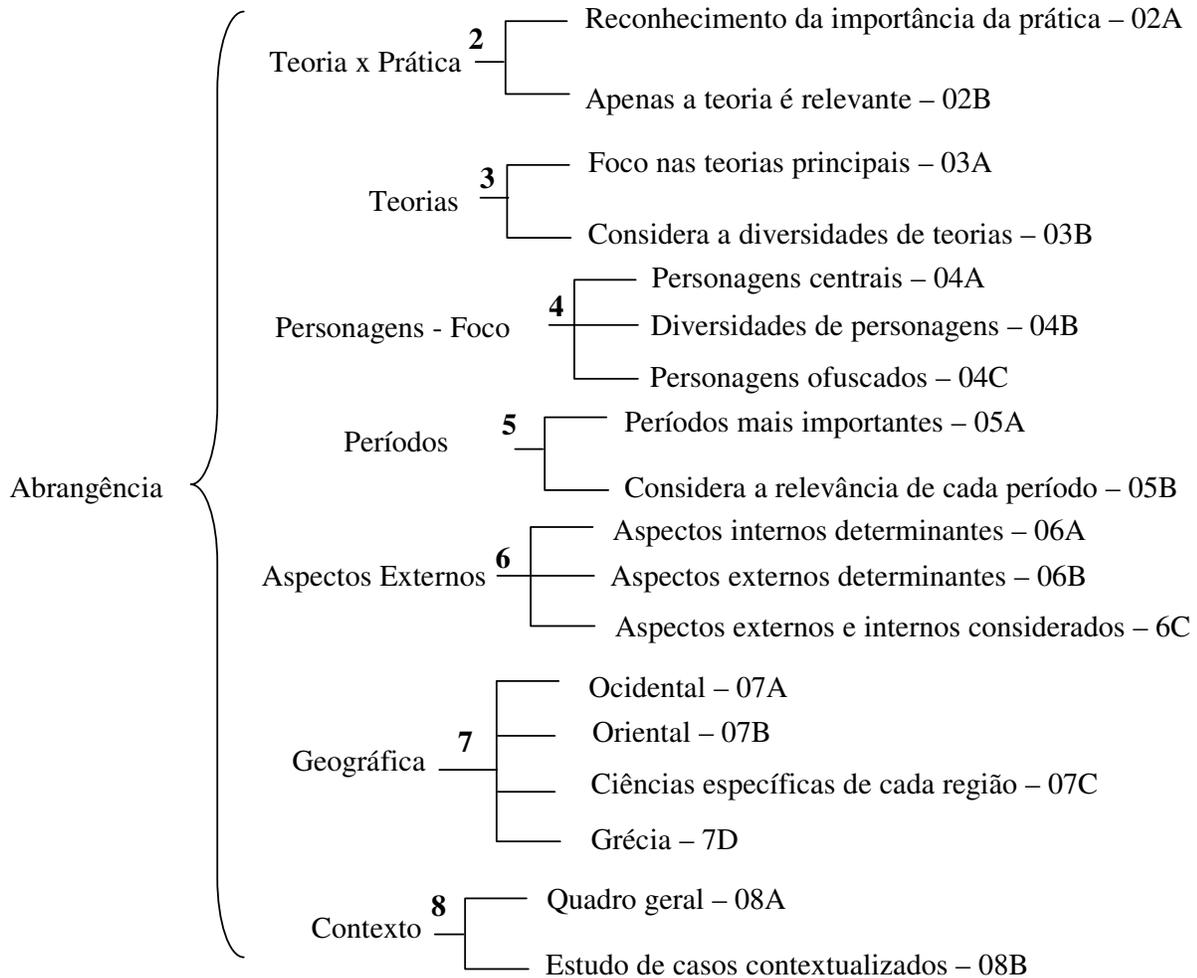


Figura 3 - Dimensão Abrangência da história da ciência.

A Figura 4 apresenta três dimensões concomitantes relacionadas a aspectos metodológicos da história da ciência.

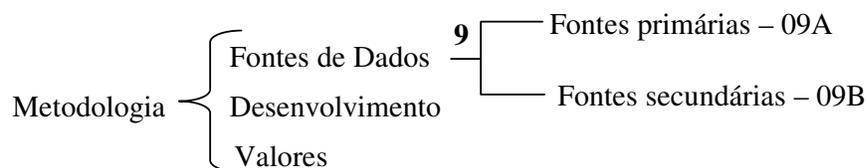


Figura 4 - Dimensão Metodologia da história da ciência.

A dimensão Desenvolvimento (Figura 5) apresenta categorias relacionadas ao desenvolvimento das teorias. Indicam se prevalece uma visão continuísta ou de descontinuidade, qual deve ser o “início” dos estudos em HC, se existe ou não uma linha única de desenvolvimento da ciência, quais as possíveis influências no desenvolvimento das teorias, e se podemos ou não julgar erros e acertos científicos do passado.

A dimensão Valores (Figura 6) inclui categorias relacionadas à construção do conhecimento, tais como possíveis influências externas, o valor dos conhecimentos do passado, quais personagens atuaram na construção do conhecimento, e se existe um modelo a ser seguido para a construção da ciência.

A dimensão Fontes de Dados (incluída na Figura 4) avalia se os licenciandos consideram necessário que o historiador da ciência consulte fontes primárias nos seus estudos, ou se é possível desenvolver trabalhos válidos apenas se recorrendo a fontes secundárias.

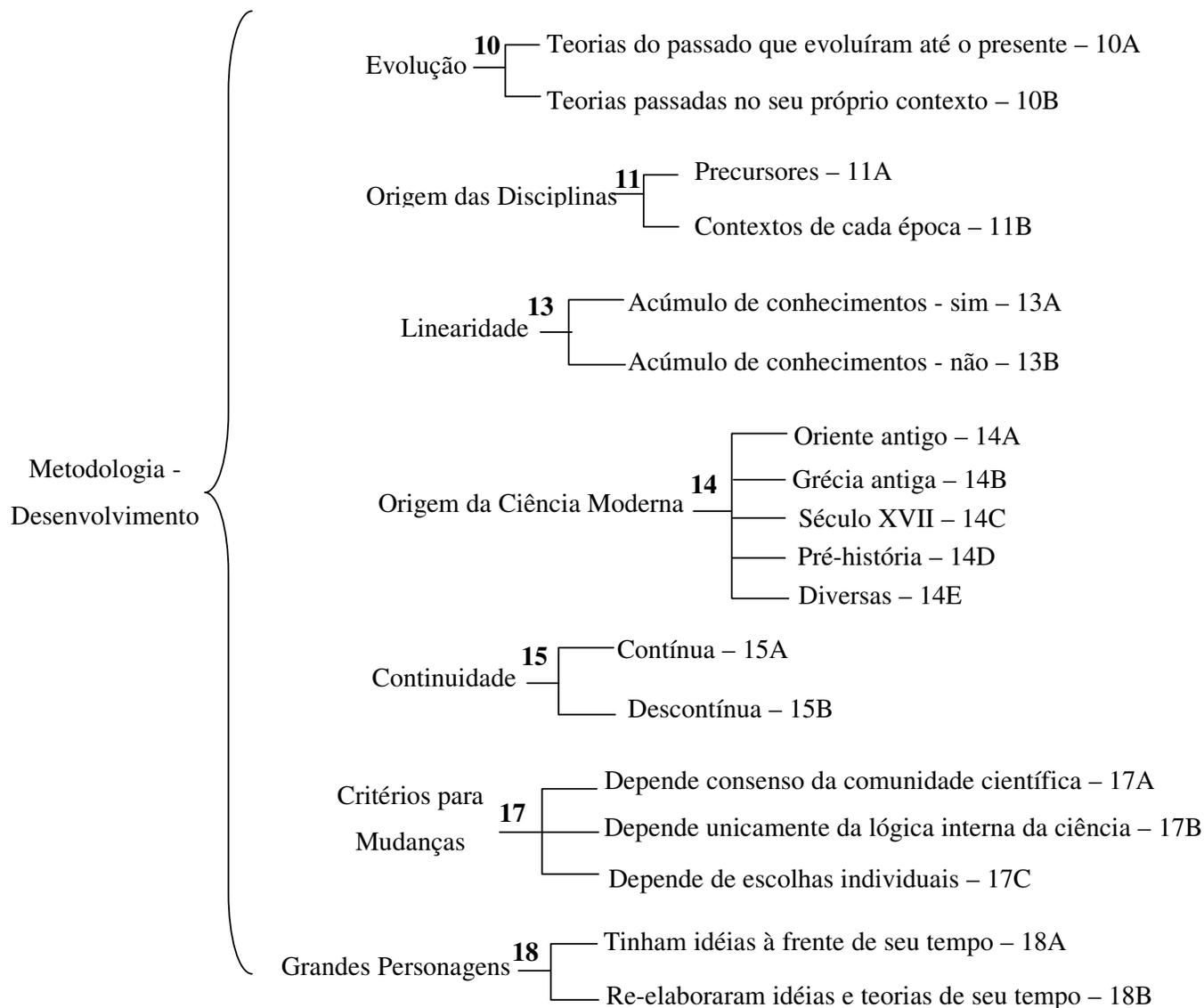


Figura 5 – Dimensão Metodologia / Desenvolvimento.

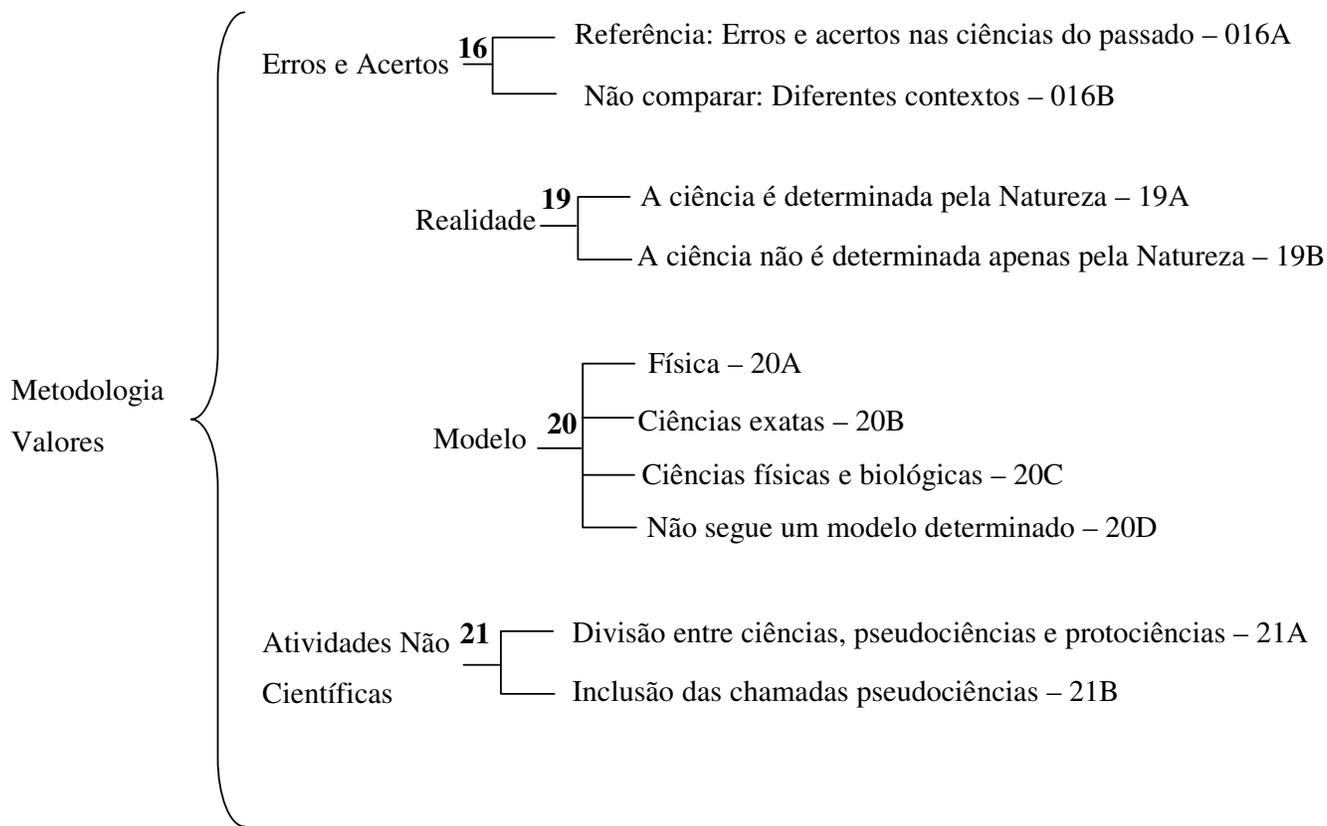


Figura 6 – Dimensão Metodologia / Valores.

Construção do questionário

Uma vez concluída a fase de construção da RS sobre concepções historiográficas da ciência, a dificuldade na construção do questionário residiu na elaboração de enunciados que representassem adequadamente as categorias.

A Tabela 17, que está diretamente associada à RS, apresenta os enunciados praticamente como eles estão no questionário final, após passarem por sucessivas reelaborações. Olhando para a RS, toda vez que encontramos um colchete, que representa possibilidades excludentes, foi criada uma questão correspondente, de igual número de alternativas. Portanto, cada “nó” da RS, isto é, cada ponto de separação nos colchetes, gerou uma questão. A versão final do questionário elaborado através desses critérios pode ser vista entre os *Anexos* (Questionário 3).

No decorrer da pesquisa repensamos tanto algumas categorias da RS como algumas questões do QMEHC. Por esse motivo, se poderá observar, mais adiante, que os resultados apresentados para as primeiras turmas pesquisadas contêm algumas categorias a mais que os resultados das últimas turmas. Descrevemos a seguir as alterações introduzidas na RS e no QMEHC ao longo da pesquisa.

No questionário final, a alternativa **c** que inicialmente constava da questão 6 foi eliminada. A redação original da questão 6 era a seguinte:

- 6)** Uma metodologia válida para a pesquisa em história da ciência consiste em:
- a)** Procurar estabelecer um amplo quadro de toda a história da ciência envolvendo todas as culturas e civilizações conhecidas, isto é, elaborar uma história da ciência universal. A história da ciência, portanto, está mais voltada para aspectos gerais do que para particularidades.
 - b)** Procura estudar os detalhes dos episódios, considerando o contexto particular de cada caso, sem perder em vista o panorama geral em que determinado episódio ocorreu. A história da ciência, portanto, está mais voltada para estudos de casos contextualizados, sem perder de vista um cenário mais amplo.
 - c)** Procura estudar os detalhes particulares de cada caso, especialmente os episódios que tiveram grande relevância no desenvolvimento da ciência, centrando os estudos nas teorias e modelos da própria ciência e não no cenário externo e geral. A história da ciência, portanto, está mais voltada para casos particulares dentro da própria ciência do que para o contexto externo.

A alternativa **c** estava ligada a uma visão internalista da HC (“está mais voltada para casos particulares dentro da própria ciência do que para o contexto externo”), que é

uma concepção ligada a AHC. No entanto, o fato de essa alternativa também citar “detalhes particulares de cada caso” poderia gerar ambigüidade na sua interpretação, pois esse aspecto poderia ser associado à NHC. Consideramos, após discutir a questão, que tanto a alternativa c da questão 6, como a correspondente categoria na RS, poderiam ser excluídas sem prejuízo para a pesquisa – pois a idéia mais importante a ser investigada com essa questão está relacionada à oposição entre uma abordagem “enciclopédica” e uma abordagem focada em estudos de casos para a história da ciência.

As questões 7 e 20 do questionário inicial abrangiam idéias muito semelhantes, como se pode observar na transcrição dos enunciados originais:

7) Considerando o conhecimento científico ao longo do tempo:

a) É possível traçar uma única linha de desenvolvimento científico, desde suas origens até à ciência atual, pois ela é a somatória dos conhecimentos que mais se aproximam do que realmente é a Natureza.

b) Não é possível localizar uma única linha de desenvolvimento científico, pois no decorrer da história diversas linhas de pensamento, de igual valor, coexistiram e a ciência atual foi o resultado de uma das possibilidades.

20) Sobre a construção da ciência:

a) A ciência, desde suas origens, vem se construindo através de um único caminho linear e progressivo.

b) A ciência, desde suas origens, vem se construindo através de várias linhas de pensamento que podem convergir ou divergir em determinados períodos.

No momento em que foi constatada essa redundância, optou-se por reunir ambos os enunciados em uma só questão. Na versão final do questionário, essa questão ficou numerada como 20. Seu formato foi alterado, de modo a apresentar mais objetivamente a idéia principal, pois também se observou que a forma anterior gerava ambigüidade nas respostas. Assim, o enunciado final da questão 20 ficou sendo:

20) A ciência, desde suas origens, vem se construindo através de um caminho linear e progressivo que acumula conhecimentos cada vez mais completos sobre a Natureza. Na sua opinião, essa afirmação é:

a) Verdadeira.

b) Falsa.

Com o andamento dos estudos sobre a historiografia da ciência, observamos a falta de uma questão que tangenciasse os debates gerados pelo chamado “programa

forte” da sociologia da ciência.¹ Assim, foi introduzido um par de categorias (“Só Natureza” e “Social”) que não constava da primeira versão da RS, e uma nova questão foi criada. Essa questão foi numerada como 7 (substituindo a antiga questão 7 que, como vimos, foi eliminada), tendo a seguinte redação:

7) Assinale a alternativa que você considera mais apropriada.

a) A ciência é determinada pela Natureza. Os fenômenos produzidos pelos objetos do mundo real podem ser descritos e compreendidos de diferentes maneiras, por diferentes pessoas, grupos e civilizações. Porém, a ciência é construída independentemente do mundo social, e a ciência atual representa melhor a realidade que as ciências do passado.

b) A ciência não é determinada apenas pela Natureza. Os fenômenos produzidos pelos objetos do mundo real podem ser descritos e compreendidos de diferentes maneiras, por diferentes pessoas, grupos e civilizações. Por isso, a ciência não é construída independentemente do mundo social.

Outra redundância no questionário inicial foi detectada nas questões 12 e 17. Ambas tratavam de aspectos similares, diferenciando-se, porém, no foco: a primeira era focada nos personagens, e a segunda nas teorias. Em comum, procuravam avaliar se os licenciandos miravam o passado com juízos de valor do presente (“idéias à frente do seu tempo”), ou se consideravam o contexto de cada época:

12) Os personagens mais conhecidos na história da ciência:

a) Contribuíram com idéias e teorias à frente do seu tempo, criando ou descobrindo novas correntes de pensamento para a época.

b) Eram expoentes do pensamento científico da época, contribuindo para o desenvolvimento da ciência do período ao interpretarem de maneira original o conhecimento então disponível.

17) Teorias inovadoras, surgidas em determinado período da história da ciência:

a) Podem ser consideradas como idéias à frente do seu tempo, desencadeando novas correntes de pensamento que passaram a ser desenvolvidas a partir dali.

b) Representam, de alguma forma, uma nova síntese do pensamento da época, devendo ser entendida como resultante da re-elaboração de idéias anteriores em novas condições e com novos propósitos.

Ao reavaliar as questões, optamos por manter a questão 12 no questionário final, com algumas modificações. O par de categorias da RS correspondentes à questão 17 do questionário inicial foi eliminado – restando o par de categorias “Avançadas” e “Expoentes”, que sintetiza adequadamente o ponto central do par de questões

¹ R. A. Martins, “Ciência versus historiografia: os diferentes níveis discursivos nas obras sobre história da ciência”.

inicialmente propostas, e que na versão final da RS corresponde às alternativas da nova questão 12:

- 12)** Os personagens mais conhecidos na história da ciência eram expoentes do pensamento científico de suas épocas, pois:
- a)** contribuíram com idéias e teorias à frente do seu tempo, ou seja, criaram ou descobriram correntes de pensamento que não existiam naquela época.
 - b)** interpretaram de maneira original o conhecimento então disponível, ou seja, re-elaboraram idéias e teorias de seu tempo.

