



TEMAS DE ENSINO E FORMAÇÃO DE PROFESSORES DE CIÊNCIAS



Organizadoras

Márcia Gorette Lima da Silva
Adriana Mohr
Magnólia Fernandes Florêncio de Araújo

TEMAS DE ENSINO E FORMAÇÃO DE PROFESSORES DE CIÊNCIAS

TEMAS DE ENSINO E FORMAÇÃO DE PROFESSORES DE CIÊNCIAS

Organizadoras



Márcia Gorette Lima da Silva

Adriana Mohr

Magnólia Fernandes Florêncio de Araújo



Natal/RN, 2012

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO NORTE

Reitora

Ângela Maria Paiva Cruz

Vice-Reitora

Maria de Fátima Freire Melo Ximenes

Diretora da EDUFRN

Margarida Maria Dias de Oliveira

Conselho Editorial

Cipriano Maia de Vasconcelos

Herculano Ricardo Campos

Humberto Hermenegildo de Araújo

John Andrew Fossa

Mônica Maria Fernandes Oliveira

Tânia Cristina Meira Garcia

Tecia Maria de Oliveira Maranhão

Virgínia Maria Dantas de Araújo

Willian Eufrásio Nunes Pereira

Editor

Helton Rubiano de Macedo

Revisão

Nouraide Queiroz

Capa e projeto gráfico

Ivana Lima

Editoração eletrônica

Ivana Lima

Supervisão editorial

Alva Medeiros da Costa

Supervisão gráfica

Francisco Guilherme de Santana

Imagens da capa:

Ernst Haeckel e Albrecht Dürer (Domínio Público)

Divisão de Serviços Técnicos
Catalogação da Publicação na Fonte. UFRN / Biblioteca Central Zila Mamede

Temas de ensino e formação de professores de ciências / organização
Marcia Gorette Lima da Silva, Adriana Mohr, Magnólia Fernandes
Florêncio de Araújo. – Natal, RN : EDUFRN, 2012.

208 p.

ISBN 978-85-7273-884-2

1. Formação de professores. 2. Ensino. 3. Ciências. I. Silva, Marcia
Gorette Lima da. II. Mohr, Adriana. III. Araújo, Magnólia Fernandes
Florêncio de.

RN/UF/BCZM

CDD 371.3
CDU 371.13

Sumário

Apresentação _____ 7

Capítulo 1 **10 ANOS DO MESTRADO PROFISSIONAL EM ENSINO DE CIÊNCIAS
E MATEMÁTICA DA UFRN: REVELANDO NOVAS FRONTEIRAS**
Márcia Gorette Lima da Silva
Claudianny Amorim Noronha
Magnólia Fernandes Florêncio de Araújo _____ 9

Capítulo 2 **COMUNICAR E CONHECER TRABALHOS CIENTÍFICOS NA ÁREA DA PESQUISA
EM ENSINO DE CIÊNCIAS: O IMPORTANTE PAPEL DOS PERIÓDICOS CIENTÍFICOS**
Adriana Mohr
Sylvia Regina Pedrosa Maestrelli _____ 27

Capítulo 3 **UNIDADES DE ENSINO POTENCIALMENTE SIGNIFICATIVAS – UEPS**
Marco Antonio Moreira _____ 45

Capítulo 4 **A DIFUSÃO DA QUÍMICA VERDE PARA A EDUCAÇÃO QUÍMICA ESCOLAR:
UM ESTUDO DA EXPERIÊNCIA ITALIANA COM A REVISTA GREEN**
Carlos Alberto Marques
Franciele Drews de Souza _____ 73

Capítulo 5 **DISCUTINDO OS LIMITES E AS POSSIBILIDADES DO
ENSINO DE GENÉTICA ESCOLAR
ATRAVÉS DA RESOLUÇÃO DE PROBLEMAS**
Lúcio Ely Ribeiro Silvério
Sylvia Regina Pedrosa Maestrelli _____ 103

Capítulo 6 **O QUE DIZEM OS PREFÁCIOS DOS LIVROS DE QUÍMICA GERAL
DE ENSINO SUPERIOR SOBRE O CONCEITO DE ENERGIA?**
Carlos Neco da Silva Junior
Márcia Gorette Lima da Silva
Fabiana Roberta Gonçalves e S. Hussein _____ 123

Capítulo 7 **UMA PROPOSTA DIDÁTICA PARA TRABALHAR A ESTRATÉGIA DE RESOLUÇÃO DE
PROBLEMAS NA FORMAÇÃO DE PROFESSORES DE QUÍMICA**
Melquesedeque da Silva Freire
Márcia Gorette Lima da Silva _____ 137

Capítulo 8**DESARROLLO DE UNA UNIDAD DIDÁCTICA PARA EL ESTUDIO DE LOS PROCESOS DE OXIDACIÓN-REDUCCIÓN EN EL PRE-UNIVERSITARIO: CONTRIBUCIONES DE LA TEORÍA DE P. YA. GALPERIN***Isauro Beltrán Núñez**Betania Leite Ramalho* _____153**Capítulo 9****DIFICULDADES DE APRENDIZAGEM NO ENSINO DE ELETROQUÍMICA SEGUNDO LICENCIANDOS DE QUÍMICA***Carlos Neco da Silva Júnior**Melquesedeque da Silva Freire**Márcia Gorette Lima da Silva* _____181**Capítulo 10****A AULA-DIÁLOGO COMO ESTRATÉGIA INTERDISCIPLINAR DE ENSINO: UM EXEMPLO DE FORMAÇÃO CONTINUADA NA ESCOLA***Maria da Glória Fernandes Albino**Magnólia Fernandes Florêncio de Araújo* _____193

Apresentação

O livro *Temas de Ensino e Formação de Professores de Ciências*, que com grande satisfação apresentamos, insere-se nas ações previstas pelo projeto *Ensino de Ciências e Cultura: revelando novas fronteiras*, financiado pelo Edital Casadinho do Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq). O referido Projeto tem se apoiado, desde 2008, em uma parceria entre pesquisadores do Programa de Pós-Graduação em Ensino de Ciências Naturais e Matemática da Universidade Federal do Rio grande do Norte (PPGECNM-UFRN) e pesquisadores do Programa de Pós-Graduação em Educação Científica e Tecnológica da Universidade Federal de Santa Catarina (PPGECT-UFSC). O programa da UFRN, em busca de sua consolidação, e avaliado pela Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) com nota 4, no último triênio, tem recebido apoio do programa da UFSC, avaliado com nota 5.

Os pesquisadores participantes desse projeto vêm atuando na área de pesquisa em Ensino de Ciências Naturais. Os interesses mútuos contribuíram para o fortalecimento e a consolidação do *Grupo de Pesquisa Ensino de Ciências e Cultura*, da UFRN e revelaram que tal iniciativa desdobrou-se, para além das interações acadêmico-científicas, em atitudes de solidariedade e amizade.

Nesse contexto, a publicação que ora se apresenta reúne trabalhos dos participantes do projeto e de reconhecidos profissionais com os quais mantemos profícuo diálogo. Refletem as interações, os debates, as discussões e os estudos realizados, ao longo de três anos, entre pesquisadores e orientandos de ambos os programas de pós-graduação.

As contribuições envolvem produções relacionadas ao mestrado profissional e acadêmico desenvolvidas pelos autores, que esperamos possam contribuir para aprendizados e novas questões de pesquisa e debates tanto no âmbito da pesquisa em Ensino de Ciências, quanto no cotidiano de professores do ensino básico e superior em suas salas de aula.

O conteúdo do livro estrutura-se a partir de capítulos cuja discussão é geral para a área da pesquisa em Ensino de Ciências. Seguem-se textos relativos a questões mais específicas a algumas temáticas, objeto de pesquisa dos autores.

O capítulo intitulado *10 anos do Mestrado Profissional em Ensino de Ciências e Matemática da UFRN: revelando novas fronteiras* consiste no relato de um estudo de análise, descrição e avaliação da produção acadêmica do Programa de Pós-Graduação em Ensino de Ciências Naturais e Matemática da UFRN, apresentando a trajetória desse curso na modalidade mestrado profissional desde sua criação até os dias atuais.

O capítulo *Comunicar e conhecer trabalhos científicos na área da pesquisa em Ensino de Ciências: o importante papel dos periódicos científicos* é o reflexo da interação entre os pesquisadores membros do projeto. Apresenta aspectos relacionados aos periódicos da área de pesquisa em Ensino de Ciências e seu uso nas investigações nesse campo.

Entre as contribuições para a formação de professores encontra-se o capítulo *Unidades de Ensino Potencialmente Significativas* o qual discute a construção de uma sequência didática fundamentada em teorias de aprendizagem, particularmente, a da aprendizagem significativa, além de apresentar exemplos.

Os capítulos seguintes referem-se a relatos de pesquisa de pós-graduandos de ambos os grupos (PPGECT-UFSC e PPGECONM-UFRN) que foram discutidos de forma colaborativa. Assim, no capítulo *Aspectos científicos e pedagógicos na difusão da Química Verde para a Educação Química Escolar: um estudo da experiência italiana com a Revista Green*, os autores discutem uma pesquisa relativa a aspectos epistemológicos e pedagógicos contidos em discussões de temas e de propostas dirigidas à educação química escolar, para a abordagem de questões ambientais orientadas, por postulados da Química Verde.

Em *Discutindo os limites e as possibilidades do ensino de genética escolar através da resolução de problemas* são apresentados resultados do estudo sobre a resolução de alguns problemas típicos de genética por um grupo de alunos do Ensino Médio, analisando as estratégias empregadas na resolução das questões e refletindo criticamente sobre sua aplicação de forma mais significativa para os alunos.

No capítulo intitulado *O que dizem os prefácios dos livros de Química geral de ensino superior sobre o conceito de energia?*, os autores apresentam uma análise do prefácio de livros didáticos de Química Geral, direcionados ao Ensino Superior, com o objetivo de caracterizar as orientações dadas ao conceito de energia para o estudo dos sistemas químicos.

Os autores de *Uma proposta didática para trabalhar a estratégia de resolução de problemas na formação de professores de Química* apresentam uma sequência de atividades baseadas na estratégia de resolução de problemas para trabalhar na formação inicial da licenciatura em Química.

Desarrollo de una unidad didáctica para el estudio de los procesos de oxidación-reducción en el pre-universitario: contribuciones de la teoría de P. Ya. Galperin é um capítulo que apresenta os fundamentos de atividades baseadas em referencial teórico para abordar conceitos químicos no Ensino Superior. Em continuidade ao tema, o capítulo *Dificuldades de aprendizagem no ensino de eletroquímica segundo licenciandos de Química* relata uma pesquisa desenvolvida no Ensino Superior.

Por fim, no capítulo *A aula-diálogo como estratégia interdisciplinar de ensino: um exemplo de formação continuada na escola*, as autoras apresentam uma proposta de abordagem coletiva de elaboração e desenvolvimento de aulas de ciências, de maneira interdisciplinar, desenvolvida durante o mestrado profissional.

A articulação da pesquisa em Ensino de Ciências e a sala de aula das disciplinas correlatas sempre foi um desafio. Acreditamos que o diálogo e a colaboração mútua nesses campos dão-se a partir da sólida formação inicial e continuada de professores e da atuação desses como investigadores de sua prática. A expectativa é que os textos presentes neste livro, fruto da ação conjunta dos autores (pesquisadores e professores), seja profícua fonte de pesquisas e inspiração de novos trabalhos nessa perspectiva colaborativa.

As organizadoras

10 ANOS DO MESTRADO PROFISSIONAL EM ENSINO DE CIÊNCIAS E MATEMÁTICA DA UFRN: REVELANDO NOVAS FRONTEIRAS

*Márcia Gorette Lima da Silva
Claudianny Amorim Noronha
Magnólia Fernandes Florêncio de Araújo*

Algumas características do mestrado profissional

Os mestrados profissionais (MPs) no Brasil são cursos de pós-graduação *Stricto Sensu* voltados para o campo profissional, isto é, referem-se à pesquisa aplicada. Essa modalidade de curso foi regulamentada pela Portaria Normativa nº 7 – publicada em 23 de junho de 2009, pelo Ministério da Educação (MEC) e pela Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), a qual estabelece normas específicas de credenciamento e avaliação. No que refere, particularmente, à área de Ensino de Ciências e Matemática – criada em setembro de 2000, pela Capes –, os MPs foram criados em 2001.

Entre as características desses cursos destacamos: o corpo docente, o prazo de conclusão do curso e o trabalho de conclusão da dissertação. Com relação ao corpo docente, a Portaria nº 7 permite, além de doutores, a participação equilibrada outros profissionais (mestres, por exemplo) que tenham experiência em pesquisa aplicada ao desenvolvimento e à inovação com reconhecimento pela área objeto de estudo. O prazo de conclusão para os MPs é de 36 meses e quanto ao trabalho de conclusão prevê, segundo o art. 7º, diferentes formatos, tais como:

§ 3º O trabalho de conclusão final do curso poderá ser apresentado em diferentes formatos, tais como dissertação, revisão sistemática e aprofundada da literatura, artigo, patente, registros de propriedade intelectual, projetos técnicos, publicações tecnológicas; desenvolvimento de aplicativos, de materiais didáticos e instrucionais e de produtos, processos e técnicas; produção de programas de mídia, editoria, composições, concertos, relatórios finais de pesquisa, softwares, estudos de caso, relatório técnico com regras de sigilo, manual de operação técnica, protocolo experimental ou de aplicação em serviços, proposta de intervenção em procedimentos clínicos ou de serviço pertinente, projeto de aplicação ou adequação tecnológica, protótipos para desenvolvimento ou produção de instrumentos, equipamentos e kits, projetos de inovação tecnológica, produção artística; sem prejuízo de outros formatos, de acordo com a natureza da área e a finalidade do curso, desde que previamente propostos e aprovados pela CAPES (BRASIL, 2009, p. 31).

Pesquisadores brasileiros sinalizam que, mesmo com o esforço e crescimento dos programas de pós-graduação no Brasil, em termos de produção de conhecimento, voltados principalmente, para a prática do profissional, ainda é pouco expressivo o impacto desse no sistema escolar (MOREIRA, 2004).

Para Fischer (2003), o mestrado profissional tem o caráter de inovação e reconstrução do modelo tradicional de ensino. Já o MEC, no documento referencial para formação de professores (BRASIL, 1999), propõe que a formação seja orientada por alguns pressupostos, e um deles é o desenvolvimento de competências profissionais, por meio de metodologias pautadas na articulação teoria e prática, na resolução de situações problema e na reflexão sobre a atuação profissional (MATOS; SILVA; ARAÚJO, 2011).

Segundo Moreira (2004), o que caracteriza essa modalidade de mestrado é uma estrutura curricular que articule o ensino com a aplicação profissional. O autor defende os mestrados profissionais em ensino e aponta 4 áreas relevantes que necessitam de ações entre elas; cita a formação de professores para a educação básica e para o Ensino Superior que enfatiza disciplinas de conteúdo específico.

Nesse sentido, Moreira argumenta que os MPs têm possibilidade de formar profissionais na perspectiva do ensino e não somente da pesquisa, destacando-se dos mestrados acadêmicos. Espera-se no mestrado profissional que: haja reflexão a partir da prática profissional convergindo com seu objeto de estudo na pós-graduação; a estrutura curricular seja voltada para a preparação e aplicação no campo de atuação profissional do mestrando; o relatório da dissertação envolva uma proposta de ação profissional (produto), a qual possa promover impacto, de certa forma, imediato, no campo específico de atuação (MOREIRA, 2004; RIBEIRO, 2009). Cabe destacar que Moreira foi um dos articuladores da criação dos mestrados profissionais em Ensino de Ciências e Matemática no Brasil.

O enfoque nos mestrados profissionais revela ainda outras questões que merecem esclarecimento, entre elas: a população-alvo desses cursos (preferencialmente, professores em exercício); a organização das atividades didáticas, em poucos dias da semana, de forma a favorecer a participação dos professores em exercício, a inclusão na estrutura curricular de disciplinas de conteúdo específico de modo que enfatizem não somente o conhecimento específico, mas também a fenomenologia e a transposição didática, o acompanhamento por parte do orientador da prática profissional fomentando questões de reflexão e estudo a partir dessa vivência, a questão de pesquisa dirigida ao desenvolvimento e aplicação do conhecimento, isto é, em pesquisa aplicada e não básica (produção de conhecimento).¹

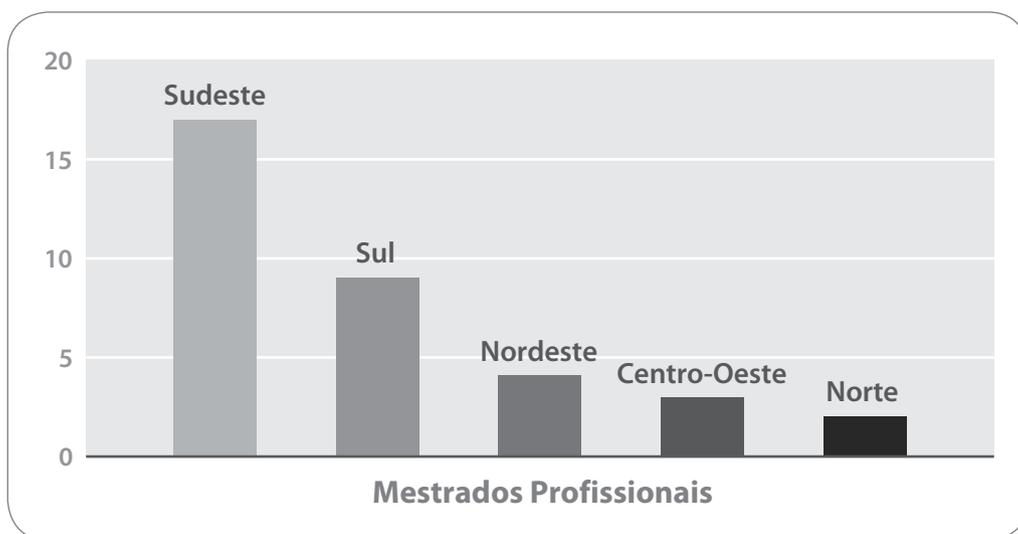
Em linhas gerais, espera-se que o egresso de um mestrado profissional em ensino (Ciências e Matemática) incorpore em sua prática profissional as discussões da pesquisa na área e, ao utilizar o produto que desenvolve nessa modalidade de curso, possa vir a diminuir o distanciamento entre a pesquisa e a sala de aula (CEVALLOS, 2011). Assim, o trabalho de conclusão dos MPs deve ser uma pesquisa aplicada, descrevendo o desenvolvimento de processos ou produtos de natureza educacional, visando à melhoria do ensino na área específica, sugerindo-se fortemente que, em forma e conteúdo, esse trabalho se constitua em material que possa ser utilizado por outros profissionais.

¹ Para saber mais ver Moreira e Nardi (2009).

A portaria explicita que, nos MPs, o produto final pode ser um trabalho de investigação, uma proposta de ação e/ou uma intervenção, voltado para um tema aplicado ou uma solução de problema. O desenvolvimento do produto educacional implica considerar o referencial teórico e metodológico da área.

Apesar de a área de Ensino de Ciências e Matemática já está consolidada no país há quase 40 anos e sua *consolidação* junto a Capes ter pouco mais de 10 anos, observa-se um crescimento nessa modalidade de mestrado. Dos 70 cursos de pós-graduação (mestrado acadêmico, mestrado profissional e doutorado), 35 são profissionais. O Gráfico 1, a seguir, ilustra a distribuição de mestrados profissionais em ensino (Ciências e Matemática) no país.

Gráfico 1 - Distribuição dos mestrados profissionais em ensino por região



Fonte: Capes, 2011.

Essa modalidade, segundo alguns autores (MALDANER, 2008; SILVEIRA; PINTO, 2005), é a mais promissora na formação dos professores em exercício e requer um olhar especial dada sua importância para uma área estratégica de desenvolvimento da educação no país. A proposta desses cursos é de elevar o nível de compromisso e competência dos professores com a educação básica, além de aproximar as pesquisas desenvolvidas no Ensino de Ciências à realidade e ao contexto escolar.

É nesse contexto, na modalidade de mestrado profissional, que se insere o Programa de Pós-Graduação em Ensino de Ciências Naturais e Matemática da Universidade Federal do Rio Grande do Norte (UFRN), cujo histórico de sua criação e as características do curso são apresentadas, resumidamente, a seguir.

O mestrado profissional em Ensino de Ciências e Matemática da UFRN

O Programa de Pós-Graduação em Ensino de Ciências Naturais e Matemática (PPGECNM) está vinculado ao Centro de Ciências Exatas e da Terra (CCET) da UFRN. Iniciou as discussões para sua criação em 2001 e as atividades em 2002. Foi o primeiro mestrado profissional criado no Nordeste do país. Em seu percurso de dez anos de criação, recebeu como mestrandos, professores em exercício do Rio Grande do Norte, Ceará, Paraíba, Pernambuco, Piauí e Pará. O grupo que participou das discussões de criação foi constituído, na maioria, por docentes com doutorado em Educação, e também contou com a participação de outros profissionais da UFRN que possuíam formação específica tinham alguma produção na área de Ensino de Ciências e Matemática. A atuação de pesquisa e extensão desse grupo era, basicamente, na escola da rede pública do Estado, o que os permitia ter algum conhecimento dessa realidade.

O PPGECNM realiza seleção anualmente, a qual é composta por prova escrita, análise de currículo, entrevista, análise de um pré-projeto. Tem como público-alvo professores em exercício, preferencialmente, da rede pública, nas áreas de Ciências, Física, Biologia, Química, Matemática e áreas afins. Dessa forma, no processo seletivo, há uma pontuação diferenciada para profissionais que atuam na rede pública, entretanto, aceita – caso haja vagas disponíveis e sem ultrapassar 15% do total de vagas oferecidas – professores sem experiência.

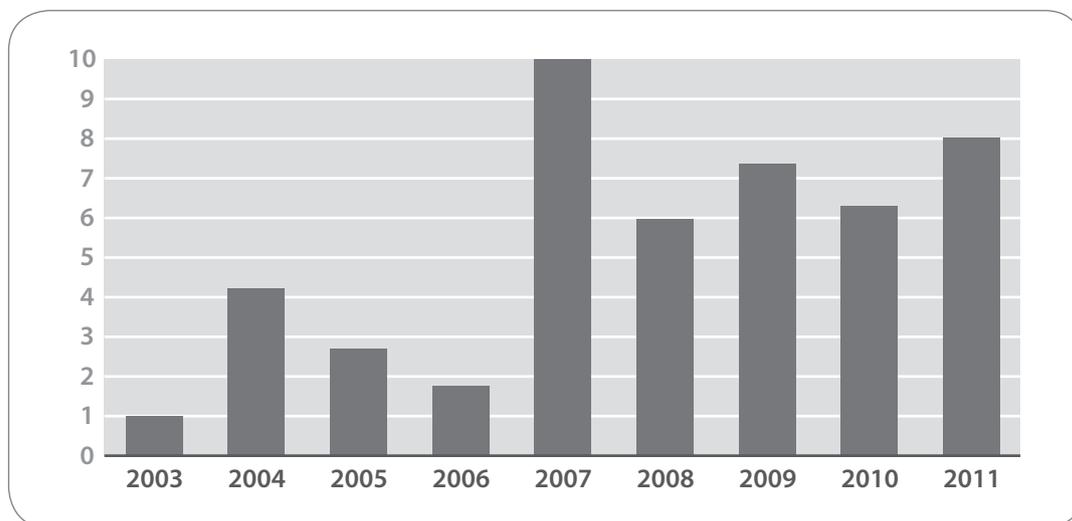
O tempo máximo de titulação é de 3 anos (36 meses). No primeiro ano, o mestrando apresenta publicamente seu projeto de pesquisa e a proposta de produto, o qual é discutido com um grupo de docentes do curso que, por sua vez, apresenta questões de reflexão que consideram a prática profissional do mestrando, dentre outros; no segundo ano, há a qualificação, apresentada a uma banca examinadora composta por três docentes do próprio Programa ou convidados, que avalia o texto e o produto em desenvolvimento; e, no terceiro ano, a defesa da dissertação, cuja banca conta sempre com, no mínimo um membro externo à UFRN como examinador.

Entre os objetivos formativos do PPGECNM, incluem-se: atender à necessidade e demanda crescentes de qualificação de professores; promover aos pós-graduandos embasamento de conteúdos científicos e de metodologias de ensino atuais; instrumentalizar os pós-graduandos de modo que tenham autonomia para refletirem e redimensionarem sua prática pedagógica e produzirem conhecimentos que possam ser difundidos no Ensino de Ciências Naturais e Matemática; criar condições de continuidade de estudos, pesquisas e formação profissional de modo a estabelecer um diálogo contínuo entre o saber científico e o saber escolar; enfatizar a interdisciplinaridade como um fator essencial à formação e ao exercício profissional dos pós-graduandos; contribuir para um maior intercâmbio com outras instituições de ensino e pesquisas nacionais e internacionais.

Com esses objetivos, o PPGECNM almeja contribuir com a melhoria dos processos de ensino e aprendizagem, por meio da formação dos professores que atuam no sistema educacional, principalmente, na Educação Básica e pública. Assim, desde a criação, participaram da seleção do PPGECNM aproximadamente 800 candidatos.

No Gráfico 2, observamos que a procura pelo mestrado profissional, nesse caso específico, pelo PPGECNM, aumentou de forma significativa nos últimos anos, quando comparado com os quatro primeiros anos de seleção.

Gráfico 2 – Média de candidatos na seleção anual do PPGECNM



Fonte: elaborado pelos autores deste artigo.

Nesse Gráfico, observamos que a procura pelo mestrado profissional vem aumentando de forma significativa nos últimos anos.

O PPGECNM conta com a participação de professores dos Institutos de Química, de Física, dos Departamentos de Matemática, de Microbiologia e Parasitologia, do Centro de Educação e da Secretaria de Educação a Distância da UFRN que atuam com a formação de licenciandos.

O corpo docente conta atualmente² com 22 doutores, sendo 16 do quadro permanente e 6 colaboradores (PPGECNM, 2012), todos licenciados (Física, Química, Biologia, ou Matemática) e com atuação tanto no curso presencial como na modalidade a distância. Dentre esses, 16 possuem doutorado em Educação ou área afim (Ensino de Ciências ou História e Filosofia da Ciência ou educação matemática) e 6 com doutorado em campo de conhecimento específico, mas com produção na área de Ensino de Ciências e Matemática. Apesar de a Portaria nº 7 permitir profissionais com outra titulação, o Colegiado do curso decidiu pela composição do corpo docente apenas por doutores.

O curso possui uma área de concentração, Ensino de Ciências Naturais e Matemática e organiza-se em três linhas pesquisas, a saber: História, Filosofia e Sociologia da Ciência no Ensino de Ciências Naturais e da Matemática, Educação em Astronomia e Ciências da Terra, Ensino e Aprendizagem de Ciências Naturais e Matemática. Respectivamente, a primeira enfatiza questões relacionadas à História, Filosofia e Sociologia das Ciências e da Matemática e ao seu uso como estratégia didática, focaliza a contribuição desses elementos ao processo de ensino e de aprendizagem das Ciências Naturais e da Matemática, bem como à formação de professores. A segunda linha,

² Dados de dezembro de 2011, disponíveis em: <<http://www.posgraduacao.ufrn.br/ppgecnm>>.

por sua vez, dedica-se à investigação dos processos de ensino e de aprendizagem de Ciências Naturais, com ênfase em conteúdos de Astronomia, Ciências Espaciais e da Terra, tendo como base a Etnoastronomia e a Astronomia Cultural, numa perspectiva socioambiental. Por fim, na terceira linha estão inseridos estudos que visam a desenvolver metodologias e estratégias para o ensino e aprendizagem relativos à Educação Básica e ao Ensino Superior, bem como à formação inicial e continuada de professores.

A estrutura curricular inclui disciplinas de natureza pedagógica e epistemológica e de conteúdo específico, algumas vezes, desenvolvidas em parceria com outros programas de pós-graduação da instituição, a exemplo da Pós-Graduação em Química e da Pós-Graduação em Educação. Além das disciplinas, são exigidas atividades de orientação, participação em seminário de pesquisa, exame de qualificação de língua estrangeira.

Com relação ao financiamento, o curso é gratuito, apesar de a Portaria nº 7 permitir que os MPs sejam autofinanciáveis, o entendimento do corpo docente é que nosso público-alvo são os professores em exercício (na maioria da rede pública) e não devem custear sua formação, mas sim, essa, deve ser custeada pelo Estado. A maioria dos docentes desta classe de ensino ainda possui um reconhecimento salarial desfavorecido, quando olhamos para outras profissões. Assim, é missão desse grupo contribuir com a melhoria do ensino público do país e, portanto, questões econômicas não podem constituir impedimento para a formação continuada deles.