A questão 17, por sua vez, deu lugar a uma nova questão. Decidimos que era necessário introduzir categorias que abordassem explicitamente os personagens apontados como “precursores” de idéias ou ramos da ciência – uma concepção que ainda pode ser vista com frequência em materiais didáticos e de divulgação. Assim, um par de categorias foi inserido na RS (“Precursores” e “Incertos”), correspondendo às alternativas da nova questão 17:

- 17)** Em relação à origem das disciplinas científicas atuais (física, química, biologia etc.), e dos conceitos científicos atuais, os estudos em história da ciência procuram:
- a)** Entender, dentro do contexto de cada época, como cada disciplina se estruturou, e quando foi proposto determinado conceito, procurando localizar os precursores de cada disciplina e dos conceitos atuais – isto é, identificar os pioneiros de cada disciplina científica (ex.: Lavoisier é o pai da química) e dos conceitos científicos (ex.: Lavoisier descobriu o oxigênio).
 - b)** Entender, dentro do contexto de cada época, como cada disciplina se estruturou, e qual o significado de cada conceito no contexto em que foi proposto, mesmo que sejam diferentes das concepções atuais, reconhecendo que a origem de muitas idéias se perde no passado, mas que em determinados momentos há rupturas e o estabelecimento de novos pontos de vista.

No questionário inicial, a questão 19 incluía duas alternativas. A alternativa **a** enfatizava a participação de aspectos externos na construção da ciência, e a alternativa **b** focava na perspectiva internalista. Considerava-se NHC se o aluno assinalasse apenas **a**, ou se assinalasse **a** e **b**; considerava-se AHC caso o licenciando optasse apenas pela **b**. Com o andamento do trabalho, concluímos que seria relevante incluir uma alternativa que conciliasse explicitamente esses dois aspectos. Assim, no questionário final foi incluída uma alternativa **c**:

- 19)** No estudo da construção de teorias científicas:
- a)** Questões externas à ciência tais como aspectos culturais, religiosos, sociais e políticos, mostram-se determinantes para a escolha entre uma teoria científica e outra que se apresente como alternativa.

- b)** São relevantes apenas os aspectos estritamente científicos e internos à ciência, ou seja, a coerência interna das teorias e sua capacidade de explicar ou prever fenômenos.
- c)** O historiador da ciência deve levar em consideração a interação entre aspectos internos e externos à ciência.

Para efeito de interpretação das respostas, foi adotado o seguinte critério: a alternativa **b** corresponde a AHC, por se referir à antiga abordagem internalista; alternativas **a** e **c** correspondem a NHC (**a** pode ser associada à abordagem sociológica, e **c** à contemporânea história conceitual da ciência).

Com relação à questão 21 do questionário inicial, que se refere ao aspecto das continuidades e rupturas na história da ciência, a análise dos primeiros resultados mostrou um grande predomínio de respostas **c** – levando-nos a suspeitar de que os estudantes assinalavam essa alternativa por se tratar do meio termo entre duas posições extremas:

21) A ciência caminha:

- a)** De forma contínua, pois o ser humano tem capacidade de conhecer cada vez mais e com maior precisão a natureza.
- b)** De forma descontínua, devido à incompatibilidade entre as teorias de diferentes períodos.
- c)** Através de uma tendência à continuidade, mas com possíveis rupturas ao longo dos períodos.

Ficamos em dúvida se essa era mesmo a expressão da posição historiográfica dos alunos, ou se a alternativa era assinalada por sua forma ser mais atraente. Decidimos, então, alterar a redação da questão 21, eliminando a alternativa **c**. Para efeito de análise, adotamos o seguinte critério para a versão final: a resposta foi considerada AHC se o licenciando assinalou apenas **a**, e foi considerada NHC se assinalou apenas **b**, ou **a** e **b** ao mesmo tempo.

Finalmente, a análise cuidadosa da questão 13 do questionário original nos fez ver que seu enunciado era problemático:

13) A ciência atual:

- a)** Pode ser considerada a mais próxima da verdade, já que todas as ciências do passado caminharam até chegar na ciência atual.
- b)** Não pode ser considerada mais próxima da verdade, pois cada forma de ciência do passado estava inserida em um contexto próprio, dentro do qual essa ciência era verossímil.

Foi considerado que a questão da verdade, por sua complexidade, não estava sendo abordada de forma adequada nesse enunciado. Considerando, também, a dificuldade que estávamos tendo para redigir uma questão em que o conceito de “verdade” associado à ciência fosse abordado de maneira a distinguir claramente entre a AHC e a NHC, decidimos eliminar essa questão da versão final do questionário. Em consequência, as categorias correspondentes na RS também foram excluídas. Apenas para que a numeração das questões no QMEHC não ficasse interrompida, realocamos a questão 23 do questionário inicial, que assim passou a ser a questão 13 na versão final.

Em qualquer das suas versões, o QMEHC sempre incluiu três questões que abordavam a inserção da história da ciência no ensino, e o interesse do licenciando a respeito da história da ciência:

- 10) Qual você acha que é a importância de algum conhecimento de história da ciência para um professor de química?**
- a) Muito importante.**
 - b) Importante.**
 - c) Mais ou menos importante.**
 - d) Pouco importante.**
 - e) Não é importante.**

- 11) Qual a importância de abordar temas de história da ciência no ensino de química?**
- a) Não é importante.**
 - b) A história da ciência pode ser uma boa justificativa para o ensino de ciência, uma vez que traz relatos de grandes avanços e melhorias na qualidade de vida, promovidos pela ciência.**
 - c) Através dos erros e acertos relatados pela história da ciência é possível fazer uma ciência melhor, evitando procedimentos e atitudes que deram errado no passado, procurando estabelecer um modelo correto de conduta científica.**
 - d) A compreensão de como foram construídas as teorias científicas ao longo da história pode ser um modelo didático para o ensino de ciências, uma vez que podemos ensinar alguns conceitos de química em uma seqüência similar ao da construção histórica.**
 - e) A história da ciência fornece subsídios para a compreensão sobre o que é a atividade científica, e como devemos encarar o conhecimento científico, entendido como construção humana. É um importante fator para o exercício da cidadania.**
 - f) A história da ciência faz parte da cultura geral da humanidade e deve ser divulgada, pois enriquece a bagagem de conhecimentos dos educandos, fornecendo informações interessantes sobre a origem das teorias científicas.**

24)² Qual seu grau de interesse pela história da ciência?

- a) Muito interesse.
- b) Moderado interesse.
- c) Pouco interesse.
- d) Nenhum interesse.

As respostas a essas três questões, porém, não foram analisadas no âmbito desta dissertação, cujo foco está voltado para as concepções a respeito da historiografia da ciência.

Validação do questionário

A validação do QMEHC foi efetivada através de três enfoques. No primeiro, procuramos verificar, através do auxílio de pesquisadoras de outro grupo de pesquisa em HC, se as concepções presentes no QMEHC eram relevantes e pertinentes em relação aos objetivos propostos. Como a RS e o QMEHC foram inteiramente elaborados por nosso grupo de pesquisa, considerados adequado submeter o questionário a uma análise externa. No decorrer da pesquisa, o questionário foi validado independentemente por duas historiadoras da ciência ligadas ao Programa de Estudos Pós-Graduados em História da Ciência da Pontifícia Universidade Católica de São Paulo (PUC-SP). As sugestões encaminhadas por essas pesquisadoras permitiram o refinamento de algumas questões.

Um segundo enfoque na validação do QMEHC foi comparar as respostas do questionário com a análise de respostas dissertativas e verificar se existia coerência entre as respostas³. Um referencial importante para esta validação foi o trabalho desenvolvido por Aikenhead⁴. Comparando quatro maneiras de investigar concepções que estudantes têm sobre a natureza da ciência, o autor observou que questões de múltipla escolha elaboradas a partir de concepções derivadas dos próprios estudantes, levantadas previamente, atingiram um nível de ambigüidade significativamente menor (15% a 20%) do que o observado em respostas a questões dissertativas (35% a 50%). Os

² Esta última questão foi renumerada como 23 na versão final do QMEHC, após a exclusão da questão 13 original.

³ F. O. Cheloni, M. A. A. Leme, P. A. Porto, “Validação de um questionário para o levantamento de idéias sobre história da ciência”.

⁴ G. S. Aikenhead, “An analysis of four ways of assessing student beliefs about STS topics”.

resultados obtidos por Aikenhead indicaram que a análise das questões dissertativas implica em um relativo grau de ambigüidade inerente, portanto a comparação com resultados do questionário não poderia resultar em coerência total. Portanto, focamos nossa atenção em verificar se o grau de coerência entre os dois instrumentos de análise era compatível com a ambigüidade observada pelo autor no referido trabalho.

A metodologia utilizada foi a distribuição de um questionário com a questão dissertativa “Para você, o que é história da ciência?”; seguido do QMEHC, resultando em 28 pares de dissertativa/QMEHC válidos. Os testes foram aplicados a alunos matriculados em disciplinas de história da química de graduação (ao final do semestre) e pós-graduação (tanto no início como no final do semestre). A partir das questões dissertativas, foi feito um levantamento de categorias observadas. De um total de 72 ocorrências analisadas, isto é, pares dissertativa/QMEHC, 59 mostravam respostas coerentes, 11 mostravam inconsistência e duas ocorrências não puderam ser definidas. Com relação à validação do QMEHC, do total de 51 categorias que constam da RS foram observadas 21 nas respostas dissertativas. Como cada questão do QMEHC foi elaborada a partir de um grupo de categorias (de 2 a 6 categorias) da RS, foi possível avaliar 13 questões do QMEHC de um total de 20 questões. Considerando que, do total de comparações efetuadas entre categorias obtidas a partir dos dois instrumentos, cerca de 15% apresentaram discordância, e levando em consideração os resultados de Aikenhead para respostas dissertativas e testes, o valor encontrado em nossa análise é aceitável para validar as questões do QMEHC analisadas. Na análise das respostas, pudemos observar que o problema mais freqüente foi a utilização, nas dissertativas, do termo “evolução” para indicar o desenvolvimento da ciência – um termo que pode ter muitos significados. Assim, foi considerado como discrepância se o mesmo estudante escolheu a alternativa: “A história da ciência busca compreender a relevância das teorias, no contexto de cada época, independentemente da relação destas teorias do passado com as teorias atuais” – embora tenhamos que reconhecer que somente poderíamos saber se houve mesmo contradição por meio de uma entrevista com o estudante. De qualquer forma, observamos que os resultados mostraram uma boa consistência entre as idéias expressas pelos alunos nas dissertativas e o que assinalaram no QMEHC. Isso sugeriu a validade do mesmo para o levantamento das idéias sobre história da ciência.

Um terceiro enfoque para a validação do QMEHC envolveu grupos de controle. No conjunto de dados obtidos através do QMEHC, foram consideradas seis turmas que não tinham cursado ainda qualquer disciplina específica sobre HC (“2007 – Pós Depois”, “2007 – Química e Sociedade”, “2008 – Química e Sociedade”, “2008 – Química das Águas”, “2008 – Transformações”, e “2008 – Tópicos Antes”) e três outras (“2007 – Tópicos Depois”, “2007 – Pós Depois” e “2008 – Tópicos Depois”)⁵ que já haviam passado por disciplinas de HC que discutiam explicitamente as diferentes abordagens historiográficas (AHC e NHC). Partimos da hipótese de que uma disciplina de tal natureza aumenta a porcentagem de respostas dentro da NHC (e diminuição na AHC) nos alunos que a cursaram, e conduzimos uma verificação se o QMEHC foi capaz de quantificar tal alteração.

Criamos, a partir das referidas turmas, dois grupos: aqueles que ainda não haviam cursado disciplina de história da ciência (Grupo 1), e os que já haviam cursado uma disciplina com essa característica (Grupo 2). A metodologia para análise das respostas foi similar à empregada por Koulaidis e Ogborn⁶, uma vez que as respostas foram classificadas como referentes à NHC, à AHC, Ecléticos ou Sem Resposta. Na classificação das respostas, dentro dessas quatro posições, foi considerada a coerência das respostas em cada questão. Quando foram assinaladas, na mesma questão, alternativas que apontavam para posições diferentes (AHC e NHC), esta resposta foi classificada como Eclética.

Para ambos os grupos, procurou-se identificar quais questões apontaram maior incidência de respostas referentes a NHC ou a AHC. No Grupo 1, as respostas com maior porcentagem em NHC foram: a consideração de aspectos externos (culturais, sociais e políticos) no estudo da construção de teorias científicas (91%); o reconhecimento da alquimia, magia e astrologia como formas de conhecimento que foram relevantes no desenvolvimento das idéias científicas do passado (89%); e a construção da ciência através de várias linhas de pensamento que podem convergir ou divergir em determinados períodos (79%). Com relação a AHC, as respostas com maior porcentagem foram: a concepção de que teorias do passado evoluíram

⁵ A identificação dessas turmas pode ser vista mais adiante na Tabela 18.

⁶ Koulaidis e Ogborn, “Philosophy of science: an empirical study of teachers’ views”. A semelhança metodológica com o referido trabalho é em relação à consideração da posição “eclética”, na qual o indivíduo não se enquadra dentro de posições previamente consideradas.

linearmente até o presente (47%); e a utilização da ciência atual como referência para encontrar erros e acertos nas ciências do passado (46%). No Grupo 2, as alternativas referentes à NHC mais assinaladas foram: a necessidade de utilização de fontes primárias nos estudos em história da ciência (93%); o reconhecimento de antigas formas de ciência como relevantes no processo de desenvolvimento científico (93%); e a não utilização da ciência atual como mapa de erros e acertos do passado (95%). Quanto à AHC, as alternativas mais assinaladas referiam-se às idéias: de que a escolha de um método apropriado para a construção do conhecimento científico pode ser determinada pela própria lógica interna da ciência, ou é feita por indivíduos que utilizam seus próprios critérios (44%); e de que a ciência se transforma pela modificação das teorias, desconsiderando o trabalho dos artesãos e práticos em geral (37%). Em uma análise global, observou-se que, no Grupo 1, as respostas classificadas como NHC representaram 63% do total, ficando AHC com 24% das respostas e as restantes Ecléticas ou Sem Resposta. Para o Grupo 2, as porcentagens foram 74% para NHC e 13% para AHC, e as restantes Ecléticas ou Sem Resposta. Em termos do número total de ocorrências de respostas, os valores para o Grupo 1 foram 461 e 1206, respectivamente para a AHC e NHC. Para o Grupo 2 as ocorrências foram 249 e 1415, respectivamente⁷. As diferenças, negativa para a AHC (-212) e positiva para a NHC (+209), não podem ser desconsideradas, indicando um percentual de 11% a mais nas respostas (considerando o total de ocorrências) dentro da NHC para o Grupo 2, e um percentual de 11% a menos nas respostas dentro da AHC. As variações apresentadas, após os estudantes passarem por disciplinas que discutiam explicitamente as diferentes abordagens historiográficas, sugerem a adequação do QMEHC para o levantamento das concepções dos alunos sobre história da ciência.

Aplicação do questionário

No total aplicamos o QMEHC em nove ocasiões, sempre para turmas de graduação e de pós-graduação do Instituto de Química da USP. Na Tabela 18 se descreve essas nove turmas, identificando: a disciplina cursada pelos alunos no

⁷ As ocorrências restantes para o Grupo 1 foram: 86 ocorrências Sem Resposta e 148 Ecléticos. Para o Grupo 2: 63 e 173, respectivamente.

momento em que o questionário foi aplicado, e o semestre ideal do curso de graduação em química no qual os alunos cursam essa disciplina; o semestre em que o QMEHC foi aplicado; a época em que isso ocorreu (se no início, meio ou final do referido semestre); e o número de questionários respondidos em cada turma. Apesar do enfoque desta dissertação estar voltado para alunos de licenciatura, as turmas pesquisadas incluíram também alunos de bacharelado em química ambiental (turma “2008 – Química das Águas”) e pós-graduandos. Essa estratégia foi adotada para efeito de comparação.

Tabela 18 – Turmas em que se aplicou o QMEHC.

Turma	Disciplina (semestre do curso)	Semestre de aplicação	Início, meio ou final do semestre	Nº de questionários respondidos
1	Química e Sociedade (3º)	1º/2007	meio	23
2	Tópicos de História da Química (9º)	1º/2007	final	15
3	Introdução à História da Química (pós-graduação)	2º/2007	início	6
4	Introdução à História da Química (pós-graduação)	2º/2007	final	7
5	Tópicos de História da Química (9º)	1º/2008	início	15
6	Tópicos de História da Química (9º)	1º/2008	final	19
7	Introdução às Transformações Químicas (1º)	1º/2008	meio	27
8	Química e Sociedade (3º)	1º/2008	final	26
9	Química das Águas (5º)	1º/2008	final	22
Total:				160

Alterações nas categorias

No decorrer do trabalho, conforme mencionado anteriormente, a RS e o QMEHC foram sofrendo algumas alterações. Conseqüentemente, algumas categorias representadas nos dendrogramas das primeiras turmas analisadas não aparecem nos dendrogramas das últimas turmas, e vice-versa. Descrevemos, a seguir, quais categorias sofreram alterações, e quais suas relações com as categorias que permaneceram.

Retrospectivamente, iniciaremos listando as categorias associadas ao primeiro questionário utilizado, que foi aplicado às turmas “2007 – Pós Antes”, “2007 – Química e Sociedade” e “2007 – Tópicos Depois”. No dendrograma resultante da análise dos resultados dessas turmas, constam 52 categorias, conforme mostrado na Tabela 19.

Tabela 19 – Lista de categorias associadas à versão inicial do QMEHC		
01A-Ciência	08A-Geral	15B2-Descontínua 2
01B-Independente	08C-Particulares	16A-Erros
01C-História	08B-Contextualizados	16B-Não comparar
02A-Prática	09A-Primárias	17A-Consenso
02B-Teoria	09B-Secundárias	17B-Lógica
03A-Principais	10A-Evolução	17C-Indivíduos
03B-Diversidade	10B-Contexto	18A1-Avançadas 1
04A-Centrais	13A1-Acumular 1	18A2-Avançadas 2
04B-Periféricos	13A2-Acumular 2	18B1-Expoentes 1
04C-Ofuscados	13B1-Não Acumular 1	18B2-Expoentes 2
05A-Importantes	13B2-Não Acumular 2	20A-Física
05B-Relevância	14A-Oriente	20B-Exatas
06A-Científicos	14B-Grécia	20C-Físicas e biológicas
06B-Externos	14C-Século XVII	20D-Sem modelo
07A-Occidental	14D-Pré-história	21A-Divisão
07B-Oriental	14E-Diversas	21B-Inclusão
07C-Específicas	15A-Contínua	
07D-Grega	15B1-Descontínua 1	

Não constam desta lista as categorias 19A-Só Natureza, 19B-Social, 06C-Global, 11A-Precursos e 11B-Incertos, as quais foram incorporadas à RS posteriormente. No entanto, no lugar de cada um dos pares das atuais categorias 13A-Acumular / 13B-Não Acumular e 18A-Avançadas / 18B-Expoentes, constam na Tabela 19 as categorias “duplicadas” e denominadas 13A1-Acumular 1 / 13B1-Não Acumular 1 / 13A2-Acumular 2 / 13B2-Não Acumular 2 e 18A1-Avançadas 1 / 18B1-Expoentes 1 / 18A2-Avançadas 2 / 18B2-Expoentes 2. Essa simbologia foi adotada porque o QMEHC possuía duas questões para cada um desses pares de categorias (nós da RS). Nas versões mais recentes da RS e do QMEHC, fizemos com

que cada alternativa de cada questão correspondesse a apenas uma categoria. Também constavam na primeira RS as categorias **15B1-Descontínua 1** e **15B2-Descontínua 2**, substituídas pela atual **15B-Descontínua**. Isso porque, na primeira versão do QMEHC, constavam duas alternativas que remetiam à idéia de continuidade das teorias, sendo uma delas foi posteriormente eliminada.

Na turma “2007 – Pós Depois” a categoria **06C-Global** foi incluída, perfazendo 53 categorias. Nas turmas “2008 – Química e Sociedade” e “2008 – Tópicos Antes”, as categorias **11A-Precursores** e **11B-Incertos** foram adicionadas, perfazendo 55 categorias.

Finalmente, no questionário aplicado às turmas “2008 – Tópicos Depois”, “2008 – Transformações” e “2008 – Química das Águas” ocorreu a condensação dos pares de categorias **13A1-Acumular 1 / 13B1-Não Acumular 1 / 13A2-Acumular 2 / 13B2-Não Acumular 2**, que se transformaram no par **13A-Acumular / 13B-Não Acumular**. Analogamente, o mesmo foi feito com os pares **18A1-Avançadas 1 / 18B1-Expoentes 1 / 18A2-Avançadas 2 / 18B2-Expoentes 2**, que foram transformados nas categorias **18A-Avançadas / 18B-Expoentes**. Também as categorias **15B1-Descontínua 1** e **15B2-Descontínua 2** foram condensadas na categoria **15B-Descontínua**. Ainda nesta versão final do QMEHC, foram introduzidas as categorias **19A-Só Natureza** e **19B-Social**, e eliminada a categoria **08C-Particulares**, totalizando 51 categorias, que corresponde ao formato atual da RS.

Em nenhum dos dendrogramas das turmas analisadas consta o par **21A-Verdade / 21B-Relativa**, categorias que foram eliminadas da versão final da RS.

Análise dos resultados obtidos

Conforme descrito no Capítulo II (*Metodologia*), os dados obtidos foram inseridos em planilhas eletrônicas e tratados gerando-se dendrogramas, histogramas e outros parâmetros de comparação.

Apresentamos a seguir uma lista de histogramas e dendrogramas para as turmas investigadas. A fim de efetuar uma comparação mais adequada, incluímos em cada

figura um quadro com alguns valores relevantes para as comparações. Nos quadros utilizamos símbolos para identificar cada um dos tipos de valores. Esses valores, já apresentados no Capítulo II, são os seguintes. O primeiro é o número total de casos da turma (Cas). Na coluna seguinte, inserimos a soma das ocorrências (Sm) para cada posição (AHC ou NHC). A terceira variável é a média das ocorrências das categorias (Med) para cada posição, seguida do respectivo desvio padrão (Dsv). A variável seguinte é o desvio padrão percentual (Dsv%), obtido dividindo-se o desvio padrão pelas médias das ocorrências e multiplicando-se o quociente por 100. Este dado indica qual o valor relativo do desvio padrão em relação ao valor médio, sendo útil na comparação de desvios padrão de diversos grupos de dados, com diferentes médias. Em seguida foram inseridas as porcentagens de ocorrências em cada posição (Oc%) obtidas a partir dos valores das somas em cada posição (Sm). A variável denominada distância percentual média das curvas dos histogramas (Dh%) é calculada a partir dos valores médios das curvas de tendência dos histogramas (linhas finas). Para efetuar os cálculos partimos dos valores das médias de cada curva (valor médio), calculados automaticamente pelo programa Statistica®, que podem ser vistos em cada histograma, acompanhadas dos desvios padrão. As médias de cada curva foram divididas pelo maior valor (o valor da NHC) obtendo distâncias relativas (maior valor = 1,00). As diferenças dos quocientes (o maior subtraído do menor) resultam nas distâncias relativas. Em seguida, multiplicamos as distâncias relativas por 100 obtendo distâncias relativas percentuais (maior valor = 100%).

Também é apresentada a distância média dos grupos (*clusters*) do dendrograma correspondente (Dist), obtidos a partir da planilha gerada automaticamente pelo programa Statistica® (*amalgamation schedule*).

Na tabela que se segue aos histogramas e dendrogramas (Tabela 20), apresentamos os valores obtidos em todas as turmas, sintetizando os resultados numéricos dos histogramas e dendrogramas anteriormente apresentados. Nessa tabela também estão os valores das curvas médias dos histogramas (Cvs). Os demais códigos usados são os mesmos das figuras anteriores.

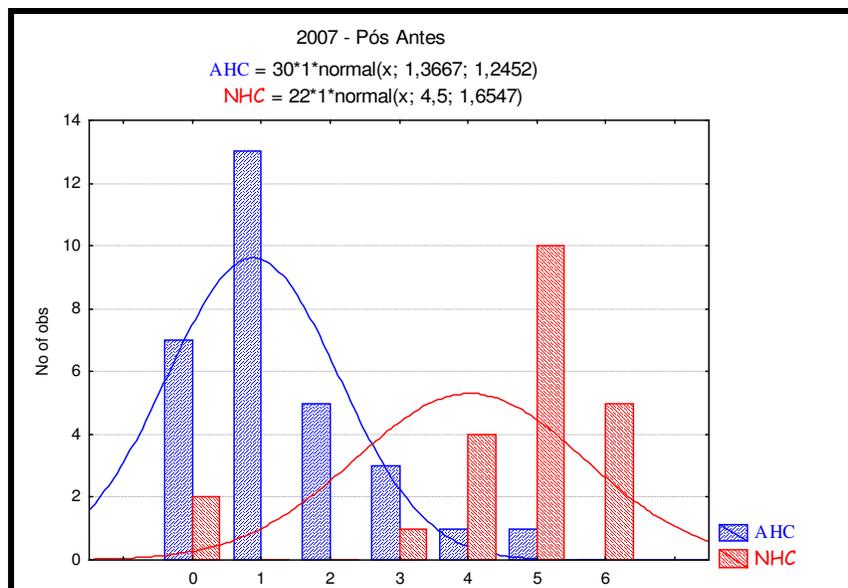


Figura 7 – Histograma da turma 2007 – Pós Antes – Turma de pós-graduação – antes do curso de HC.

	Cas	Sm	Oc%	Med	Dsv	Dsv%	Dh%	Dist
AHC	6	41	29	1	1	91	69,6	0,1471
NHC		99	71	5	2	37		

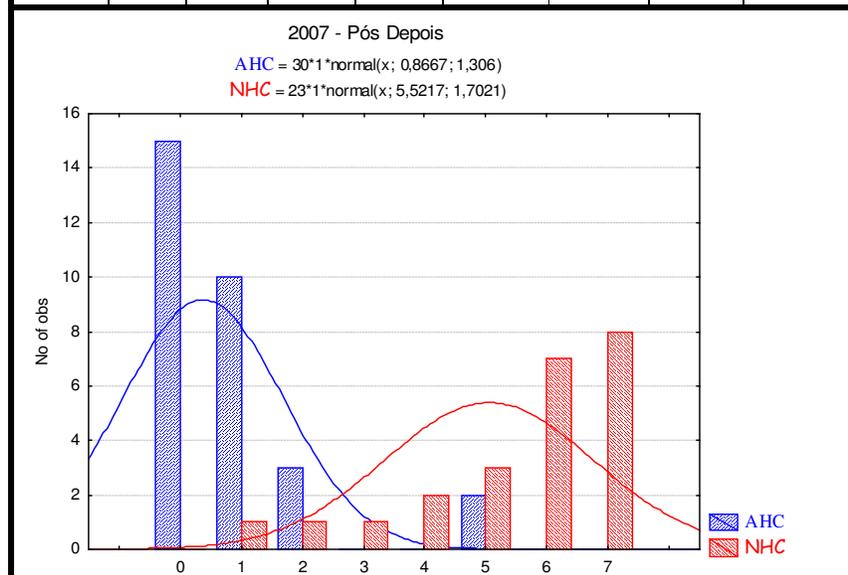


Figura 8 – Histograma da turma 2007 – Pós Depois – Turma de pós-graduação – depois do curso de HC.

	Cas	Sm	Oc%	Med	Dsv	Dsv%	Dh%	Dist
AHC	7	26	17	1	1	151	84,3	0,1319
NHC		127	83	6	2	31		

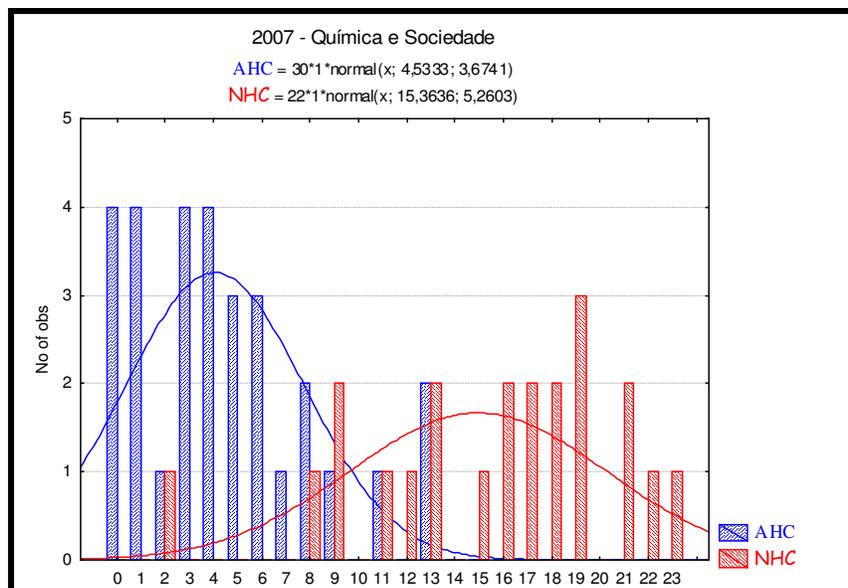


Figura 9 – Histograma da turma 2007 – Química e Sociedade Turma de graduação.

	Cas	Sm	Oc%	Med	Dsv	Dsv%	Dh%	Dist
AHC	23	136	29	5	4	81	70,5	0,3009
NHC		338	71	15	5	34		

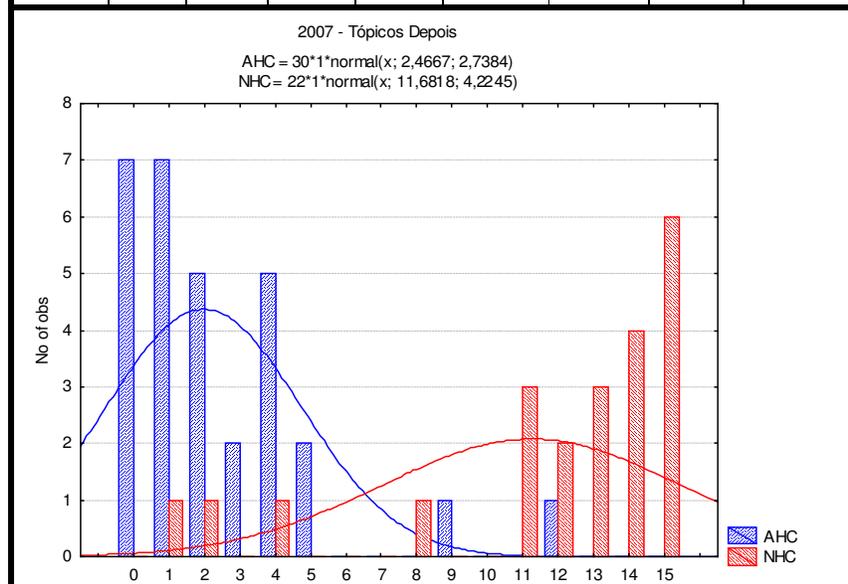


Figura 10 – Histograma da turma 2007 – Tópicos Depois – Turma de graduação – depois do curso de HC.

	Cas	Sm	Oc%	Med	Dsv	Dsv%	Dh%	Dist
AHC	15	74	22	2	3	111	78,9	0,1856
NHC		257	78	12	4	36		

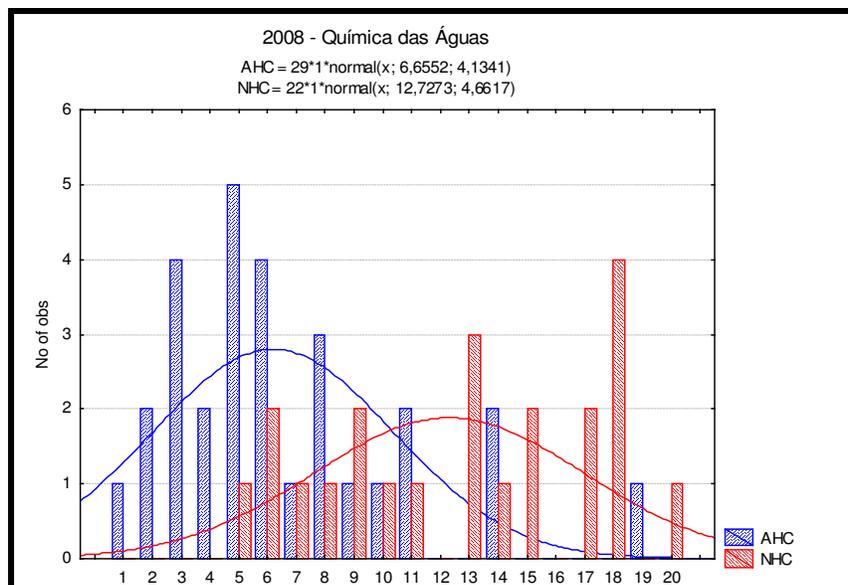


Figura 11 – Histograma da turma 2008 – Química das Águas – Turma de graduação.

	Cas	Sm	Oc%	Med	Dsv	Dsv%	Dh%	Dist
AHC	22	193	41	7	4	62	47,7	0,3382
NHC		280	59	13	5	37		

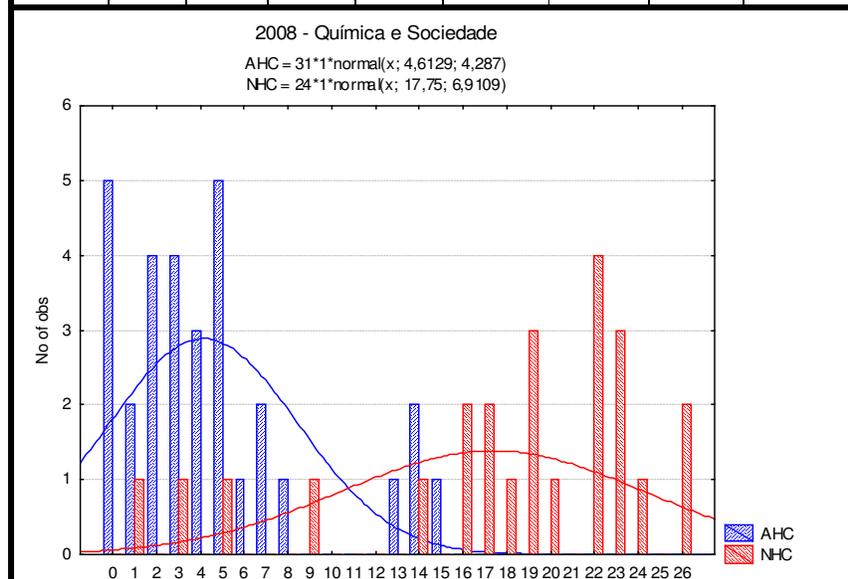


Figura 12 – Histograma da turma 2008 – Química e Sociedade – Turma de graduação.

	Cas	Sm	Oc%	Med	Dsv	Dsv%	Dh%	Dist
AHC	26	143	25	5	4	93	74,0	0,2650
NHC		426	75	18	7	39		

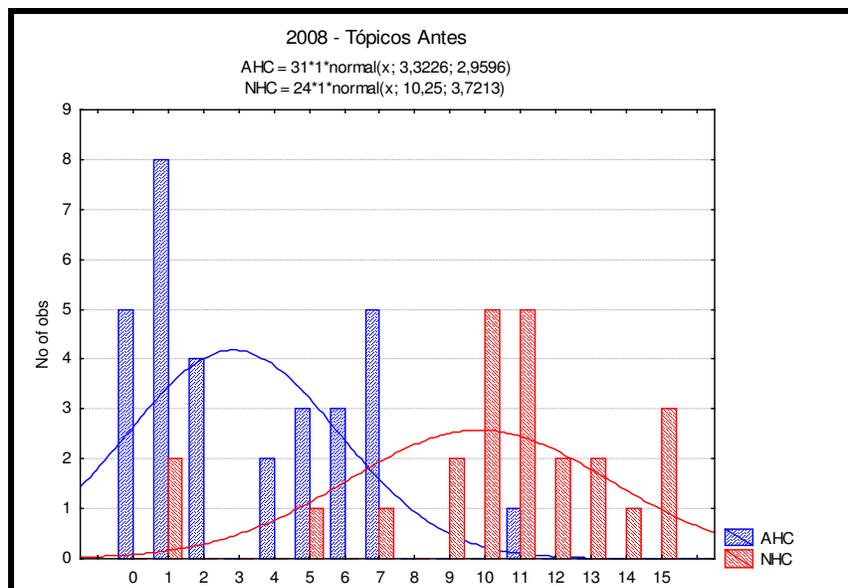


Figura 13 – Histograma da turma 2008 – Tópicos Antes – Turma de graduação – antes do curso de HC.