Dentro desse contexto, o PPGEENM tem sido contemplado com bolsas destinadas tanto a professores quanto a pós-graduandos. Essas bolsas provêm de diferentes fontes de financiamento. A Capes (DS) concede 4 bolsas, as quais são divididas, por esta agência, em 3 cotas de mesmo valor, beneficiando 12 mestrandos. A partir de 2008, por meio do Programa de Apoio a Planos de Reestruturação e Expansão das Universidades Federais (REUNI), foram concedidas 3 bolsas para mestrandos e, em 2009, foi autorizada mais uma bolsa. Além da concessão direta de bolsas para o programa, aquela e outras agências de fomento têm contribuído com a oferta de bolsas por meio de projetos coordenados por professores do PPGEENM, a exemplo do Observatório da Educação, Fundação de Amparo a Pesquisa do Rio Grande do Norte (FAPERN) e do Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq).

A busca de identidade do mestrado profissional em ensino da UFRN

Ao longo dos dois primeiros triênios (2001-2003 e 2004-2006) de funcionamento do PPGEENM, o MP foi avaliado com conceito 3, pela Capes. Esse resultado refletia, de certa forma, o perfil do PPGEENM. Nesse período, muitos equívocos foram cometidos. Alguns relacionados à inexperiência do corpo docente e outros de natureza estrutural e de identidade dos mestrados profissionais e, conseqüentemente, do nosso.

Esse panorama refletiu em inquietações por parte do corpo docente que, em busca de superá-las, investiu, além da submissão de projetos para financiamento externo, já mencionados no item anterior, também fez proposições para o grupo. Entre estas, destacamos a realização, em 2006 do 1º *Workshop* do PPGEENM, que contou com a participação, não apenas da coordenação e dos professores credenciados, como tam-

bém de outros docentes interessados em solicitar credenciamento. Nesse evento, foi discutida a parte administrativa e acadêmica dos alunos do mestrado. No 2º *Workshop*, realizado em 2007, a meta foi discutir a produção dos docentes e apresentar o resultado obtido com as decisões tomadas naquele primeiro.

Em abril de 2008, o programa organizou O 1º Encontro de docentes dos Programas da área de Ensino de Ciências e Matemática do Norte-Nordeste, contando com a participação de 25 docentes dos programas da mesma área de atuação, a saber: Universidade Federal do Pará (UFPA); Universidade Estadual da Paraíba (UEPB); Universidade Federal Rural de Pernambuco (UFRPE); Universidade Federal de Pernambuco (UFPE); Universidade Federal da Bahia (UFBA) e UFRN. O encontro promoveu, além da divulgação e socialização das desenvolvidas pelos programas, sugestões de formas de cooperação entre os mesmos; de meios de divulgação e produção docente e discente; organização de uma revista eletrônica; e organização do doutorado em rede. Como resultado desta proximidade vários projetos foram encaminhados buscando recursos para auxiliar na busca da identidade do PPGECCNM. Este apoio veio de projetos aprovados em 2008 como Casadinho (CNPq),³ Programa Nacional de Cooperação Acadêmica – Ação Novas Fronteiras Procad-NF – Capes⁴ e Observatório da Educação – Capes.⁵ O resultado desses projetos relaciona-se à política de articulação e consequente fortalecimento da área Ensino de Ciências Naturais e Matemática.

Entre as questões que permeavam esses projetos, observava-se a preocupação em buscar a identidade do PPGECCNM, isto é: quem somos? Que produtos estão sendo desenvolvidos? Que especificidade ou eixo comum existe em nossas pesquisas e orientações? Onde estão nossos egressos? Este capítulo tem como objetivo apresentar parte do resultado obtido desses estudos, voltados, em especial, àqueles decorrentes da descrição, análise e avaliação das dissertações defendidas no âmbito do PPGECCNM, no período de 2002 a 2011.

Descrição, análise e avaliação das dissertações produzidas no PPGECCNM

A área de Ensino de Ciências já consolidada há quase 40 anos, tanto no contexto internacional como nacional, apresenta elevada produção de conhecimento e crescimento dos programas de pós-graduação, a divulgação, o acesso, a incorporação dos resultados das pesquisas pelas escolas da educação básica e superior, entretanto, a formação de mestres e doutores na região Nordeste, ainda é limitada. Ao mesmo tempo, é necessário considerar que, à medida que o número de pesquisas aumenta e cresce o volume de informações, a área de investigação vai adquirindo densidade, surgindo a necessidade de avaliarmos criticamente o que já foi feito.

³ Projeto aprovado pelo edital MCT/CNPq/CT-Infra/CT-Petro/Ação Transversal IV n° 16/2008 – *casadinho*, em parceria com a Pós-Graduação em Educação Científica e Tecnológica (PPGECT) da UFSC e tem como objetivos criar condições para a associação de projetos de pesquisa; identificar novos tópicos potenciais de pesquisa; incrementar a formação pós-graduada de nossos docentes e pós-graduandos; recuperar e incrementar a infraestrutura necessária para a pesquisa na área de Ensino de Ciências. Dessa forma, pretende-se promover o fortalecimento do grupo de pesquisa envolvido no Ensino de Ciências e na melhoria da educação básica brasileira.

⁴ Projeto em parceria com a Pós-Graduação em Educação Matemática da Universidade Estadual Paulista Júlio Mesquita Filho (UNESP-Rio Claro) intitulado *Rede de Cooperação Acadêmica em Educação Matemática e História da Matemática UFRN-UNESP-RC*.

⁵ Projeto tem como objetivo realizar estudos de descrição, análise e avaliação da produção acadêmica dos Programas de Pós-Graduação em Ensino de Ciências e Matemática da Universidade Federal Rural de Pernambuco, Universidade Federal do Rio Grande do Norte e Universidade Estadual da Paraíba, bem como investigar as contribuições da formação continuada, a nível stricto sensu, de professores egressos para a melhoria da qualidade da Educação Básica.

Isso pressupõe, entre outras coisas, uma análise descritiva do conjunto dessa produção, visando a uma avaliação quali-quantitativa do campo de pesquisa. Isto é, conhecer as pesquisas dedicadas ao estudo de um conjunto determinado de investigações sobre uma área, um tema de interesse específico ou ainda um campo específico de estudo: o *estado da arte*.

Segundo Megid Neto e Pacheco (2001), são trabalhos de revisão de literatura que analisam a evolução histórica da produção, tendências temáticas e metodológicas, os principais resultados das investigações, problemas e limitações, as lacunas e áreas ainda não exploradas, dentre muitos outros aspectos (BEJARANO; CARVALHO, 2000). Particularmente no PPGECNM, esperamos estabelecer um quadro geral sobre a produção dos egressos, os caminhos que têm sido percorridos, as linhas teórico-metodológicas empregadas, os principais resultados encontrados e as efetivas contribuições para a melhoria do ensino de Ciências e Matemática.

Assim, o estudo dividiu-se em duas etapas fundamentais: a primeira tem caráter essencialmente bibliográfico, buscando inventariar as produções das dissertações produzidas no PPGECNM no período de 2002 até 2011. Para tanto, foram adaptados descritores utilizados na produção dos catálogos da Universidade Estadual de Campinas (UNICAMP)/FE/Centro de Documentação em Ensino de Ciências (CEDOC) (1998) que têm permitido estudos sistemáticos das produções da área, além de se constituírem também um banco de dissertações e teses. O Cedoc organiza seus dados por meio dos seguintes descritores: autor e orientador do trabalho; grau acadêmico e instituição em que foi produzido/defendido; ano da defesa; área de conteúdo do currículo escolar (Física, Biologia, Química, Geociências, Educação Ambiental, dentre outras); foco e subfoco temático; nível escolar abrangido pelos estudos (MEGID NETO, 1998).

Para melhor corresponder às especificidades do PPGECNM, introduzimos dois novos descritores (ver Quadro 1), a saber: referenciais teórico-metodológicos e o produto. O primeiro vem sendo utilizado por vários pesquisadores (a exemplo de Kawamura e Salém (1993); Lemgruber (1999); Marandino e Scarpa (1998); Ferreira (2001); Moreira (2003); Slongo (2004), entre outros) na análise de produções acadêmicas. Esse descritor permite-nos perceber as contribuições e o enquadramento dos referenciais teórico-metodológicos entre as tendências na área de Ensino de Ciências e Matemática no PPGECNM. Em linhas gerais, a análise das produções, segundo esses descritores, fornecerá os dados iniciais para a reflexão e identificação de novas perspectivas de pesquisa.

Quadro 1 – Ficha de caracterização da dissertação do PPGECONM

Ano de defesa	
Título:	
Autor:	Orientador:
Área de conteúdos do currículo escolar:	
Foco temático:	
Subfoco:	
Sujeitos e nível escolar a que se destina:	
Instituição onde foi desenvolvida a pesquisa:	
Referenciais teórico e metodológico utilizados Estratégias Metodológicas/Intervenção: Instrumentos: Análise dos Resultados:	
Resumo:	
Produto apresentado: Sim () Não () Destacado (): Comentário – em anexo ou em apêndice Presente no corpo da dissertação () Tipo de produto:	
Local de divulgação:	
Instituição em que o egresso atua:	

Fonte: elaborado pelos autores deste artigo.

Já o segundo descritor introduzido refere-se particularmente aos mestrados profissionais, visto que o desenvolvimento do produto da dissertação é uma das condições prevista na Portaria nº 7. O trabalho de conclusão de curso, segundo Moreira e Nardi (2009), constitui-se em um relato de uma experiência e intervenção com uso de estratégias/metodologia de ensino ou produtos de natureza educacional, preferencialmente apresentando os resultados. Já o produto da dissertação pode ser, por exemplo: objetos de aprendizagem (*Software*, simulações, hipermídias, etc.), texto didático para alunos; texto de apoio aos professores; vídeos; equipamentos educacionais; unidades de ensino; experimentos de bancada, entre outros. Particularmente, esse descritor procura identificar se a dissertação apresenta produto, o tipo de produto, sua apresentação – em anexo ou no corpo do trabalho de conclusão da dissertação.

O produto é a principal diferença entre os mestrados profissionais (MPs) e os Mestrados Acadêmicos (RIBEIRO, 2005; OSTERMAN; REZENDE, 2009). Segundo Moreira e Nardi (2009), o produto é produção técnica indispensável para a conclusão do mestrado profissional em ensino e deve ser um processo ou ferramenta de natureza educacional que possa ser disseminado, analisado e utilizado por outros professores.

A segunda etapa deste estudo inclui mapear a localização geográfica dos egressos do PPGECONM; identificar o perfil, a atuação profissional e a continuidade na formação profissional. Para tanto, foi elaborado um roteiro de entrevista semiestruturada e foram analisadas as falas na busca pela compreensão do significado. Utilizamos alguns elementos da proposta metodológica da entrevista compreensiva e da multirreferencialidade (conforme Matos, Silva e Araújo, 2011). Da primeira, buscamos o forjar de hipóteses dos discursos na busca dos núcleos de significados nas falas dos sujeitos,

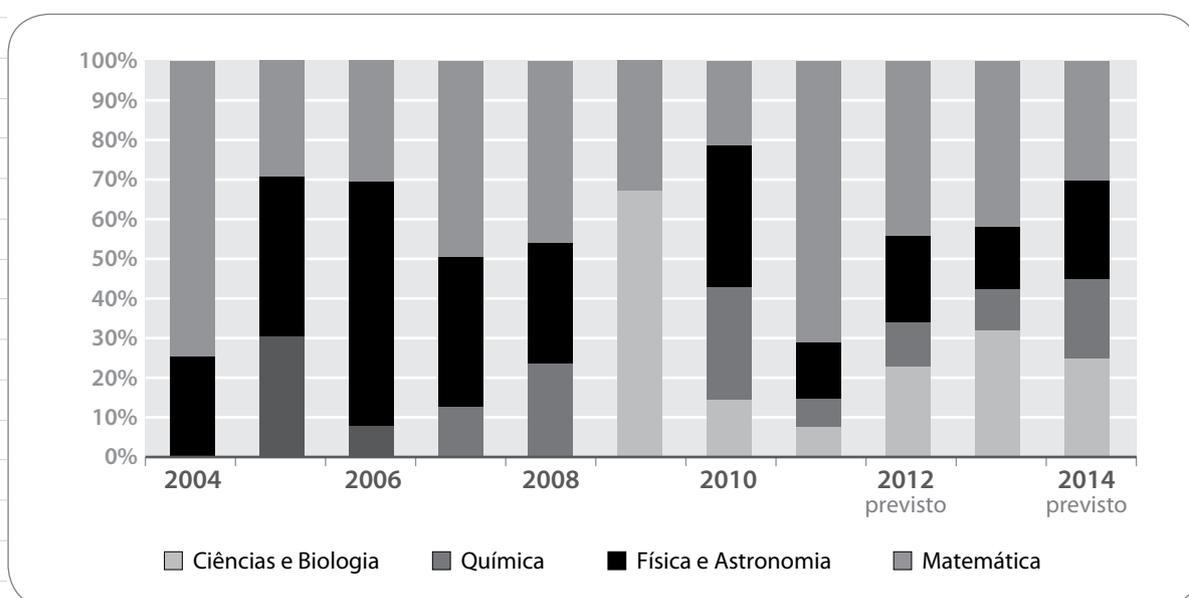
de significados não explícitos e de possibilidades teóricas. Da multirreferencialidade, buscamos perspectivas de relação teórica emergentes da fala dos entrevistados (SILVA, 2010; MARTINS, 2004).

Nos tópicos, a seguir, procuramos descrever a análise das dissertações, de acordo com nossas inquietações, na busca da identidade do mestrado profissional em Ensino de Ciências e Matemática da UFRN.

Quais as áreas de conhecimento apresentadas nas dissertações do PPGECCNM?

Foram produzidas, desde 2002 até 2011, 79 dissertações (conforme nos demonstra o Gráfico 3), e estão previstas para 2012 outras 9 defesas. As dissertações foram organizadas de acordo com a área específica (Ensino de Física e Astronomia, Ensino de Ciências e Biologia, Ensino de Química e Educação Matemática) que abordavam, conforme apresentado no Gráfico 3.

Gráfico 3 - Dissertações produzidas/a produzir no PPGECCNM



Fonte: elaborado pelos autores deste artigo.

Observamos, a partir do Gráfico 3, um desequilíbrio em termos de número de dissertações defendidas na área de Educação Matemática e a ausência na de Biologia, até 2008. Isso em função do desequilíbrio na formação dos docentes credenciados no PPGECCNM nesse período. Apesar de, desde 2006, já haver posto em prática a política interna para credenciar docentes nessa área do conhecimento, esse processo envolvia, além da formação do orientador para o mestrado profissional, a sua inserção em uma área cujo foco era o Ensino de Ciências, visto que esses profissionais vinham de uma formação específica. Assim, em 2006, foi credenciada uma professora, que iniciou suas atividades sendo acompanhada por outro docente mais experiente, e iniciada a formação de um grupo de estudo com outros docentes interessados em se credenciar ao PPGECCNM. Em 2009, foram credenciados mais 3 novos orientadores para atuar com a Biologia.

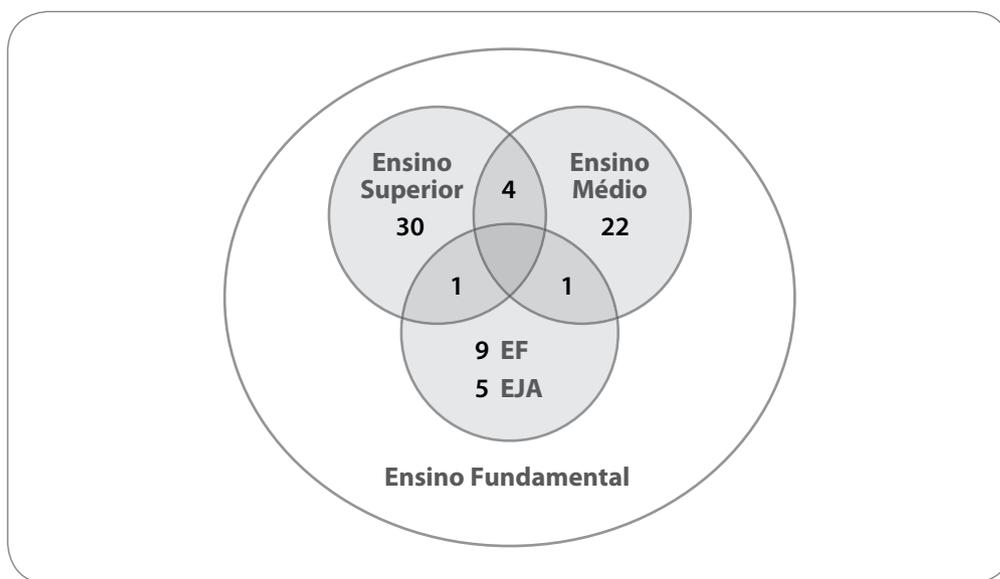
Não se pode deixar de destacar o apoio institucional da UFRN no qual, por meio do Reuni, abre 8 vagas para concurso, distribuídas igualmente em Ensino de Biologia, Física, Química e Matemática. Dessa forma, havia/há um esforço do corpo docente do

PPGECNM em aproximar os novos docentes do mestrado profissional. Esses docentes participam de grupos de estudo e das atividades desenvolvidas no âmbito do projeto Casadinho/CNPq para o fortalecimento e a consolidação do grupo de pesquisa em Ensino de Ciências do PPGECNM.

Quais os níveis de ensino em que foi desenvolvida a pesquisa para a dissertação?

O corpo discente do PPGECNM é constituído essencialmente por professores da educação básica e superior. A Figura 1 ilustra a distribuição dos níveis de ensino.

Figura 1 - Níveis de ensino das pesquisas desenvolvidas



Fonte: dados organizados pelos autores deste artigo.

Pela Figura 1, observamos a ênfase em estudos no Ensino Superior, principalmente, relacionados à formação em exercício, com 30 estudos. Cabe destacar que alguns egressos desenvolveram seus estudos em dois níveis, por exemplo, no superior e médio. Por vezes, desenvolviam material didático ou uma estratégia de ensino, apresentavam para professores em exercício para posteriormente aplicar na sala de aula do Ensino Médio. O segundo nível de ensino mais focado foi o médio, seguindo do Ensino Fundamental.

Que produto vem sendo desenvolvido no mestrado profissional em ensino da UFRN?

Como já abordado, nos mestrados profissionais, é necessária a apresentação de um produto, do qual, por sua vez, detalhamos alguns esclarecimentos e orientações sobre a tipologia segundo a Portaria nº 07/2009. Observamos nas dissertações analisadas a presença do produto, mas chamamos a atenção que nas primeiras dissertações desenvolvidas no PPGECNM não se observa esse quadro. Muitas vezes, é necessário um processo de aproximação dos orientadores ao mestrado profissional, visto que

vivenciaram mestrados e doutorados acadêmicos. De certa forma, tal inexperiência reflete na produção do mestrado profissional conforme observamos, na Tabela 1, das 70 dissertações analisadas, 64 apresentam produto.

Tabela 1 - Tipos de produtos

Tipo de produto	Quantidade
Unidade de ensino	45
Ficha de análise de material didático	01
Material de apoio ao professor	02
Objetos de aprendizagem (vídeo, CD, Tabela, etc.)	08
Relatório técnico	02
Blog de apoio ao professor	03
Proposta curricular	03
Não apresentou produto	06
Total	70

Fonte: elaborada pelos autores deste artigo.

Para Moreira e Nardi (2009), o produto de um mestrado profissional em ensino consiste em uma produção técnica, podendo ser um processo ou ferramenta de natureza educacional a ser disseminado, analisado e utilizado por outros professores (PRADO; SILVA; ARAÚJO, 2011).

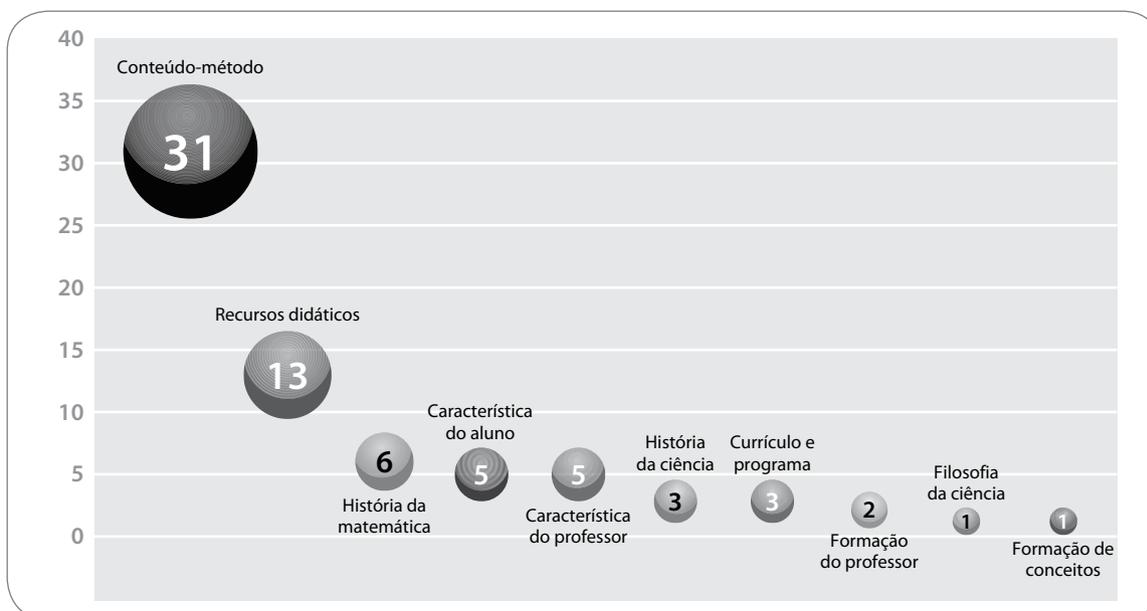
Dessa análise, identificamos dois grupos distintos de produto, a saber: propostas de intervenção apresentadas no corpo da dissertação; e o outro consiste no objeto em si, disposto no anexo ou em outro volume independente. Este último começa a refletir o amadurecimento do corpo docente na proposta do mestrado profissional como algo destacável do corpo da dissertação.

Quais os focos e subfocos temáticos abordados nas dissertações do PPGECCNM?

Para a caracterização do foco e subfoco tomamos como base as categorias utilizadas pelo Cedoc para esses descritores (conforme Megid Neto, 1998). Observamos, a partir dessa análise, um número significativo de focos temáticos relacionados ao *conteúdo-método* e aos *recursos didáticos* que são temas característicos dos mestrados profissionais em ensino.

O primeiro foco refere-se, principalmente, a dissertações que apresentam um método alternativo para abordar um dado conceito científico tanto da educação básica como superior. Já o segundo aborda, em geral, propostas de novos recursos didáticos, tais como *kits* experimentais, *softwares* ou outros meios instrucionais em situações de ensino. O Gráfico 4 apresenta os subfocos identificados na análise de descrição das dissertações do PPGECCNM.

Gráfico 4 – Focos temáticos identificados nas dissertações do mestrado profissional em ensino da UFRN



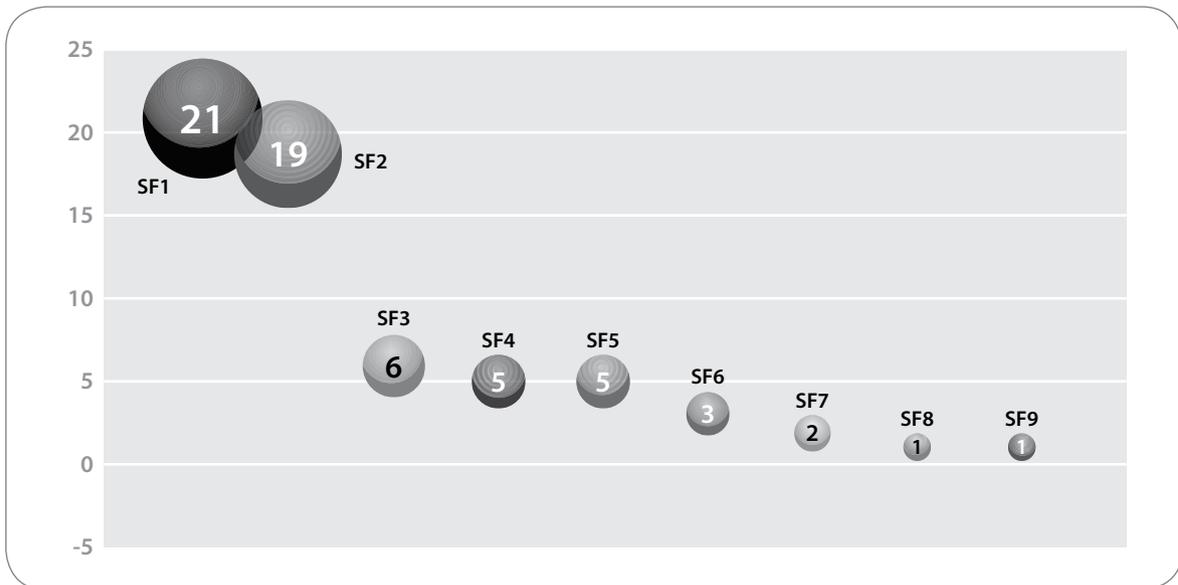
Fonte: elaborado pelos autores deste artigo.

Com relação aos subfocos, organizamos em códigos seguindo as categorias propostas pelo Cedoc. Emergiram 9 categorias, sendo que uma delas não constava no acervo do Cedoc por se tratar da área específica de Educação Matemática. A seguir, é apresentada cada subfoco identificado na análise de descrição das dissertações do PPGE CNM.

- 】 SF1: trabalhos que propõem e/ou aplicam e avaliam novos materiais, *kits* experimentais, softwares ou outros recursos e meios instrucionais em situações de ensino;
- 】 SF2: trabalhos que propõem método alternativo para o ensino de Ciências, ou que descrevem e avaliam práticas pedagógicas e a metodologia de ensino nelas presentes;
- 】 SF3: identificação das concepções do professor sobre ciência, de seu conhecimento *espontâneo* sobre experimentação;
- 】 SF4: identificação do conhecimento prévio do aluno, de suas concepções sobre ciência, conceitos científicos, etc.;
- 】 SF5: estudos de revisão bibliográfica em fontes primárias e secundárias que resgatam acontecimentos, fatos, debates, conflitos e circunstâncias da produção científica em determinada época do passado remoto e as articulações entre eles. Necessariamente, esses estudos devem explicitar alguma relação com o ensino na *área de Ciências*, como fundamentação de currículos, programas de formação de professores, concepções *espontâneas* dos estudantes e outras implicações para o processo ensino-aprendizagem;
- 】 SF6: estudos de revisão bibliográfica em fontes primárias e secundárias que resgatam acontecimentos, fatos, debates, conflitos e circunstâncias da produção científica em determinada época do passado remoto, e as articulações entre eles. Necessariamente, esses estudos devem explicitar alguma relação com o ensino na *área de Matemática*, como fundamentação de programas de formação de professores e outras implicações para o processo ensino-aprendizagem;

- 】 SF7: investigações relacionadas com a formação inicial de professores para o ensino na área de Ciências Naturais, no âmbito da Licenciatura;
- 】 SF8: comparação de modelos de pensamento com modelos conceituais presentes na história da ciência;
- 】 SF9: avaliação de propostas curriculares ou projetos educacionais. Proposição e desenvolvimento de programas para uma disciplina ou ciclo escolar completo. O quantitativo dessas categorias é esboçado no Gráfico 5.

Gráfico 5 - Subfocos temáticos identificados nas dissertações do PPGECCNM



Fonte: elaborado pelos autores deste artigo.

Chamamos a atenção para um foco e subfoco que emergiu do nosso estudo: *História da Matemática* como foco e como subfoco *estudos de revisão bibliográfica em fontes primárias e secundárias que resgatam acontecimentos, fatos, debates, conflitos e circunstâncias da produção científica em determinada época do passado remoto e as articulações entre eles. Necessariamente, esses estudos devem explicitar alguma relação com o ensino na área de Matemática, como fundamentação de programas de formação de professores e outras implicações para o processo ensino-aprendizagem.* Esses refletem a identidade de um grupo de professores que atuam nesse campo de investigação.

Onde estão atuando os egressos do PPGECCNM?

Outro aspecto que nos interessa no estudo é mapear geograficamente onde se localizam os egressos, onde estão atuando após a conclusão do mestrado profissional. Isto é, continuaram investindo na formação profissional? A maioria dos egressos, ao ingressar no mestrado profissional, atuava em escolas da educação básica. Eles permanecem nas escolas nesse nível de ensino e/ou atividade profissional? A Tabela 2 apresenta o local de atuação dos egressos.