	Cas	Sm	Oc%	Med	Dsv	Dsv%	Dh%	Dist
AHC	15	103	30	3	3	89	67,6	0,2457
NHC		246	70	10	4	36		

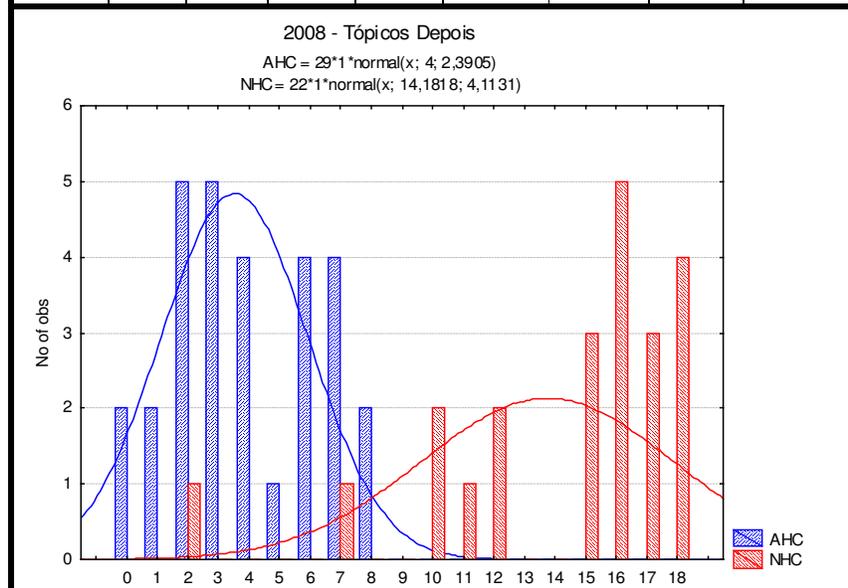
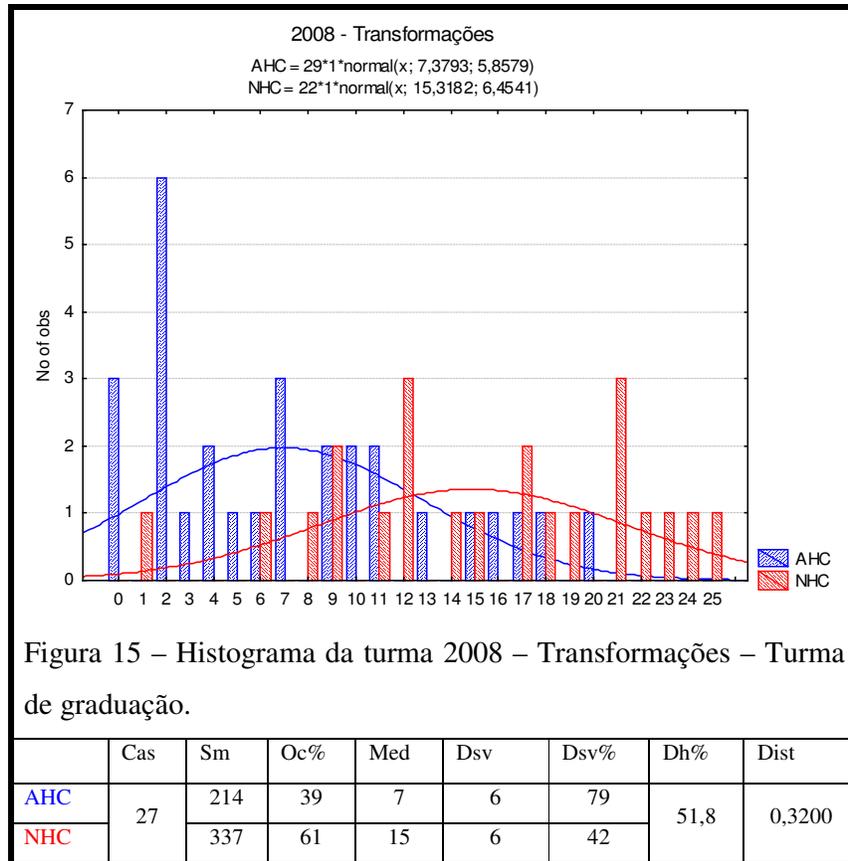


Figura 14 – Histograma da turma 2008 – Tópicos Depois – Turma de graduação – depois do curso de HC.

	Cas	Sm	Oc%	Med	Dsv	Dsv%	Dh%	Dist
AHC	19	116	27	4	2	60	71,8	0,2611
NHC		312	73	14	4	29		



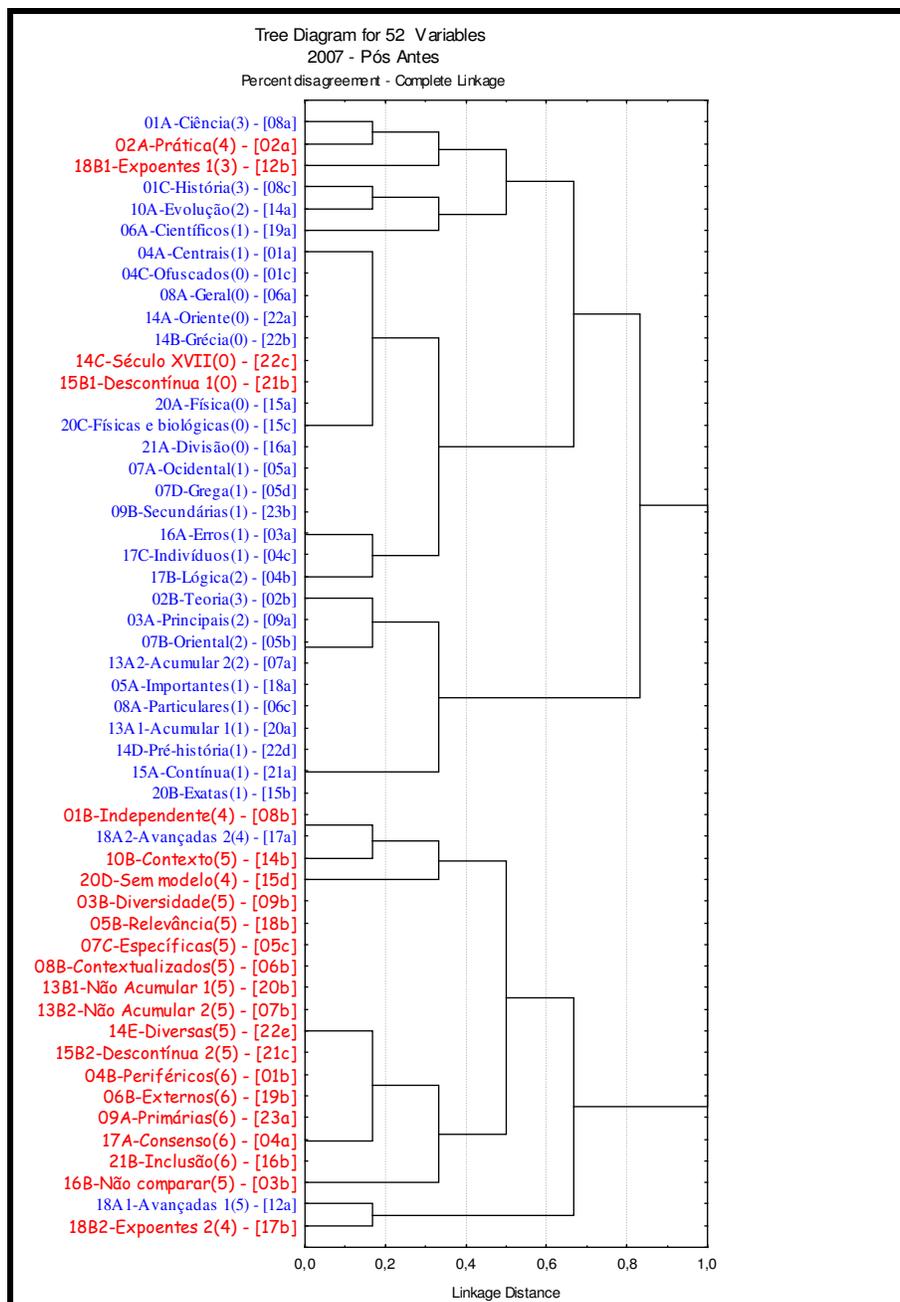


Figura 16 – Dendrograma da turma 2007 – Pós Antes – Turma de pós-graduação – antes do curso de HC.

	Cas	Sm	Oc%	Med	Dsv	Dsv%	Dh%	Dist
AHC	6	41	29	1	1	91	69,6	0,1471
NHC		99	71	5	2	37		

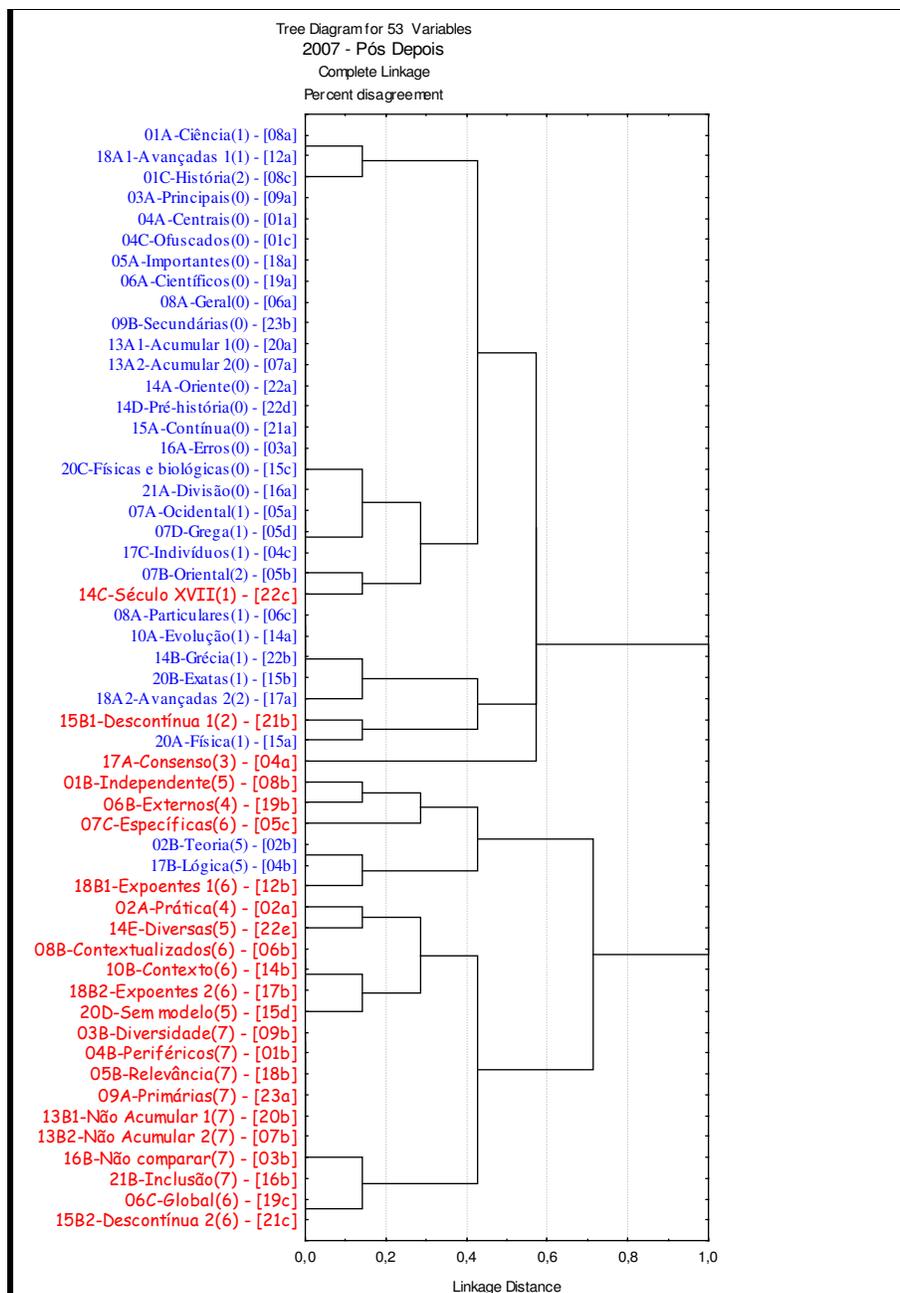


Figura 17 – Dendrograma da turma 2007 – Pós Depois – pós-graduação – depois do curso de HC.

	Cas	Sm	Oc%	Med	Dsv	Dsv%	Dh%	Dist
AHC	7	26	17	1	1	151	84,3	0,1319
NHC		127	83	6	2	31		

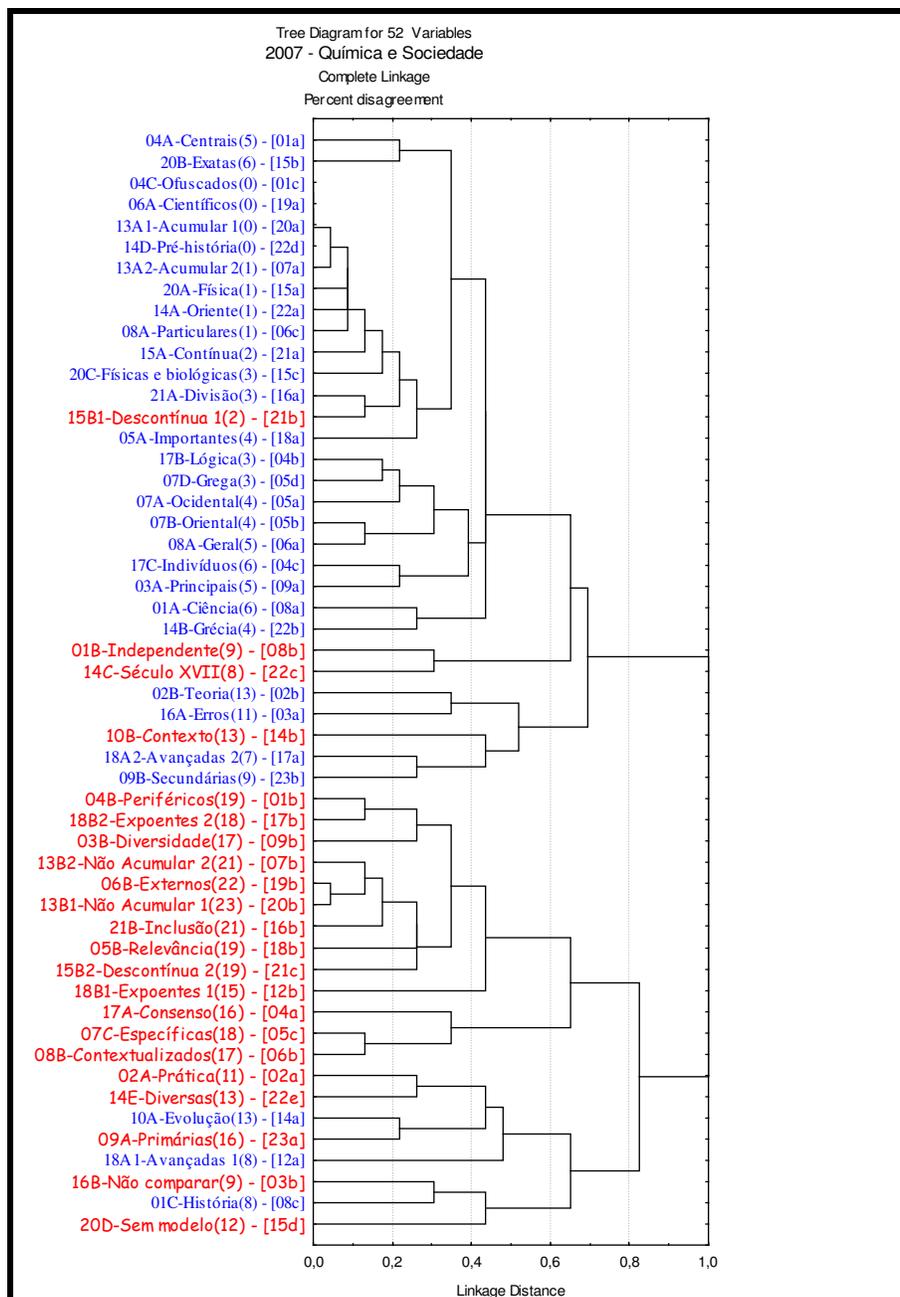


Figura 18 – Dendrograma da turma 2007 – Química e Sociedade – Turma de graduação.

	Cas	Sm	Oc%	Med	Dsv	Dsv%	Dh%	Dist
AHC	23	136	29	5	4	81	70,5	0,3009
NHC		338	71	15	5	34		

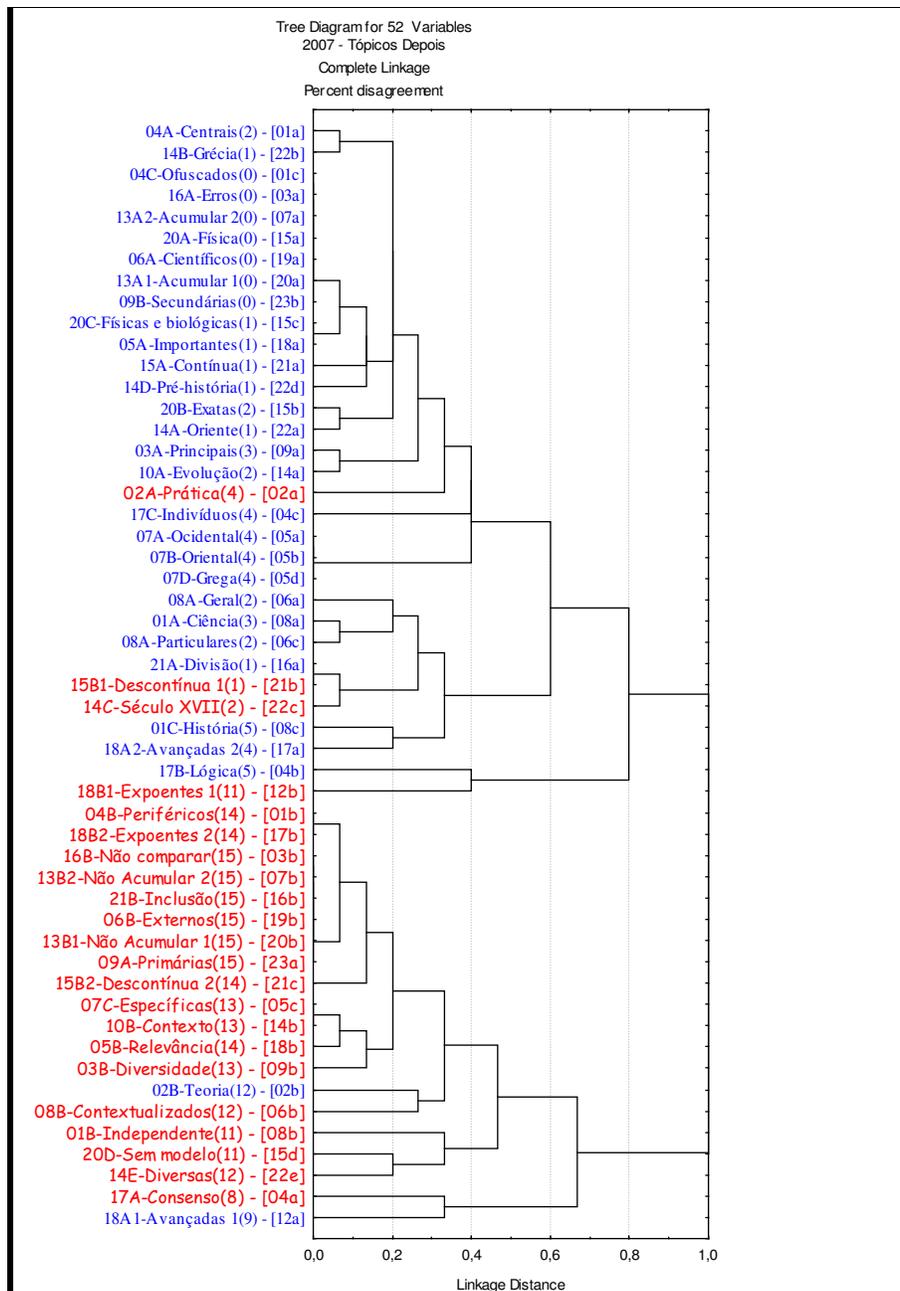


Figura 19 – Dendrograma da turma 2007 – Tópicos Depois – Turma de graduação – depois do curso de HC.

	Cas	Sm	Oc%	Med	Dsv	Dsv%	Dh%	Dist
AHC	15	74	22	2	3	111	78,9	0,1856
NHC		257	78	12	4	36		

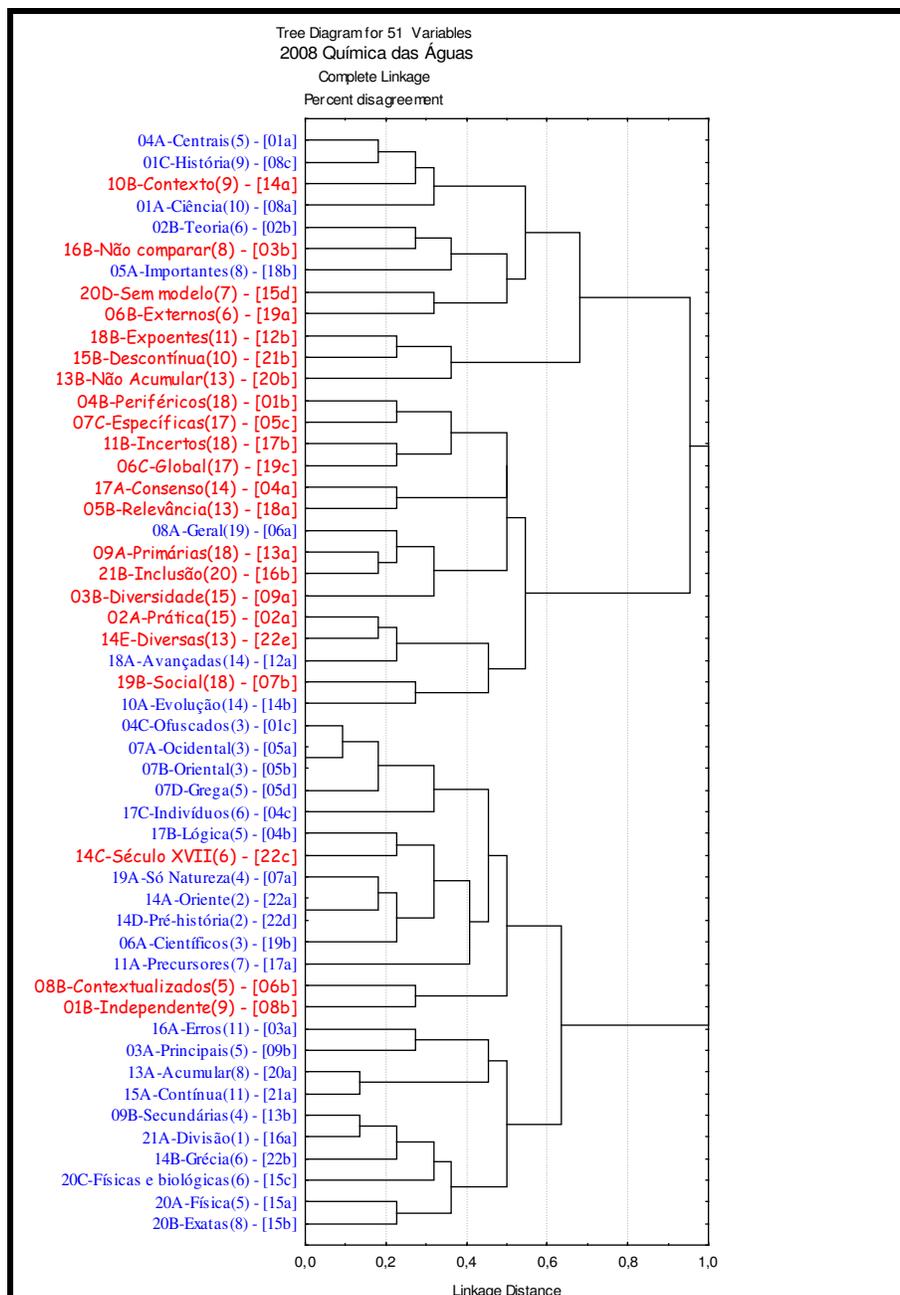


Figura 20 – Dendrograma da turma 2008 – Química das Águas – Turma de graduação.

	Cas	Sm	Oc%	Med	Dsv	Dsv%	Dh%	Dist
AHC	22	193	41	7	4	62	47,7	0,3382
NHC		280	59	13	5	37		

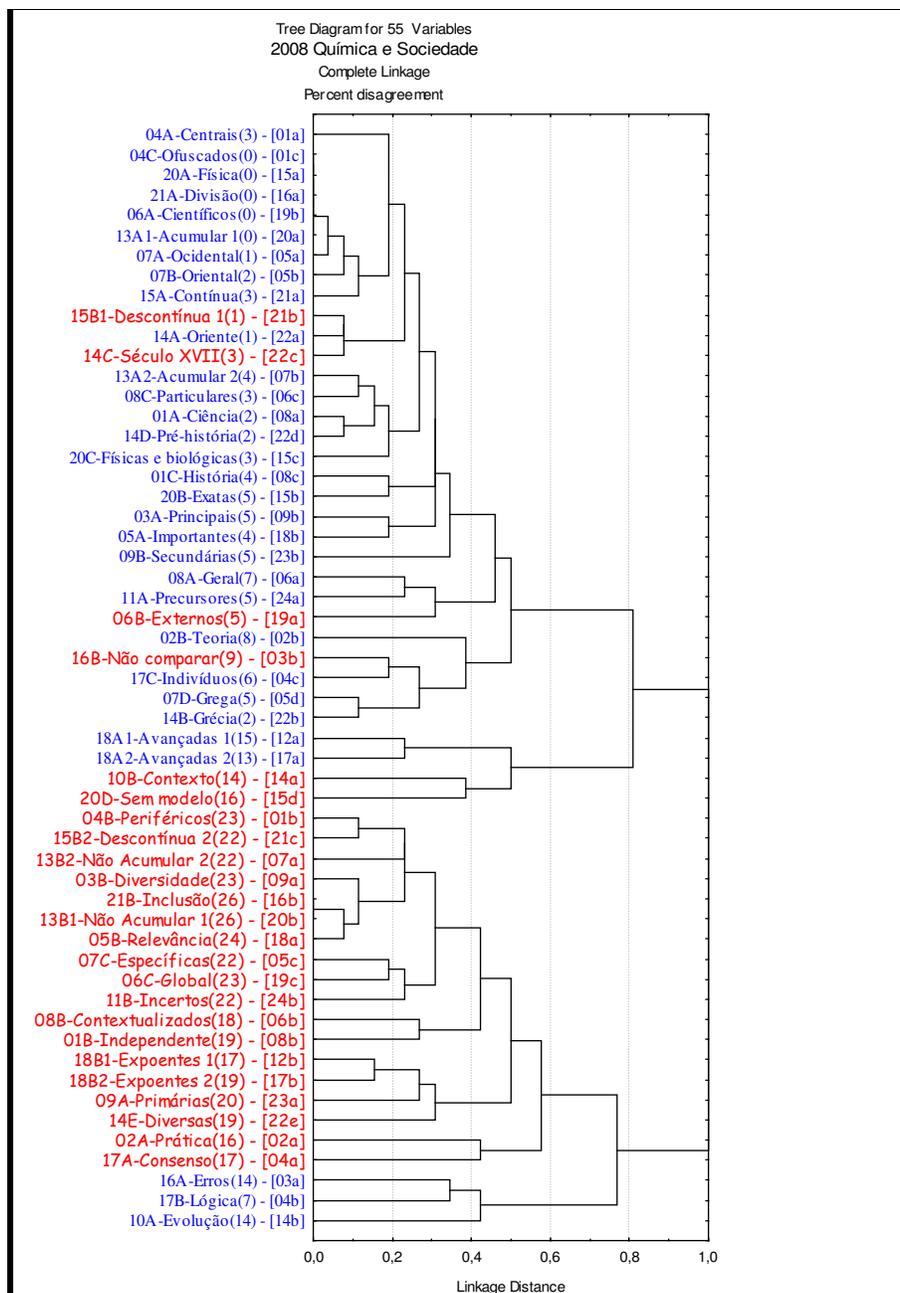


Figura 21 – Dendrograma da turma Química e Sociedade – 2008 – Turma de graduação.

	Cas	Sm	Oc%	Med	Dsv	Dsv%	Dh%	Dist
AHC	26	143	25	5	4	93	74,0	0,2650
NHC		426	75	18	7	39		

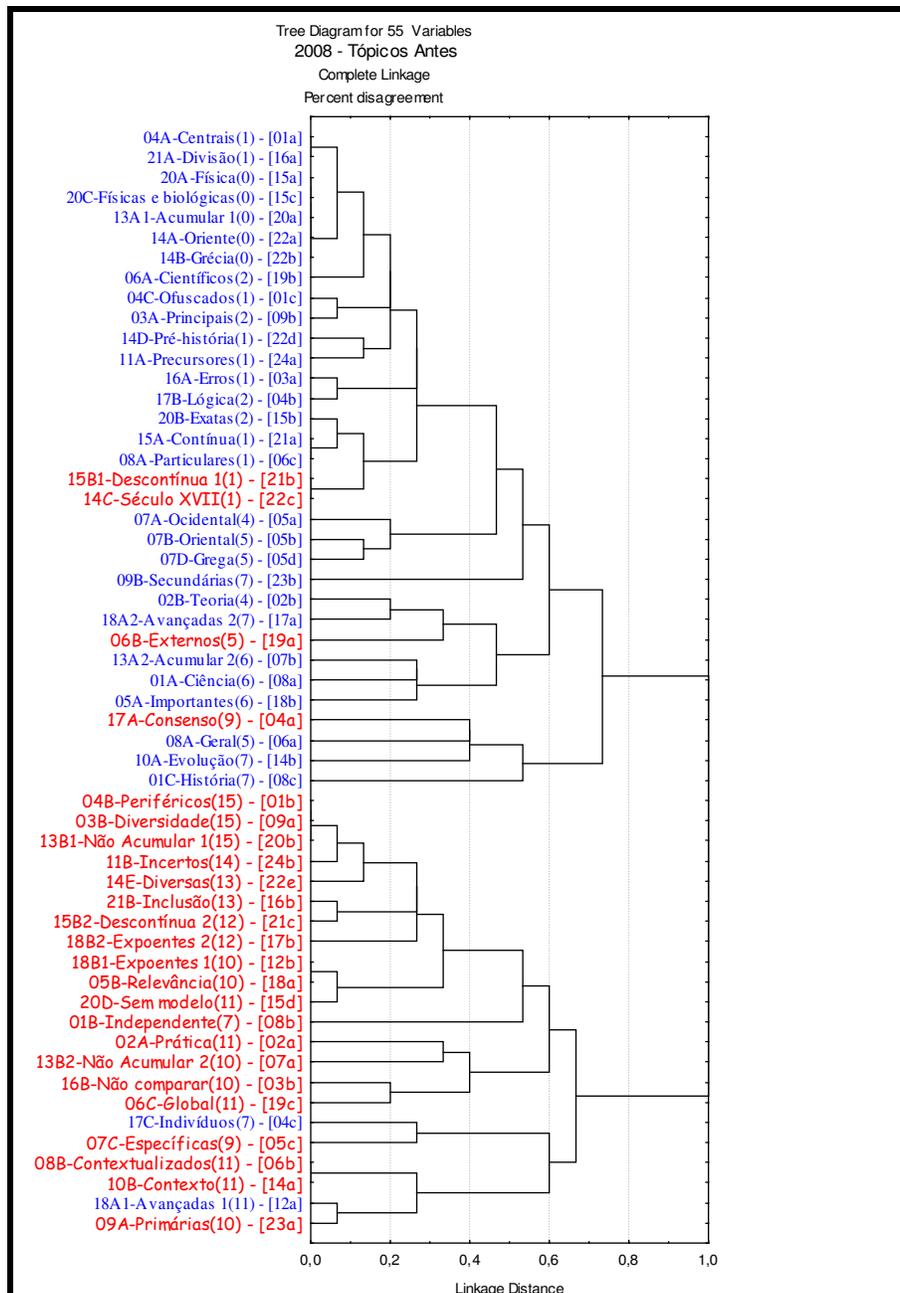


Figura 22 – Dendrograma da turma 2008 – Tópicos Antes – Turma de graduação – antes do curso de HC.

	Cas	Sm	Oc%	Med	Dsv	Dsv%	Dh%	Dist
AHC	15	103	30	3	3	89	67,6	0,2457
NHC		246	70	10	4	36		

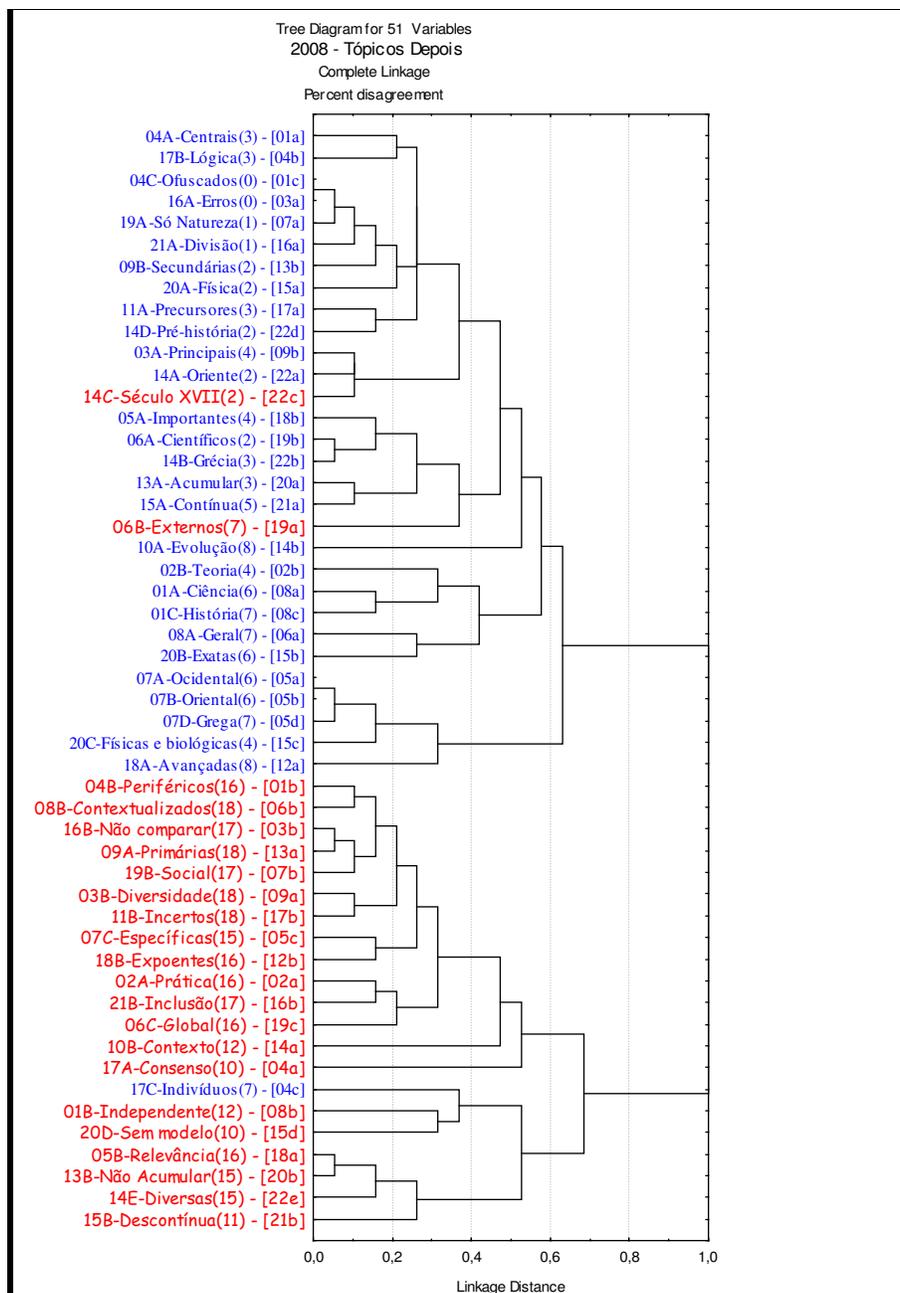


Figura 23 – Dendrograma da turma 2008 – Tópicos Depois – Turma de graduação – depois do curso de HC.

	Cas	Sm	Oc%	Med	Dsv	Dsv%	Dh%	Dist
AHC	19	116	27	4	2	60	71,8	0,2611
NHC		312	73	14	4	29		

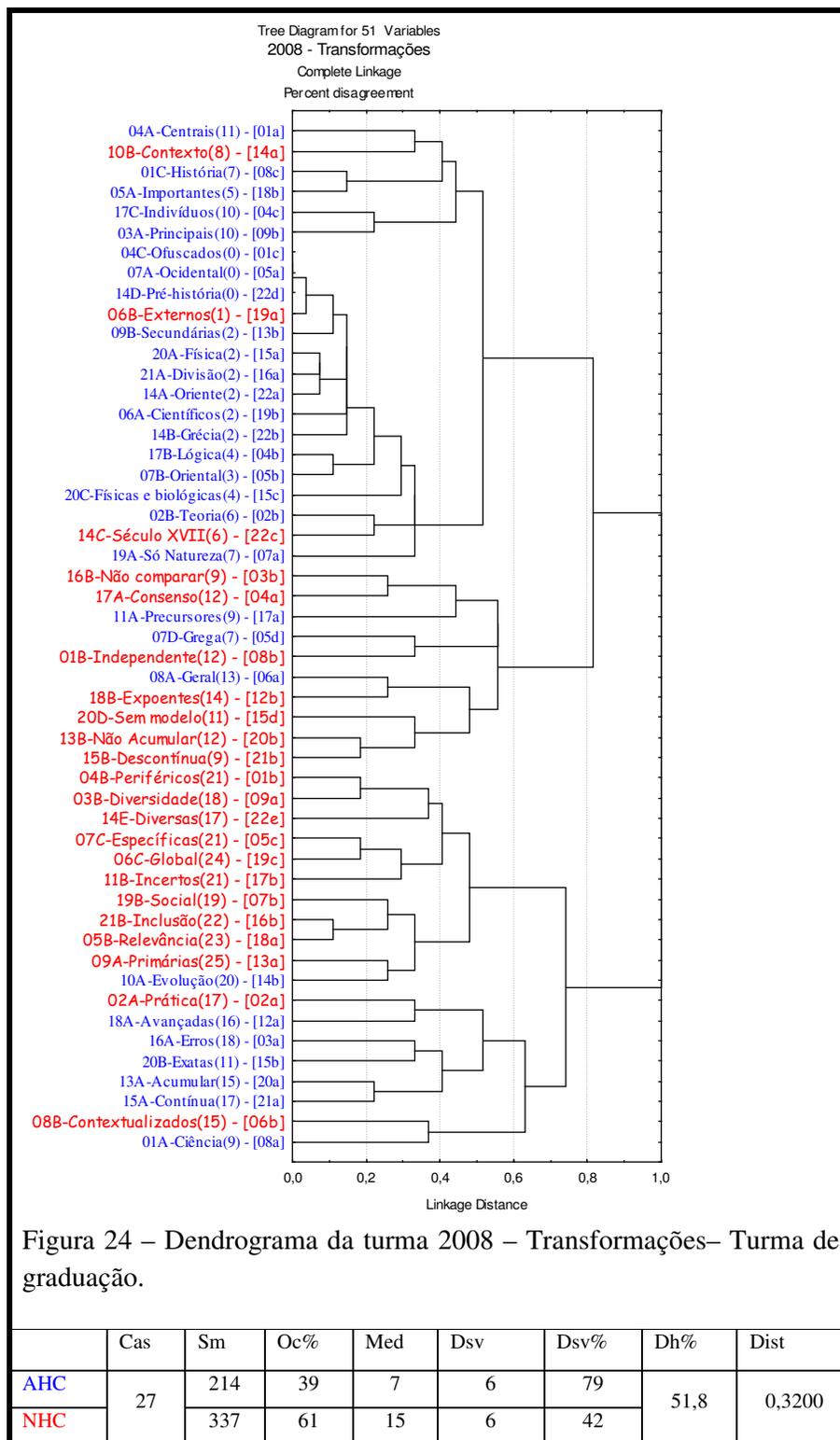


Figura 24 – Dendrograma da turma 2008 – Transformações– Turma de graduação.

	Cas	Sm	Oc%	Med	Dsv	Dsv%	Dh%	Dist
AHC	27	214	39	7	6	79	51,8	0,3200
NHC		337	61	15	6	42		

Tabela 20 – Comparação das turmas.