Tabela 2 – Atuação dos egressos após a conclusão do mestrado profissional

Local de atuação	Quantidade
Institutos federais de educação média e superior	22
Escola de educação básica da rede pública	13
Instituições de Ensino Superior (estaduais e federais)	11
Outras instituições (ONGs e outras atividades)	06
Faculdades particulares	02
Escolas de educação básica da rede particular	02
Não identificado	13
Total	61

Fonte: elaborada pelos autores deste artigo.

Dos 70 egressos, dos quais analisamos as dissertações, foi possível identificar a atuação profissional de 61 deles. Desses, apenas 2 encontram-se na região Centro-Oeste, 2 na região Norte e os demais na região Nordeste do país. Entre os egressos, 7 estão cursando doutorado em educação, 5 cursando doutorado em área específica (Química, Física ou Biologia) e 2 já são doutores em Educação. O número pouco expressivo de egressos que continuam investindo na formação profissional pode ser reflexo da oferta de programas de doutorado na região Nordeste se considerarmos que a grande maioria dos egressos está atuando na rede de ensino da educação básica. Atualmente,⁶ entre os cursos reconhecidos pela Capes na área de ensino, existem 20 cursos de doutorado no Brasil, sendo que apenas 2 são no Nordeste (UFBA e UFRPE). Chamamos a atenção para um dado importante que emerge desse quadro: mais da metade dos egressos não estão nas escolas da rede de ensino da educação básica. Por exemplo, dos egressos cuja dissertação foi desenvolvida em Ensino de Química, apenas um permanece na rede pública do Ensino Médio, os demais estão ou nos institutos federais de educação média e superior ou em universidades federais ou estaduais.

É possível revelar caminhos da identidade do mestrado profissional em ensino?

Reconhecemos, neste capítulo, o desafio para realizar um estudo de descrição e análise das dissertações como viés na busca da identidade do mestrado profissional em Ensino de Ciências e Matemática da UFRN. Entendemos que é preciso triangular outras fontes para alcançar tal objetivo, por exemplo, considerar a produção acadêmica do corpo docente e os projetos de pesquisa desenvolvidos, entretanto, em um mestrado profissional a demanda vem expressa por cada novo egresso com uma questão-foco diferenciada que os motiva na busca do desenvolvimento profissional. Esse brilho no olhar e o entusiasmo apresentado por cada um deles não podem ser desconsiderados, gerando sempre um novo desafio ao orientador, o qual se renova a partir das necessidades reais da escola.

⁶ Dados obtidos em dezembro de 2011 no endereço <<http://www.capes.gov.br>>.

Destacamos que, nesses 10 anos, o mestrado profissional em Ensino de Ciências e Matemática da UFRN alcançou objetivos com relação ao público-alvo, atendendo a uma clientela exclusivamente de professores em exercício. Quanto ao produto educacional revela um amadurecimento do corpo docente em entender a essência da conclusão do curso do mestrado profissional, ao mesmo tempo em que sinaliza a importância de atuar como tutores dos novos orientadores que se inserem no grupo. O corpo docente ainda é pequeno comparado à demanda de candidatos que participam da seleção anualmente. São necessárias ações dirigidas a esse público que se encontra presente no quadro permanente da UFRN. Ações iniciadas em projetos aprovados com apoio financeiro de agências como CNPq – Casadinho –, e Capes – Procad-NF, os quais contribuíram não somente com a infraestrutura física, mas também como parte da formação em serviço de professores do corpo docente do mestrado profissional assim como daqueles interessados no credenciamento.

Outro ponto importante é o fato de os egressos terem mudado de nível de ensino. Uma das expectativas do mestrado profissional é a melhoria da educação básica com a inserção e proximidade imediata da pesquisa nas salas de aula. Boa parte dos egressos hoje atua como professores-formadores, o que de certa forma, é um novo ponto de vista, pois entendemos que o saber da experiência deles contribui de forma significativa na problematização de questões referentes à formação inicial de futuros professores.

Referências

BRASIL. *Decreto s/n*, de 18 de janeiro de 1999.

BEJARANO, N. R. R.; CARVALHO, A. M. P. A educação química no Brasil: uma visão através das pesquisas e publicações da área. *Educación Química*, v. 11, n. 1, p. 160-167, 2000.

CAPES. *Portaria nº 7, de 22 de junho de 2009*. Dispõe sobre o mestrado profissional no âmbito da Fundação de Amparo a Pesquisa. Disponível em: <<http://www.fnmp.org.br/documentos/portaria-normativa-mec-n07-22-06-2009/>>. Acesso em: 31 dez. 2011.

CAPES. *Cursos recomendados e reconhecidos*. Disponível em: <<http://www.capes.gov.br>>. Acesso em: 31 jan. 2011.

CEVALLOS, I. *O mestrado profissional em ensino de Matemática e o desenvolvimento profissional de professores: um desafio institucional*. Tese (Doutorado em Educação Matemática) – Programa de Pós-Graduação em Educação Matemática. Pontifícia Universidade Católica de São Paulo, São Paulo, 2011.

FISCHER, T. Seduções e riscos: a experiência do mestrado profissional. *Revista de Administração de Empresas*, v. 43, n. 2. p. 119-123, abr./jun., 2003.

FERREIRA, M. S. *A história da disciplina escolar Ciências nas dissertações e teses brasileiros no período de 1981-1995*. Rio de Janeiro: UFRJ, 2001.

KAWAMURA, M. R.; SALÉM, S. In: NARDI, R. (Org.). *Teses na área de Ensino de Física*. SIMPÓSIO NACIONAL DE ENSINO DE FÍSICA, 10. 1993, Londrina. *Atas...* Londrina: SBF, 1993. p. 422-31.

LEMGRUBER, M. S. *A educação em ciências físicas e biológicas a partir de teses e dissertações (1981 a 1995): uma história de sua história*. 1999. Tese. (Doutorado em Educação) – Universidade Federal do Rio de Janeiro. Rio de Janeiro, 1999.

MALDANER, O. A. A pós-graduação e a formação do educador químico. In: ROSA, M. I. P.; ROSSI, A. V. *Educação Química: memórias, tendências, políticas*. Campinas: Átomo, 2008. p. 269-288.

MARANDINO, M.; SCARPA, D. L. Pesquisa em Ensino de Ciência: um estudo sobre as perspectivas metodológicas. In: ENCONTRO NACIONAL DE PESQUISA EM EDUCAÇÃO E CIÊNCIAS, 2., 1998, São Paulo. *Atas...* São Paulo: ABRAPEC, 1998. 1 CD-ROM.

MARTINS, J. B. Contribuições epistemológicas da abordagem multirreferencial para a compreensão dos fenômenos educacionais. *Revista Brasileira de Educação*, n. 26, p. 85-94, maio/jun./jul./ago. 2004.

MATOS, M. R. P.; SILVA, M. G. L.; ARAÚJO, M. F. F. A formação pós-graduada em Ensino de Ciências Naturais e Matemática de docentes do IFRN: implicações na atuação docente. In: VIII ENCONTRO NACIONAL DE PESQUISA EM EDUCAÇÃO E CIÊNCIAS, 2011, Campinas. *Atas...* São Paulo: ABRAPEC, 2011.

MEGID NETO, J.; PACHECO, D. Pesquisa em Ensino de Física do 2º grau no Brasil: concepção e tratamento de problemas em teses e dissertações. In: NARDI, R. (Org.). *Pesquisas em Ensino de Física*. 2. ed. São Paulo: Escrituras, 2001. p. 15-30.

MEGID NETO, J. *O Ensino de Ciências no Brasil: catálogo analítico de teses e dissertações, 1972-1995*. Campinas: UNICAMP/FE/CEDOC, 1998. 220 p.

_____. Três décadas de pesquisas em Educação em Ciências: tendências de teses e dissertações. In: NARDI, R. (Org.). *Pesquisa em Ensino de Ciências no Brasil: alguns recortes*. São Paulo: Escrituras, 2007. p. 341- 355.

MOREIRA, M. A. Pós-graduação e pesquisa em Ensino de Ciências no Brasil. In: ENCONTRO NACIONAL DE PESQUISA EM EDUCAÇÃO E CIÊNCIAS, 4. Bauru, SP, 2003. *Atas...* Bauru: APRAPEC, 2003. 1 CR-ROM.

MOREIRA, M. A. O mestrado (profissional) em ensino. *Revista Brasileira de Pós-Graduação*, n. 1, p. 131-142, jul. 2004.

MOREIRA, M. A.; NARDI, R.; O mestrado profissional na área de Ensino de Ciências e Matemática: alguns esclarecimentos. Professional máster degree in the field of science and mathematics teaching: some clarifications. *Revista Brasileira de Educação, Ciência e Tecnologia*, v. 2, n. 3, set./dez. 2009.

OSTERMANN F.; REZENDE, F.; Projetos de desenvolvimento e de pesquisa na área de Ensino de Ciências e Matemática: uma reflexão sobre os mestrados profissionais. *Caderno Brasileiro de Ensino de Física*, v. 26, n. 1, p. 66-80, abr. 2009.

RIBEIRO, R. J. O mestrado profissional na política atual da Capes. *Revista Brasileira de Pós- Graduação*, v. 2, n. 4, p. 8-15, 2005.

RIBEIRO, R. J. Ainda sobre o mestrado profissional. *Revista Brasileira de Pós- Graduação*, v. 3, n. 6, p. 313-315, dez. 2006.

SLONGO, I. P. *A produção acadêmica em Ensino de Biologia*. 2004. 349f. Tese. (Doutorado). Centro de Ciências da Educação, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2004.

SILVA, R. F. *A entrevista compreensiva*. Natal, RN: EDUFRN, 2010. (No prelo).

SILVEIRA, V. O.; PINTO, F. C. S. Reflexões sobre o mestrado profissional. *Revista Brasileira de Pós-Graduação*, v. 2, n. 4, p. 38-47, jul. 2005.

USP/IFUS. Universidade de São Paulo, Instituto de Física. *Ensino de Física no Brasil: catálogo analítico de dissertações e teses (1972-1992)*. São Paulo: [s.n.], 1992.

USP/IFUS. Universidade de São Paulo, Instituto de Física. *Ensino de Física no Brasil: Catálogo analítico de dissertações e teses (1992-1995)*. Projeto Documentação e Assessoria em Ensino de Física – IFUSP/SPEC/PADCT/CAPES. São Paulo: [s.n.], 1996. 67 p.

COMUNICAR E CONHECER TRABALHOS CIENTÍFICOS NA ÁREA DA PESQUISA EM ENSINO DE CIÊNCIAS: O IMPORTANTE PAPEL DOS PERIÓDICOS CIENTÍFICOS

Adriana Mohr

Sylvia Regina Pedrosa Maestrelli

Breve trajetória e caracterização da área de pesquisa em Ensino de Ciências no Brasil

As preocupações com o ensino sobre a natureza são muito antigas. Por exemplo, Comenius, em sua *Didática Magna* de 1630, mencionava que a experiência direta dos sentidos com os objetos e com a natureza era um dos princípios para melhores aulas. Quando a Biologia já havia se constituído em uma área de conhecimento, o *ensino das ciências* nas escolas também ocupou pesquisadores: por exemplo, Thomas Huxley (1892) empenhou-se para que o *ensino das ciências* naturais fosse incluído e valorizado nas escolas inglesas. Darwin já havia feito observações deplorando que o estudo oferecido na escola de seu filho fosse só de humanidades e que aí se valorizasse apenas a memorização (ATKINS, 1974).

A *pesquisa* em Ensino de Ciências (diferentemente da *prática pedagógica* do Ensino de Ciências nas escolas) tem uma história mais recente. Colinvaux (2008) assinala a década de 1970 como marco desta nova era.

No presente texto, abordaremos apenas aspectos da *pesquisa* em Ensino de Ciências no Brasil.

Há tempos o Ensino de Ciências como campo de pesquisa tem despertado o interesse dos estudiosos brasileiros, mas um marco importante foi a tradução, nos anos 1960, de coleções norte-americanas para o Ensino de Física, Química e Biologia de nível médio: *Physical Science Study Committee* (PSSC), *Chemical Bond Approach* (CAB) e *Biological Sciences Curriculum Study* (BSCS).

As inquietações de professores e licenciandos com problemas específicos do processo ensino-aprendizagem de conceitos científicos e com as concepções dos alunos sobre temas relacionados ao conhecimento científico veiculado em sala de aula impulsionaram os estudos. No início dos anos 1970 foram realizados os primeiros trabalhos acadêmicos em nível de pós-graduação tratando do tema, apresentados no Instituto de Física da Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS) e na Faculdade de Educação da Universidade de São Paulo (USP) (NARDI, 2005).

O primeiro curso de pós-graduação na área surgiu na USP, em 1973, com a criação do Programa de Pós-Graduação Interunidades em Ensino de Ciências, com a participação do Instituto de Física e da Faculdade de Educação. O Instituto de Química iniciou sua colaboração naquele programa em 1998, e o Instituto de Biociências juntou-se a eles em 2005.

De 1973 a 2000 apenas sete programas de pós-graduação em Ensino de Ciências foram criados, e grande parte dos pesquisadores dessa área foi formada em Programa de Pós-Graduação em Educação ou em áreas específicas da ciência que tinham linhas de pesquisa em Ensino de Física, Química ou Biologia. Foi também significativa a parcela de pesquisadores titulados fora do país, principalmente na Inglaterra e na França, além daqueles que obtiveram o título de mestre ou doutor em outra área do conhecimento e depois se dedicaram à pesquisa específica em Ensino de Ciências.

Dessa forma, o número de alunos e professores na área cresceu bastante, e em pouco tempo já havia um considerável grupo de respeitados pesquisadores no Ensino de Ciências. Os objetos de estudo, objetivos, métodos e os próprios conceitos e conhecimentos utilizados e gerados foram se tornando mais específicos dessa área, o que passou a distinguir esse grupo de pesquisadores tanto da área da Educação quanto das outras áreas de origem, exigindo um espaço próprio para a troca de ideias e produção de conhecimento.

Essa especificidade é o que caracteriza a *área de pesquisa em Ensino de Ciências*. Na prática, ela se materializa em suas associações científicas, seus eventos, periódicos e programas de pós-graduação específicos.

A Associação Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências (ABRAPEC) foi fundada em 1997. Ela representa os pesquisadores de todas as subáreas do Ensino de Ciências e nos congrega em torno de discussões de interesse comum. A Abrapec é responsável pela realização do Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências (ENPEC), que deverá ter sua nona edição em 2013.

A Sociedade Brasileira de Física (SBF), especificamente sua Comissão de Ensino, organiza o Simpósio Nacional de Ensino de Física (SNEF) – com a vigésima edição prevista para 2013.

A Divisão de Ensino da Sociedade Brasileira de Química (SBQ) responde pela organização do Encontro Nacional de Ensino de Química (ENEQ) – com sua décima sexta edição prevista para 2012.

A Sociedade Brasileira de Ensino de Biologia é a responsável pelo Encontro Nacional de Ensino de Biologia (ENE BIO) – que tem a quarta edição prevista para 2012.

Tais associações estão abertas a todos os interessados na pesquisa em Educação em Ciências: professores da educação básica ou superior, brasileiros e estrangeiros. A filiação de pesquisadores às suas respectivas

associações e sua atuação nelas é aspecto importante da vida acadêmica e fortalece a área da pesquisa em ensino.

As publicações também são importantes veículos para a disseminação das ideias e para a promoção do debate na área. Elas aparecem no início da história da pesquisa em Ensino de Ciências no Brasil, confirmando o interesse dos pesquisadores e a importância do reconhecimento dessa área de investigação.

Os primeiros grupos de pesquisa, constituídos por professores, graduandos, pós-graduandos e professores da educação básica com interesse em investigar e debater processos, fenômenos e elementos relacionados ao Ensino de Ciências também começaram a se formar desde cedo, ainda na década de 1960, o que foi um importante fator para o crescimento e fortalecimento da área. O número desses grupos tem aumentado e se espalhado por todo o país; atualmente, uma rápida consulta ao *Directorio dos Grupos de Pesquisa no Brasil* do Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) mostra-nos que já existem mais de 500 grupos de pesquisa trabalhando com o Ensino de Ciências no Brasil.

Assim, em resposta aos anseios dessa comunidade que já discutia o Ensino de Ciências há tantos anos, foi criada em setembro de 2000 uma área específica na Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) – área 46: Ensino de Ciências e Matemática.¹ Na época, a área era constituída por sete programas de pós-graduação, e em 2010 já contava com 60 programas num total de 78 cursos, assim distribuídos: 29 mestrados acadêmicos, 19 doutorados e 30 mestrados profissionais. A área tem sido cada vez mais ampliada, tendo incluído subáreas, tais que a Educação em Saúde e o Ensino de Geociências.²

Os periódicos da área de Ensino de Ciências³

De acordo com o Instituto Brasileiro de Informação em Ciência e Tecnologia (IBICT), *periódicos* são as publicações seriadas editadas em fascículos com designação numérica, em intervalos de tempo pré-fixados e por tempo indeterminado. Tais publicações trazem artigos escritos por investigadores de determinada área, que antes de serem publicados passam por criteriosa revisão feita por pesquisadores experientes (revisão por pares), o que dá credibilidade ao artigo. Tais periódicos são comumente chamados de jornais, revistas ou boletins, mas eles são muito diferentes das publicações que encontramos em bancas de jornais e revistas, não só pelo conteúdo e pela linguagem, mas também, principalmente, pela revisão por pares.

¹ Em junho de 2011, sem qualquer consulta aos pesquisadores da área, a direção da Capes extinguiu a área de Ensino de Ciências e Matemática e criou em seu lugar a *área de Ensino*. Quando da redação desse texto, em novembro de 2011, a situação criada por tal ato (coordenador efetivo, escopo da área, objetivos, diretrizes para novos programas de pós-graduação e avaliação dos já existentes, programas participantes, dentre outros aspectos) ainda não estavam definidos ou claramente divulgados, razão pela qual, e em protesto pelo arbitrário ato e respeito à história construída, ao longo de mais de 30 anos, optamos por continuar a designar a área como Ensino de Ciências e Matemática.

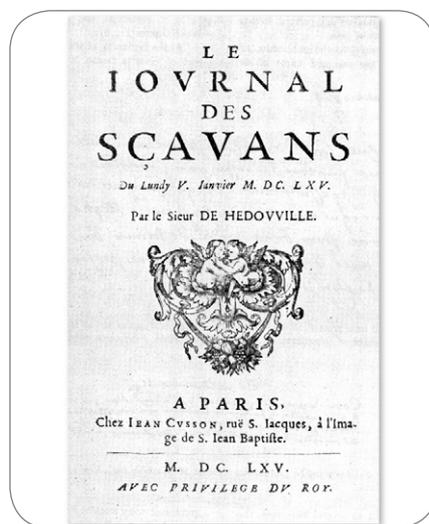
² Muitas das informações e dos dados apresentados nesse item foram retirados de sítios das associações científicas e do Relatório de Avaliação Trienal da Capes-2007-2009, publicado em setembro de 2010. Disponível em: <<http://trienal.capes.gov.br/wp-content/uploads/2011/01/ENSINO-DE-CM-RELAT%C3%93RIO-DE-AVALIA%C3%87%C3%83O-FINAL-jan11.pdf>>.

³ Embora a área 46 da Capes englobe Ciências e Matemática, trataremos neste texto apenas da área das Ciências, uma vez que a área de Matemática tem um desenvolvimento substancial e específico que mereceria toda uma abordagem especial, o que não se encaixa nas possibilidades deste capítulo inclusive, pela formação e atuação das autoras, contudo acreditamos que os interessados na pesquisa em Ensino de Matemática podem também aproveitar o texto transpondo-o e adaptando-o para a sua área as informações e discussões aqui propostas.

Assim, os periódicos científicos têm por objetivo a divulgação de pesquisas acadêmicas para um público específico, o que pode ser feito inclusive em linguagem própria, ao passo que os chamados periódicos de divulgação científica têm por objetivo disseminar os conhecimentos produzidos pelos pesquisadores para a sociedade em geral, e nesse caso a linguagem deve ser acessível aos leitores com as mais diferentes formações.

A necessidade de os pesquisadores de disseminarem e discutirem suas ideias é bastante antiga, e provocou o aparecimento dos primeiros periódicos há quase 350 anos. Rodrigues (1996) nos traz alguns dados interessantes a respeito da origem dos periódicos. O mais antigo periódico conhecido é o francês *Le Journal des Sçavans* (Figura 1), iniciado em janeiro de 1665 e editado por 319 anos, ou seja, até 1984. Esse periódico foi digitalizado e é possível consultá-lo livremente pela internet (<<http://gallica.bnf.fr/ark:/12148/cb343488023/date>>).

Figura 1 - *Le Journal des Sçavans*

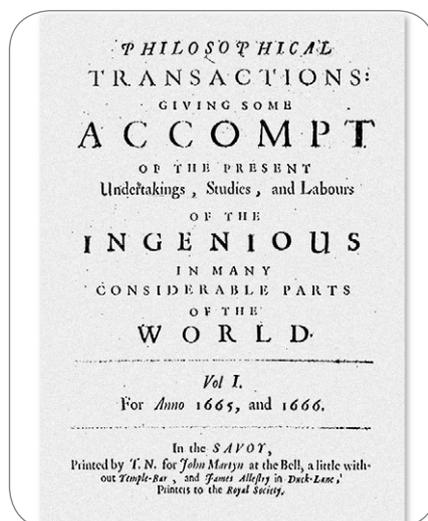


Fonte: disponível na internet

Ainda no ano de 1665, a Sociedade Real de Londres lançou um periódico que é publicado até os dias atuais (Figura 2). Inicialmente chamada apenas *Philosophical Transactions*, em 1887 essa revista foi dividida em duas: *Philosophical Transactions of the Royal Society-A*, dedicada à área da Matemática, Física e Engenharias; e *Philosophical Transactions of the Royal Society-B*, dedicada às ciências biológicas.

A revista foi digitalizada e está disponível na internet (<http://royalsocietypublishing.org/journals>) para acesso livre desde o primeiro volume, onde é possível consultar artigos de Charles Darwin, Isaac Newton, Robert Boyle e John Dalton, dentre outros.

Figura 2 - *Philosophical Transactions*



Fonte: disponível na internet

A seguir apresentamos um resumo panorama de alguns dos periódicos existentes na área do Ensino de Ciências.⁴ Para visão mais ampliada sugerimos consulta ao sítio do WebQualis⁵ (procura na aba *área de conhecimento*) e Portal de Periódicos da Capes (trataremos desses assuntos mais adiante neste texto). Alertamos que muitos dos importantes periódicos da área de Ensino de Ciências, especialmente estrangeiros, não constam no WebQualis ou no Portal de Periódicos.

Na área de pesquisa em Ensino de Ciências, o primeiro periódico editado no Brasil foi a *Revista Brasileira de Ensino de Física* (RBEF), lançada em janeiro de 1979, com o nome de *Revista de Ensino de Física* (REF). Publicado pela Sociedade Brasileira de Física, esse periódico destina-se a pesquisadores, alunos de graduação e pós-graduação e professores de Física em todos os níveis de escolarização.

Pouco tempo depois, em 1984, o Departamento de Física da Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC) passou a publicar o *Caderno Catarinense de Ensino de Física*, que permaneceu com essa denominação até 2002, quando passou a se chamar *Caderno Brasileiro de Ensino de Física* (CBEF). Apesar de ser voltado prioritariamente para os cursos de formação de professores de Física, tem sido amplamente utilizado em pós-graduações em Ensino de Ciências/Física e em cursos de aperfeiçoamento para professores do Ensino Médio.

Em 1995, a Sociedade Brasileira de Química (SBQ) iniciou a publicação de um periódico voltado especificamente para o professor do Ensino Médio: a revista *Química Nova na Escola*.

No ano seguinte, o Instituto de Física da Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS), iniciou a publicação de *Investigações no Ensino de Ciências* (IENCI),

⁴ Muitas das informações e dados apresentados neste item foram retirados de sítios dos periódicos citados.

⁵ O Qualis foi criado para o sistema de avaliação da pós-graduação brasileira e classifica periódicos científicos onde docentes e discentes integrantes dos programas de pós-graduação publicam. O Qualis não abrange a totalidade de periódicos científicos existentes em uma área. Para mais informações sobre o Qualis consultar <http://www.capes.gov.br/avaliacao/qualis>. WebQualis é uma página de consulta aos periódicos classificados pela Capes (<http://qualis.capes.gov.br/webqualis/>).

dedicada à pesquisa básica em Ensino de Ciências. Dez anos depois, em 2006, essa mesma instituição, passou a editar também a revista *Experiências em Ensino de Ciências* (EENCI), voltada para a pesquisa aplicada. Este periódico publica apenas trabalhos sobre experiências de ensino implementadas em sala de aula e avaliadas. Atualmente a EENCI é editada pelo Grupo de Ensino do Instituto de Física da Universidade Federal de Mato Grosso (UFMT).

Ciência & Ensino foi lançada em 1996 pelo Grupo de Estudo e Pesquisa em Ciência & Ensino (gepCE) então com apoio da Faculdade de Educação da Unicamp. Em 2006, foi criada a versão eletrônica (*on-line*) e realizada uma reestruturação da revista, que agora é editada por uma comissão constituída por membros de três grupos de pesquisa, o próprio gepCE/Unicamp, o Discursos da Ciência e da Tecnologia na Educação (DICTE) da UFSC, e o Grupo de Pesquisa em Educação Aplicada às Geociências (GPEAG) do IG/Unicamp. Esse periódico é destinado prioritariamente a professores de ciências do Ensino Fundamental e Médio.

A revista *Ciência & Educação*, editada sob responsabilidade do Programa de Pós-Graduação em Educação para a Ciência da Faculdade de Ciências da Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho (UNESP), Campus de Bauru, passou a ser publicada com equipe editorial em 1998. É uma publicação voltada para a divulgação de resultados de pesquisas em Educação em Ciências, Matemática e áreas afins.

O Centro de Ensino de Ciências e Matemática (CECIMIG) e o Programa de Pós-Graduação da Faculdade de Educação da Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG) são responsáveis pela publicação da revista *Ensaio – Pesquisa em educação em ciências*. Criada em setembro de 1999, tem por objetivo disseminar o conhecimento produzido por pesquisadores da área.

Dentre os principais periódicos brasileiros na área da pesquisa em Ensino de Ciências, é importante citar ainda a *Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências* (RBPEC), editada pela Abrapec, que desde 2001 publica os resultados de pesquisas na área.

Os periódicos apresentados acima não esgotam os títulos importantes para a área. Principalmente depois do ano 2000, vários outros se juntaram a esses, dedicando-se tanto a temas gerais, como a revista *Alexandria*, quanto a temas específicos dentro do Ensino de Ciências, como por exemplo, *Pesquisa em Educação Ambiental* e a *Revista Latino-Americana de Educação em Astronomia*.

Além desses exemplos nacionais, vários periódicos estrangeiros com diferentes focos também são fundamentais fontes de consulta para os pesquisadores da área. Listamos alguns, a título de exemplo, com data de início de publicação e país de edição: *Studies in Science Education* (1974, Reino Unido), *International Journal of Science Education* (1979, Reino Unido), *Enseñanza de las Ciencias* (1983, Espanha), *Recherches en Didactique des Sciences et des Technologies* (editado de 1985 a 2010 com o nome de *Aster*, França), *Science & Education* (1992, Austrália), *Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias* (2001, Espanha).

Novamente alertamos que a lista apresentada é apenas uma pequena fração dos títulos existentes. É fundamental que o pesquisador conheça e utilize os periódicos que veiculam artigos relacionados ao seu tema de pesquisa, tanto nacionais quanto estrangeiros.

A revisão bibliográfica nos periódicos da área do Ensino de Ciências

Agora que já apresentamos alguns aspectos sobre periódicos científicos, vamos à questão mais importante para as atividades de investigação do pesquisador: o que fazer com eles?

Conforme já abordamos, o periódico científico é um dos importantes componentes da ciência, pois ele permite o registro e a circulação de ideias, o que viabiliza a ciência como empreendimento coletivo. Alguns autores chegam a afirmar que um trabalho científico só se completa quando da publicação desta investigação.⁶

Mas, qual a relação disso com o trabalho de um pesquisador, leitor ou professor da área do Ensino de Ciências?

Sempre que nos propomos a trabalhar com certo tema, ou necessitamos verificar o estado atual de conhecimento em determinada área ou assunto, temos que ter em mente o caminho já percorrido por outros pesquisadores que se ocuparam anteriormente daquele tema, ou, em outras palavras, o que já se sabe sobre este tema. Para tanto, devemos consultar o acervo de periódicos científicos da área. Ele é repositório de informações, pesquisas, conceitos, teorias, que constituem a base da área de conhecimento na qual cada um de nós trabalha. A consulta a esse repositório é então fundamental, e condição *sine qua non* para o trabalho de pesquisa ou atualização.

Faz parte da atividade profissional do professor e do pesquisador estar atualizado na sua área de conhecimento. Assim, a consulta periódica às publicações é muito importante. O hábito de acessar mensalmente os sítios dos periódicos de maior interesse para a atividade de cada um é algo a ser cultivado desde o início da formação inicial. Com esse procedimento de leitura dos *títulos* e *resumos* dos artigos podemos saber o que está sendo publicado em nossa área, além de conhecer, por intermédio da leitura integral de um artigo, alguma pesquisa ou relato de experiência que nos interessa. O acesso aos sítios dos periódicos permite-nos também, por meio da leitura do *editorial*, conhecer e atualizarmo-nos sobre questões importantes e atuais em nossa área de atuação. Também nesses locais podemos ler *resenhas* de livros de interesse.

Muitos periódicos possuem um sistema automático de alerta para seus leitores, quando da publicação de um novo número. Isso é muito prático, pois recebemos por correio eletrônico o aviso dessa publicação, com a lista de títulos publicados. Esse serviço costuma ser gratuito e para beneficiarmo-nos dele, via de regra, é necessário apenas cadastrar nosso endereço eletrônico no campo correspondente no sítio do periódico.

Atualmente, os recursos da *internet* tornaram as buscas por informações muito fáceis e generalizadas, mas a simples busca na rede através do Google ou de outros buscadores não é adequada nos casos de trabalhos acadêmicos, seja porque nem todas as informações coletadas pela busca têm validade científica ou porque uma busca assistemática e geral não nos permite conhecer tudo o que é necessário para o trabalho acadêmico. Nesse caso, para aproveitar o repositório de informações científicas disponíveis, que são aquelas presentes nos periódicos científicos, para aprofundar-se adequadamente em

⁶ Para os interessados em aprofundar a discussão sobre características e natureza da ciência, bem como sobre o papel dos periódicos, recomendamos a leitura de trabalhos de John Ziman, especialmente seus livros publicados pela Edusp e Editora Itatiaia intitulados *Conhecimento público* (1979) e *A força do conhecimento* (1981).

um determinado assunto, para conhecê-lo e desenvolvê-lo, é necessário e fundamental fazer uma *revisão bibliográfica*. Trabalhos acadêmicos (trabalho de conclusão de curso, monografias de especialização, dissertações de mestrado e teses de doutorado) exigem para sua preparação (o projeto) e execução (o trabalho propriamente dito) o suporte de uma revisão bibliográfica (ou de literatura) *planejada, organizada e sistematizada*.

Revisão de literatura é um processo que reúne, analisa e discute informação já publicada (UNESCO, 1962). Quando se trabalha com determinado assunto é importante conhecê-lo com riqueza de detalhes. Assim, nós, como pesquisadores temos de conhecer o que já foi pesquisado sobre ele, pois certamente não somos a primeira pessoa a pensar nesse assunto e a ciência é um empreendimento coletivo, que se faz conhecendo os colegas e trabalhos que também se ocuparam do assunto que nos interessa.

Nosso trabalho incluirá muitos desses autores e trabalhos, pois teremos que nos apoiar em conhecimentos, conceitos e teorias já desenvolvidos e comparar nossos dados e resultados com os de outros pesquisadores, mas conhecer o assunto de nosso interesse não inclui apenas os principais autores importantes para o desenvolvimento de nosso trabalho (e que nesse caso poderiam ser indicados por um pesquisador mais experiente). Conhecer o assunto implica também em saber sobre pesquisas e autores que por diversos motivos (inadequação do enfoque de metodologia, dentre outros) não comporão as referências de nosso trabalho.

Essa situação é a mesma vivida e descrita por Umberto Eco, quando esse autor nos conta sobre a preparação e escrita de seu famoso romance *O Nome da Rosa*, que nos transporta à vida, aos mistérios e problemas vividos em um mosteiro medieval (e muitos interessantes problemas sobre a relação mestre-aprendiz, além de incursões sobre a natureza do conhecimento):

Como se vê, bastou mobiliar com pouca coisa nosso mundo e já se tem o início de uma história. Temos também o início de um estilo... O problema é construir o mundo, as palavras virão quase por si sós...

O primeiro ano de trabalho do meu romance [O Nome da Rosa] foi dedicado à construção do mundo. Longas listas de todos os livros que podiam ser encontrados em uma biblioteca medieval. Elencos de nomes e fichas anagráficas para inúmeros personagens, muitos dos quais foram depois excluídos da história. Vale dizer que *eu tinha que saber também quem eram os outros monges que não aparecem no livro; se não era necessário que os leitores conhecessem, eu devia conhecê-los*. Quem foi que disse que a narrativa deve fazer concorrência ao cartório de Registro Civil? Mas talvez deva fazer concorrência também ao departamento de obras públicas. Daí as longas pesquisas arquitetônicas sobre fotos e projetos na enciclopédia de arquitetura, para estabelecer a planta da abadia, as distâncias e até mesmo o número de degraus de uma escada de caracol. Mario Ferreti disse-me certa vez que meus diálogos são cinematográficos porque duram o tempo exato. Lógico, quando dois de meus personagens falavam andando do *refeitório* para o claustro, eu estava escrevendo com a planta debaixo dos olhos, e quando chegavam paravam de falar.⁷

Podemos assim perceber que o conhecimento do que vai compor (de forma explícita ou implícita) um trabalho científico depende de uma ampla visão do autor sobre

⁷ Umberto Eco, *Pós-escrito ao Nome da Rosa*. Rio de Janeiro: Nova Fronteira, 1985 (grifos nossos).

seu assunto de pesquisa e isso é conseguido por meio de uma cuidadosa e criteriosa revisão bibliográfica nos periódicos científicos.

A revisão bibliográfica serve para nos aprofundarmos no campo e tema de estudo, conhecermos os trabalhos feitos na área de interesse, aprendermos com eles, estruturarmos e dimensionarmos nossa própria pesquisa a partir de investigações já realizadas. Alves-Mazzotti (2002) afirma que a questão da revisão bibliográfica, por não receber a atenção adequada dos pesquisadores, é um dos pontos mais problemáticos em estudos no campo da Educação.

Essa atividade deve ser encarada pelo pesquisador como intrinsecamente ligada à atividade coletiva da qual faz parte o seu fazer científico. O pesquisador deve dimensionar sua atuação, assumindo ao mesmo tempo tanto uma postura humilde de conhecimento e reconhecimento de seus suportes teóricos e autores que o precederam e contribuíram para o tema em tela, quanto um altivo sentimento de inovação, que parte do já conhecido e desenvolvido para ir além e propor o novo. Isso nos lembra da citação utilizada por Astolfi, quando discorre sobre a importância do conhecimento acumulado pela humanidade:

E é por esta razão que eu retomei esta velha expressão da Idade Média de Bernard de Chartres, do século XII, que diz: 'Nós somos anões aninhados nos ombros de gigantes. Se nós vemos melhor e mais longe do que eles, não é pela melhor qualidade de nossa visão, mas em função da sua altura gigantesca: ela é que renovou a nossa maneira de perceber e compreender as coisas' (MOHR; AVILA-PIRES, 2011, p. 174).

Essa metafórica imagem descreve de uma forma muito poética essa constante postura que deve ser a do pesquisador.

Etapas e componentes da revisão bibliográfica

A revisão bibliográfica compõe-se de duas etapas: a *identificação* de artigos relevantes; e a *análise* desses artigos.

Na primeira etapa, são identificados os artigos relevantes para a investigação. Essa fase é imprescindível (e um grande perigo é pensarmos que aí se encerra a revisão), mas a etapa seguinte é ainda mais importante: a leitura, análise e utilização dos artigos identificados. Essa leitura e análise podem ser realizadas por meio de um fichamento de cada artigo.

Assim, a etapa de revisão bibliográfica só estará completa com a análise do material identificado. Umberto Eco (2008) lembra-nos do perigo de uma revisão bibliográfica inacabada nos seguintes termos:

Mas às vezes as fotocópias funcionam como álibi. Alguém leva para casa centenas de páginas fotocopiadas e a ação manual que exerceu sobre o livro lhe dará a impressão de possuí-lo. E a posse exime da leitura. Isto aconteceu a muita gente. Uma espécie de vertigem do acúmulo, um neocapitalismo da informação. Cuidado com as fotocópias: leia-as e anote-as logo após tirá-las (ECO, 2008, p. 95).⁸

Dessa forma, é fundamental uma leitura atenta e criteriosa dos artigos identificados na primeira etapa da revisão, elaborando fichas de leitura descritivo/analíticas e dia-

⁸ Atualmente, com a *internet*, o mesmo mecanismo repete-se com os artigos baixados da rede.

logando com os autores dos textos identificados ao mesmo tempo em que se elabora o próprio texto. Esses dois assuntos infelizmente fogem ao objetivo deste texto, que é apresentar aspectos relativos aos periódicos na pesquisa acadêmica na área de Ensino de Ciências. Indicamos para esses tópicos a leitura de Eco (2008) e Machado (s./d.).

A revisão bibliográfica sempre diz respeito à busca de textos em periódicos científicos, livros e outras obras sobre o tema de interesse do pesquisador.

A busca a livros é feita geralmente consultando-se catálogos de bibliotecas.

Para teses e dissertações a Capes disponibiliza o Banco de Teses e Dissertações, que cataloga a produção dos programas de pós-graduação brasileiros no sítio: <<http://www.capes.gov.br/servicos/banco-de-teses>>.

Orientações para realização de uma revisão bibliográfica em periódicos

A identificação dos artigos de interesse publicados em periódicos científicos pode ser realizada pelo acesso direto aos periódicos ou indiretamente através da consulta a bases de dados.

Busca de artigos de interesse diretamente nos periódicos

Os periódicos, nesse procedimento, são acessados diretamente em sua forma impressa ou *on-line* e seus sumários são lidos pelo pesquisador que compila em um relatório de revisão bibliográfica os artigos de interesse encontrados.

Conforme comentamos, o Ensino de Ciências é uma área de conhecimento bastante consolidada, mas tem história recente, pois existe como campo de pesquisa tanto no Brasil quanto no exterior desde a década de 1970. Assim, é uma excelente estratégia, para quem se inicia na pesquisa em Ensino de Ciências, que a revisão bibliográfica seja feita diretamente nos periódicos, pela leitura de seus sumários e desde o início de cada publicação, uma vez que o número de edições ainda permite um trabalho de revisão direta.

Com tal procedimento ganhamos duas vezes: a primeira é ter a certeza de que verificamos, diretamente pelos títulos (e resumos, se for o caso), a pertinência dos trabalhos na área que nos interessam (sem depender da busca por palavra). A segunda é que a leitura dos títulos dos trabalhos associados à identificação de seus autores pode nos auxiliar a compreender a área, conhecendo e familiarizando-nos com temas privilegiados (que variam ao longo do tempo), metodologias empregadas, grupos de pesquisa atuantes, dentre outros aspectos.

Cada pesquisador decidirá quais periódicos serão alvo da revisão bibliográfica. Isso dependerá, dentre outros fatores, do tema de interesse e objetivos do trabalho. Em se tratando de periódicos brasileiros, um critério interessante para a base dessa revisão direta pode ser a leitura dos sumários dos periódicos classificados nos estratos superiores da classificação Qualis⁹ (A1, A2, B1 e B2).

Assim, atualmente e selecionando-se os periódicos de caráter geral (aqueles que publicam artigos de pesquisa nas diversas subáreas da pesquisa em Ensino de Ciên-

⁹ Ver nota de rodapé 7.

cias), um exemplo de seleção seria: *Ciência & Educação* (A1), *Investigações em Ensino de Ciências* (A2), *Ensaio* (A2), *Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências* (A2), *Experiências em Ensino de Ciências* (B2), *Alexandria* (B2) e *Ciência & Ensino* (B2).

Repetimos que tal lista é básica e geral. Interessados em assuntos específicos, como Educação Ambiental, Educação em Saúde, Ensino de Química ou Ciência-Tecnologia-Sociedade (CTS), só para citar poucos exemplos, certamente devem ampliar essa lista, a partir dos periódicos importantes nessas áreas.

Uma vez identificados os periódicos, resta entrar em seus sítios e abrir, um a um, os volumes e respectivos números, fazendo a leitura dos sumários. No caso dos periódicos listados isso é muito fácil, uma vez que todos têm acesso aberto. No caso de serem periódicos restritos, os procedimentos sugeridos para acesso e leitura dos artigos estão descritos no item *O Portal de Periódicos da Capes*.

Com a leitura dos sumários, serão identificados artigos de interesse. Sugerimos que se elabore então um *relatório de revisão bibliográfica*, que é uma listagem escrita que registra título, volume, número e ano do exemplar examinado e que em seguida traz os títulos e resumos dos artigos de interesse. Essa listagem servirá posteriormente para se ter acesso mais fácil aos artigos que foram julgados de interesse para o trabalho e que serão lidos, analisados e fichados.

Nesse sentido, sugerimos também que o relatório contenha o endereço da *internet* para o número consultado, bem como algum tipo de notação do pesquisador quanto à relevância do artigo para seu trabalho (por exemplo, prioridade 1: diretamente relacionado ao assunto da pesquisa, leitura imprescindível; 2: relacionado ao assunto de pesquisa, importante; 3: tema correlato, etc.). Essa notação provavelmente irá variar ao longo da revisão, mas sua confecção é interessante, sobretudo para pesquisadores menos experientes. A Figura 3 traz um exemplo de página de revisão bibliográfica.

Periódico: Ciência & Educação

Data da Realização da revisão: 23 a 25 de março de 2011

Tema: tema saneamento no livro didático de ciências

2003 – Volume 9, número 1

☐ **O livro didático de ciências no ensino fundamental proposta de critérios para análise do conteúdo zoológico**

Vasconcelos, Simão Dias; Souto, Emanuel

Resumo: A crescente discussão sobre a qualidade dos livros didáticos tem provocado sensíveis alterações na produção editorial nos últimos anos. Apesar dos significativos avanços, uma considerável quantidade de professores ainda não tem acesso a instrumentos de análise de livros didáticos. Neste contexto, nós propomos uma série de critérios a serem utilizados por professores de ensino fundamental (6a. série) na escolha de seu livro de Ciências, tendo como modelo o conteúdo zoológico. Os seguintes tópicos foram considerados: conteúdo teórico, recursos visuais, atividades práticas e informações complementares. Pretende-se, com este trabalho, contribuir para o debate sobre a necessidade de um maior envolvimento dos professores no processo de escolha do livro.

<http://www2.fc.unesp.br/cienciaeducacao/viewarticle.php?id=66&layout=abstract>

2003 – Volume 9, número 2

☐ **O livro didático de ciências: problemas e soluções.** Megid Neto, Jorge; Fracalanza, Hilário

Resumo: Analisa a temática do livro didático para o ensino de Ciências no Brasil e apresenta alternativas a este recurso, tendo em conta: as atuais características dos manuais didáticos; os usos dos compêndios escolares pelos professores; as novas propostas curriculares para o ensino de Ciências; os resultados da pesquisa educacional sobre ensino de Ciências e sobre os livros didáticos no Brasil.

<http://www2.fc.unesp.br/cienciaeducacao/viewarticle.php?id=47&layout=abstract>

2004 – Volume 10, número 1

☐ **Educação ambiental em praça pública: relato de experiência com oficinas pedagógicas.** Almeida, Luiz Fernando Rolim de; Bicudo, Luiz Roberto Hemandes; Borges, Gilberto Luiz de Azevedo

Resumo: Oficinas para professores do ensino fundamental foram organizadas com a finalidade de elaborar uma Proposta de Educação Ambiental em uma praça pública no centro histórico da cidade de Botucatu, no estado de São Paulo. Tais oficinas basearam-se em informações sobre o município e informações botânicas da Praça Rubião Júnior, em Botucatu, no âmbito da Educação Ambiental. O resultado foi uma proposta de Educação Ambiental para a praça com a participação efetiva dos professores, em que foi possível resgatar a história da cidade e seus aspectos sócio-econômicos. Foi também demarcada uma "trilha ecológica" nessa praça utilizando-se as plantas presentes no local, as quais foram previamente identificadas. O trabalho com os professores durante a oficina mostrou-se de fundamental importância para a formação desses profissionais e também estimulou seu interesse a respeito da história local. Essa abordagem, articulada com a diversidade cultural local enriqueceu a proposta de E. A. e trouxe benefícios para a prática educativa.

<http://www2.fc.unesp.br/cienciaeducacao/viewarticle.php?id=14&layout=abstract>

2004 – Volume 10, número 2 - nenhum artigo de interesse

2004 – Volume 10, número 3 - nenhum artigo de interesse

Fonte: adaptado de Silva (2011).

Busca de artigos nas bases de dados

A revisão bibliográfica indireta é feita por meio de bases de dados que, de acordo com Cianconi (1987), são conjuntos de dados inter-relacionados, organizados de forma a permitir a recuperação da informação. Elas podem ser de vários tipos, dependendo do conjunto de dados que cada uma agrega. Assim, há bases de dados de periódicos, de livros, de teses e dissertações, de patentes, de gráficos, de informações sobre pessoas ou instituições, de normas técnicas, de estatísticas, e outras.

Neste texto trataremos brevemente daquelas que nos interessam mais: as bases de dados bibliográficos e bases de dados catalográficos.

Nas bases de dados bibliográficos são acessadas as citações bibliográficas completas dos materiais em questão: título, autor, palavras-chave, local e ano da publicação, podendo ou não fornecer o resumo e o texto completo do documento; um exemplo é a base de dados *Educational Resources Information Center* (ERIC), que cataloga periódicos de acesso livre e outros de acesso restrito ao texto completo. Já a base de dados *Scientific Electronic Library Online* (SCIELO) fornece-nos sempre textos completos, o que a caracteriza como uma biblioteca digital.

Já as bases de dados catalográficos informam sobre o acervo de uma biblioteca ou de uma rede de bibliotecas, sem indicação sobre o conteúdo dos documentos. São exemplos os sistemas Pergamum (usado pela UFSC, pela Universidade do Estado de Santa Catarina e pelos sistemas nacionais da indústria e do comércio (SENAI e SENAC) dentre outros), SIGAA (usado pela UFRN, pelas universidades federais do Ceará e de Sergipe, dentre outras) e Dedalus (sistema de bibliotecas da USP).

A busca em bases de dados sempre pode ajudar o pesquisador, no entanto, dependendo de como for feita, pode acabar por mantê-lo afastado de referências importantes, principalmente por dois motivos: a busca em bases que não o levarão a documentos importantes para seu trabalho ou o uso de palavras de busca pouco adequadas. Sem dúvida, a busca em bases de dados pode auxiliar o pesquisador a encontrar documentos dispersos pelo mundo todo a respeito de um determinado assunto, mas isso não garante que ele tenha encontrado todos os documentos que necessita para o seu trabalho.

Assim, para usarmos as bases de dados a nosso favor, devemos saber exatamente qual é o material que compõe o conjunto de registros de cada base, para escolher criteriosamente aquelas que pretendemos utilizar.

Muitas bases de dados podem ser acessadas através do Portal de Periódicos da Capes, onde também podemos obter informações sobre o conjunto de registros de cada uma delas. As bibliotecas universitárias costumam oferecer aulas ou cursos para auxiliar os pesquisadores no uso do Portal de Periódicos.

O Portal de Periódicos da Capes

Como posso encontrar as bases de dados, periódicos, artigos e autores que tratam do meu assunto de pesquisa?

Embora não de forma absoluta ou completa, podemos fazer isso com o auxílio do Portal de Periódicos da Capes,¹⁰ uma das maiores bibliotecas virtuais do mundo. Lançado em 2000, o Portal tem sido atualizado e conta atualmente com um acervo de mais de 30 mil periódicos com texto completo, 130 bases referenciais, dez bases dedicadas exclusivamente a patentes, além de livros, enciclopédias e obras de referência, normas técnicas, estatísticas e conteúdo audiovisual.

O Portal de Periódicos foi criado para suprir a necessidade de acesso à informação científica das bibliotecas de universidades federais, considerando que seria demasiadamente caro atualizar o acervo com a compra de periódicos impressos para cada uma das universidades públicas brasileiras.

O Portal permite acesso livre e gratuito a todo o seu conteúdo a partir de computadores com endereços IPs de universidades federais e de outras instituições públicas ou particulares que aumentaram de 98 instituições participantes no ano de 2002 para 320 em 2011. O sítio do Portal fornece todos esses detalhes para o acesso.

Podemos também acessar o Portal de fora das instituições mencionadas, mas nesse caso o conteúdo é restrito às bases e periódicos abertos ao grande público. Assim, mesmo acessando de fora de uma instituição participante, é possível navegar no Portal, encontrar periódicos e baixar artigos de interesse.

É recomendável que o usuário capacite-se para o uso do Portal que é bastante complexo e abrangente e por isso mesmo apresenta detalhes e funções que não são intuitivas ou fáceis de usar como uma busca simples na *internet*. Para isso, há inúmeras opções. O próprio portal disponibiliza treinamentos através de tutoriais na *internet* (na página inicial ir ao menu “suporte”>“material”>“filtrar material”: “tutorial”). Há também treinamentos presenciais realizados pelas bibliotecas usuárias do sistema (menu “suporte”>“treinamentos”). Existem também videoaulas sobre o uso do Portal da Capes produzidas pela Universidade Federal de Santa Catarina que podem ser acessadas em <<http://www.youtube.com/user/BIBLIOTECASUFSC>>.

O usuário pode se cadastrar no Portal (menu “Meu Espaço”), o que lhe permitirá ter acesso a vários recursos e funcionalidades que facilitam a consulta ao acervo e ao conteúdo do Portal de Periódicos. Após cadastrar-se, é possível montar seus próprios conjuntos de busca, salvar buscas feitas e guardar seus artigos, periódicos e bases de dados preferidos em um espaço virtual. Dessa forma, cada vez que acessar o Portal e identificar-se, o usuário terá acesso aos registros armazenados no “Meu Espaço”.

Para conhecer os periódicos e identificar aqueles que tratam do seu assunto de pesquisa, uma boa estratégia é abrir a aba “Busca”, clicando em “Buscar periódico”. Ao solicitar “busca por área do conhecimento”, selecione “Ciências Humanas” e depois “Ensino de Ciências e Matemática”. Serão então listados todos os periódicos da área cadastrados no Portal de Periódicos da Capes. À direita do periódico, um botão azul com a letra *i*

¹⁰ <<http://www.periodicos.capes.gov.br/>>.

traz algumas informações sobre o periódico em questão, o que nos ajuda a decidir por adicioná-lo (clicando no botão +) ou não à nossa lista de periódicos de interesse.

Tão importante quanto conhecer os periódicos que tratam do seu assunto de pesquisa é conhecer as bases de dados que disponibilizam informações importantes para a pesquisa em tela. Como já dissemos anteriormente, há diferentes tipos de bases de dados, de acordo com o material disponibilizado em cada uma delas: referenciais com resumos, teses e dissertações, livros, textos completos, estatísticas, etc. Assim como para os periódicos, os botões (i) e (+) permitem-nos obter mais informações sobre a base e adicioná-la ou não ao nosso conjunto de bases de interesse.

A busca por determinado assunto pode ser feita genericamente através da página inicial. Esse procedimento é bastante útil para uma busca inicial, mas não é o melhor método para quem precisa aprofundar-se em algum assunto específico, pois não é suficiente para abranger toda a produção sobre determinado assunto.

Quando esse tipo de busca é realizado na página inicial do Portal, é acessado um conjunto de bases de dados predeterminado pelo sistema do Portal que define uma cobertura de bases de dados na área do conhecimento selecionada pelo usuário. Ao fazer a pesquisa acessando a aba “busca”, a partir da página de busca, o usuário pode escolher a seu critério as bases onde será realizada a pesquisa, que pode ser feita de forma simplificada ou avançada.

A busca avançada permite a inserção de dois termos para a pesquisa, a escolha do campo de pesquisas (título, autor, assunto, etc.) e sua combinação utilizando operadores booleanos (*e, ou, não*). Em qualquer das funcionalidades os resultados da busca são apresentados em uma lista que possibilita ao usuário o acesso ao texto completo dos artigos selecionados, bem como arquivá-lo em seu acervo virtual.

O Portal de Periódicos da Capes fornece-nos potentes ferramentas de busca, que nos permitem pesquisar dezenas de periódicos em pouco tempo, filtrando artigos de nosso interesse; além disso, também nos permitem folhear virtualmente muitos periódicos da área do Ensino de Ciências, atividade que tem um papel único na formação do pesquisador, conforme expusemos anteriormente.

O Portal é uma ferramenta muito útil e importante, mas possui limitações e é necessário conhecê-las para ultrapassá-las. Muitos periódicos importantes não constam no portal da Capes, a exemplo do *Enseñanza de las Ciencias*; e *Studies in Science Education*. Além disso, o acesso ao periódico constante no Portal pode não ser total: números mais antigos, muitas vezes estão excluídos para consulta.

Alguns periódicos importantes em nossa área ainda não estão no Portal, mas podem ser acessados livremente pela *internet* (*Experiências em Ensino de Ciências, Ciência em Tela*, dentre outros). No caso dos periódicos de acesso restrito via *internet* ou que não estão incluídos no Portal, a busca aos artigos pode ser feita via bases de dados do portal da Capes (quando eles estão indexados nessas bases) ou então diretamente no sítio *internet* desses periódicos.

Nesses dois casos, o máximo que se conseguirá é examinar o sumário dos periódicos (tal como descrito no item Busca de artigos de interesse diretamente nos periódicos) ou obter uma lista dos títulos dos artigos de interesse. De posse dessa listagem, podemos solicitá-los através do serviço de Comutação Bibliográfica (COMUT). O Comut é um

serviço de empréstimo entre bibliotecas, que, mediante o pagamento das fotocópias, traz para a biblioteca de escolha do usuário uma obra para consulta ou a cópia de um artigo ou documento. Atualmente o artigo pode ser enviado diretamente para o email do usuário. Para cadastrar-se e saber mais sobre o Comut acesse o sítio <<http://www.ibict.br/secao.php?cat=Comut>>.

Após a leitura de alguns artigos na área, o pesquisador começa a conhecer os autores, identificando referências importantes na discussão de um determinado assunto. Devemos nos lembrar de que um artigo sempre nos leva a outros também importantes por intermédio de seu texto e das respectivas referências bibliográficas.

É importante dizer que todos esses procedimentos de busca são apenas a primeira etapa de uma revisão bibliográfica, conforme expusemos anteriormente. Mais importante do que achar e possuir determinado artigo é lê-lo, fichá-lo e dialogar com ele durante a elaboração, execução e redação do trabalho de pesquisa. Ou seja, as referências bibliográficas nos ajudarão a compor o conjunto de autores e artigos que darão suporte para o nosso trabalho.

Agradecimentos

Agradecemos aos alunos da disciplina 'Artigos em ECT: fontes e discussão crítica', ministrada no PPGET/UFSC, bem como aos participantes dos cursos 'Fontes de bibliografia para pesquisa em Educação Científica' realizado no PPGECNM/UFRN ambos em 2010 e 2011 pelas discussões e contribuições que enriqueceram e tornaram possível o presente texto. A colega Márcia Gorette Lima da Silva, da UFRN, pela ideia e pelo incentivo para publicá-lo e a Fernando Dias de Ávila Pires pela leitura crítica e pelas sugestões.

Referências

ALVES-MAZZOTTI, Alda Judith. A revisão da bibliografia em teses e dissertações: meus tipos inesquecíveis – o retorno. In: BIANCHETTI, Lucídio; MACHADO NETO, Ana Maria. *A bússola do escrever*. São Paulo/Florianópolis: Cortez/EDUFSC, 2002.

ATKINS, Hedley. *Down: the home of the Darwins*. Londres: Phillimore, 1974.

CIANCONI, Regina de Barros. Banco de Dados de acesso público. *Ciência da Informação*, v. 16, n. 1, p. 53-59, jan./ jun. 1987. Disponível em: <<http://revista.ibict.br/cienciainformacao/index.php/ciinf/article/view/1598/1211>>.

COLINVAUX, Dominique. *Aprendizagem: as questões de sempre, a pesquisa e a docência*. Ciência em Tela, v. 1, n. 1, 2008. Disponível em: <http://www.cienciaemtela.nutes.ufrj.br/volume1/pesquisa_em_ensino.html>.

COMÊNIO, Jan Amós. *Didática Magna*. Lisboa: Fundação Calouste Gulbenkian, 1985.

ECO, Umberto. *Como se faz uma tese*. São Paulo: Perspectiva, 2008.

HUXLEY, Thomas. *Les problèmes de la Biologie*. Paris: Baillière et fils, 1892.

MACHADO, Ana Maria Neto. *Da fofoca à citação*. Porto Alegre: Laboratório de Escrita, s./d.

MOHR, Adriana; AVILA-PIRES, Fernando Dias de. Reencontrar o sentido e o sabor dos saberes escolares. Tradução de entrevista com Jean-Pierre Astolfi. *Revista Ensaio*, Belo Horizonte, v. 13, n. 2, p. 173-186, maio-ago. 2011.