Turma	Posição	Cas	Sm	Oc%	Med	Dsv	Dsv%	Cvs	Dh %	Dist
(1) 2007 - Química e Sociedade	AHC	23	136	29	5	4	81	4,533	70,5	0,3009
	NHC		338	71	15	5	34	15,364		
(2) 2007 - Tópicos Depois	AHC	15	74	22	2	3	111	2,467	78,9	0,1856
	NHC		257	78	12	4	36	11,682		
(3) 2007 - Pós Antes	AHC	6	41	29	1	1	91	1,367	69,6	0,1471
	NHC		99	71	5	2	37	4,500		
(4) 2007 - Pós Depois	AHC	7	26	17	1	1	151	0,867	84,3	0,1319
	NHC		127	83	6	2	31	5,522		
(5) 2008 - Tópicos Antes	AHC	15	103	30	3	3	89	3,323	67,6	0,2457
	NHC		246	70	10	4	36	10,250		
(6) 2008 - Tópicos Depois	AHC	19	116	27	4	2	60	4,000	71,8	0,2611
	NHC		312	73	14	4	29	14,182		
(7) 2008 - Transformações	AHC	27	214	39	7	6	79	7,380	51,8	0,3200
	NHC		337	61	15	6	42	15,318		
(8) 2008 - Química e Sociedade	AHC	26	143	25	5	4	93	4,612	74,0	0,2650
	NHC		426	75	18	7	39	17,750		
(9) 2008 - Química das Águas	AHC	22	193	41	7	4	62	6,657	47,7	0,3382
	NHC		280	59	13	5	37	12,728		

Legendas para a tabela. Cas: Número de casos; Sm: Soma das ocorrências em cada posição (AHC ou NHC); Oc%: Porcentagem das ocorrências obtidas a partir de Sm; Med: Média das ocorrências em cada posição; Dsv: Desvio padrão das médias (Med); Dsv%: Desvio padrão percentual; Cvs: Média das curvas de tendência dos histogramas; Dh%: distância percentual das curvas de tendência dos histogramas; Dist: Distância média dos grupos (*clusters*) nos dendrogramas.

Uma forma de avaliar os resultados obtidos consiste em estabelecer comparações entre as nove turmas pesquisadas. Tais comparações podem nos fornecer indicações a respeito de possíveis mudanças nas concepções dos alunos a respeito da história da ciência, e também nos permitem avaliar criticamente a própria metodologia adotada para o levantamento dessas concepções.

Na comparação das turmas “2007 – Pós Antes” e “2007 – Pós Depois” é possível verificar que ocorreram mudanças nas variáveis, as quais seguiram os mesmos padrões observados nas simulações de dados com diferentes graus de aleatoriedade, apresentadas na seção “Análise dos dados: histogramas e dendrogramas” (Capítulo II – *Metodologia*). Neste sentido, o grupo “2007 – Pós Depois” apresentou um menor grau de dispersão estatística (aleatoriedade) em relação ao quadro inicialmente apresentado (“2007 – Pós Antes”).

Os valores apresentados no grupo “2007 – Pós Depois” são os mais próximos de uma menor dispersão estatística, considerando os nove grupos de dados, indicando que os indivíduos deste grupo foram capazes de diferenciar melhor a NHC da AHC depois de cursarem a disciplina específica na área de HC. Esta observação parece coerente com o perfil da turma e das características do curso. O fato de a disciplina não ser obrigatória para os alunos de pós-graduação indica que os alunos tinham interesse específico pela área, o que já é um bom diferencial. Maturidade maior dos alunos deste grupo em relação às turmas de graduação não pode ser desconsiderada. Muitos deles já eram professores em exercício. Considerando estes aspectos, julgamos que esses alunos tinham uma situação melhor para incorporarem os conceitos que permitem diferenciar a AHC da NHC. Também devem ser capazes de avaliar a importância de uma postura adequada diante da HC, considerando as colocações previamente expostas neste trabalho. Outro fator positivo é o reduzido número de alunos que participaram do curso (7 alunos), facilitando o diálogo com o professor e com os outros colegas. Além do mais, sabemos que normalmente a dinâmica de um curso de pós-graduação difere da dinâmica da graduação, exigindo leituras mais extensas e um grau de reflexão maior sobre as questões historiográficas. Portanto, consideramos que as alterações notadas na análise, no sentido de maior migração para a NHC e menor dispersão de idéias, são condizentes com as previsões baseadas em um perfil geral, e comparativo, deste grupo com os outros.

Apesar de o número de casos neste grupo ser relativamente pequeno (entre seis e sete alunos), acreditamos que os dados são estatisticamente válidos, uma vez que o número de variáveis para cada caso era considerável, gerando um conjunto de dados suficientemente grande. Uma evidência disto é que os histogramas, dendrogramas e outros parâmetros seguem padrões semelhantes aos grupos maiores. Esta observação é importante, pois indica que a metodologia aplicada também é válida para grupos pequenos. Também devemos considerar que as alterações seguiram as previsões condizentes com o grupo e com o curso, de acordo com os argumentos previamente expostos. Mesmo se considerássemos apenas as porcentagens de ocorrências dentro da AHC e NHC, e desconsiderássemos todos os outros parâmetros e gráficos, é significativa a alteração dos valores percentuais, passando de 29% para 17% a ocorrência dentro da AHC e aumentando de 71% para 83% a ocorrência de NHC, antes e após os alunos terem cursado a disciplina “Introdução à História da Química”.

Nessas turmas, os dendrogramas (Figuras 16 e 17) indicam que no grupo “2007 – Pós Depois” as categorias NHC e AHC se apresentam mais bem organizadas em relação aos respectivos *clusters*. A inspeção visual, neste caso, pode gerar algum grau de subjetividade, no entanto, os valores das distâncias médias dos *clusters* indicam que o dendrograma do segundo grupo está mais “organizado”, uma vez que as médias são menores (0,1471 e 0,1319).

A principal característica dos histogramas é que, no grupo “2007 – Pós Depois”, as barras estão organizadas em um formato próximo de “U”, maximizando o número de baixas ocorrências de AHC (Figura 8), entre zero e um, e de NHC, entre seis e sete, lembrando que neste grupo o número máximo de ocorrências de variáveis nos casos é sete. No primeiro histograma, os máximos não estão nos extremos do gráfico, mas nos valores um e cinco, respectivamente. Como os máximos no segundo grupo ficam mais nos extremos, a distância porcentual das médias das curvas de tendência ($Dh\%$) é maior do que no primeiro grupo (respectivamente 69,6 e 84,3).

Na comparação entre os grupos “2007 – Pós Antes” e “2007 – Química e Sociedade”, podemos observar que muitos parâmetros são semelhantes, assim como os dendrogramas (Figuras 16 e 18) e histogramas (Figuras 7 e 9); entretanto, ainda é possível diferenciar os dois grupos através de parâmetros que diferem entre si. Os parâmetros semelhantes são as ocorrências percentuais de AHC e NHC (29% e 71% nos

dois casos) e Dh% (respectivamente 69,6 e 70,5). A inspeção visual dos histogramas indica que as curvas de tendência dessas turmas são semelhantes, apresentando máximos e amplitudes semelhantes. O mesmo pode ser observado nos respectivos dendrogramas, no que diz respeito à organização dos *clusters*. Podemos observar que as diferenças não são muito significativas nos valores dos desvios padrões percentuais (respectivamente 91% e 81%), mas se acentuam nas distâncias médias dos *clusters* (respectivamente 0,1471 e 0,3009) – indicando que a primeira turma apresenta um menor grau de dispersão estatística. Podemos concluir que a metodologia adotada, que inclui diversos parâmetros, permite diferenciar grupos que seriam considerados iguais se fossem observados apenas os parâmetros estatísticos mais comuns, como a média e o desvio padrão. Também percebemos que a utilização de dendrogramas, sem um adequado refinamento dos resultados, não seria suficiente para completar a diferenciação destes dois últimos grupos.

Na comparação dos grupos “2008 – Tópicos Antes” e “2008 – Tópicos Depois” notamos que alguns valores apontam para uma maior dispersão estatística – contrariando nossa expectativa, pois nessa disciplina se discutiu explicitamente as questões historiográficas. No caso do parâmetro Dsv% ocorreu uma diminuição de 89% para 60% e em Dist um aumento de 0,2457 para 0,2611. No entanto, houve um ligeiro aumento da porcentagem de ocorrências dentro da NHC (de 70% para 73%), de diminuição das ocorrências dentro da AHC (de 30% para 27%), e aumento da média das ocorrências dentro da NHC (de 10 para 14, considerando que a média máxima para este último grupo seria 19). No entanto, também observamos um aumento na média das ocorrências dentro da AHC de 3 para 4. A análise dos histogramas (Figuras 13 e 14) indicam claramente uma maior separação dos máximos, indicando menor dispersão, confirmado pelo parâmetro Dh% (de 67,6% para 71,8%). A análise dos dendrogramas (Figuras 22 e 23) indica uma melhor organização das categorias dentro dos *clusters* correspondentes. Considerando todas as variáveis, podemos concluir que o segundo grupo apresenta uma menor dispersão estatística, apesar dos parâmetros Dsv% e Dist apontarem para o contrário; no entanto, a variação neste caso foi menor que na comparação das turmas “2007 – Pós Antes” e “2007 – Pós Depois”. Em função do pequeno aumento na média de ocorrências dentro da AHC (de 3 para 4) concluímos que alguns licenciandos “migraram”, em algumas questões, da NHC para a AHC no

segundo questionário (um aumento de 103 para 116 ocorrências dentro da AHC); no entanto, outros seguiram no sentido oposto (um aumento de 246 para 312 ocorrências dentro da NHC), gerando este quadro peculiar. Contudo, a análise geral de todos os fatores permitiu concluir que o grupo como um todo se aproximou das concepções da NHC, além de apresentar, globalmente, menor dispersão estatística. Do ponto de vista da metodologia adotada, concluímos que é fundamental considerar todos os parâmetros na análise de um grupo e que é possível que alguns deles apontem para sentidos opostos. Devemos lembrar que o grupo já apresentava uma boa porcentagem de ocorrências dentro da NHC, indicando que a maioria dos licenciandos pendia para a NHC antes do curso, em muitas questões. A intervenção foi capaz de mudar o quadro no sentido de permitir uma melhor diferenciação da AHC e da NHC, mas também fez aumentar um pouco as ocorrências dentro da AHC. Contudo, não podemos desconsiderar que a mudança conceitual é difícil, em qualquer área do conhecimento.⁸ Portanto, é possível que muitos licenciandos resistam às novas concepções apresentadas, ou mesmo reafirmem, de forma mais clara, suas concepções iniciais. Uma caracterização mais precisa requereria investigações mais detalhadas junto a estes alunos, utilizando outros instrumentos.

Uma observação marcante na Tabela 20 é que as duas turmas que cursavam disciplinas não ligadas à HC nem à discussão de aspectos sociais da ciência (“2008 – Química das Águas” e “2008 – Transformações”) apresentaram uma dispersão estatística consideravelmente maior, uma maior porcentagem de ocorrências dentro da AHC e menor dentro da NHC. A inspeção visual dos dendrogramas destes grupos (Figuras 20 e 24) e histogramas (Figuras 11 e 15) indica considerável dispersão, que pode ser confirmada pelos respectivos valores da Tabela 20.

O grupo “2008 – Transformações” era composto de alunos ingressantes, o que pode ser um fator determinante para os valores apresentados. Para avaliar a hipótese de o semestre ser um fator determinante na posição diante da NHC, efetuamos uma comparação seriada de turmas de graduação. Pela análise dos fatores, concluímos que a seriação parece não ter correlação forte com os parâmetros observados, uma vez que

⁸ G. J. Posner, K. A. Strike, P. W. Hewson, W. A. Gertzog, “Accommodation of a scientific conception: toward a theory of conceptual change”; J. Nussbaum, “Classroom conceptual change: philosophical perspectives”.

turmas de semestres anteriores (“2007 – Química e Sociedade” e “2008 – Química e Sociedade”) apresentaram resultados mais próximos da NHC do que uma turma de semestre posterior (“2008 – Química das Águas”), ou similares aos de uma turma posterior (“2008 – Tópicos Antes”).

A turma “2008 – Química das Águas”, por sua vez, era composta por alunos do curso de bacharelado em química ambiental – portanto, com um perfil distinto das turmas de licenciandos. Consideramos que este seria um fator determinante na grande incidência de AHC. É possível que muitos dos alunos dessa turma não estejam preocupados com a HC, ou não se interessem em profundidade pelo assunto.

Esta hipótese é compatível com outra, mais geral, de que indivíduos que não experimentaram algum tempo de reflexão sobre questões ligadas à HC, ou não refletiram a partir de referenciais historiográficos adequados, tendem a manifestar mais concepções dentro da AHC. Isso está de acordo com o que foi observado para as turmas “2008 – Transformações” (formada por ingressantes) e “2008 – Química das Águas” (bacharelados em química ambiental). Neste sentido, seria adequado promover novas investigações comparativas em outras turmas dos cursos de bacharelado em química ambiental, ou química com atribuições tecnológicas, que não cursaram disciplinas com enfoque na HC.

Considerando os diversos fatores, os grupos “2007 – Química e Sociedade” e “2008 – Química e Sociedade” apresentaram resultados semelhantes, inclusive dendrogramas (Figuras 18 e 21) e histogramas (Figuras 9 e 12) bastante parecidos. Trata-se de duas turmas com perfis de alunos semelhantes, no sentido de estarem no mesmo estágio de seus cursos de graduação, e cursando a mesma disciplina, oferecida em anos consecutivos. Ainda assim, observa-se que o segundo grupo apresentou uma dispersão estatística um pouco menor, como se pode constatar pelos parâmetros $D_h\%$ (70,5% e 74,0%) e $D_{sv}\%$ (81% e 93%), uma menor porcentagem de ocorrências dentro da AHC (29% e 25%) e maior dentro da NHC (71% e 75%). Estes resultados podem ser compatíveis com as variações de perfil que ocorrem normalmente nas turmas, de ano para ano.

Na comparação dos grupos “2007 – Tópicos Depois” e “2008 – Tópicos Depois”, notamos que o dendrograma da segunda turma apresenta visualmente uma melhor organização das categorias do que a primeira (Figuras 19 e 23), mas o

histograma da primeira apresenta uma maior separação dos máximos em relação à segunda (Figuras 10 e 14), confirmados pelos respectivos valores de $Dh\%$ (78,9% e 71,8%). Os outros parâmetros permitem concluir que na primeira turma temos uma dispersão estatística menor ($Dsv\%$: 111% e 60% ; Dist: 0,1856 e 0,2611), uma menor porcentagem de ocorrências dentro da AHC (22% e 27%) e maior dentro da NHC (78% e 73%). Os comentários anteriores sobre os grupos “2008 – Tópicos Antes” e “2008 – Tópicos Depois”, podem, em alguma medida, explicar estas diferenças.

Discussão geral sobre os resultados obtidos

De maneira geral, os principais resultados obtidos da análise das turmas investigadas foram os seguintes. Primeiro, concluímos que o fator de maior influência nos diferentes resultados não foi o semestre em que o aluno estava matriculado, mas o fato de já haver discutido explicitamente, em alguma disciplina, questões relativas à HC ou à FC. É possível também que o enfoque da disciplina na qual o aluno foi submetido ao QMEHC possa influenciar seu posicionamento diante da HC, ou seja, a influência do “meio” pode influenciar suas escolhas. Queremos dizer que é possível que um aluno que teve uma postura mais pró-NHC, quando respondeu o QMEHC em um curso voltado para a HC ou para a discussão do papel da química na sociedade, pode ter uma postura tendendo menos para a NHC em outro curso. Esta hipótese poderia ser testada em outras investigações, comparando as respostas dos mesmos alunos em cursos diferentes. Podemos supor, também, que um grupo que passou por um curso de HC, e apresentou tendência pró-NHC, não mantenha essa postura depois de algum tempo. Pesquisas na área da mudança conceitual indicam que é possível que antigas concepções, superadas em algum momento, retornem no decorrer do tempo.

Segundo, os resultados apontaram que a intervenção de um curso de HC nos alunos provocou alteração no perfil dos alunos, aumentando as ocorrências dentro da NHC, e que a alteração foi mais pronunciada no caso das turmas de pós-graduação⁹.

⁹ Vale lembrar que tomamos como hipótese na validação do QMEHC que um curso de HC provocaria alterações pró-NHC nos alunos. Na validação, comparamos todas as turmas que passaram por cursos (3 turmas) de HC com todas as que não haviam passado (6 turmas), obtendo um conjunto grande de dados, que apontou para a validade do instrumento. Uma vez que a validação do QMEHC foi efetivada também

Olhando criticamente para o trabalho como um todo, desde a construção da RS, do QMEHC e do desenvolvimento da metodologia, concluímos que existem questões cruciais que podem comprometer o trabalho, se não forem tomadas as devidas precauções. Como pesquisadores, gostaríamos de poder concluir categoricamente que chegamos a um instrumento de pesquisa confiável, condizente com as propostas iniciais. Apesar de muitos resultados serem favoráveis, consideramos que o instrumento desenvolvido precisa ser aplicado a mais turmas, validado de outras formas e, possivelmente, aprimorado. Essa dinâmica de trabalho, na qual o instrumento de análise é refinado à medida que as análises se concretizam, é válida e pode fornecer em médio prazo um conjunto de informações extensivo sobre o posicionamento de licenciandos diante da HC. Como seguimento imediato do trabalho, pretendemos aplicar o instrumento construído a alunos de instituições particulares de ensino, que possuam cursos de licenciatura em química, e também investigar as concepções de professores de química em exercício. Pretendemos também reavaliar turmas do Instituto de Química da USP, comparando cursos, semestres e turmas de diferentes disciplinas.

Como afirmamos anteriormente, a tarefa a que nos propusemos é delicada, uma vez que estamos procurando obter informações bastante complexas, envolvendo concepções metacognitivas, a partir de um questionário que permite apenas escolhas pré-determinadas. Como variáveis que podem gerar dispersão nas respostas, além da questão do perfil geral da turma, podemos considerar também fatores psicológicos, isto é, individuais. Quando uma pessoa é “obrigada” a optar entre diversas alternativas de resposta (em um questionário), seja qual for a natureza do assunto, pode escolher uma opção que não reflete precisamente sua posição. Os motivos, nesse caso, podem ser diversos. A pessoa pode não entender o enunciado da forma como os responsáveis por sua elaboração pensaram, e marcar uma opção que não é compatível com sua posição (considerando a perspectiva dos pesquisadores). Esta ocorrência, acreditamos, deve ser bastante freqüente, sendo, em certa medida, inevitável. Uma das etapas críticas na elaboração do QMEHC foi transformar em enunciados compreensíveis, para a maioria

de outras duas maneiras, consideramos aceitável apresentar como resultado da análise o que antes foi utilizado como hipótese para a validação.

dos licenciandos, questões centrais da historiografia da ciência¹⁰. Consideramos ainda a possibilidade de muitos licenciandos terem marcado alternativas sem refletir muito sobre o assunto, simplesmente para terminar a “tarefa”, uma vez que esta não envolvia avaliação (nota) na disciplina. Podemos considerar também a complexidade psicológica dos indivíduos, que podem marcar conscientemente uma opção que não corresponde à sua opinião por razões diversas (influência de colegas, atitude ofensiva, decisão precipitada, etc.). Citamos, ainda, o posicionamento ontológico do indivíduo (como considera que o mundo “funciona”) e a postura diante da ciência (o que é ciência e como ela opera), envolvendo questões da FC, como relevantes para a posição diante da historiografia da ciência, podendo inclusive dificultar mudanças conceituais.