NARDI, Roberto. Memórias da educação em Ciências no Brasil: a pesquisa em Ensino de Física. *Investigações em Ensino de Ciências*, v. 10, n. 5, 2005.

RODRIGUES, Jeorgina. *O espelho do tempo: análise de obras raras especiais da Fiocruz como fonte de pesquisa para a ciência moderna*. 1996. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal do Rio de Janeiro. Rio de Janeiro, 1996.

UNESCO. *Normas que deben aplicarse em materia de publicaciones científicas*. Paris: UNESCO, 1962.

SILVA, Larissa Zanette da. *Uma análise do tema saneamento básico nos livros didáticos de ciências do Ensino Fundamental no município de Florianópolis/SC*. 2011. Trabalho de conclusão de curso (TCC) – Universidade Federal de Santa Catarina. Curso de Graduação em Ciências Biológicas. Florianópolis, 2011.

Marco Antonio Moreira

Introdução

Os professores¹ – na escola, seja ela fundamental, média ou superior – apresentam aos alunos conhecimentos que eles supostamente devem saber. Os alunos copiam tais conhecimentos como se fossem informações a serem memorizadas, reproduzidas nas avaliações e esquecidas logo após. Essa é a forma clássica de ensinar e aprender, baseada na narrativa do professor e na aprendizagem mecânica do aluno.

As teorias de aprendizagem sugerem outras abordagens. Os resultados da pesquisa básica em ensino também, mas nem umas nem outros chegam às salas de aula. Não se trata aqui de culpar psicólogos educacionais, educadores, pesquisadores, professores e alunos, mas o fato é que o modelo da narrativa é aceito por todos – alunos, professores, pais, a sociedade em geral – como *o modelo* e a aprendizagem mecânica como *a aprendizagem*. Na prática, uma grande perda de tempo.

Com a intenção de contribuir para modificar, pelo menos em parte, essa situação, propõe-se neste trabalho a construção de *Unidades de Ensino Potencialmente Significativas*. São sequências de ensino fundamentadas teoricamente, voltadas para a aprendizagem significativa, não mecânica, que podem estimular a pesquisa aplicada em ensino, aquela voltada diretamente à sala de aula.

Construção da UEPS

Objetivo: desenvolver unidades de ensino potencialmente facilitadoras da aprendizagem significativa de tópicos específicos de conhecimento declarativo e/ou procedimental.

Filosofia: só há ensino quando há aprendizagem e esta deve ser significativa; ensino é o meio, aprendizagem significativa é o fim; materiais de ensino que busquem essa aprendizagem devem ser potencialmente significativos.

Marco teórico: a teoria da aprendizagem significativa de David Ausubel (1968, 2000), em visões clássicas e contemporâneas (a exemplo de Moreira, 2000, 2005, 2006; Moreira e Masini, 1982, 2006; Masini e Moreira, 2008; Valadares e Morei-

¹Publicado em espanhol no periódico *Aprendizagem Significativa em Revista*, 2011, v. 1, n. 2, p. 43-63.

¹ Professores e alunos serão usados ao longo deste texto como termos gerais, referindo-se à docência e à discência sem nenhuma alusão a gênero.

ra, 2009), as teorias de educação de Joseph D. Novak (1977) e de D. B. Gowin (1981), a teoria interacionista social de Lev Vygotsky (1987), a teoria dos campos conceituais de Gérard Vergnaud (1990; Moreira, 2004), a teoria dos modelos mentais de Philip Johnson-Laird (1983) e a teoria da aprendizagem significativa crítica de M. A. Moreira (2005).

Princípios:

- 】 o conhecimento prévio é a variável que mais influencia a aprendizagem significativa (Ausubel);
- 】 pensamentos, sentimentos e ações estão integrados no ser que aprende; essa integração é positiva, construtiva, quando a aprendizagem é significativa (Novak);
- 】 é o aluno quem decide se quer aprender significativamente determinado conhecimento (Ausubel; Gowin);
- 】 organizadores prévios mostram a relacionabilidade entre novos conhecimentos e conhecimentos prévios;
- 】 são as situações-problema que dão sentido a novos conhecimentos (Vergnaud); elas devem ser criadas para despertar a intencionalidade do aluno para a aprendizagem significativa;
- 】 situações-problema podem funcionar como organizadores prévios;
- 】 as situações-problema devem ser propostas em níveis crescentes de complexidade (Vergnaud);
- 】 em frente a uma nova situação, o primeiro passo para resolvê-la é construir, na memória de trabalho, um modelo mental funcional, que é um análogo estrutural dessa situação (Johnson-Laird);
- 】 a diferenciação progressiva, a reconciliação integradora e a consolidação devem ser levadas em conta na organização do ensino (Ausubel);
- 】 a avaliação da aprendizagem significativa deve ser feita em termos de buscas de evidências; a aprendizagem significativa é progressiva;
- 】 o papel do professor é o de provedor de situações-problema, cuidadosamente selecionadas, de organizador do ensino e mediador da captação de significados de parte do aluno (Vergnaud; Gowin);

- 】 a interação social e a linguagem são fundamentais para a captação de significados (Vygotsky; Gowin);
- 】 um episódio de ensino envolve uma relação triádica entre aluno, docente e materiais educativos, cujo objetivo é levar o aluno a captar e compartilhar significados que são aceitos no contexto da matéria de ensino (Gowin);
- 】 essa relação poderá ser quadrática, na medida em que o computador não for usado apenas como material educativo, ou seja, na medida em que for também mediador da aprendizagem;
- 】 a aprendizagem deve ser significativa e crítica, não mecânica (Moreira);
- 】 a aprendizagem significativa crítica é estimulada pela busca de respostas (questionamento), ao invés da memorização de respostas conhecidas, pelo uso da diversidade de materiais e estratégias instrucionais, pelo abandono da narrativa em favor de um ensino centrado no aluno (Moreira).

Aspectos sequenciais (passos):

- 1) definir o tópico específico a ser abordado, identificando seus aspectos declarativos e procedimentais tais como aceitos no contexto da matéria de ensino na qual se insere esse tópico;
- 2) criar/propor situação(ções) – discussão, questionário, mapa conceitual, mapa mental, situação-problema, etc. – que leve(m) o aluno a externalizar seu conhecimento prévio, aceito ou não aceito no contexto da matéria de ensino, supostamente relevante para a aprendizagem significativa do tópico (objetivo) em pauta;
- 3) propor situações-problema, em nível bem introdutório, levando em conta o conhecimento prévio do aluno, que preparem o terreno para a introdução do conhecimento (declarativo ou procedimental) que se pretende ensinar; essas situações-problema podem envolver, desde já, o tópico em pauta, mas não para começar a ensiná-lo; tais situações-problema podem funcionar como organizador prévio; são as situações que dão sentido aos novos conhecimentos, mas, para isso, o aluno deve percebê-las como problemas e deve ser capaz de modelá-las mentalmente; modelos mentais são funcionais para o aprendiz e resultam da percepção e de conhecimentos prévios (invariantes operatórios); essas situações-problema iniciais podem ser propostas através de simulações computacionais, demonstrações, vídeos, problemas do cotidiano, representações veiculadas pela mídia, problemas clássicos da matéria de ensino, etc., mas sempre de modo acessível e problemático, *i. e.*, não como exercício de aplicação rotineira de algum algoritmo;

- 4) uma vez trabalhadas as situações iniciais, apresentar o conhecimento a ser ensinado/aprendido, levando em conta a diferenciação progressiva, *i. e.*, começando com aspectos mais gerais, inclusivos, dando uma visão inicial do todo, do que é mais importante na unidade de ensino, mas logo exemplificando, abordando aspectos específicos; a estratégia de ensino pode ser, por exemplo, uma breve exposição oral seguida de atividade colaborativa em pequenos grupos que, por sua vez, deve ser seguida de atividade de apresentação ou discussão em grande grupo;
- 5) em continuidade, retomar os aspectos mais gerais, estruturantes (*i. e.*, aquilo que efetivamente se pretende ensinar), do conteúdo da unidade de ensino, em nova apresentação (que pode ser por meio de outra breve exposição oral, de um recurso computacional, de um texto, etc.), porém em nível mais alto de complexidade em relação à primeira apresentação; as situações-problema devem ser propostas em níveis crescentes de complexidade; dar novos exemplos, destacar semelhanças e diferenças relativamente às situações e exemplos já trabalhados, ou seja, promover a reconciliação integradora; após essa segunda apresentação, propor alguma outra atividade colaborativa que leve os alunos a interagir socialmente, negociando significados, tendo o professor como mediador; essa atividade pode ser a resolução de problemas, a construção de uma mapa conceitual ou um diagrama V, um experimento de laboratório, um pequeno projeto, etc., mas deve, necessariamente, envolver negociação de significados e mediação docente;
- 6) concluindo a unidade, dar seguimento ao processo de diferenciação progressiva retomando as características mais relevantes do conteúdo em questão, porém de uma perspectiva integradora, ou seja, buscando a reconciliação integrativa; isso deve ser feito por meio de nova apresentação dos significados que pode ser, outra vez, uma breve exposição oral, a leitura de um texto, o uso de um recurso computacional, um audiovisual, etc.; o importante não é a estratégia, em si, mas o modo de trabalhar o conteúdo da unidade; após essa terceira apresentação, novas situações-problema devem ser propostas e trabalhadas em níveis mais altos de complexidade em relação às situações anteriores; essas situações devem ser resolvidas em atividades colaborativas e depois apresentadas e/ou discutidas em grande grupo, sempre com a mediação do docente;
- 7) a avaliação da aprendizagem por meio da UEPS deve ser feita ao longo de sua implementação, registrando tudo que possa ser considerado evidência de aprendizagem significativa do conteúdo trabalhado; além disso, deve haver uma avaliação somativa individual após o sexto passo, na qual deverão ser propostas questões/situações que impliquem compreensão, que evidenciem captação de significados e, idealmente, alguma capacidade de transferência; tais questões/situações deverão ser previamente validadas por professores experientes na matéria de ensino; a avaliação do desempenho do aluno na UEPS deverá estar baseada, em pé de igualdade, tanto na avaliação formativa (situações, tarefas resolvidas colaborativamente, registros do professor) como na avaliação somativa;

8) a UEPS somente será considerada exitosa se a avaliação do desempenho dos alunos fornecer evidências de aprendizagem significativa (captação de significados, compreensão, capacidade de explicar, de aplicar o conhecimento para resolver situações-problema). A aprendizagem significativa é progressiva, o domínio de um campo conceitual é progressivo; por isso, a ênfase em evidências, não em comportamentos finais.

Aspectos transversais:

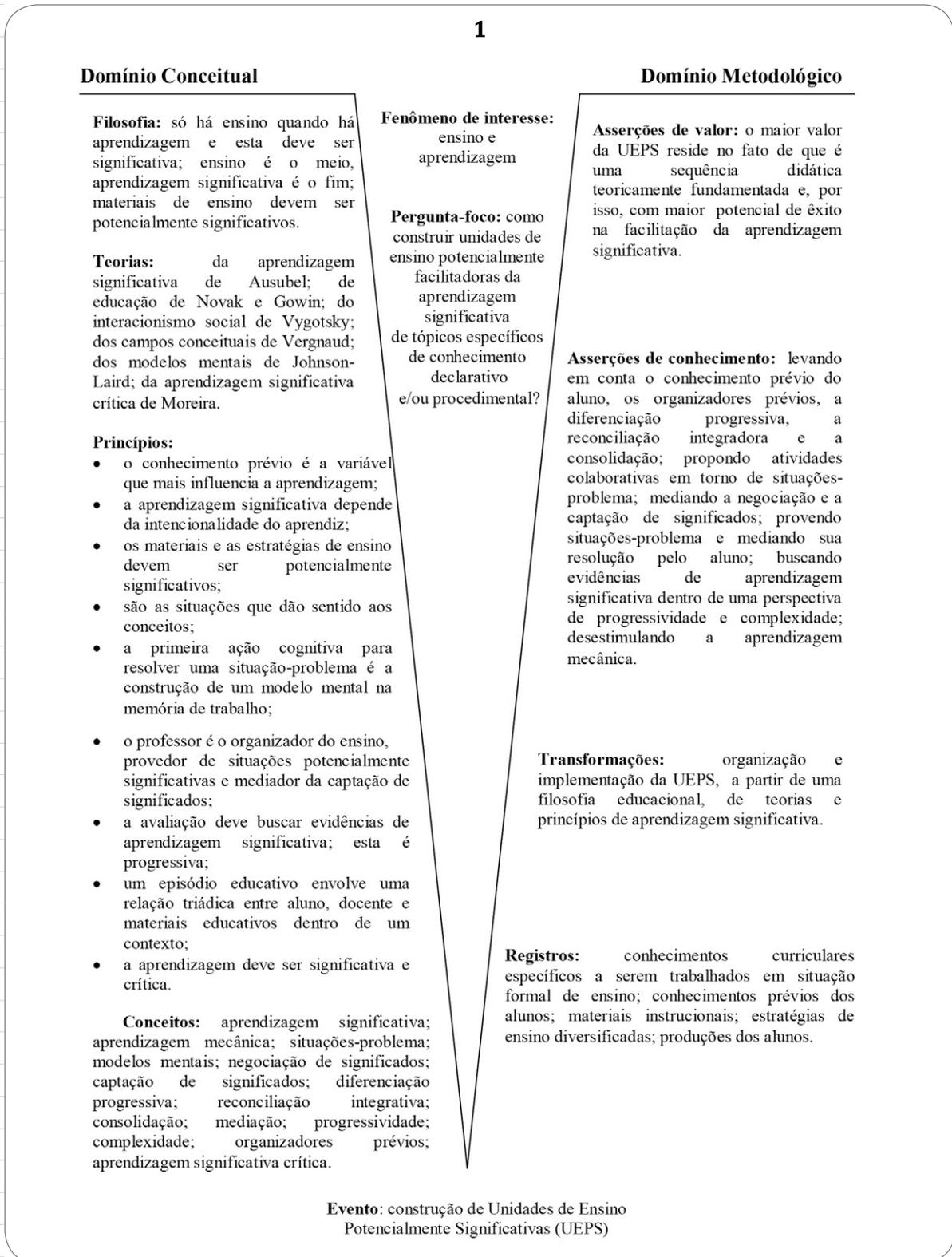
- › em todos os passos, os materiais e as estratégias de ensino devem ser diversificados, o questionamento deve ser privilegiado em relação às respostas prontas, e o diálogo e a crítica devem ser estimulados;
- › como tarefa de aprendizagem, em atividades desenvolvidas ao longo da UEPS, pode-se pedir aos alunos que proponham, eles mesmos, situações-problema relativas ao tópico em questão;
- › embora a UEPS deva privilegiar as atividades colaborativas, a mesma pode também prever momentos de atividades individuais.

Diagramas: a fim de abordar de outra maneira a estrutura de uma UEPS e, também, para ilustrar diagramas que podem ser úteis nas atividades colaborativas nela propostas são apresentados, a seguir, dois tipos de diagramas.

Diagrama V

A Figura 1 mostra um diagrama V (GOWIN, 1981) para esquematizar o processo de construção de uma *Unidade de Ensino Potencialmente Significativa*.

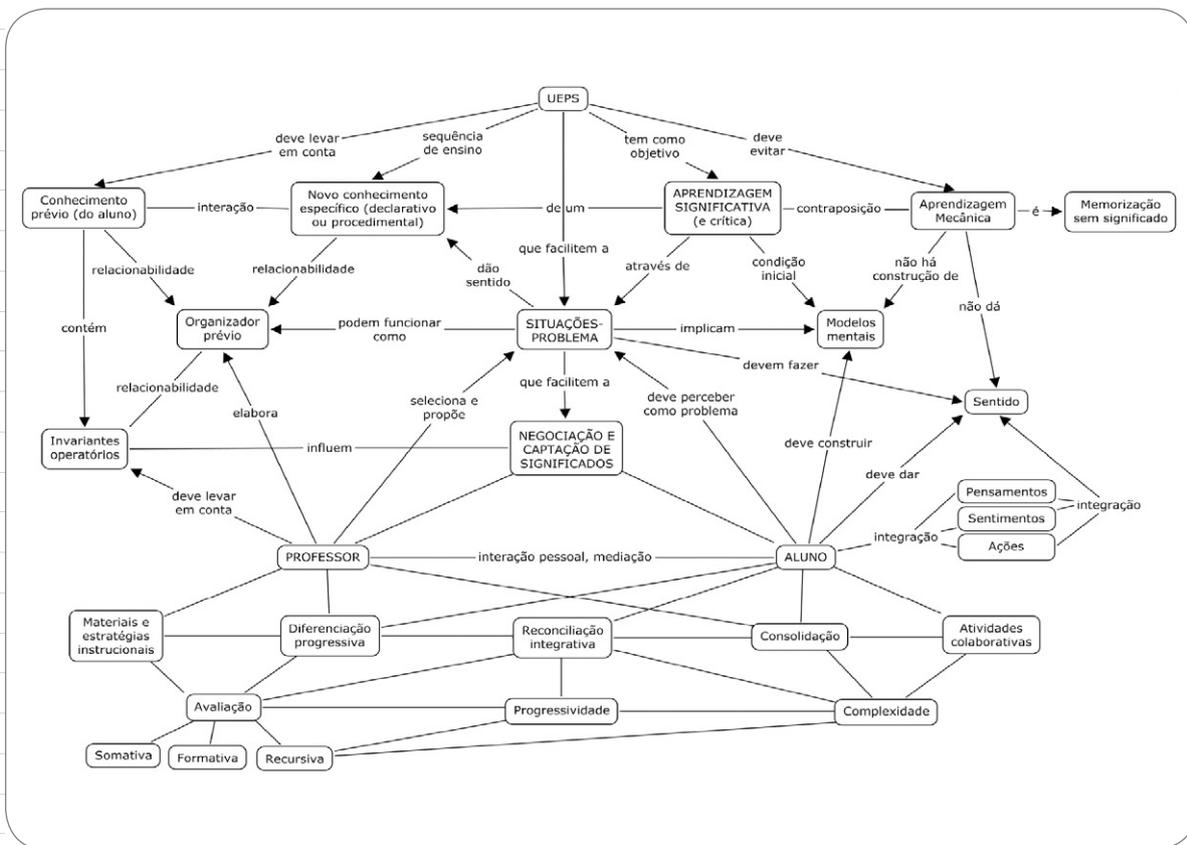
Figura 1 – Um diagrama V para a construção de uma UEPS



Mapa conceitual

Na Figura 2 é apresentado um mapa conceitual para diagramar de outro modo a construção de uma *Unidade de Ensino Potencialmente Significativa*. Neste mapa não foram colocados conectivos na parte inferior para que não ficasse muito denso. As flechas são usadas apenas quando se quer dar um sentido à leitura. É importante não confundir mapa conceitual com diagrama de fluxo. O mapa é estrutural, não sequencial.

Figura 2 – Um mapa conceitual para a construção de uma UEPS



Glossário

Aprendizagem significativa: aprendizagem com significado, compreensão, capacidade de explicar, de aplicar o conhecimento adquirido a novas situações; resulta da interação cognitiva não arbitrária e não literal entre conhecimentos prévios e novos conhecimentos; depende fundamentalmente de conhecimentos prévios que permitam ao aprendiz captar significados (em uma perspectiva interacionista, dialética, progressiva) dos novos conhecimentos e, também, de sua intencionalidade para essa captação.

Aprendizagem significativa crítica: é aquela perspectiva que permite ao sujeito fazer parte de sua cultura e, ao mesmo tempo, estar fora dela. É através dessa aprendizagem que o indivíduo poderá fazer parte de sua cultura e, ao mesmo tempo, não ser subjugado por ela, por seus ritos, mitos e ideologias. É através dela que poderá lidar construtiva-

mente com a mudança sem deixar-se dominar por ela. Por meio dela poderá trabalhar com a incerteza, a relatividade, a não causalidade, a probabilidade, a não dicotomização das diferenças (MOREIRA, 2005).

Aprendizagem mecânica: é a memorização, sem significado, de informações a serem reproduzidas a curto prazo; aprender mecanicamente é simplesmente decorar. Do ponto de vista cognitivo, as informações são internalizadas praticamente sem interação com conhecimentos prévios. No cotidiano escolar, é a *decoreba*.

Atividade colaborativa: resolução de tarefas (problemas, mapas conceituais, construção de um modelo, realização de uma experiência de laboratório, etc.) em pequenos grupos (dois a quatro participantes), com participação de todos os integrantes e apresentação, ao grande grupo, do resultado, do produto, obtido; esse resultado deve ser alcançado como um consenso do pequeno grupo a ser apreciado criticamente pelo grande grupo.

Avaliação formativa: é aquela que avalia o progresso do aluno ao longo de uma fase de sua aprendizagem; a que contribui para a regulação da aprendizagem, em andamento, no progressivo domínio de um campo conceitual; é uma avaliação contínua e ocupada com os significados apresentados e em processo de captação pelo aluno.

Avaliação somativa: é aquela que busca avaliar o alcance de determinados objetivos de aprendizagem ao final de uma fase de aprendizagem; é usualmente baseada em provas de final de unidade, em exames finais.

Captação de significados: os conhecimentos (conceitos, proposições, construtos...) de uma determinada matéria de ensino têm significados que são aceitos no contexto dessa matéria, que são compartilhados por uma comunidade de usuários; para aprender significativamente essa matéria, o aluno tem que, primeiramente, captar esses significados para, então, decidir se quer incorporá-los a sua estrutura cognitiva de maneira substantiva e não arbitrária; para Gowin (1981), a captação de significados é anterior, e condição, à aprendizagem significativa.

Conhecimento declarativo: é o conhecimento que pode ser verbalizado, declarado de alguma maneira, refere-se ao conhecimento sobre objetos e eventos; é representado mentalmente por proposições e imagens mentais.

Conhecimento prévio: conceitos subsunçores, representações, esquemas, modelos, construtos pessoais, concepções alternativas, invariantes operatórios, enfim, cognições já existentes na estrutura cognitiva do aprendiz.

Conhecimento procedimental: é aquele que consiste de habilidades cognitivas envolvidas no saber fazer algo; é o conhecimento sobre como executar ações; estaria representado mentalmente por meio de produções, ou seja, regras sobre condições e ações.

Consolidação: é um dos princípios programáticos ausubelianos da matéria de ensino (juntamente com a diferenciação progressiva, a reconciliação integrativa e a organização sequencial), segundo o qual é preciso insistir no domínio ou mestria do que está sendo estudado, antes que novos materiais sejam introduzidos, buscando assegurar contínua prontidão na matéria de ensino e sucesso na aprendizagem sequencialmente organizada. Contudo, este princípio deve ser compatibilizado com a progressividade da aprendizagem significativa e com a diferenciação progressiva e a reconciliação integrativa.

Diagrama V: é um instrumento heurístico, criado por D. B. Gowin (1981), para facilitar a compreensão do processo de construção do conhecimento; por isso mesmo, é também chamado de Vê epistemológico. No centro do V está a questão-chave, a pergunta básica de um processo de produção de conhecimento; no lado esquerdo está o domínio conceitual (conceitos, princípios, teorias, filosofias), e no direito o domínio metodológico (registros, dados, transformações metodológicas, respostas tentativas à questão-básica). Em termos simples, pode-se dizer que o lado esquerdo do V corresponde ao pensar e o lado direito ao fazer; a produção de conhecimentos resulta da interação entre um domínio conceitual (pensar) e um domínio metodológico (fazer). Na ponta do Vê está o evento ou o objeto de estudo do qual são feitos registros que, transformados metodologicamente, geram asserções de conhecimento (respostas) sobre as quais são feitas asserções de valor.

Diferenciação progressiva: como princípio programático da matéria de ensino, significa que ideias, conceitos, proposições mais gerais e inclusivos do conteúdo devem ser apresentados no início do ensino e, progressivamente, diferenciados, ao longo do processo, em termos de detalhes e especificidades. Do ponto de vista cognitivo, é o que ocorre com determinado subsunçor, na medida em que serve de ancoradouro para novos conhecimentos em um processo interativo e dialético.

Invariantes operatórios: são conhecimentos contidos nos esquemas. Esquema é a organização da conduta para certa classe de situações. Há dois tipos de invariantes operacionais que são componentes essenciais dos esquemas: teoremas-em-ação e conceitos-em-ação. Teorema-em-ação é uma proposição tida como verdadeira sobre o real. Conceito-em-ação é um predicado, uma categoria de pensamento tida como pertinente, relevante, a uma dada situação (VERGNAUD, 1990).

Mapa conceitual: é um diagrama hierárquico de conceitos e relações entre conceitos; hierárquico significa que nesse diagrama, de alguma forma, percebe-se que alguns conceitos são mais relevantes, mais abrangentes, mais estruturantes do que outros; essa hierarquia não é necessariamente vertical, de cima para baixo, embora seja muito usada. No mapa conceitual, as relações entre os conceitos são indicadas por linhas que os unem; sobre essas linhas, colocam-se palavras que ajudam a explicitar a natureza da relação; essas palavras, que muitas vezes são verbos, são chamadas de conectores, conectivos, palavras de enlace. A ideia é que os dois conceitos mais o conectivo formem uma proposição em linguagem sintética. O mapa conceitual procura refletir a estrutura conceitual do conteúdo que está sendo diagramado. É importante não confundi-lo com diagrama de fluxo, quadro sinótico, mapa mental e outros tipos de diagramas.

Mapa mental: é uma função natural da mente humana – é o pensamento *irradiado* livremente a partir de uma imagem central, ou de uma palavra-chave, como se fossem ramificações (*branches*); tópicos menos importantes também são representados como ramificações ligadas a outras de mais alto nível; as ramificações formam uma estrutura nodal conectada (BUZAN E BUZAN, 1994; ONTORIA et al., 2004). No mapa mental, as associações são completamente livres, enquanto que no mapa conceitual são aquelas aceitas no contexto da matéria de ensino.

Material potencialmente significativo: o significado está nas pessoas, não nas coisas. Então, não há, por exemplo, livro significativo ou aula significativa; no entanto, livros, aulas, materiais instrucionais de um modo geral, podem ser potencialmente significativos e para isso devem ter significado lógico (ter estrutura, organização, exemplos, linguagem adequada, enfim, serem aprendíveis), e os sujeitos devem ter conhecimentos prévios adequados para dar significado aos conhecimentos veiculados por esses materiais.

Memória de trabalho: é o sistema cognitivo que permite ao indivíduo manter ativa uma quantidade de informação limitada (7 ± 2 itens) por um curto período de tempo. Antes, no início da revolução cognitiva dos anos 1950, era chamada de *memória de curto prazo*. Hoje se assume que sua principal função é armazenar temporariamente resultados de computações mentais intermediárias, quando resolvendo problemas (WILSON; KEIL, 2001).

Modelo mental: é um análogo estrutural de um estado de coisas do mundo que o sujeito constrói em sua memória de trabalho. Diante de uma nova situação, os esquemas de assimilação do sujeito não funcionam; então, para dar conta dela, constrói mentalmente um modelo funcional, recursivo, dessa situação, com uma estrutura análoga a ela. Faz, então, inferências e, dependendo da eficácia dessas inferências, modifica o modelo recursivamente, podendo, inclusive descartá-lo. Dependendo do sucessivo encontro com situações da mesma classe, o modelo mental pode estabilizar-se ou evoluir para esquema de assimilação.

Negociação de significados: na verdade não é bem uma negociação; é mais uma troca, uma externalização de significados: o professor que já domina os significados aceitos no contexto da matéria de ensino os apresenta ao aluno. Este deve externalizar ao professor como está captando esses significados. Caso essa captação não corresponda aos significados contextualmente aceitos na matéria de ensino, o professor deve apresentá-los outra vez, de outra forma, e o aluno deve externalizá-los novamente. Isso pode ocorrer várias vezes até que o aprendiz venha a compartilhar os significados aceitos no contexto da matéria de ensino. É isso que se entende por negociação de significados. Pode ser um longo processo em que o professor media a captação de significados por parte do estudante.

Organizador prévio: material instrucional introdutório apresentado antes do material a ser aprendido, em si, em nível mais alto de abstração, generalidade e inclusividade; segundo Ausubel (1968, 2000), sua principal função é a de servir de ponte entre o que

o aprendiz já sabe e o que deveria saber a fim de que o novo conhecimento pudesse ser aprendido significativamente. Na prática, organizadores prévios funcionam melhor quando explicitam a *relacionabilidade* entre novos conhecimentos e aqueles existentes na estrutura cognitiva do aprendiz. Muitas vezes, o aprendiz tem o conhecimento prévio, mas não percebe que está relacionado com aquele que lhe está sendo apresentado.

Reconciliação integrativa: do ponto de vista instrucional, é um princípio programático da matéria de ensino, segundo o qual o ensino deve explorar relações entre ideias, conceitos, proposições e apontar similaridades e diferenças importantes, reconciliando discrepâncias reais ou aparentes. Em termos cognitivos, no curso de novas aprendizagens, conhecimentos já estabelecidos na estrutura cognitiva podem ser reconhecidos como relacionados, reorganizarem-se e adquirir novos significados. Esta recombinação de elementos previamente existentes na estrutura cognitiva é a reconciliação integrativa na óptica da organização cognitiva.

Recursividade: é a possibilidade de refazer as tarefas de aprendizagem; é o aproveitamento do erro como recurso de aprendizagem. Modelos mentais, por exemplo, são recursivos. Diante de uma situação nova, o sujeito constrói um modelo mental de trabalho para dar conta dessa situação. Se o modelo não funciona, ele ou ela vai modificando-o recursivamente até que lhe satisfaça. Mapas conceituais, por exemplo, podem ser feitos recursivamente: o estudante faz seu primeiro mapa e o apresenta ao docente ou aos colegas. Em função de comentários, sugestões, críticas, o mapa pode ser refeito e reapresentado e, assim, sucessivamente.

Sentido: segundo Vygotsky (1987), sentido é a soma dos eventos psicológicos que a palavra, ou a situação, evoca na consciência; é um todo fluido e dinâmico, com zonas de estabilidade variável, das quais a mais estável e precisa é o significado. Significado é uma construção social, de origem convencional, relativamente estável, mas mutável e contextual. Sentido é pessoal, significado é social.

Situação-problema: significa tarefa, não necessariamente problema de fim de capítulo; pode ser a explicação de um fenômeno, de uma aparente contradição, a construção de um diagrama, as possibilidades são muitas, mas, independente de qual for a tarefa, é essencial que o aprendiz a perceba como um problema. Por exemplo, não adianta propor um *problema* que o aluno perceba apenas como um exercício de aplicação de fórmula. Situações-problema e conceitualização guardam entre si uma relação dialética: são as situações que dão sentido aos conceitos, mas à medida que o sujeito vai construindo conceitos mais capaz ele fica de dar conta de novas situações, cada vez mais complexas. No ensino, as situações devem ser propostas em níveis crescentes de complexidade, mas é importante certo domínio de um determinado nível de complexidade antes de passar ao próximo. Em tudo isso está implícito o conceito de campo conceitual proposto por Vergnaud (1990) como um campo de situações-problema, cujo domínio é progressivo, lento, com rupturas e continuidades.

Subsunçor: corresponde, em português, ao que Ausubel (1968) chamava de *subsumer*, ou seja, um conhecimento prévio capaz de subsumir um novo conhecimento; subsumir significa *tomar, acolher, aceitar*. Subsunção é a operação de subsumir. Observe-se que na aprendizagem significativa a subsunção é um processo interativo, *i. e.*, tanto o subsunçor como o subsumido se modificam em termos de significado.

Referências

AUSUBEL, D. P. *Educational psychology: a cognitive view*. New York: Holt, Rinehart and Winston, 1968. 685 p.

AUSUBEL, D. P. *The acquisition and retention of knowledge: a cognitive view*. Dordrecht: Kluwer Academic Publishers, 2000. 212 p.

BUZAN, T.; BUZAN, B. *The mind map book*. New York, NY: Dutton Books, 1994. 320p.

GOWIN, D. B. *Educating*. Ithaca, N.Y.: Cornell University Press, 1981. 210 p.

JOHNSON-LAIRD, P. N. *Mental models*. Cambridge, MA: Harvard University Press, 1983. 513 p.

MOREIRA, M. A.; MASINI, E. F. S. *Aprendizagem significativa: a teoria de David Ausubel*. São Paulo: Editora Moraes, 1982. 112 p.

MOREIRA, M. A.; MASINI, E. F. S. *Aprendizagem significativa: a teoria de David Ausubel*. 2. ed. São Paulo: Centauro Editora, 2006. 111 p.

MOREIRA, M. A. *Aprendizaje significativo: teoría y práctica*. Madrid: Visor, 2002. 100 p.

MOREIRA, M. A. (Org.). *A teoria dos campos conceituais de Vergnaud, o Ensino de Ciências e a investigação nessa área*. Porto Alegre: Instituto de Física da UFRGS, 2004. 107 p.

MOREIRA, M. A. *Aprendizagem significativa crítica*. Porto Alegre: Instituto de Física da UFRGS, 2005. 45 p.

MOREIRA, M. A. *A teoria da aprendizagem significativa e sua implementação na sala de aula*. Brasília: Editora da UnB, 2006. 185 p.

MASINI, E. A. F.; MOREIRA, M. A. *Aprendizagem significativa: condições para ocorrência e lacunas que levam ao comprometimento*. São Paulo: Vetor Editora, 2008. 295 p.

NOVAK, J. D. *A theory of education*. Ithaca, N. Y.: Cornell University Press, 1977. 295 p.

NOVAK, J. D. *Uma teoria de educação*. Tradução de M. A. Moreira do original *A theory of education*. São Paulo: Pioneira, 1980.

ONTORIA, A.; DE LUQUE, A.; GÓMEZ, J. P. R. *Aprender com mapas mentais*. São Paulo: Madras, 2004. 168 p.

VALADARES, J. A.; MOREIRA, M. A. *Aprendizagem significativa: sua fundamentação e implementação*. Coimbra: Edições Almedina, 2009. 132 p.

VERGNAUD, G. La théorie des champs conceptuels. *Récherches en Didactique des Mathématiques*, v. 10, n. 23, p. 133-170, 1990.

VYGOTSKY, L. *Pensamento e linguagem*. São Paulo: Martins Fontes, 1987. Brasileira. 135 p.

WILSON, R. A AND KEIL, F. C. *The MIT Encyclopedia of the Cognitive Sciences*. Cambridge, MA: The MIT Press, 2001. 964 p.

ANEXOS

EXEMPLOS DE UEPS

ANEXO A

PROPOSTA DE UEPS PARA ENSINAR O MODELO PADRÃO DA FÍSICA DE PARTÍCULAS

M. A. Moreira*

Objetivo: ensinar o Modelo Padrão das Partículas Elementares no Ensino Médio

Sequência:

1. Situação inicial: construir com os alunos um mapa conceitual sobre a constituição da matéria; inicialmente, perguntar a eles do que a matéria é composta e ir escrevendo no quadro-de-giz as palavras que eles vão dizendo; depois, ir assinalando as que eles acham mais importantes e, em seguida, colocá-las em um diagrama hierárquico (mapa conceitual); finalmente, pedir a cada aluno que explique, por escrito, com suas próprias palavras o mapa construído grupalmente; essa explicação individual deverá ser entregue ao professor ao final desta atividade inicial que ocupará a primeira aula desta UEPS.

2. Situações-problema: p.ex., a) se o núcleo do átomo é constituído por partículas carregadas positivamente (prótons), por que esse núcleo não explode?; b) se cargas elétricas negativas e positivas se atraem, por que os elétrons não são absorvidos pelo núcleo?; c) se elétrons e prótons têm massa, qual o papel da interação gravitacional na estabilidade do átomo?; d) e os nêutrons, qual o papel deles na estrutura do átomo? e) teria sentido pensar que as partículas atômicas básicas (elétrons, prótons e nêutrons) poderiam estar constituídas por outras ainda mais elementares? Todas estas situações, propostas em função da natureza do conhecimento explicitado pelos alunos na aula anterior, devem ser discutidas em grande grupo com mediação docente, sem necessariamente chegar a respostas.

A seguir, distribuir cópias individuais do artigo *Partículas e interações* (Moreira, M.A., 2004, *Física na Escola*, v.5, n.2, pp.10-14), dar tempo aos alunos para que o leiam e, logo após, se reúnam em pequenos grupos (dois a quatro participantes) e construam uma tabela análoga à Tabela 1 do artigo, porém simplificada. Feito isso, fazer uma troca de tabelas de modo que cada grupo corrija, comente, faça sugestões, sobre a tabela de um outro grupo. Uma vez recebida de volta a tabela, o grupo poderá modificá-la e entregar a versão final ao professor. Esta etapa da UEPS ocupará duas ou três aulas.

3. Revisão: iniciar a aula com uma revisão, ou seja, uma mini-aula expositiva, sobre o que foi visto até agora sobre a constituição da matéria, abrindo espaço para perguntas dos alunos. A seguir, apresentar um vídeo, de 20 a 30 minutos, sobre Partículas Elementares (e.g., v. BBC. The. Big. Bang. Machine. MVGroup). Após o vídeo, distribuir aos alunos os artigos *Um mapa conceitual para partículas elementares* (Moreira, M.A.,

* Professor de Física Geral na graduação em Física e de Física Moderna e Contemporânea no Mestrado Profissional em Ensino de Física do Instituto de Física da UFRGS.

1989, *Revista Brasileira de Ensino de Física*, v.11, pp. 114-129) e *Um mapa conceitual para interações fundamentais* (Moreira, M.A., 1990, *Enseñanza de las Ciencias*, v.8, n.2, pp.133-139) e pedir a eles que façam, em pequenos grupos, um mapa conceitual para partículas elementares e interações fundamentais, ou seja, um mapa integrando, de modo simplificado, os dois mapas que estão nos artigos. Pelo menos alguns destes mapas conceituais deverão ser apresentados ao grande grupo (em *datashow*, se possível, ou no quadro-de-giz ou em painéis, tipo pôster, feitos com papel e marcadores). Os mapas de cada grupo deverão ser entregues ao professor que os revisará e devolverá na próxima aula para que os alunos os modifiquem, se quiserem, e cheguem a uma versão final. Esta atividade também ocupará de duas a três aulas.

4. Nova situação-problema, em nível mais alto de complexidade: construir um diagrama V para o Modelo Padrão. Fazer uma exposição inicial, com exemplos, sobre o que é um diagrama V e qual a sua proposta, ou seja, para que serve. Destacar a natureza epistemológica do V. A seguir, distribuir a todos o artigo *Um Vê epistemológico para a Física de Partículas* (Moreira, M.A., 2010, *Revista Chilena de Educación Científica*, 9(1): 24-30) e solicitar que construam, em pequenos grupos, um diagrama V para o Modelo Padrão, porém com a seguinte pergunta básica “Como o Modelo Padrão das Partículas Elementares mostra que a Física é uma construção humana, que o conhecimento científico é construído?”. Alguns desses diagramas deverão ser apresentados ao grande grupo para discussão e todos deverão ser entregues ao professor para avaliação qualitativa; em função dessa avaliação, os diagramas poderão ser refeitos pelos alunos. Atividade prevista para duas ou três aulas.

5. Avaliação somativa individual: está atividade, que ocupará uma aula, deverá ter sido já anunciada para os alunos; não deverá ser de surpresa. Propor questões abertas nas quais os alunos possam expressar livremente sua compreensão do Modelo Padrão. Fazer perguntas, solicitar algum esquema ou diagrama que dê evidências de aprendizagem significativa. Não apostar em instrumento de avaliação centrado no “certo ou errado”.

6. Aula expositiva dialogada integradora final: retomar todo o conteúdo da UEPS, rever os mapas e o diagrama V dos artigos trabalhados nas aulas anteriores. Chamar atenção para o potencial descritivo e explicativo do Modelo Padrão em relação à constituição da matéria. Destacar as dificuldades superadas por essa teoria, as previsões confirmadas, assim como as dificuldades ainda existentes e que poderão levar a mudanças ou ao seu abandono em favor de outra mais explicativa.

7. Avaliação da aprendizagem na UEPS: deverá estar baseada nos trabalhos feitos pelos alunos, nas observações feitas em sala de aula e na avaliação somativa individual, cujo peso não deverá ser superior a 50%.

8. Avaliação da própria UEPS: deverá ser feita em função dos resultados de aprendizagem obtidos. Reformular algumas atividades, se necessário.

Total de horas-aula: 9 a 12

ANEXO B

PROPOSTA DE UEPS PARA ENSINO DE TÓPICOS DE MECÂNICA QUÂNTICA

Adriane Griebeler*

Objetivo: facilitar a aquisição de significados de conceitos básicos de Mecânica Quântica no Ensino Médio – *quantização, incerteza, objeto quântico, estado, superposição de estados.*

Sequência:

1. Situação inicial: os alunos serão incentivados a elaborar um **mapa mental** sobre a Física Quântica (FQ). No mapa mental o sujeito tem total liberdade para fazer associações entre seus conhecimentos, suas representações, suas cognições, a partir de uma palavra-chave ou uma imagem central. Assim, os alunos ficarão à vontade para fazer relações da FQ com outros ramos da Física e/ou com o seu cotidiano, suas representações sociais. Os mapas mentais serão entregues à professora. A seguir, para refletir sobre o assunto, os alunos receberão a letra e ouvirão a música *Quanta*, de Gilberto Gil. A atividade ocupará uma aula.

2. Situações-problema iniciais:

- a) O que você já leu, ouviu, ou viu sobre Física Quântica?
- b) Onde a Física Quântica é aplicada? O que estuda?
- c) O que difere a Física Quântica das outras áreas da Física (Mecânica, Termodinâmica, Eletromagnetismo, etc.)?
- d) O que é um quantum de matéria? E um quantum de energia?
- e) Qual a sua opinião sobre os seguintes anúncios? (Recortes de revistas ou *sites* que anunciem “cursos ou terapias quânticas”, trazidos pela professora.) Você já ouviu falar ou teve contato com algum tipo de terapia que se denomina quântica?

Todas estas questões/situações deverão ser discutidas em grande grupo, sob a mediação da professora, com a intenção de ouvir a opinião do grupo, estimular a curiosidade sobre o assunto, sem a necessidade de chegar a uma resposta final.

A seguir será distribuída uma cópia individual do texto *Física Quântica para Todos* (parcialmente adaptado de um trabalho de Nunes, A. L., 2007, *Física Quântica para Todos*, XVII SNEF.) que está disponível no material de apoio organizado pela professora. Será dado um tempo para que os alunos leiam o texto e depois se reúnam em pequenos grupos para discussão do mesmo e dele façam um resumo ou um diagrama, ou um desenho, em atividade colaborativa. Os produtos dessa atividade deverão ser entregues à professora

* Estudante do Mestrado Profissional em Ensino de Física da UFRGS. Professora de Física na Escola Estadual de Ensino Médio Dr. Carlos Antonio Kluwe, Bagé, RS.

que os avaliará qualitativamente e os devolverá aos alunos permitindo que os refaçam em função de seus comentários. O desenvolvimento desta etapa ocupará três aulas.

3. Aprofundando conhecimentos: serão trabalhados os conceitos de quantização, objeto quântico, incerteza, estado e superposição de estados. Estes conteúdos serão apresentados através de textos e também em *slides*, sendo estimuladas discussões no grande grupo. Ao final da introdução dos novos conteúdos, serão retomados os anúncios, questionando os alunos sobre a validade das proposições anunciadas e sua visão sobre até que ponto estas apropriações são legitimadas pela Física. A etapa será desenvolvida em 3 aulas.

4. Nova situação: os conceitos serão novamente apresentados na forma de um vídeo. Para tal, o escolhido foi *Mecânica Quântica* produzido pela Discovery e que pode ser acessado em <<http://www.youtube.com/watch?v=pCgR6kns5Mc>>. Logo após, os alunos irão se reunir em pequenos grupos quando serão solicitados a construir um **mapa conceitual** para Mecânica Quântica. Para isso, será feita uma exposição inicial sobre como construir um mapa conceitual e serão apresentados alguns exemplos. Após, os mapas serão trocados entre os grupos para que sejam feitas comparações e sugestões e alguns serão apresentados ao grande grupo. Todos os mapas deverão ser entregues à professora para avaliação. Estes mapas serão avaliados qualitativamente e devolvidos aos alunos que poderão refazê-los e entregá-los novamente à professora. Esta atividade ocupará 3 aulas.

5. Comparando mapas: na aula seguinte será desenvolvida uma atividade envolvendo os mapas mentais elaborados na primeira aula e os mapas conceituais na aula anterior. Será feita uma comparação qualitativa entre esses mapas, buscando aspectos que envolvam concepções alternativas, ou representações sociais, sobre a Física Quântica, possivelmente apresentados nos mapas mentais construídos na primeira aula e sua provável ausência nos mapas conceituais. Tal aspecto será utilizado para abordar novamente o assunto e explicar aos alunos que a Física Quântica não pode ser usada para dar embasamento científico para assuntos apresentados em anúncios.

6. Diferenciando progressivamente: serão apresentadas novas situações-problema, relativas aos conceitos de quantização, objeto quântico, incerteza, estado e superposição de estados, principalmente em forma de imagens, como a do Gato de Schrödinger que pode ser acessada em <http://averomundo-jcm.blogspot.com/2009/10/gatos-e-virus.html> e também será iniciada a confecção de um pequeno jornal da turma contendo breves artigos, charges, quadrinhos ou figuras sobre os assuntos abordados. A elaboração desse jornal será mediada pela professora e o mesmo será exposto no colégio para a leitura de toda comunidade escolar. Atividade a ser desenvolvida em 3 aulas.

7. Avaliação individual: será realizada uma avaliação individual através de questões abertas envolvendo os conceitos-foco da unidade. A atividade ocupará uma aula.

8. Aula final e avaliação da UEPS em sala de aula: análise das respostas às questões propostas na avaliação individual. Comentários finais integradores sobre o assunto abordado. Avaliação oral por parte dos alunos sobre as estratégias de ensino utilizadas e sobre seu aprendizado. A atividade ocupará uma aula. As manifestações dos alunos serão gravadas em áudio, se houver anuência dos mesmos.

9. Avaliação da UEPS: análise qualitativa, de parte da professora, sobre as evidências que percebeu, ou não, de aprendizagem significativa dos conceitos da unidade, na avaliação individual e na observação participante, bem como da avaliação da UEPS feita em sala de aula pelos alunos no último encontro.

10. Total de horas-aula: 16

ANEXO C

PROPOSTA DE UEPS PARA ENSINAR IMUNOLOGIA BÁSICA

Viviane A. Andrade*

Contexto: esta unidade de ensino foi planejada e desenvolvida para um curso de extensão em Imunologia Básica, com duração de 40 horas (12 encontros), oferecido a alunos de um Curso Técnico de Nível Médio de Enfermagem.

Objetivo: ensinar Imunologia Básica (Anatomia e Fisiologia do Sistema Imune), com base em uma das ideias centrais da Biologia, segundo Novak (1970), a homeostase.

1. Atividades iniciais (2 encontros): propor situações de ensino que favoreçam um amplo levantamento dos conhecimentos prévios dos alunos. Sugere-se, antes da apresentação do tema, a realização de três atividades iniciais: uma questão introdutória ampla, acerca dos tópicos que os discentes esperam estudar; questões relacionadas ao tema (*Como atua o Sistema Imune no contexto do organismo humano?; Cite palavras e/ou termos que você relaciona ao Sistema Imune; Identifique duas situações nas quais o seu Sistema Imune atuará em seu organismo.*) a serem respondidas individualmente sem recorrer a fontes de consulta; discussão oral e coletiva, orientada pelas perguntas e respostas das questões previamente respondidas.

Em seguida, apresentar um breve relato sobre a história da Imunologia e seu contexto de desenvolvimento no mundo ocidental, ressaltando o processo de construção deste conhecimento. Após a apresentação, propor uma discussão valendo-se da questão: *O homem nos dias de hoje desenvolve varíola?* Quando os alunos tiverem compartilhado uma resposta para esta questão, apresentar uma síntese do artigo de Lobato et al. (2005). Propor e orientar uma nova discussão com base na síntese deste trabalho. Por fim, conduzir a discussão com a apresentação de questões para reflexão: *E o Sistema Imune... Como se encaixa neste contexto?! Como atua...?* Fornecer textos, sobre a história da Imunologia, para leitura e discussão no encontro seguinte, e os artigos de Lobato et al. (2005) e de Porto e Ponte (2003) para leitura complementar.

Apresentar o trecho inicial do filme “*Yu-Gi-Oh!*”TM (até 35 minutos), como organizador prévio da ideia central homeostase. Verificar se o jogo *Yu-Gi-Oh!* (e/ou outros do mesmo tipo) apresentado pelo filme é familiar ao grupo de alunos. Após a projeção do filme, apresentar uma situação-problema (*É possível estabelecer relação da regra do jogo com a atuação do Sistema Imune e a manutenção da vida no “mundo vivo”?*) de nível introdutório, cujo propósito é favorecer a relação dos conhecimentos prévios dos alunos sobre o jogo *Yu-Gi-Oh!*TM, com uma ideia central da Biologia, homeostase. Desta forma, buscar-se-á preparar o aluno para a apresentação do conhecimento que pretende-se ensinar, Imunologia Básica.

* Mestre Profissional em Ensino em Biociências e Ciências da Saúde, Instituto Oswaldo Cruz, FIOCRUZ. Professora do Centro Federal de Educação Tecnológica Celso Suckow da Fonseca, RJ.

2. Situações-problema iniciais: a) *Se o sistema imune “defende” o organismo, como e o que acontece neste processo?*; b) *Quais as estruturas envolvidas neste processo?*; c) *E o Sistema Imune... Como se encaixa neste contexto? Como atua...?*. Recomenda-se que todas as questões (situações-problema) e atividades sejam discutidas em grupo com mediação docente.

3. Revisão¹: revisar os conceitos *Vida e Ser Vivo*. Enfocar o conceito homeostase. Propor o estabelecimento de relações entre o conceito homeostase com outros tópicos já estudados pelos alunos nas diversas disciplinas, já realizadas em seu curso, e com o jogo (organizador prévio). Propor a utilização do jogo didático *Imunostase card gam*², jogo com mecânica³ semelhante à do filme projetado. Além da construção de novas cartas para este jogo.

4. O processo de ensino (6 encontros): propor a identificação dos sistemas que compõem o organismo humano, com base em uma figura esquemática e, em seguida, apresentar uma nova situação-problema: *Qual é o resultado da interação e do funcionamento de todos estes sistemas no organismo humano?* Com base nas respostas que serão obtidas e anotadas no quadro, iniciar a apresentação do material instrucional. Apresentar os tópicos: *conceito de imunidade, barreiras primárias do organismo, anatomia do Sistema Imune e resposta inflamatória*. Fornecer uma lista de exercícios (com questões abertas) como tarefa a ser resolvida e apresentada no encontro seguinte. Solicitar que reflitam sobre a possibilidade de construção de cartas com base nos conteúdos apresentados e em suas experiências acadêmicas e pessoais.

Realizar a atividade de “correção” da lista de exercícios, visando à promoção da negociação e do compartilhamento de significados. Ou seja, com discussões em grupos, seguidas da discussão na turma para apresentação de uma proposta de resolução coletiva para cada questão.

Posteriormente, apresentar questões já conhecidas pelos alunos como *Qual(is) é (são) o papel(is) do Sistema Imune no organismo?* e *Qual é o resultado da ação do Sistema Imune no organismo?* E questões não familiares como *Comente as sentenças: Agentes infecciosos são comuns, mas infecções são raras. Há mais bactérias no organismo do que células humanas. Descreva a ação do Sistema Imune no organismo da Bela Adormecida, mediante a lesão causada em seu dedo no fuso da roca; Quais as principais características físicas do processo inflamatório?* Sugere-se que estas questões sejam corrigidas no mesmo formato da lista de exercícios. Com esta medida buscar-se-á “enculturar” os alunos à prática de negociação e compartilhamento de significados, para resolver diferentes tipos de questões (situações), gerando situações no ambiente de ensino, fundamentais no processo de aprendizagem significativa, que favoreçam a verbalização dos alunos a respeito do tema abordado pelas aulas.

¹ No início das aulas, de maneira geral, revisar os tópicos trabalhados na(s) aula(s) anterior(s).

² Jogo desenvolvido por Andrade (2011), no contexto do Mestrado Profissional em Ensino em Biociências e Saúde, Instituto Oswaldo Cruz, Fiocruz/RJ.

³ A mecânica do jogo é a dinâmica que move o jogo, ou simplesmente o como jogar. A mecânica pode ser baseada em leilão, tabuleiro, estratégias, batalhas históricas, cartas de eventos e etc. (Marcelo e Pescuite, 2009)

Apresentar os tópicos processamento e apresentação do antígeno e seleção clonal. Projetar animações⁴ para ilustrar a dinâmica dos processos. Ao término do encontro, propor questões que favoreçam a reconciliação integrativa das ideias apresentadas e discutidas: *Qual é o resultado da ação do Sistema Imune no organismo? Qual a sua relação com os demais sistemas que constituem o organismo?*

Propor a ordenação sequencial de eventos imunológicos listados e a resolução três questões: *A sequência de eventos por você numerada na questão anterior refere-se a que tipo de resposta imune (celular ou humoral)? Justifique a sua resposta. b) A lesão sofrida pelo organismo que realizou a resposta imune acima atingiu os vasos sanguíneos? Justifique a sua resposta. c) Descreva outra estratégia que o organismo poderia ter utilizado para realizar o mesmo tipo de resposta citada na questão 01.)*

Apresentar os tópicos, memória imunológica, imunoglobulinas, tolerância imunológica, hipersensibilidade, autoimunidade e doença de deficiência imunológica.

5. Nova situação problema, em nível mais alto de complexidade: retomar o jogo *Imunostase Card Gam* e propor aos alunos que estabeleçam relações entre os eventos imunológicos e as possíveis cartas e estratégias de jogadas referentes ao jogo didático a ser utilizado e os resultados destas no organismo do adversário. Esta etapa ocupará dois ou três encontros.

Propor o estudo do caso intitulado “O menino que não produz anticorpos” publicado na *Folha de São Paulo* em 28/06/2009. A atividade consistirá em resolver as questões: *Escreva um texto apresentando as possíveis explicações sobre o que acontece com o organismo de Vitor. Por quê? Pessoas com imunodeficiência primária têm dificuldade em combater as infecções? Qual medida que você sugere para resolver definitivamente o problema de imunológico de Vitor?*

Apresentar quadros de vacinação propostos pelo Ministério da Saúde e pela Sociedade Brasileira de Pediatria. Com base nestes, solicitar a resolução de questões como: *Que motivos justificam a indicação da realização de imunizações logo no início da vida dos indivíduos? b) Em sua opinião, por que há diferenças nos calendários de vacinação propostos pelo Ministério da Saúde e pela Sociedade Brasileira de Pediatria?*

6. Avaliação: avaliação da aprendizagem será baseada nos trabalhos feitos pelos alunos, nas observações realizadas pela docente e, também, por uma avaliação formal.

7. Encontro final integrador: retomar todo o conteúdo da UEPS, rever os casos e atividades e estratégias de jogadas trabalhadas nos encontros anteriores. Ressaltar a relação da ideia central com todos os tópicos abordados e com outros tópicos já estudados pelos alunos. Destacar as dificuldades do estudo e da pesquisa do tema, a importância deste conhecimento para a compreensão dos quadros de saúde e de doença, os avanços da

⁴ <http://www6.ufrgs.br/favet/immunovet/animacoes/mhci.html> / <http://www6.ufrgs.br/favet/immunovet/animacoes/mhcii.html>

área de conhecimento e as limitações de explicações ainda hoje existentes e que com o avanço das pesquisas e da produção de conhecimentos poderão levar a mudanças ou ao abandono de explicações melhores para os eventos imunológicos.

8. Avaliação da UEPS: a partir das evidências de aprendizagem significativa obtidas, ou não, ao longo do desenvolvimento das atividades.

Referências

Andrade, Viviane Abreu de (2011). *Imunostase – uma atividade lúdica para o ensino de Imunologia*. (Dissertação de Mestrado Profissional em Ensino em Biociências e Saúde) - Ensino em Biociências e Saúde, Instituto Oswaldo Cruz, Rio de Janeiro.

Andrade, V. A; Lemos, E. S. *Uma proposta didática para o ensino de Imunologia*. (no prelo)

Lobato, Z. I. P. et al. (2005). *Arq. Bras. Med. Vet. Zootec.*, 57 (4): 423-429

Novak, J. D. 1970. *The improvement of Biology teaching*. New York: The Bobbs-Merrill Company, Inc.

Porto, A., Ponte, C.F. (2003). Vacinas e campanhas: imagens de uma história a ser contada. *Hist. Cienc. Saúde-Manguinhos*. 10 (sup 2): 725-742.

ANEXO D

PROPOSTA DE UEPS PARA ENSINAR EQUILÍBRIO QUÍMICO

Agostinho Serrano*

Objetivo: ensinar o conceito de Equilíbrio Químico no Ensino Médio dentro dos diferentes níveis de representação de um fenômeno químico.

Sequência:

1. Situação inicial: fazer uma demonstração experimental ou mostrar um vídeo sobre a influência da temperatura no Equilíbrio Químico de $N_2O_4 \rightleftharpoons 2NO_2$. Explicar que o NO_2 é um gás marrom, enquanto o N_2O_4 é um gás incolor.