A influência isolada de cada um dos fatores citados pode não ser significativa, mas a somatória de todos os fatores pode resultar em um grau de indeterminação intrínseco ao instrumento de pesquisa. Portanto, somos levados a pensar que nossa metodologia é capaz de identificar perfis *aproximados* das concepções dos licenciandos. Como analogia para esta ponderação, propomos imaginar uma câmera fotográfica digital. Em nossa pesquisa, as *imagens* ainda são construídas com *pixels*¹¹ muito grandes, gerando imagens imprecisas, isto é, de pouca resolução. Assim como ocorreu no caso da fotografia, esperamos poder obter *pixels* progressivamente menores, permitindo análises mais fidedignas, mas considerando que nossas *imagens* sempre serão reproduções aproximadas dos originais.

É inevitável ter de recorrer a tratamentos estatísticos e procedimentos padronizados em função da grande quantidade de dados obtidos (160 questionários respondidos). No entanto, apesar das conclusões a que podemos chegar, apenas olhando para os números, não podemos perder de vista o significado dos dados, ou seja, seu conteúdo, considerando o contexto em que os mesmos foram obtidos. Não era nossa intenção, desde o início, promover análises automatizadas, nas quais os dados seriam inseridos e os “resultados” obtidos automaticamente.

¹⁰ A etapa de elaboração das questões do QMEHC, isto é, sua redação, não foi tratada em todos os seus detalhes neste trabalho. No entanto, foi necessária a contínua adaptação dos textos, buscando sempre uma melhor compreensão por parte dos pesquisados.

¹¹ O termo *pixel* é a aglutinação de *picture* e *element*, ou seja, elemento de imagem. É o menor elemento em um dispositivo de exibição ao qual é possível se atribuir uma cor, sendo o menor ponto que forma uma imagem digital.

É indispensável, portanto, considerar nas análises os dados quantitativos obtidos, dentro das perspectivas anteriormente comentadas, mas desenvolver análises qualitativas e contextuais sobre cada grupo. O conteúdo interno dos dados deve levar em consideração as inter-relações mais freqüentes entre as categorias¹², procurando estabelecer seus significados. Nesse sentido, os dendrogramas fornecem um excelente ponto de partida. Neste trabalho, não tivemos a oportunidade de efetivar uma análise detalhada de cada dendrograma, dentro desta perspectiva, mas o material obtido pode ser utilizado para tais propósitos. Também é possível construir dendrogramas dos casos¹³, e procurar localizar indivíduos com concepções mais próximas. Dessa forma, observa-se que os dados obtidos junto às nove turmas ainda podem ser explorados.

Nas análises, consideramos importante o movimento de olhar os dados ora de maneira ampla, focando nos aspectos gerais, ora procurando entender as particularidades de cada caso em estudo. Também é importante um olhar “lateral”, observando e comparando resultados de outros grupos em outros contextos.

De modo geral, os instrumentos de análise desenvolvidos mostraram-se compatíveis com a natureza do assunto em estudo e com os tipos de dados analisados, mostrando resultados coerentes com o perfil esperado das turmas e também indicando particularidades de cada grupo estudado. A metodologia permite análises de um grande número de casos, uma vez que os dados podem ser rapidamente transcritos para planilhas eletrônicas e tratados através de programas de computador, cumprindo um dos principais objetivos do projeto, que foi desenvolver um instrumento de pesquisa capaz de analisar extensivamente o perfil de turmas em relação a aspectos historiográficos da ciência.

¹² As tabelas de agrupamentos geradas pelo programa *Statistica*® podem ser trabalhadas para identificar quais categorias são mais freqüentemente associadas em um universo de diversas turmas. Essa tarefa pode ser implementada mediante procedimentos computacionais automatizados, o que facilitaria muito o trabalho. A análise dos agrupamentos mais freqüentes pode gerar informações importantes sobre as concepções dos pesquisados.

¹³ Neste trabalho, apresentamos apenas os dendrogramas das categorias. No decorrer do trabalho chegamos a elaborar dendrogramas de casos, o que é uma tarefa simples no *Statistica*®, mas não conduzimos análises detalhadas desses resultados. O dendrograma de casos pode ser um bom ponto de partida para o estudo de casos, localizando indivíduos com posturas semelhantes e conduzindo entrevistas com alguns deles.

IV – Considerações Finais

Ao término desta pesquisa, pudemos obter dois conjuntos de conclusões. O primeiro conjunto diz respeito ao foco de investigação, ou seja, às concepções dos licenciandos em química sobre historiografia da ciência. O segundo conjunto de conclusões se refere aos instrumentos utilizados, a RS e o QMEHC, e à metodologia utilizada na análise dos resultados, envolvendo a utilização dos dendrogramas, histogramas e demais parâmetros considerados.

Nos levantamentos preliminares, pudemos observar, entre as respostas dos licenciandos, algumas visões pouco sintonizadas com o papel proposto para a HC no ensino de ciências da atualidade. Mesmo considerando a HC como elemento importante na formação de professores, muitos licenciandos mostraram que a HC pode ser vista como mera justificativa para o ensino de ciência, uma vez que traz relatos de grandes avanços e melhorias na qualidade de vida decorrentes do desenvolvimento da ciência e da tecnologia. Outra visão apresentada pelos licenciandos, que já há muito foi superada nos meios acadêmicos, é de que a HC fornece informações “interessantes” sobre a origem das teorias científicas, e por isso enriqueceria os conhecimentos dos estudantes. É a visão da HC como um tipo de “curiosidade” que pode estimular o interesse pela ciência, este sim um conhecimento de “valor”. Outra visão que coloca a HC como auxiliar da ciência é de que através dos erros e acertos relatados pela HC é possível fazer uma ciência melhor, evitando procedimentos e atitudes que deram errado no passado, procurando estabelecer um modelo correto de conduta científica. Concordamos que a HC pode fornecer elementos que permitem uma reflexão sobre a atividade científica, podendo inclusive auxiliar na tomada de decisões futuras. No entanto, é uma visão muito limitada considerar este como sendo este o principal papel da HC. Por outro lado, tal enfoque pode gerar uma visão anacrônica da HC, procurando enxergar no passado traços de teorias que só foram desenvolvidas posteriormente. Nossa compreensão de qual pode ser o papel da HC inclui considerar que esta fornece subsídios para a compreensão do que é a atividade científica. Nesse enfoque, o conhecimento científico deve ser entendido como construção humana, ligado ao contexto histórico (sócio-político e cultural) e a fatores pessoais (psicológicos). Na nossa visão, a HC pode contribuir para o ensino, uma vez que a compreensão de como a

ciência é construída, incluindo os fatores citados, é um importante fator para o exercício da cidadania. O cidadão, em qualquer âmbito, necessita compreender o papel da ciência no nosso mundo, incluindo saber como a ciência se constrói, se modifica e se interliga às forças econômicas e políticas. Outro enfoque apresentado pelos licenciandos coloca a HC como auxiliar na compreensão de como foram construídas as teorias científicas ao longo da história, podendo ser um modelo didático para o ensino de ciências. Entretanto, há que se evitar os riscos de se encadear o desenvolvimento histórico com finalidades didáticas, de um modo que se perca qualquer compromisso com a historicidade dos acontecimentos.

Uma segunda conclusão relevante é que os licenciandos têm conhecimentos limitados sobre eventos na HC. Estas limitações incluem o desconhecimento de figuras históricas de destaque, e o contexto histórico em que se desenvolveram importantes teorias. Outra característica indica que aspectos importantes dos trabalhos dos cientistas, relevantes para o ensino de química, não foram lembrados. Estas características contribuem para construir uma versão inadequada da HC, onde os personagens são anônimos ou suas atuações são conhecidas de maneira superficial e/ou distorcida. Também em relação à alquimia pudemos observar distorções. A principal indica que os licenciandos consideram a química como se derivasse diretamente da alquimia, como se esta fosse uma atividade precursora da química, sem considerar o contexto histórico que levou à emergência da química e à decadência do pensamento alquímico, bem como as diferentes visões de mundo que elas pressupõem. Os aspectos apontados pelos licenciandos para diferenciar a alquimia da química são simplistas, sem dar conta da complexidade da atividade científica e de suas nuances e particularidades ao longo da história. Também chama a atenção o desconhecimento de nomes de figuras históricas ligados à alquimia, de maneira ainda mais marcante do que em relação à história da química. Este desconhecimento transforma a alquimia um empreendimento anônimo e homogêneo ao longo de séculos de história, onde não se sabe muito bem quem foram os alquimistas e quais suas atividades.

Uma idéia que foi manifestada com relativa frequência é a de que a HC é vista como o estudo da “evolução” da ciência desde os seus primórdios até a atualidade. Também indica que a HC é uma grande coleção de eventos cronologicamente organizados, de maneira linear e através de um único caminho, onde os “grandes

eventos” têm destaque. O conceito de “evolução” expresso por alguns licenciandos nos questionários dissertativos estava vinculado à idéia de que a ciência melhorou progressivamente, e esse caminho estava desde sempre destinado a conduzir à ciência atual. É uma visão anacrônica da HC, procurando objetivos atuais da ciência em situações do passado, sem considerar o contexto histórico. Esta visão compromete o entendimento adequado do que é ciência, e mesmo do que é história, pois busca localizar grandes eventos isolados de seu contexto histórico, ao mesmo tempo em que se apóia em uma visão de um caminho pré-determinado a ser traçado.

Essas distorções encontradas em relação à HC podem estar associadas a uma visão inadequada sobre o que é ciência, isto é, sobre como a ciência pode ser entendida à luz da NFC. Em muitos licenciandos prevalece ainda uma visão ligada à filosofia positivista, ou mesmo indutivista.¹

Acreditamos que essas concepções podem ser explicadas, em parte, pela influência das fontes de informação sobre HC a que os licenciandos têm acesso. Esses materiais incluem trechos de livros didáticos de ciências, tratando da HC, livros de divulgação populares sobre a HC, materiais áudio-visuais, páginas na Internet e a própria cultura acadêmica, que em muitos casos ainda divulga uma HC inadequada. Para modificar esse quadro, torna-se necessária a divulgação de uma historiografia da ciência que seja adequada aos objetivos que o ensino de ciências se propõe a atingir na atualidade. A permanência, entre os professores, de concepções antigas sobre a HC, associadas a uma FC ingênua e superficial, podem gerar problemas no processo de ensino/aprendizagem. Afinal, a imagem que os professores fazem da atividade científica, e de seu processo histórico, irá influenciar decisivamente sobre as idéias que seus alunos construirão a respeito da ciência.

Em relação ao desenvolvimento metodológico, podemos destacar que a elaboração da RS sobre concepções acerca da historiografia da ciência foi concluída a partir de extensa pesquisa bibliográfica e dos resultados de levantamentos experimentais prévios. É uma rede extremamente complexa, uma vez que envolve pensar sobre a historiografia da ciência, que é uma atividade metacognitiva. Trata-se, portanto, de um

¹ Não foi objetivo deste trabalho investigar posições filosóficas dos licenciandos; no entanto, como a FC e a HC estão estreitamente inter-relacionadas, é inevitável considerar a influência da postura filosófica do indivíduo, em relação à ciência, sobre suas concepções quanto à historiografia da ciência.

conjunto de conceitos meta-historiográficos². Constitui-se em uma ferramenta que poderá servir de base para futuros trabalhos, dando continuidade a esta linha de pesquisa.

Ficou evidente que as dificuldades na elaboração do instrumento de pesquisa (QMEHC) foram maiores do que o previsto inicialmente. Elaborar um instrumento que seja ao mesmo tempo abrangente (no sentido de poder ser aplicado para um número grande de licenciandos) e confiável é uma tarefa que requer passos extremamente cuidadosos. O formato do questionário, de múltiplas escolhas, é atraente para o entrevistado, que pode responder às questões de forma mais rápida, e também para o pesquisador, que pode obter dados rapidamente. No entanto, a principal questão que surge é se um conjunto de respostas assinaladas pelo entrevistado reflete de fato sua posição diante da historiografia da ciência. Acreditamos que outros pesquisadores que utilizaram instrumentos similares, como foi o caso de Koulaidis e Ogborn³, também consideraram esta questão. Para validar o QMEHC consideramos três meios distintos. No primeiro, pudemos avaliar através de parâmetros quantitativos, baseados em um conjunto de dados, que o questionário produz um perfil semelhante, dentro de limites adequados, ao das questões dissertativas. No segundo, a validação das questões por pesquisadoras da área de HC externas ao projeto permitiu concluir que o QMEHC inclui questões relevantes sobre historiografia da ciência. Finalmente, pudemos validar o instrumento de pesquisa através de grupos de controle, verificando que o QMEHC foi capaz de detectar, até certo ponto, algumas mudanças esperadas para os grupos que sofreram intervenção específica na área de HC.

Concluimos também que a metodologia para análise dos resultados elaborada ao longo da pesquisa se mostrou eficiente em dois aspectos principais. Primeiro, na comparação de dois ou mais grupos, no sentido de identificar qual grupo apresenta menor dispersão de conceitos em relação a HC, isto é, identificar grupos em que as posições NHC e AHC são mais claramente distintas, e também quais as tendências principais dos grupos (AHC ou NHC). Segundo, concluimos que é possível avaliar alguns aspectos de um determinado grupo, uma vez que os valores dos parâmetros,

² Sobre meta-historiografia ver: Martins, “Ciência versus historiografia: os diferentes níveis discursivos nas obras sobre história da ciência”, p. 117.

³ Koulaidis e Ogborn, “Use of systemic networks in the development of a questionnaire”.

assim como os aspectos dos dendrogramas e histogramas, seguem padrões identificáveis.

Consideramos que a construção de instrumentos de análise válidos, levando em conta a complexidade dessa área de estudo, representa uma contribuição para este campo de pesquisa. Os métodos desenvolvidos foram capazes de superar algumas dificuldades inerentes ao campo de estudo e à natureza dos dados obtidos. A associação da metodologia de construção de questionários através do uso de redes sistêmicas, com a análise mediante o uso de dendrogramas e histogramas, mostrou-se útil aos nossos propósitos, embora mais estudos sejam necessários para o aperfeiçoamento dos métodos de pesquisa. Investigações nesse sentido poderão contribuir para que a inserção da história da ciência na formação de professores de química seja mais adequada aos objetivos educacionais da atualidade.

V- Bibliografia

- AIKENHEAD, G. S. “An analysis of four ways of assessing student beliefs about STS topics”. *Journal of Research in Science Teaching* 25, 607 – 627, 1988.
- ALFONSO-GOLDFARB, A. M., Beltran, M. H. R. (orgs.) *Escrevendo a história da ciência: tendências, propostas e discussões historiográficas*. São Paulo, EDUC/ Livraria da Física/ Fapesp, 2004.
- ALFONSO-GOLDFARB, A. M. *Da alquimia à química*. São Paulo, Edusp/Nova Stella, 1987.
- ALFONSO-GOLDFARB, A. M. *O que é história da ciência*. São Paulo, Brasiliense, 1994.
- BAIA, F. A. S. P., Porto, P. A. “Sobre o conceito de elemento químico de Dmitrii Mendeleev”, in Arroio, A., Marcondes, M. E. R. (orgs.), *IV Encontro Paulista de Pesquisa em Ensino de Química*. São Paulo, FE-USP/ IQ-USP, 2007, p. 65.
- BALDINATO, J. O., Porto, P. A. “Variações da História da Ciência e a (pseudo-) história de Michael Faraday”, in Arroio, A., Marcondes, M. E. R. (orgs.), *IV Encontro Paulista de Pesquisa em Ensino de Química*. São Paulo, FE-USP/ IQ-USP, 2007, p. 43.
- BELL, R., Abd-El-Khalick, F., Lederman, N. G., McComas, W. F., Matthews, M. R. “The Nature of Science and Science Education: A Bibliography”. *Science & Education* 10, 187 – 204, 2001.
- BERNAL, J. D. *Ciência na História*, 3 vols. Lisboa, Livros Horizonte, 1975 – 1976.
- BLISS, J, Ogborn, J. “The Analysis of Qualitative Data”. *European Journal of Science Education* 1, 427 – 440, 1979.
- BLISS, J., Monk, M., Ogborn, J. *Qualitative Analysis Data for Educational Research – A guide to uses of systemic networks*. Londres, Croom Helm, 1983.
- BOGDAN, R., Biklen, S. *Investigação Qualitativa em Educação*. Porto, Porto Editora, 1994.
- BRASIL – Ministério da Educação. *Parâmetros Curriculares Nacionais – Ensino Médio*, Brasília, 1999.
- BRASIL. Parecer CNE/CES 1.303/2001 (*Diretrizes Curriculares Nacionais para os Cursos de Química*), 2001.

- BRUSH, S. G. “Should the History of Science be Rated X?” *Science* 183, 1164 – 1172, 1974.
- BUORO, R. M., Porto, P. A. “Levantamento de recursos de história da química na Internet – um estudo preliminar”, in Arroio, A., Marcondes, M. E. R. (orgs.), *IV Encontro Paulista de Pesquisa em Ensino de Química*. São Paulo, FE-USP/ IQ-USP, 2007, p. 62.
- CACHAPUZ, A. F., Paixão, F. “Placing the History and the Philosophy of Science on Teacher Education”. *10th IOSTE Symposium Proceedings*, vol. 1, pp. 10 – 19. Foz do Iguaçu, 2002.
- CAMILETTI, G.; Ferracioli, L. “Utilização da Modelagem Computacional Semiquantitativa no Estudo do Sistema Mola-Massa”. *Revista Brasileira de Ensino de Física* 24, 110-123, 2002.
- CANGUILHEM, G. *Ideologia e racionalidade nas ciências da vida*. Lisboa, Edições 70, 1977.
- CARR, E. H. *Que é história?* São Paulo, Ed. Paz e Terra, 1985.
- CASTRO, R.; Ferracioli, L. “Segunda lei da termodinâmica: um estudo de seu entendimento por professores do ensino médio”, in: www.sbf1.sbfisica.org.br/eventos/epf/viii/PDFs/CO19_3.pdf. Acessado em 28 de novembro de 2008.
- CHALMERS, A. F. *O que é ciência, afinal?* São Paulo, Brasiliense, 1993.
- CHELONI, F., Leme, M. A. A., Porto, P. A. “Concepções de licenciandos em química da USP – São Paulo sobre a história da ciência a partir de uma abordagem biográfica”, 29ª Reunião Anual da Sociedade Brasileira de Química, Águas de Lindóia, 2006. Disponível em <https://sec.sbjq.org.br/resumos/29RA/T0680-2.pdf> Acessado em 28 de novembro de 2008.
- CHELONI, F., Leme, M. A. A., Porto, P. A. “Concepções de licenciandos em química da USP – São Paulo sobre a relação entre a alquimia e a química”, in: Rossi, A. V. (coord.) *Anais do XIII Encontro Nacional de Ensino de Química*. Campinas, FE-Unicamp, 2006, p. HC-002.
- CHELONI, F., Leme, M. A. A., Porto, P. A. “Desenvolvimento de uma rede sistêmica para investigação de concepções de licenciandos sobre história da ciência”, in

- Arroio, A., Marcondes, M. E. R. (orgs.), *IV Encontro Paulista de Pesquisa em Ensino de Química*. São Paulo, FE-USP/ IQ-USP, 2007, p. 33.
- CHELONI, F. O.; Leme, M. A. A.; Porto, P. A. “Validação de um questionário para o levantamento de idéias sobre história da ciência”, 31ª Reunião Anual da Sociedade Brasileira de Química, Águas de Lindóia, 2008. Disponível em <http://sec.s bq.org.br/eventos/31rasbq/resumos/T0687-1.pdf> . Acessado em 28 de novembro de 2008.
- CLAGETT, M. (org.) *Critical Problems in the History of Science*. Madison/Milwaukee/Londres, The Univesity of Wisconsin Press, 1969.
- DEBUS, A. G. “A ciência e as humanidades: a função renovadora da indagação histórica”. *Revista da SBHC* 5, 3 – 13, 1991.
- DEBUS, A. G. “Ciência e história: o nascimento de uma nova área”, in: Alfonso-Goldfarb, A. M., Beltran, M. H. R. (orgs.) *Escrevendo a história da ciência: tendências propostas e discussões historiográficas*. São Paulo, EDUC/ Livraria da Física/ Fapesp, 2004.
- DO VALE, M. N. *Agrupamentos de Dados: Avaliação de Métodos e Desenvolvimento de Aplicativo para Análise de Grupos*. Dissertação de mestrado, PUC-RJ, 2005.
- DUSCHL, R. A. “Using and Abusing: Relating History of Science to Learning and Teaching Science”, Annual Meeting of the British Society for the History of Science (London, 12-13 July), 2000.
- FERNANDES, M. A. M., Porto, P. A. “A presença da História da Ciência no livro Química Geral e Reações Químicas, de Kotz e Treichel”, in Arroio, A., Marcondes, M. E. R. (orgs.), *IV Encontro Paulista de Pesquisa em Ensino de Química*. São Paulo, FE-USP/ IQ-USP, 2007, p. 2.
- HANSON, N. R. “The Irrelevance of History of Science to Philosophy of Science”, *The Journal of Philosophy* 59, 574 – 586, 1962.
- HESSEN, B. *Las Raíces Socioeconómicas de la Mecánica de Newton*. Havana, Editorial Estampa, 1985.
- HILL, T.; Lewicki, P. *STATISTICS: Methods and Applications – A comprehensive reference for science, industry, and data mining*. Tulsa (USA), StatSoft Inc., 2006.