2. Situação-problema: explicar, utilizando o quadro-negro, a reação direta $N_2O_4 \rightleftharpoons 2NO_2$, que resulta na formação de um gás marrom, e a reação inversa $N_2O_4 \rightleftharpoons 2NO_2$ que resulta na formação de um gás incolor. Perguntar aos alunos como é possível que o gás demonstrado na sequência (1) mude de cor de acordo com a temperatura. A reação química “para” quando a cor estabiliza? Se a reação química “para”, ao mudarmos a temperatura, ela reinicia? Como a reação química pode “parar” se as moléculas estão em constante movimento? E se a reação não “para”, como é que a cor se estabiliza? Estas situações-problema devem ser discutidas em um grande grupo, mediadas pelo professor.

3. Exposição dialogada: o professor deve agora introduzir o conceito de equilíbrio químico dinâmico, contrapondo-o ao equilíbrio químico estático, sempre relacionando ao fato que a reação química não “para”. Conceitos prévios de reação direta e inversa devem ser utilizados, bem como os de concentração e velocidade da reação. Para tanto, deve-se utilizar o nível representacional simbólico (fórmulas químicas) no quadro-negro. Finalmente, chega-se ao conceito de equilíbrio como o da coexistência de ambas as reações supracitadas, ocorrendo com a mesma velocidade. Assim efetua-se uma diferenciação progressiva a partir de uma situação-problema inicial (2) que será utilizada como organizador prévio e, finalmente, por meio de uma reconciliação integrativa dos conceitos de velocidade, concentração e reação direta/inversa chega-se ao conceito de equilíbrio químico.

* Professor do Programa de Pós-Graduação em Ensino de Ciências e Matemática da ULBRA - Universidade Luterana do Brasil, Canoas, RS.

4. Nova situação-problema: aqui sugere-se que o docente utilize a simulação computacional gratuita *Equil v. 2.0*¹, onde o equilíbrio químico é explanado utilizando-se os três níveis de representação² de um fenômeno químico simultaneamente (Gabel, 1993). O nível de complexidade da situação-problema é o mesmo, mas introduzem-se diferentes representações (com diferentes invariantes operatórios) que devem ser trabalhados e compreendidos individualmente (etapa de diferenciação progressiva) e depois integralizados, de forma que todas as etapas da reação química, sejam do seu início, apenas com reagentes formando produtos na reação direta, passando pelo aumento da velocidade da reação inversa, até que a equalização destas velocidades ao atingir o equilíbrio químico sejam compreendidas pela compreensão simultânea de todos os níveis de representação. Em seguida, sugerimos que um mapa conceitual seja construído em pequenos grupos, permitindo a exposição dos mapas de cada grupo para toda a classe, e discussão dos mapas em sala de aula, sempre objetivando responder as questões propostas inicialmente.

5. Avaliação somativa individual: utilizando avaliações individuais sob a forma de situações-problema de equilíbrio químico, o professor deve questionar os alunos sobre sua compreensão do fenômeno de equilíbrio (Orlandi, Camargo e Serrano, 2006) observando sempre (mas não apenas) se há evidências de:

- 】 compreensão de gráficos de concentração das reações diretas e inversas (nível simbólico);
- 】 compreensão de gráficos de velocidade das reações diretas e inversas, chegando a valores iguais quando em equilíbrio (nível simbólico);
- 】 compreensão do significado da dupla seta na equação química como significando a ocorrência simultânea das reações diretas e inversas, e utilizando setas maiores para representar uma reação direta com maior velocidade no início e vice-versa (nível simbólico);
- 】 capacidade de construir modelos mentais que sejam capazes de representar moléculas com alguma representação aceitável para o nível de ensino e seus objetivos (moléculas bi ou tridimensionais, ou até mesmo esferas representando moléculas caso o aluno compreenda que esta é apenas uma representação simplificada ao extremo – nível microscópico);
- 】 capacidades de fazer com que as representações moleculares se movimentem mentalmente, ora não se chocando, ora se chocando e, quando do choque, possam reagir quimicamente sob a forma direta (reagentes -> produtos) ou inversa (produtos -> reagentes), (nível microscópico = modelos moleculares);
- 】 ser capaz de, dentro deste modelo mental, compreender que a taxa de formação de produtos seja igual à de reagentes e que esta reação não pára, sendo esta a explicação para a estabilidade da cor da mistura (nível macroscópico = sensório).

¹ Disponível em: <http://www.gabriela.trindade.nom.br/equil-v1-portugues/>

² A saber: simbólico (equações, gráficos); sensório (cor da mistura, cheiro); microscópico (moléculas)

6. Aula expositiva final: utilizar todos os conceitos já explanados, em todos os níveis representacionais trabalhados para discutir exemplos históricos onde o conceito de equilíbrio químico teve destaque, para ressaltar a importância da compreensão de cada um dos pontos da avaliação somativa individual (etapa 5) para a formação científica-cultural do aluno. Sugere-se a explanação do papel da campanha de Napoleão Bonaparte no Egito, sob a figura do químico Claude Loius Berthollet (Bensaude-Vicent & Stengers, 1992) no estabelecimento deste conceito. Outros exemplos a serem citados são o da síntese da amônia e sua aplicação bélica no processo *Haber-Bosch* (Brown, Lemay and Bursten, 1999) ou exemplos do cotidiano ou da natureza: formação de estalactites e estalagmites, provocadas devido à reversibilidade das reações (Kotz & Treichel, 2002) e outros fenômenos tais como lentes fotocromáticas e a reação reversível do ácido carbônico em refrigerantes.

7. Avaliação da aprendizagem na UEPS: o professor deverá registrar evidências de aprendizagem significativa mediante a aquisição e domínio de níveis representacionais que os alunos, individualmente, não utilizavam dentro deste campo conceitual. Ademais, estas representações devem ser articuladas e utilizadas para resolver situações-problema típicas de equilíbrio químico (problemas do tipo algoritmo), mas também para explicar o conceito de equilíbrio químico e situações de equilíbrio químico tanto para outros colegas como para o professor. Caso o professor verifique que a aquisição destas representações tornou o conceito de equilíbrio químico mais natural para o estudante, então pode-se inferir que houve uma aprendizagem significativa.

8. Avaliação da própria UEPS: a UEPS só poderá ser considerada exitosa se houver um progressivo domínio do conceito de equilíbrio químico mediante a aquisição de diferentes níveis representacionais, devidamente articulados e gerando significados para o conceito de equilíbrio químico.

Referências

- Gabel, D. (1993). Use of the particule nature of matter in developing conceptual understanding. *Journal of Chemical Education*, 70 (3): 173-174.
- Orlandi, C. C., Camargo, M., Serrano, A. (2006). Avaliação e aplicação de simulação computacional no ensino de equilíbrio químico. *Acta Scientiae*, 8 (1): 79-84.
- Bensaude-Vincent, B., Stengers, I. (1992). *História da Química*. Instituto Piaget.
- Brown, T. L., Lemay, e Bursten B. E. (1999). *Química-Ciência Central*. Rio de Janeiro. LTC – Livros Técnicos Científicos. 7ª ed.
- Kotz, J. C., Treichel, P. (2002). *Química e reações químicas*. Rio de Janeiro, LTC – Livros Técnicos e Científicos. 4ª ed.

A DIFUSÃO DA QUÍMICA VERDE PARA A EDUCAÇÃO QUÍMICA ESCOLAR: UM ESTUDO DA EXPERIÊNCIA ITALIANA COM A REVISTA GREEN

Carlos Alberto Marques
Franciele Drews de Souza

Introdução

O reconhecimento entre os químicos da necessidade da área investigar e contribuir com respostas a determinados problemas ambientais levou, nas últimas décadas, a um aumento das produções e pesquisas científicas, bem como das aplicações industriais em torno à Química Verde/Sustentável (QV),^{1,2} consolidando-a como um novo *approach* da Química em relação à tutela do ambiente (MACHADO, 2004). Em vista disso, atualmente, diversos são os periódicos científicos que têm difundido os resultados e as ideias de trabalhos na perspectiva da QV entre os químicos acadêmicos, por meio da publicação de artigos e/ou outros materiais especializados.³ Um processo de difusão que, contudo, ainda parece ser incipiente fora deste círculo de especialistas (MACHADO, 2008b, 2011; COSTA; RIBEIRO; MACHADO, 2008) e, em particular, dentro do contexto nacional da formação de professores e do Ensino de Química, tanto de nível médio quanto superior (MARQUES et al., 2007; FREITAS; ZUIN; PAVESI, 2007; DREWS, 2011).

É nesse cenário que julgamos merecer ponderação experiências pioneiras e originais como a que ocorre na Itália, desde 2006, por meio da Revista *Green: la scienza a servizio dell'uomo e dell'ambiente*.⁴ Um dos primeiros periódicos – quiçá o primeiro – que aborda temáticas da Ciência, em geral, e da Química, em particular, a partir do enfoque da QV, dirigindo-se a professores e alunos(as) de escolas de diferentes modalidades de

¹ A *Green/Sustainable Chemistry* (QV) é definida como a “invenção, projeção e aplicação de produtos e processos químicos para reduzir ou eliminar o uso e a produção de substâncias danosas ou tóxicas”. Reconhecida pela União Internacional de Química Pura e Aplicada (IUPAC, na sigla em inglês), é vinculada ao *subcommittee* da sua Divisão III. Disponível em: <<http://www.iupac.org/web/ins/303>>. Acesso em: jan. 2009.

² A QV articula-se e expressa-se em 12 princípios, os quais sinteticamente assentam-se na Prevenção (englobando a eficiência e a menor toxicidade química, a fonte e a quantificação energética, as metodologias e o *design* dos processos de sínteses, bem como a escolha de matérias-primas renováveis); no Saneamento e no Monitoramento Ambiental. Detalhes disponíveis em: <<http://www.incaweb.org>>; ou <<http://www.iupac.org/web/ins/303>>.

³ Com destaque para os periódicos *Green Chemistry* (da Royal Society of Chemistry - RSC), *Green Chemistry Letters and Reviews* (editada pelo grupo Taylor & Francis e vinculada ao Institute for Green Chemistry dos Estados Unidos), os compêndios da ACS Symposium Series (da American Chemical Society - ACS) e os livros da *Green Chemistry Series* (do Interuniversity Consortium “Chemistry for the Environment” - INCA).

⁴ *Green*: a ciência a serviço do homem e do ambiente (tradução dos autores). Detalhes disponíveis em: <<http://www.incaweb.org/green>>. Na presente pesquisa, todas as frases e informações em língua italiana foram traduzidas pelos autores. Todos os artigos da *Green* aqui citados são encontrados na revista impressa e alguns no endereço eletrônico da mesma.

Ensino Médio daquele país.⁵ É um dos poucos – quiçá o único – que, embora veiculado para não especialistas, é originalmente produzido e editado por *experts* no assunto: acadêmicos e cientistas do Consórcio Universitário “Química para o Ambiente” (INCA, na sigla em inglês)⁶ – responsável pelo desenvolvimento de importantes pesquisas e cursos de formação relacionados à QV.

Pautados em categorias da teoria do conhecimento de Ludwik Fleck (1986), entendemos que a experiência italiana com a Revista *Green* pode configurar um caso significativo de *circulação intercoletiva de ideias* entre, pelo menos, dois *coletivos de pensamento*, o de químicos especialistas em QV e o de professores de Química de escolas secundárias. Para aquele epistemólogo, toda comunicação deste tipo (entre coletivos distintos) tem um papel fundamental na extensão do *estilo de pensamento* compartilhado, podendo viabilizar, inclusive, o surgimento de novos estilos e a construção de novos *atos científicos*, em determinadas circunstâncias. Logo, é nestes termos que o periódico estrangeiro merece atenção. Ou seja, enquanto: 1) instrumento singular de disseminação dos conhecimentos, valores e práticas da QV; e 2) possível veículo para o desencadeamento da dinâmica de constituição de um novo *estilo de pensamento*, relacionado à produção de novos conhecimentos sobre a abordagem da temática ambiental, no Ensino de Química de nível médio.

Partindo destes pressupostos e interpretações, realizamos a análise do *corpus* do repertório da *Green*, buscando levantar as características, os objetivos e os conteúdos científicos e pedagógicos representativos desse processo de comunicação entre os acadêmicos e cientistas do INCA e os professores de Química das escolas italianas. Uma investigação que complementamos com a voz dos editores, por meio da coleta de seus depoimentos.

Importante destacar que o presente trabalho não visa estabelecer um estudo valorativo da revista em si e, tão pouco, obter conclusões para modelização de um periódico brasileiro. O que visa é aprofundar a compreensão dessa dinâmica recente de difusão da Química Verde para fora do círculo dos químicos acadêmicos e, sobretudo, para o âmbito do Ensino de Química. E, a partir disso, apenas discutir a possibilidade/factibilidade da abordagem de *conteúdos QV* na educação química escolar, inclusive, de outras realidades educacionais.

A importância da difusão e circulação de ideias na construção de conhecimentos.

Na perspectiva epistemológica construtivista-interacionista, parece impensável considerar a construção contínua de novos conhecimentos científicos e, portanto, o desenvolvimento da Ciência sem a difusão de seus objetivos, conteúdos, modelos, métodos e produções. Isso porque a produção de conhecimento não é vista como consequência de um processo individual; mas, sim, resultante de uma atividade social. Assim, quando se pensa no processo de construção de determinadas teorias ou propostas, o papel formativo que a contraposição de ideias e o diálogo⁷ podem assumir ganha contornos

⁵ Na Itália, essas escolas são denominadas de pré-universitárias. Expressão usada como sinônimo para as diferentes modalidades do Ensino Médio, incluindo o ensino técnico e o profissionalizante, mas neste trabalho, passamos a chamá-las simplesmente de escolas.

⁶ Criado em 1992, o INCA envolve, atualmente, 18 universidades-membro e outras 40 unidades de investigação - centros de pesquisa e laboratórios de excelência em toda a Itália. Disponível em: <<http://www.inca.org>>.

⁷ Adotamos o termo com base na compreensão bakhtiniana de diálogo. Ou seja, de que este não se limita ou se encerra numa comunicação em voz alta, mas envolve também, como em qualquer tipo de comunicação verbal, a escrita (BAKHTIN, 2004).

que também necessitam ser interpretados, conforme se propôs a fazer, por exemplo, o médico e epistemólogo Ludwik Fleck.

Fleck (1986), em seu modelo filosófico, enfatiza a importância dos processos de comunicação entre coletivos de pensamento (CPs) na formação de novos estilos de pensamento (EPs), e que em tais processos podem ocorrer conflitos, mas também aproximações; o que pode ser considerado aspectos próprios do *estado do conhecimento*, e ligados à circulação de ideias entre diferentes coletivos. Sobre isso, Delizoicov (2004) ainda acrescenta:

Se a *circulação intracoletiva de idéias* é, segundo ele [Fleck], responsável pela formação dos pares que compartilharão o estilo de pensamento, quer dizer dos especialistas, no caso de um determinado coletivo de pesquisadores que constituem o que ele denomina de um círculo esotérico, é a circulação intercoletiva de idéias a responsável pela disseminação, popularização e vulgarização do(s) estilos(s) de pensamento para outros coletivos de não-especialistas, que constituem, para Fleck, círculos exotéricos relativamente a um determinado círculo esotérico. Como não poderia deixar de ocorrer, nesta circulação intercoletiva, há simplificações no conhecimento disseminado, conforme analisa o autor (DELIZOICOV, 2004, p. 166, grifo do autor).

Esse multifacetado sistema de fluxo comunicativo, aparentemente complexo, parece dar uma indicação do caráter da produção do conhecimento, e, por conseguinte, das produções textuais no processo de circulação de ideias. O trecho citado caracteriza bem o que são os círculos esotéricos e exotéricos na teoria de Fleck, e possibilita-nos compreender a importância dessa circulação nos processos formativos (*dos e entre* pares) para o compartilhamento de conhecimentos [expresso mais adequadamente como estilo de pensamento (EP)]. Para o autor, Estilo de Pensamento é definido como: “um perceber dirigido com a correspondente elaboração intelectual e objetiva do percebido” (FLECK, 1986, p. 145), o que implica reconhecer a não neutralidade, *a priori* e *a posteriori*, do sujeito cognoscente. Numa circulação intercoletiva – como a que ocorre em nossa pesquisa em que a circulação é dirigida dos químicos especialistas em QV (principalmente professores universitários) aos químicos não especialistas (professores das escolas pré-universitárias) – é necessário reconhecer que podem ocorrer também simplificações do conhecimento disseminado.

Tomamos essas categorias para tentar compreender melhor a busca desse *diálogo* (BAKHTIN, 2004) entre esses dois coletivos de químicos professores (CPs), tendo a *Green* como veículo de comunicação (intercoletiva) de ideias. Um processo de disseminação formativa que busca, ao mesmo tempo, constituir um novo EP (dos não especialistas em relação à QV) e fazer emergir conhecimento novo em situações de ensino, justificando assim a presunção teórica da sua aplicabilidade àquelas situações. Assim, indaga-se: tal fenômeno poderia ser considerado o desenvolvimento de um *fato científico*, dado possuir características de um processo sócio-histórico de gênese de conhecimento (FLECK 1986; DELIZOICOV et al., 2002, 2004), nesse caso ligado à aplicação da QV na educação química escolar?

A resposta a essa pergunta não parece simples, seja pela novidade científica em que se situam as produções e aplicações QV, seja pela incorporação de aspectos pedagógicos

a essas produções visando a sua aplicação em processos de ensino-aprendizagem. E, como almejamos individualizar nos textos veiculados pela *Green* alguns indicadores, elementos constitutivos ou *objetos de conhecimento* – próprio de um repertório temático de conteúdos químicos e pedagógicos ligados à QV – será necessário um aprofundamento teórico ancorado em outros aportes do pensamento epistemológico fleckiano.

Para os professores das escolas, com razoável probabilidade, os conhecimentos produzidos, sistematizados e agora disseminados por meio da Revista *Green*, implícita ou explicitamente, são um tipo de conhecimento *novo* seja em relação à QV seja, principalmente, dessa aplicada ao Ensino da Química escolar. Para Fleck, segundo Delizoicov (2004),

[...] a dinâmica da produção de conhecimentos ocorre através da *instauração, extensão e transformação* de estilos de pensamento [...]. Assim, na transformação de um estilo de pensamento e na implantação de um novo, o papel da interação entre distintos coletivos de pensamento é de fundamental importância, na compreensão de Fleck, para o enfrentamento de problemas de investigação que têm determinadas características, quais sejam, tenham se revelado como complicações [...] não resolvidas pelo estilo de pensamento que se ocupa do problema investigado, ou porque o problema é complexo o suficiente de modo que um particular estilo de pensamento se revela limitado para enfrentar sua solução. Já durante a extensão do estilo de pensamento, a interação *intra-coletivo* é responsável tanto pela efetiva adoção do estilo de pensamento como pela formação dos membros integrantes do estilo que o compartilharão (FLECK apud DELIZOICOV, 2004, p. 165, grifo do autor).

Logo, no processo de extensão do estilo de pensamento, a produção e veiculação de revistas científicas, manuais e livros divulgativos desempenham um papel fundamental na formação dos membros e compartilhamento das ideias. Fleck (2009) considera que os textos para a circulação intercoletiva seriam menos eruditos do que aqueles destinados à circulação intra-coletiva. Tal característica da circulação intercoletiva, no que diz respeito à produção textual, pode influenciar, pelo menos parcialmente, a compreensão ou não dos artigos relacionados às temáticas QV divulgados pela Revista *Green*. É preciso, portanto, considerar que para o sucesso tanto da instauração como da extensão e transformação de estilos de pensamento são importantes os aspectos ligados às características, aos objetivos, aos temas e aos conteúdos dos textos da revista, assim como se faz relevante, dentre outros aspectos, a eficácia do próprio mecanismo de circulação dessas ideias, sua presença no projeto pedagógico da escola e, sobretudo, no programa de ensino do professor.

A importância das questões ambientais e da Química Verde: interfaces com os sistemas formativos

A Química Verde (QV) teve seus princípios sistematizados no início dos anos 1990 (IUPAC; ANASTAS; WERNER, 1998; MACHADO, 2004, 2011; LINTHOST, 2010; FARIA; FÁVARO, 2011). Ou seja, num período de crescente reconhecimento e popularização de desafios ambientais, que impõem grandes mudanças aos diferentes sistemas – político, social, produtivo e cultural – para estabelecimento de uma nova relação entre homem e natureza. Exemplos desses desafios não faltam, mas dentre eles destacamos: segurança energética; cortes nas emissões de CO₂; segurança alimentar; poluição dos solos e das águas; e mudanças climáticas, foco da discussão da recente Conferência da Organização das Nações Unidas (ONU) sobre o Clima (COP15).⁸

Inserido nesse cenário, o desenvolvimento da ciência Química (pura e aplicada) tem sido visto como responsável tanto pela origem quanto pela elaboração de soluções para alguns dos desafios ambientais. O que exige de seus profissionais inequívocos compromissos baseados na ética ambiental (GAIE, 2002; MACHADO, 2009), como aqueles que se fazem presentes e orientam as produções científicas da QV – especialmente dos laboratórios do INCA⁹ na Itália – e algumas ações europeias, REACH e CARE (Responsible CARE),¹⁰ por exemplo.

Na Itália, a QV teve grande impulso por meio do INCA, que na última década intensificou sua atuação no campo da formação e da divulgação, com várias publicações, cursos e conferências. Tais ações dirigidas à circulação intra e intercoletiva de ideias (FLECK, 1986), no campo da formação, teve sua origem e se reforçou com o lançamento da *Green* em 2006, a qual se insere no contexto do Programa europeu *Lauree Scientifiche*,¹¹ mas que, ao longo dos anos, reforçam-se com outras ações,¹² como por exemplo, os cadernos temáticos (*Green Chemistry Series* – GC), as várias *Summer School's on Green Chemistry*; o *Festival della Chimica Verde*; o Prêmio *Green Scuola* e o Projeto CHISS, os quais visaram a uma maior interação das próprias universidades consorciadas, seja com os sistemas produtivos, seja com alunos e professores das Escolas do país.

Por outro lado, como salientado por Machado (2004), muito do que se diz sobre a contribuição da QV na *solução* de determinados problemas ambientais carecem de verificação e aprofundamento. O autor aponta para as dificuldades de se pôr em prática uma Química Industrial compatível com a sustentabilidade ambiental, fazendo uma oportuna diferenciação entre a Química Verde e a Química *do-*, *no-* e *para o-* ambiente. Afirma ainda que “para que a ciência e tecnologia química do futuro não continuem a provocar problemas dos tipos que emergiram no século XX e sejam compatíveis com o ambiente e a vida, têm de investigar, implementar e ensinar a QV” (MACHADO, 2004, p. 67), e sugere, por fim, alguns tópicos QV ao Ensino de Química.

Em outros estudos, o autor busca fazer uma diferenciação entre o que chamou de *colorindo* a Química – usando, para isso, diferentes cores –, para distinguir o tipo de

⁸ Realizada em 2009, em Copenhague (Dinamarca).

⁹ Disponível em: <http://www.incaweb.org/inca_laboratories/pdf/scient_pub_lab_VE_2009.pdf>. Acesso em: maio 2010.

¹⁰ Para saber sobre REACH, ver <<http://www.rsc.org/ScienceAndTechnology/Policy/Documents/reachreport.asp>>. Sobre Responsible CARE, ver <http://www.assicconline.it/menu/Responsible_Care>. Acesso em: mar. 2010.

¹¹ Ver <<http://www.progettolaureescientifiche.eu>>. e <http://www.miur.it/0002Univer/0023Studen/0781Proget/index_cf2.htm>.

¹² *Quaderni INCA per le Scuole*. Disponível em: <<http://venus.unive.it/inca/publications/papers.php>>. Acesso em: mar. 2004.

aplicação e as temáticas trazidas nas produções científicas da QV (MACHADO, 2008a). Destaca o que chamou de *falsas QV*, isto é, exemplos de adjetivações às aplicações e aos resultados intitulados QV que nem sempre o eram, dado que desconsideram aspectos correlacionados que podem ter efeitos mais deletérios ao ambiente do que aquele princípio QV enaltecido (MACHADO, 2008b). Enfatiza ainda a importância dos doze princípios complementares QV elaborados por Winterton (2001), que seriam úteis para dar suporte à transposição da QV aos laboratórios químicos industriais.

O autor aprofunda o conceito de *verdura química* (MACHADO, 2007), discutindo sobre a complexidade de avaliar o quanto a produção química é verde, sugerindo, para tanto, ferramentas métricas (de massa, energética e ambiental) que possam dar suporte ao desenvolvimento sustentável. Nesse sentido, Ribeiro e colaboradores divulgaram trabalho sobre as métricas QV aplicadas a uma atividade de laboratório no ensino secundário, que chamam de métrica holística *Estrela Verde* (RIBEIRO; COSTA; MACHADO, 2010).

No Brasil, existem algumas importantes iniciativas relacionadas ao campo de estudo dos problemas ambientais, muitas com enfoque QV, direcionadas aos processos educativos e desenvolvidas principalmente por grupos de pesquisa de origem universitária (TOZONI-REIS, 2001; LAYRARGUES; CASTRO, 2002; RUPEA, 2007; NARDI, 2007; REIGOTA, 2008; LORENZETTI; DELIZOICOV, 2009; PORTUGAL, SANTOS, 2008; MELO; VILLANI, 2005). São exemplos: as Escolas de Verão da Universidade de São Paulo (USP) – capital; e da Universidade Federal de São Carlos (UFSCar), e mais recentemente o Projeto *Green Chemistry Sustainable Education and Environmental Development* (SEED), uma rede de pesquisadores QV na América Latina, cuja proposta foi aprovada e financiada pela União Internacional de Química Pura e Aplicada (IUPAC, na sigla em inglês).¹³

Algumas dessas experiências estão mais ligadas à educação ambiental do que à QV e, do mesmo modo, mais relacionadas ao ensino de graduação e à formação de professores (FREITAS; ZUIN; PAVESI, 2007; MARQUES et al., 2007; ZUIN, 2011), praticamente, inexistindo experiências ligadas à QV no Ensino Médio.

Nesse setor, é interessante o estudo desenvolvido por Costa e colaboradores (2008), no qual se discute sobre a dimensão da QV em processos educativos, envolvendo produções bibliográficas QV dirigidas à educação secundária, particularmente sobre atividades de laboratórios. Tal pesquisa foi desenvolvida analisando artigos do *Journal of Chemical Education* entre 1995 e 2007. Ressaltam que a ideia básica sobre a QV assumiu um tom *apelativo*, resumindo-a a uma consciência ambiental, sem dúvida importante, mas não suficiente para um pensamento holístico e global, por exemplo, que considere a unidade necessária entre o ciclo de vida de um composto e o processo usado para sua fabricação, de modo a fazer com que os estudantes possam avaliar melhor as perdas e os ganhos com os processos verdes.

Como já enfatizado, não obstante a importância de tais iniciativas, parecem faltar ações mais integradas, permanentes, e uma maior divulgação da QV na educação básica, aspecto que o presente trabalho busca contribuir, ao analisar a experiência da Revista *Green*.

¹³ Projeto SEED: number 2009-014-2-300. Ver: <<http://www.iupac.org/indexes/Projects/years/2009>>.

A pesquisa: material, instrumentos de coleta de dados e metodologia de análise

Nossa pesquisa, como um estudo aprofundado de uma experiência pioneira na difusão da QV para professores e alunos de escolas de nível médio na Itália, caracteriza-se como um estudo de caso (LUDKE; ANDRÉ, 1986) que visa, sobretudo, ao levantamento de possíveis conteúdos químicos referenciados por esse novo enfoque da Química, os quais poderiam contribuir para a constituição de um novo Estilo de Pensamento no contexto da educação química escolar em relação aos problemas do ambiente.

De tal sorte, uma das fontes de informações para a pesquisa foi constituída fundamentalmente pelos textos dos 18 números da Revista *Green*, obtidos diretamente do Consórcio INCA e de sua página na internet. A partir desse repertório, buscamos identificar os conteúdos e temas veiculados, as estratégias pedagógicas anunciadas e as ações propostas aos professores de Química das escolas italianas, no que tange ao estudo de questões ambientais e da QV.

Foram, também, colhidos depoimentos de dois dos três editores da *Green* (doravante indicados pela letra E1 e E2), por meio de entrevistas a um dos autores do presente trabalho, na Itália, no ano de 2010. Suas falas perfazem cerca de três horas de registro em áudio, transcritos e traduzidos por nós. Com esses depoimentos, buscamos confrontar aspectos de nossa análise com a voz dos mesmos e, fundamentalmente, individuar elementos que evidenciem os objetivos da revista e suas características organizativas. Além disso, buscamos evidenciar como os editores entendem que a Revista *Green* pode contribuir para a formação científica em Química e em QV, na melhoria da atuação docente, na educação ambiental dos jovens, bem como, e, especialmente, sobre a possibilidade da Química Verde articular-se com a educação química escolar.