- KOULAUDIS, V., Ogborn, J. “Philosophy of science: an empirical study of teachers’ views”. *International Journal of Science Education* 11, 173 – 184, 1989.
- KOULAUDIS, V., Ogborn, J. “Science teacher’s philosophical assumptions: how well do we understand them?”. *International Journal of Science Education* 17, 273 – 283, 1995.
- KOULAUDIS, V., Ogborn, J. “Use of systemic networks in the development of a questionnaire”. *International Journal of Science Education* 10, 479 – 509, 1998.
- KRAGH, H. *An Introduction to the Historiography of Science*. Cambridge, Cambridge University Press, 1987.
- LARANJEIRAS, C. C. *Redimensionando o Ensino de Física numa Perspectiva Histórica*. Dissertação de mestrado, IF-USP/FE-USP, 1994.
- LAUDAN, L. *El Progreso y sus Problemas. Hacia una Teoría del Crecimiento Científico*. Madrid, Encuentro Ediciones, 1986. Tradução para o espanhol do original *Progress and its Problems*. Berkeley, University of California Press, 1977.
- LE GOFF, J. (org.) *Memória - História*. Lisboa, Imprensa Nacional/Casa da Moeda, 1984.
- LEME, M. A. A., Porto, P. A. “Concepções de professores de química sobre história da ciência. – perfil de licenciandos em uma faculdade particular”. 30ª Reunião anual da Sociedade Brasileira de Química, Águas de Lindóia, 2007. Disponível em <http://sec.sbq.org.br/eventos/30rasbq/resumos/T1445-1.pdf> . Acessado em 28 de novembro de 2008.
- MARTINS, R. A. “Ciência versus historiografia: os diferentes níveis discursivos nas obras sobre história da ciência”, pp. 115-145 in: Alfonso-Goldfarb, A. M., Beltran, M. H. R. (orgs.) *Escrevendo a história da ciência: tendências propostas e discussões historiográficas*. São Paulo, EDUC/ Livraria da Física/ Fapesp, 2004.
- MARTINS, R. A. “História e História da Ciência: Encontros e Desencontros”, pp. 11 – 46 in: *Actas do 1º. Congresso Luso-Brasileiro de História da Ciência e da Técnica (Universidade de Évora e Universidade de Aveiro)*. Évora: Centro de Estudos de História e Filosofia da Ciência da Universidade de Évora, 2001.

- MARTINS, R. A. “Que tipo de historiografia da ciência esperamos ter nas próximas décadas?”. *Episteme – Filosofia e História das Ciências em Revista* 10, 39 – 56, 2000.
- MONK, M., Osborne, J. “Placing the History and Philosophy of Science on the Curriculum: A Model for the Development of Pedagogy”. *Science Education* 81, 405 – 424, 1997.
- NEEDHAM, J. *Science and civilisation in China*, 7 vols. Cambridge, Cambridge University Press, 1954.
- NOVAK, J. *A Theory of Education*. Ithaca, NY, Cornell University Press, 1977.
- NUSSBAUM, J. “Classroom conceptual change: philosophical perspectives”, *International Journal of Science Education* 11, 530 – 540, 1989.
- PINNICK, C.; Gale, G. “Philosophy of Science and History of Science: A Troubling Interaction”, *Journal for General Philosophy of Science* 31, 109 – 125, 2000.
- POSNER, G. J.; Strike, K. A.; Hewson, P. W.; Gertzog, W. A. “Accommodation of a scientific conception: toward a theory of conceptual change”, *Science Education* 66, 211 – 227, 1982.
- RADDER, H. “Philosophy and History of Science: Beyond the Kuhnian Paradigm”, *Studies in History and Philosophy of Science* 28, 633 – 655, 1997.
- SARTON, G. *An Introduction to the History of Science*. Washington, Carnegie Institution of Washington, 1927.
- THACKRAY, A. (org.) *Constructing Knowledge in the History of Science*. *Osiris* 10, 1995.
- THORNDIKE, L. *History of Magic and Experimental Science*, 8 vols. Nova York, Columbia Press, 1964.
- VIANA, H. E. B. *A construção da teoria atômica de Dalton como estudo de caso - e algumas reflexões para o ensino de química*. Dissertação de mestrado, Programa de Pós-Graduação Interunidades em Ensino de Ciências – USP, 2007.
- VIDAL, P. H. O., Cheloni, F. O., Porto, P. A. “O Lavoisier que não está presente nos livros didáticos”, *Química Nova na Escola* 26, 29 – 32, 2007.
- WANG, H. A. “A Content Analysis of the History of Science in the National Science Educational Standards Documents and Four Secondary Science Textbooks”, Annual Meeting of the American Educational Research Association (Montreal,

- Canadá), 1999. Disponível em http://www.eric.ed.gov/ERICDocs/data/ericdocs2sql/content_storage_01/0000019b/80/17/9e/7e.pdf . Acessado em 28 de novembro de 2008.
- WANG, H. A., Cox-Petersen, A. M. “A Comparison of Elementary, Secondary and Student Teacher’s Perceptions and Practises Related to History of Science Instruction”. *Science & Education* 11, 69 – 81, 2002.
- WANG, H. A., Marsh, D. D. “Science Teachers’ Perceptions and Practices in Teaching the History of Science”, Annual Meeting of the American Educational Research Association (San Diego, EUA, April 13-17), 1998.
- ZANETIC, J. *Física Também é Cultura*. Tese de doutorado, Faculdade de Educação – USP, 1988.

VI - Anexos

Questionário 1

1) Na sua opinião, qual o químico mais importante da história? Por que?

2) A respeito dos cientistas mencionados a seguir, escreva justificando qual você acha que foi sua importância para a história da química:

- Lavoisier

- Dalton

- Wöhler

- Linus Pauling

3) Na sua opinião, qual a relação entre a alquimia e a química?

4) Cite o nome de um alquimista sobre o qual você já tenha ouvido falar. (Caso se lembre, cite onde tomou conhecimento desse nome).

Questionário 2

A HISTÓRIA DA CIÊNCIA E O ENSINO DE QUÍMICA

Nome:

Data:

1. Para você, o que é história da ciência? Explique.

2. Quais são as suas fontes de informação a respeito da história da ciência? Por favor, dê detalhes. (Ou explique por que, caso não conheça nenhuma fonte de informação a respeito.) Você está satisfeito com essas fontes de informação? Comente a respeito.

3. Qual você acha que é a importância de algum conhecimento de história da ciência para um professor de química?

muito importante

importante

mais ou menos importante

pouco importante

não é importante

Justifique sua resposta.

4. Na sua opinião, qual o químico mais importante da história? Por que?

5. Na sua opinião, qual a relação entre a alquimia e a química?

6. Cite o nome de um alquimista sobre o qual você já tenha ouvido falar. (Caso se lembre, cite onde tomou conhecimento desse nome).

Questionário 3



*Grupo de Pesquisa em
História da Ciência e
Ensino de Química*

A HISTÓRIA DA CIÊNCIA E O ENSINO DE QUÍMICA

Nome:	Data: ___/___/2008
Faculdade ou Universidade:	Período:
Curso:	Ano de ingresso:

Cursou alguma disciplina ligada à história da ciência?

<input type="checkbox"/>	Sim	<input type="checkbox"/>	Não
<input type="checkbox"/>	Sim	<input type="checkbox"/>	Não

Cursou alguma disciplina pedagógica (prática de ensino, metodologia, didática etc.)?

Em cada questão assinale a alternativa com a qual você esteja mais de acordo.

- Caso queira, é possível assinalar mais de uma alternativa ou não assinalar nenhuma.
- Caso não assinale nenhuma alternativa, ou mais de uma, escreva na folha em anexo qual sua opinião sobre a questão.

1) Considere os personagens que fizeram a história da ciência – tanto os personagens principais como aqueles menos conhecidos.

a) Os personagens mais relevantes são aqueles que contribuíram para o desenvolvimento das melhores teorias científicas e, portanto, merecem mais atenção dos historiadores da ciência.

b) Os personagens menos conhecidos merecem o devido reconhecimento dos historiadores, já que ajudam a compreender o significado das idéias da época.

c) Os personagens menos conhecidos têm pouca importância para os historiadores da ciência, uma vez que são ofuscados pela genialidade dos grandes personagens.

2) Considerando a formação da ciência tal **como a conhecemos hoje**, quanto à **relevância das atividades práticas em relação às considerações teóricas**, podemos afirmar que:

a) A ciência moderna se estruturou a partir dos trabalhos dos filósofos e de artesãos, resultando de uma síntese de considerações **teóricas** com **conhecimentos práticos**. Assim, para se compreender a formação da ciência moderna é preciso considerar o trabalho dos construtores de máquinas, relojoeiros, preparadores de remédios, tintureiros, etc.

b) A ciência se transforma, essencialmente, porque **as teorias** são modificadas. O que determina as características da ciência moderna são as considerações teóricas, ou seja, os modelos, imagens mentais, abstrações, etc., criados pelos cientistas. Neste contexto, as atividades práticas, mencionadas na alternativa **a**, têm pouca importância.

3) A ciência atual:

a) Pode ser utilizada como referência para encontrar erros e acertos nas ciências do passado, uma vez que a ciência atual é mais evoluída.

b) Não deve ser utilizada para encontrar erros e acertos das ciências do passado, uma vez que a ciência atual não deve ser comparada com as anteriores por estarem inseridas em diferentes contextos.

4) A escolha de um método apropriado para a construção do conhecimento científico

a) É guiada pelo **consenso da comunidade científica**, isto é, pelo acordo mútuo dos cientistas envolvidos na área de estudo.

b) Pode ser determinada pela própria **lógica interna** da ciência e não depende de escolhas pessoais ou da comunidade científica.

c) É feita por indivíduos, que utilizam seus **próprios critérios**, isto é, pela decisão dos cientistas que conduzem suas pesquisas.

5) Os estudos em história da ciência devem abranger prioritariamente:

a) A ciência ocidental, gerada na Europa e na América do Norte.

b) O estudo de como a ciência oriental antiga (como a ciência mesopotâmica, árabe e chinesa) influenciou na formação da ciência ocidental.

c) As ciências específicas de cada região, buscando entender como cada povo foi construindo seu conhecimento científico.

d) A ciência da Grécia antiga, que foi o berço da ciência moderna, e como ela se desenvolveu posteriormente na Europa.

6) Uma metodologia válida para a pesquisa em história da ciência consiste em:

a) Procurar estabelecer as grandes linhas do pensamento científico ao longo da história, buscando traçar as origens das idéias científicas desde suas formulações mais antigas.

b) Procurar estudar os detalhes específicos de cada episódio e de cada idéia proposta no passado, buscando entender seu significado particular naquele contexto em que foi proposta.

7) Assinale a alternativa que você considera mais apropriada.

a) A ciência é determinada pela Natureza. Os fenômenos produzidos pelos objetos do mundo real podem ser descritos e compreendidos de diferentes maneiras, por diferentes pessoas, grupos e civilizações. Porém, a ciência é construída independentemente do mundo social, e a ciência atual representa melhor a realidade que as ciências do passado.

b) A ciência não é determinada apenas pela Natureza. Os fenômenos produzidos pelos objetos do mundo real podem ser descritos e compreendidos de diferentes maneiras, por diferentes pessoas, grupos e civilizações. Por isso, a ciência não é construída independentemente do mundo social.

8) A história da ciência, considerada como uma área de pesquisa:

a) É uma disciplina que utiliza métodos e procedimentos da ciência.

b) É uma disciplina independente que assimila, filtra e adapta métodos e procedimentos de várias outras disciplinas.

c) É uma disciplina que utiliza métodos e procedimentos da história.

9) Para compreender as idéias de um período, os estudos em história da ciência procuram:

a) Estudar o significado das diversas teorias da época, procurando estabelecer relações entre teorias e idéias pouco aceitas na época e aquelas mais aceitas, ou seja, entender a coerência das idéias da época.

b) Centrar seu foco nas principais teorias científicas vigentes na época, em especial naquelas que foram evoluindo até dar origem às teorias atuais.

10) Qual você acha que é a importância de algum conhecimento de história da ciência para um professor de química?

a) Muito importante.

b) Importante.

c) Mais ou menos importante.

d) Pouco importante.

e) Não é importante.

11) Qual a importância de abordar temas de história da ciência no ensino de química?

a) Não é importante.

b) A história da ciência pode ser uma boa justificativa para o ensino de ciência, uma vez que traz relatos de grandes avanços e melhorias na qualidade de vida, promovidos pela ciência.

c) Através dos erros e acertos relatados pela história da ciência é possível fazer uma ciência melhor, evitando procedimentos e atitudes que deram errado no passado, procurando estabelecer um modelo correto de conduta científica.

d) A compreensão de como foram construídas as teorias científicas ao longo da história pode ser um modelo didático para o ensino de ciências, uma vez que podemos ensinar alguns conceitos de química em uma seqüência similar ao da construção histórica.

e) A história da ciência fornece subsídios para a compreensão sobre o que é a atividade científica, e como devemos encarar o conhecimento científico, entendido como construção humana. É um importante fator para o exercício da cidadania.

f) A história da ciência faz parte da cultura geral da humanidade e deve ser divulgada, pois enriquece a bagagem de conhecimentos dos educandos, fornecendo informações interessantes sobre a origem das teorias científicas.

12) Os personagens mais conhecidos na história da ciência eram expoentes do pensamento científico de suas épocas, pois:

a) contribuíram com idéias e teorias à frente do seu tempo, ou seja, criaram ou descobriram correntes de pensamento que não existiam naquela época.

b) interpretaram de maneira original o conhecimento então disponível, ou seja, re-elaboraram idéias e teorias de seu tempo.

13) Em relação à necessidade de consultar fontes primárias, os historiadores da ciência quando conduzem uma pesquisa:

a) Precisam recorrer a fontes primárias, ou seja, aos próprios escritos dos homens e mulheres de ciência, do período que se deseja estudar. No decorrer do trabalho, pode ser necessário também recorrer a outros textos de autores do período, bem como às fontes citadas pelo personagem histórico que está em estudo.

b) Podem estudar apenas as fontes secundárias – ou seja, textos de outros autores que trazem a análise dos escritos originais dos homens e mulheres de ciência que se deseja estudar – não sendo obrigatório ler fontes primárias, que em muitos casos foram escritas em idiomas e/ou linguagem de difícil acesso.

14) Sobre o estudo das teorias:

a) A história da ciência busca compreender a relevância das teorias, no contexto de cada época, independentemente da relação destas teorias do passado com as teorias atuais.

b) Um dos objetivos da história da ciência é localizar teorias do passado que evoluíram até o presente, gerando teorias válidas nos dias de hoje.

15) O modelo para entender o desenvolvimento das idéias científicas é baseado:

a) Na física, que foi a primeira a se desenvolver como ciência moderna.

b) Nas ciências exatas, como a matemática e a lógica.

c) Nas ciências físicas e biológicas.

d) Em nenhum modelo determinado, pois cada ramo da ciência se desenvolveu de maneira peculiar.

16) A alquimia, a magia, a astrologia, etc, devem ser consideradas como:

a) Pseudociências, pois resultaram de enganos, superstições ou mesmo ignorância do passado, que retardaram o desenvolvimento da ciência da época.

b) Formas de conhecimento que não mais fazem parte da ciência, mas foram relevantes no desenvolvimento das idéias científicas do passado.

17) Em relação à origem das disciplinas científicas atuais (física, química, biologia etc.), e dos conceitos científicos atuais, os estudos em história da ciência procuram:

a) Entender, dentro do contexto de cada época, como cada disciplina se estruturou, e quando foi proposto determinado conceito, procurando localizar os precursores de cada disciplina e dos conceitos atuais – isto é, identificar os pioneiros de cada disciplina científica (ex.: Lavoisier é o pai da química) e dos conceitos científicos (ex.: Lavoisier descobriu o oxigênio).

b) Entender, dentro do contexto de cada época, como cada disciplina se estruturou, e qual o significado de cada conceito no contexto em que foi proposto, mesmo que sejam diferentes das concepções atuais, reconhecendo que a origem de muitas idéias se perde no passado, mas que em determinados momentos há rupturas e o estabelecimento de novos pontos de vista.

18) Os diferentes estudos em história da ciência:

- a) Procuram compreender a importância de cada período, procurando entender também os períodos em que ocorreram poucas mudanças.
- b) Centram-se principalmente nos períodos de maior desenvolvimento, deixando em segundo plano os períodos de estagnação cultural.

19) No estudo da construção de teorias científicas:

- a) Questões externas à ciência, tais como aspectos culturais, religiosos, sociais e políticos, mostram-se determinantes para a escolha entre uma teoria científica e uma outra que se apresente como alternativa.
- b) São relevantes apenas os aspectos estritamente científicos e internos à ciência, ou seja, a coerência interna das teorias e sua capacidade de explicar ou prever fenômenos.
- c) O historiador da ciência deve levar em consideração a interação entre aspectos internos e externos à ciência.

20) A ciência, desde suas origens, vem se construindo através de um caminho linear e progressivo que acumula conhecimentos cada vez mais completos sobre a Natureza. Na sua opinião, essa afirmação é:

- a) Verdadeira.
- b) Falsa.

21) A ciência caminha:

- a) De forma contínua, pois o ser humano tem capacidade de conhecer cada vez mais e com maior precisão a natureza.
- b) De forma descontínua, devido à incompatibilidade entre as teorias de diferentes períodos.

22) Os historiadores da ciência procuram determinar as origens da ciência **tal como ela existe hoje em dia:**

- a) Nas mais antigas civilizações, como as da antiguidade oriental (Mesopotâmia, Egito, etc).
- b) Na Grécia antiga, berço da filosofia e do pensamento racional (Pitágoras, Aristóteles, Arquimedes, etc).
- c) No século XVII, quando o pensamento medieval foi finalmente superado por personagens como Copérnico, Galileu, Descartes, Newton, etc.
- d) Nos primórdios da humanidade, ou seja, na pré-história.
- e) Em diversos períodos e épocas, pois a construção de sua forma atual foi um processo muito complexo.

23) Qual seu grau de interesse pela história da ciência?

- a) Muito interesse.
- b) Moderado interesse.
- c) Pouco interesse.
- d) Nenhum interesse.