Para tanto, como metodologia analítica, utilizamos em nosso trabalho a Análise de Conteúdo (BARDIN, 1977), buscando classificar os conteúdos de artigos publicados nos 18 primeiros números da revista, de acordo com a semelhança dos temas abordados. Segundo Bardin (1997, p. 112), “classificar elementos em categorias impõe a investigação do que cada um deles tem em comum com outros. O que vai permitir o seu agrupamento é a parte comum existente entre eles”, de modo que os conteúdos classificados foram então confrontados com o que era anunciado nas seções e sumários da revista, visando a certificar-se do processo por nós conduzido. Esse agrupamento permitiu a organização de elementos comuns que auxiliaram na organização de categorias relacionadas aos conteúdos químicos (QV e tratamento de questões ambientais) e também pedagógicos.

Para desenvolver um conjunto de descritores específicos ou categorias temáticas para classificar e agrupar os principais assuntos/temáticas envolvidos nos textos analisados, buscamos apoio metodológico no trabalho desenvolvido por Megid Neto (1999), que desenvolveu um critério de classificação denominado *foco temático* para analisar teses e dissertações em Ensino de Ciências. Também tomamos emprestados dois conjuntos de categorias propostos por Mortimer e Scott (2002) e Mortimer e colaboradores (2005), *modelagem* e *operações epistêmicas*, para conduzir a análise sobre o discurso pedagógico, particularmente das estratégias de ensino, presentes nos textos analisados, dado que esses se destinam aos processos de ensino e aprendizagem.

Caracterização da Revista *Green*

A Revista *Green* teve seu primeiro número lançado em novembro de 2006, totalizando 18 números até o final de nossa pesquisa. Inicialmente, era distribuída gratuitamente às Escolas pré-universitárias, e mais recentemente somente aos Institutos Profissionais, por meio de apoio governamental. Uma versão eletrônica era também disponibilizada gratuitamente, porém, a partir do 7º número, somente por meio de pagamento ou aos assinantes. Já a responsabilidade editorial é do Consórcio INCA, por intermédio de um diretor, um diretor responsável e um coordenador de redação.

Sua periodicidade inicial era mensal, contudo, da análise, percebe-se certa irregularidade, variando de mensal a trimestral. No ano de 2009, houve uma interrupção de 9 meses na publicação, retomada somente em setembro daquele ano. Não se conhecem os motivos dessa interrupção, mas seus editores sinalizam a existência de dificuldades no sítio *web* da revista,⁴ as quais talvez estejam associadas aos cortes orçamentários governamentais ao setor de pesquisa e inovação científica.

Vinculados aos propósitos do próprio INCA, os objetivos gerais declarados da revista são:

- a) apresentar as diferentes interações existentes entre a Ciência e as demandas da sociedade, em termos econômicos, sociais e éticos; e
- b) promover a difusão e a formação de uma *cultura científica* que possibilite o exercício da cidadania e a tomada de decisões em relação ao desenvolvimento científico e tecnológico.

Por conseguinte, um de seus objetivos específicos, também declarado, é dar informações e realizar discussões aprofundadas sobre as seguintes temáticas/assuntos: proteção do ambiente; poluição; energia e fontes renováveis; alimentação; Química Verde; eliminação e reciclagem de resíduos; e o impacto da pesquisa científica e tecnológica sobre produtos e consumo energético. Informações e discussões essas realizadas a partir de artigos escritos por *acadêmicos* e *cientistas especializados*.

Evidenciam-se, nesse elenco de intencionalidades, temáticas e propósitos vinculados às discussões do enfoque Ciência-Tecnologia-Sociedade (CTS), os quais surgem, inclusive e em especial, pelo agravamento de problemas ambientais relacionados ao desenvolvimento científico e tecnológico desenfreado (LINSENGEN; PEREIRA; BAZZO, 2003; AULER; DELIZOICOV, 2006).

Além disso, no primeiro número da *Green*, os editores reconhecem que dentre as motivações para sua publicação, uma delas está ligada à necessidade de incentivar jovens a se interessarem mais pelos estudos das disciplinas científicas, especialmente a Química; e outra, obviamente, à difusão de uma imagem menos depreciativa da Química em relação aos problemas do ambiente. Possivelmente, isso também se deve a sua inserção no contexto do desenvolvimento do Projeto *Lauree Scientifiche*¹¹ salientado anteriormente, como se pode inferir pelo depoimento de um dos editores:

[...] estávamos em 2003 e começava a se evidenciar o problema dos cursos de graduação nas áreas científicas e, em particular, da matemática, da física e da química [baixa inscrição nas faculdades científicas] [...] Infelizmente na Itália se sente ainda a necessidade de se ter instrumentos didáticos de integração e de estímulo para o estudo da ciência (E2).

Outros objetivos específicos do periódico, explicitados em seus editoriais, são: publicar ideias e experiências de estudantes e professores quanto ao Ensino de Química; e servir de material de apoio para as aulas de Ciências/Química. Intui-se que o emprego do termo mais abrangente *Química*, e não a específica perspectiva QV, pode ter aqui um sentido estratégico por parte dos editores, dado que a proposta é de inserção de temáticas ambientais e da QV no Ensino da Química, deixando aos conteúdos dos textos o papel de *convencimento* à adesão ao novo Estilo de Pensamento (FLECK, 1986). Aspecto este que, inclusive, parece emergir na fala de um dos editores:

[...] uma informação... que forneça entre linhas diversos conceitos científicos importantes que estão por trás dos fenômenos da vida cotidiana, que podem ser as mudanças climáticas, a crise energética, as doenças, a poluição atmosférica, lixo e muitos outros. [Portanto] a difusão da química verde... deve permear em todos os níveis da sociedade, ...permear em nível de escola, porque é importante que os jovens criem em si mesmos uma mentalidade 'verde' (E2).

Do ponto de vista de sua estrutura interna, a Revista *Green* já apresentou 7 seções desde seu lançamento: *DOSSIER*, *Dalle scuole*, *Progetti & Invenzioni*, *Obiettivo Green*, *Intervista*, *Quiz* e *Futuro & Futuribile*. Todavia, dessas 7 seções, apenas a última foi mantida nos 18 números, apresentando *notícias internacionais*¹⁴ e *nacionais* sobre a pesquisa científica e tecnológica com ênfase na tutela do ambiente. Quanto às demais seções, observamos certa aleatoriedade entre as edições, e até mesmo a inexistência de qualquer uma delas em quatro números da revista (14¹⁵, 15, 17 e 18). Além disso, identificamos um montante de 56 (cinquenta e seis) artigos editados sem remissão a qualquer uma das referidas seções.

Embora os editores não deixem explícito na revista os objetivos de cada seção, compreende-se que *Progetti & Invenzioni*, *Obiettivo Green* e *Intervista* constituem, juntamente com *Futuro & Futuribile*, espaços da revista destinados ao *jornalismo científico*, ou seja, à comunicação de informações científicas e tecnológicas atualizadas ao público leigo ou não especialista (FLECK, 1986), no caso, professores e alunos das Escolas pré-universitárias italianas. Isso porque seus textos tratam, respectivamente, de notícias de projetos e produtos desenvolvidos em centros de pesquisa e universidades da Itália (relacionados à salvaguarda do ambiente e à QV); notícias de iniciativas estatais e da União Europeia, quanto ao fomento de pesquisas científicas para a prevenção ou remediação de danos ambientais, e ainda quanto à legislação ambiental; e entrevistas com personalidades do campo científico (por exemplo, ganhadores de Prêmios Nobel de Química) ou governamental.

¹⁴ "Notizie: a) dal mondo" (até o n. 11) ou "Le news di Green" (a partir do n. 12) – subtítulos da seção; b) dall'Italia" – subtítulo da seção *Progetti & Invenzioni*; c) da Bruxelles" – subtítulo da seção *Obiettivo Green*.

¹⁵ Número especial dedicado à abordagem dos problemas ligados ao lixo: 1) recuperação; e 2) transformação em energia.

Outros aspectos que ressaltam o caráter fortemente informativo dessas publicações são, por exemplo, a forma de apresentação visual das notícias, com uma diagramação que se assemelha a de um texto jornalístico disposto em colunas; e a colaboração da *Rete Informativa Scienza e Tecnologia* (RISeT) do *Ministero degli Affari Esteri* da Itália. Tal conclusão, de certo modo, confirma-se com os depoimentos dos editores:

[...] são 3 espaços: [...] um para aquilo que diz respeito [...] a artigos de fundo, feitos por colegas que tratam de assuntos diversos e não somente de química [...] depois uma seção, podemos dizer, que se relaciona à intervenção de jovens graduados que desejam se aproximar de aspectos da difusão da cultura científica; [...] uma terceira é aquela das notícias mais importantes com características da ciência verde, [...] e que nós encontramos não somente na Itália mas em todas as partes do mundo (E1).

[...] o esquema é relativamente livre; é mantido somente o editorial, na segunda página, as notícias nas últimas páginas... e a quarta página que traz sempre uma figura representativa e uma citação de um cientista, ou de pessoas que tiveram suas vidas ligadas ao ambiente, à sua exploração e à ciência. Mas a decisão sobre as seqüências dão-se em base a um sentido lógico e aos artigos disponíveis (E2).

Conforme o próprio nome pressupõe, em *DOSSIER*, estão editados textos (9) elaborados por professores universitários que se caracterizam por apresentar uma série de informações, dados e conhecimentos acerca de uma determinada temática ligada à Ciência & Tecnologia e/ou ao ensino delas. Já em *Dalle Scuole* são publicadas produções textuais (7) de alunos e/ou professores das Escolas pré-universitárias, relatando atividades desenvolvidas por eles no contexto de sala de aula e que apontam para o ensino de questões ambientais e/ou de conteúdos de QV.

É nesse diálogo, comunicado por meio de artigos de *DOSSIER* e *Dalle Scuole*, e de artigos publicados independentemente de seções, que se pode perceber o pretendido caráter e o papel pedagógico da Revista *Green*, que nos possibilitariam, além disso, caracterizá-la não apenas como um instrumento de divulgação científica, mas muito próxima a um periódico de Ensino de Ciências em geral, e de Química, particularmente.

Embora não seja escopo de nosso trabalho investigativo chegar a tal definição, fundamentados em Cantani e Bastos (2002), compreendemos que a investigação sobre o repertório desses textos tem a potencialidade de revelar facetas muito próximas àquelas da imprensa pedagógica. Isso na medida em que a revista italiana também se configura uma fonte feita por professores para professores, “prescrevendo determinadas práticas, valores e normas de conduta, construindo e elaborando representações do social”, e, portanto, “permitindo ao pesquisador estudar o pensamento pedagógico de um determinado setor ou grupo social, a partir da análise do discurso veiculado” (CANTANI; BASTOS, 2002, p. 5).

Caracterização dos artigos sem seção e publicados em *DOSSIER* e *Dalle Scuola*

9 artigos foram publicados em *DOSSIER*, 7 em *Dalle Scuole* e 56 sem uma seção específica, totalizando 72 textos, nos 18 números da Revista *Green*. Conforme mencionamos, entendemos, pois, que a particularidade e originalidade da Revista *Green* encontram-se nessas publicações, uma vez que essas poderiam se constituir em propostas ou subsídios para o professor em sala de aula tanto de saberes pedagógicos quanto de conhecimentos tecno-científicos, relativos a aspectos importantes da interface Ciência/Química e sociedade, principalmente no que tange às questões ambientais. Para tanto, compreendemos como necessário caracterizá-las preliminarmente quanto à autoria e ao foco temático dos textos.

» Dos autores de artigos veiculados pela Green

Na medida em que, a partir do pensamento fleckiano, compreendemos as produções textuais da revista em termos de circulação intercoletiva de ideias, faz-se importante identificar o perfil de seus autores, conforme sintetizamos por meio da Tabela 1. Nessa é possível perceber que a maioria dos textos é produzida por *professores do Ensino Superior*, especificamente, de universidades filiadas ao INCA, entretanto, dessas 47 publicações, 38 são escritas por docentes com formação em Química; as demais (9), por professores com formação acadêmica em outra área das Ciências Naturais ou Engenharias, como, por exemplo, físicos, engenheiros químicos e biólogos. Esse aspecto pode ser representativo na conformação de um *approach* em relação à tutela do ambiente, e que extrapola a comunidade científica dos químicos; parece querer demonstrar que as questões ambientais, no Ensino de Ciências/Química, necessitam ou advêm de uma abordagem interdisciplinar.

Tabela 1 - Perfil dos autores

Perfil dos autores	Número de artigos
Professores de universidades consorciadas ao INCA	47
Professores de Escolas pré-universitárias	5
Alunos de Escolas pré-universitárias	1
Professores e alunos de Escolas pré-universitárias	2
Pesquisadores INCA	4
Outros	13

Fonte: o próprio periódico e o portal INCA.

A inexpressiva existência de textos produzidos por alunos e/ou professores das escolas pré-universitárias¹⁶ relatando atividades desenvolvidas por eles no contexto de sala de aula é outro aspecto relevante.

Entendemos que tais publicações têm o propósito de socializar experiências vivenciadas no contexto escolar, apontando, inclusive, percursos e recursos didáticos, todavia, o número relativamente pequeno de artigos dessa autoria pode ser tanto um indicativo de uma reflexão ainda recente acerca da inserção de questões ambientais no Ensino de Química, quanto evidenciar o quão inicial é a etapa no processo de extensão de um Estilo de Pensamento relativo à QV entre os distintos coletivos de pensamento (professores do Ensino Superior e professores das escolas pré-universitárias).

› Do foco temático dos textos

Elaboramos, com o intuito de refletir sobre os principais assuntos/temáticas envolvidos nos textos analisados, um conjunto de descritores específicos, a partir do qual estes foram classificados e agrupados, gerando a classificação do(s) foco(s) temático(s). Para tanto, tomamos como referência o caminho metodológico do trabalho desenvolvido por Megid Neto (1999), no qual o autor adotou um critério para classificação de teses e dissertações em Ensino de Ciências denominado de *foco temático*.

Em sua pesquisa, Megid Neto (1999) elaborou um conjunto de *descritores específicos* para *Foco Temático* que exprimissem aspectos a serem considerados na classificação e na descrição dos temas da produção acadêmica em Ensino de Ciências, cuja constituição se deu a partir da literatura da área e da análise dos próprios documentos a serem classificados. “Cada tese e dissertação por ele analisada foi classificada em um ou mais focos temáticos desde que tivessem sido abordados de forma significativa no trabalho” (MEGID NETO, 1999, p. 136). E, após a classificação, o autor procurou identificar ainda o tema principal ou privilegiado no estudo.

Embora nosso trabalho não envolva análise de tendências da pesquisa em Ensino de Ciências, nos apoiamos na referida metodologia para caracterizar as produções textuais da Revista *Green*, no que tange a seus conteúdos científicos e também pedagógicos.

Os descritores utilizados foram: *Abordagem de aspectos sociocientíficos; Prática tecnológica; Conceitos/teorias científicas em destaque; Experiências de sala de aula; Situações do contexto italiano; Projetos ou Programas de pesquisa; História da Ciência; Recursos didáticos; e Outros Temas*.

Esses descritores, apresentados e discutidos a seguir, foram propostos a partir da leitura e análise do conteúdo de todos os textos em questão, não sendo estabelecidos *a priori*. Para tanto, buscamos correlacionar conteúdo e objetivos expressos pelos autores na parte introdutória dos artigos. Destacamos, não obstante, que reconhecemos a existência de sobreposições parciais entre algumas dessas categorias temáticas dos textos, não havendo uma delimitação precisa das fronteiras entre as mesmas, nem uma ordenação hierárquica – tal como Megid Neto (1999) também considerou em seu trabalho.

¹⁶ Com a exceção de um texto, os outros 7 pertencem à seção *Dalle Scuole*.

A seguir, apresentamos os descritores específicos utilizados para a classificação do(s) foco(s) temático(s) dos textos analisados, bem como dos detalhamentos norteadores desse processo de classificação.

- a) *Abordagem de aspectos sociocientíficos*: artigos que apresentam questões ambientais, políticas, econômicas, éticas, sociais e culturais relativas à ciência e à tecnologia por meio de um *tema*, tópico ou assunto de caráter amplo em que tais questões estão imbricadas (por exemplo, chuva ácida, reciclagem de materiais, recursos energéticos, etc.); mas também aqueles que as apresentam de forma pontual, com exemplos de fatos e fenômenos do cotidiano relativos a conteúdos científicos que ilustram aplicações tecnológicas envolvendo esses aspectos (por exemplo, materiais plásticos, pigmentos, etc.). Inclui-se ainda, nessa categoria, a abordagem de questões dirigidas aos leitores sobre esses aspectos. A proposição dessa categoria temática busca sua fundamentação também nos estudos de Santos e Mortimer (2009), com destaque às possibilidades e limites de uma abordagem de aspectos sociocientíficos em situações de ensino.
- b) *Prática tecnológica*: textos que buscam inter-relacionar aspectos *técnicos* (conhecimentos, habilidades e técnicas, instrumentos, ferramentas e máquinas, recursos humanos e materiais, matérias-primas, produtos obtidos e resíduos), *organizacionais* (relacionados à atividade econômica, industrial e profissional) e *socioculturais* (objetivos e finalidades, sistema de valores e códigos éticos, crenças de progresso) relativos à tecnologia e suas inovações. Ressaltamos que para a compreensão dos referidos aspectos nos baseamos também em Pacey (1990), que discute a constituição de prática tecnológica a partir de fatores como os acima evidenciados.
- c) *Conceitos/teorias científicas em destaque*: produções textuais que discutem conceitos básicos, teorias ou modelos explicativos da Ciência/Química, procurando evidenciar sua relação com a estrutura conceitual da Ciência e seu desenvolvimento histórico.
- d) *Experiências de sala de aula*: divulgação de atividades didático-pedagógicas e/ou experimentais desenvolvidas por professores e alunos no contexto das Escolas pré-universitárias italianas, ou até mesmo em disciplinas de Química do ensino superior. O objetivo desses textos é descrever e socializar experiências de ensino junto às escolas.
- e) *Situações do contexto italiano*: trabalhos que discorrem sobre informações e medidas da comunidade científica italiana para *remediation/saneamento* de determinados problemas ambientais locais.
- f) *Projetos ou programas de pesquisa*: divulgação tanto de projetos quanto de programas de pesquisa científica e tecnológica desenvolvidos em diferentes áreas do conhecimento.

- g) *História da Ciência*: artigos que resgatam acontecimentos, fatos, debates, conflitos e circunstâncias da produção científica em determinada época, do passado próximo ou remoto, e as articulações entre eles.
- h) *Recursos didáticos*: texto de divulgação e avaliação de materiais ou recursos didáticos no ensino de Ciências/Química, como materiais de laboratório, computador, textos de leitura, etc.
- i) *Outros temas*: seria um foco muito particular que não encontra correspondência com os demais, ou cuja incidência no conjunto dos documentos classificados é bastante pequena. Incluem-se artigos sobre diagnóstico do ensino de matemática na Itália e sobre as condições das universidades italianas.

Após a classificação dos 72 textos pelos focos temáticos envolvidos, identificamos a seguinte distribuição de acordo com a predominância dos aspectos relacionados com os focos (Tabela 2).

Tabela 2 - Distribuição dos textos por foco temático

Foco temático	Número de artigos
Abordagem de aspectos sócio-científicos	34
Prática tecnológica	8
Conceitos/teorias científicas em destaque	10
Experiências de sala de aula**	10
Situações do contexto italiano	5
Projetos ou programas de pesquisa	5
História da Ciência	7
Recursos didáticos	2
Outros	6

*O total de classificações ultrapassa os 72 textos, pois 15 produções textuais foram consideradas como tendo mais de um foco temático.

** Embora os textos classificados em *Experiências de sala de aula* relatem atividades envolvendo abordagem de aspectos sociocientíficos ou de prática tecnológica ou ainda de conceitos e teorias científicas, tal aspecto foi considerado secundário, considerando-se como fator determinante tanto o objetivo principal dos textos quanto a autoria dos mesmos.

Conforme observamos, na Tabela 2, *Abordagem de aspectos sociocientíficos* é o foco temático mais privilegiado nas produções textuais da Revista *Green*. Compreendemos que tal distribuição encontra relação com os objetivos gerais e específicos do periódico, discutidos anteriormente. Ademais, foi por meio dessas classificações que parecem ter se tornado mais visíveis e compreensíveis tanto as possíveis intenções dos seus autores quanto as potencialidades pedagógicas dos textos para uso como material didático em sala de aula. Mais ainda, nos mesmos poder-se-ia estar representada – embora implicitamente – uma perspectiva curricular de Ensino de Ciências/Química, baseada

no trabalho com *temas* (SANTOS; SCHNETZLER, 1996; SANTOS, 2002; AULER; DALMOLIN; FENALTI, 2009). A título de exemplo, citamos partes dos seguintes artigos:

Corrosive rain. As chuvas ácidas: saúde, vegetação e monumentos em risco. Um fenômeno conhecido desde o início da época da industrialização, mas que nas últimas décadas do século XX assumiu dimensões planetárias. A se tornarem ácidas não serão somente as chuvas, mas também a neve ou as geadas ou a neblina. A natureza se vingará com o homem revertendo, sobre a terra e o ambiente, substâncias poluentes que não pouparão nada e ninguém. Procuremos entender juntos como nasce e se desenvolve este fenômeno. E quais são os remédios para combatê-lo (ZECCHINI, *Green*, n. 12, 2008, p. 18, grifo do autor).

Nucleare. Non solo 'Little Boy' e 'Fat Man'. Presente e futuro de uma polêmica fonte energética. A energia nuclear de "fissão" que aproveita as potencialidades energéticas do urânio é a única forma de energia nuclear hoje disponível a nível industrial e comercial (ROLANDI, *Green*, n. 7, 2007, p. 20, grifo do autor).

Ambas as produções textuais partem de assuntos amplos, respectivamente, *chuva ácida* e *emprego de energia nuclear*, que, por sua vez, envolvem questões de natureza distintas – sociais, culturais, econômicas políticas, éticas e ambientais –, porém inerentes à atividade científica e tecnológica.

Nesse caso, os conteúdos/conhecimentos específicos das Ciências – e os da Química especificamente – são utilizados para uma melhor compreensão dos *temas*. Rolandi (*Green*, n. 7, 2007), por exemplo, além de discutir a energia nuclear como uma alternativa aos problemas ambientais provenientes da exploração e queima de combustíveis fósseis, discute questões éticas e políticas ligadas ao desenvolvimento de conhecimentos e tecnologias em torno de um *produto* que se tornou uma arma de guerra e extermínio em determinado período da História da humanidade, todavia, para tanto, não prescindiu de conhecimentos sobre reações de fissão nuclear, radioatividade, etc. Por sua vez, em seu texto, Zecchini (*Green*, n. 12, 2008), para a compreensão dos problemas ambientais ligados à chuva ácida, aborda conceitos químicos específicos, tais como: ácidos e bases, pH e óxidos de enxofre.

Embora numa perspectiva curricular distinta, os textos de *Prática tecnológica* e *conceitos/teorias científicas em destaque* também pudessem servir como materiais para o ensino no contexto escolar, aqueles parecem identificar-se mais diretamente com o viés da educação tecnológica, enquanto estes com o ensino pela abordagem conceitual.

O fragmento a seguir exemplifica o grupo *Prática tecnológica*, caracterizando-se pela relação entre o desenvolvimento tecnológico de motores elétricos e híbridos com o problema do tráfego de veículos e da emissão de poluentes em centros urbanos:

Elettrico o ibrido, purché antismog. Enquanto as administrações 'comunali' [municipais] combatem a poluição do tráfego de automóveis com medidas de limitação, a pesquisa faz a sua parte e está aperfeiçoando o veículo ideal: aquele com tração elétrica. Os propulsores híbridos, são a via mais rápida para 'o elétrico' (MINERO, *Green*, n. 3, 2007, p. 6, grifo do autor).

A apresentação, por exemplo, de aspectos técnicos referentes aos sistemas de montagem dos motores híbridos, realizada por Minero (*Green*, n. 3, 2007) por meio de esquemas representativos corrobora nossa compreensão de que os textos de *Prática*

tecnológica vinculam-se ao contexto italiano das escolas pré-universitárias de ensino técnico e profissional, pelo que se relacionariam igualmente com a perspectiva da educação tecnológica.

Em textos como o de Tundo (*Green*, n. 6, 2007), o destaque encontra-se na apresentação de conceitos e teorias da Ciência, em que a abordagem histórica ou de aspectos sociais surgem como fatores secundários para a contextualização daqueles. Isso, aliás, pode ser depreendido do próprio título e subtítulos do artigo, qual seja: “*Molecole in rotta di collisione*. Reações químicas. Eis como os átomos se reconhecem entre eles e se combinam”.

Nesse sentido, compreendemos a possibilidade de os textos de *Conceitos/teorias científicas em destaque* caracterizarem uma perspectiva curricular conceitual, na medida em que os aspectos sociais, éticos, econômicos, políticos, ambientais e históricos são subordinados aos conteúdos/conhecimentos científicos abordados pelos autores em suas produções escritas.

Já os textos classificados como *Experiências de sala de aula* apresentam uma diversidade didático-metodológica relativa às atividades desenvolvidas no contexto escolar, tais como: saídas de campo em florestas para estudo de solo e hiperacumulação de metais em fungos (MASSINI et al., *Green*, n. 5, 2007); extração e análise de pigmentos naturais (BALESTRAZZI et al., *Green*, n. 10, 2007); pesquisa bibliográfica interdisciplinar articulando a Química e o Naturalismo para a reinterpretação de Caravaggio (MAGGI, *Green*, n. 10, 2007).

Em *Situações do contexto italiano*, o aspecto preponderante dos textos são os dados referentes à realidade do país, a qual é tida como assunto geral a ser explorado e explicado a partir de conhecimentos científicos. Ademais, há o envolvimento de autoridades e da comunidade científica local para o enfrentamento de determinadas questões tidas como problemas ambientais na Itália. É o caso de dois artigos escritos por Raccanelli, referentes à poluição da lagoa de Veneza: o primeiro sobre fontes e destino de dioxina e de *Persistent Organic Pollutants* (POPs) no ecossistema em questão, e o segundo sobre pesquisas realizadas pelo Consórcio INCA, sobretudo, para desintoxicação natural de moluscos contaminados. Seguem-se fragmentos de ambos os textos a título de exemplificação.

Nos últimos 10 anos, após o alarme sobre a contaminação dos sedimentos da lagoa por compostos orgânicos, têm sido publicados vários estudos tanto sobre a contaminação ambiental quanto sobre o risco para os seres humanos. Em particular, a monitorização das concentrações de POPs em deposições atmosféricas, na água e no sedimento de diferentes áreas da lagoa têm permitido de se obter uma descrição geral da contaminação ambiental lagunar. Os dados publicados sobre concentrações de POPs em deposições, na água e em sedimentos ‘concordam’ em mostrar que as maiores concentrações correspondem à área industrial e à parte da lagoa voltada a Porto Marghera. O polo industrial representa, portanto, a principal fonte de POPs para a lagoa, enquanto que a cidade de Veneza e outras cidades são fontes secundárias de poluentes orgânicos (*Green*, n. 4, 2007, p. 8).

Apesar de todos os esforços de controle efetuados pelas Agências sanitárias locais e da Região do Veneto, moluscos contaminados podem chegar aos consumidores com os consequentes riscos à saúde humana. Neste caso, a descontaminação dos mariscos no ambiente natural pode ser uma ferramenta útil para manter as possibilidades de exploração do recurso, para reduzir os riscos para a saúde dos consumidores e para impedir a pesca ilegal.

Com o apoio da Região do Veneto e da Província de Veneza, o Consórcio INCA tem realizado experimentos para avaliar a desintoxicação de mariscos em ambientes naturais, escolhendo organismos contaminados pela zona industrial e criando-os em áreas com sedimentos caracterizados pela baixa contaminação por POPs. Durante as experimentações foi determinada a concentração de POPs (dioxinas, PCB e HCB) na parte comestível das amostras de moluscos, coletados em diferentes intervalos de tempo, para avaliar a eficácia da desintoxicação natural.

Os dados obtidos constituem uma importante base de informações para estudos ecotoxicológicos dos processos de bioconcentração (acumulação de toxinas através dos processos de respiração) e biomagnificação (acúmulo de toxinas através dos alimentos) que, juntos, dão origem ao processo de bioacumulação de poluentes no organismo.

Além disso, também tem sido estudado um modelo a ser aplicado aos dados obtidos que permita avaliar e melhorar as práticas de coleta e alojamento dos moluscos para torná-los próprios ao consumo humano, e contribuir para o estudo de processos ecotoxicológicos. Os experimentos foram realizados durante o verão e no inverno para estimar as taxas aparentes de desintoxicação e os tempos de meia-vida de PCBs e dioxinas em diferentes condições de temperatura e de atividade metabólica (Green, n. 6, 2007, p. 40-41).

Os dois trabalhos de *Recursos didáticos* tratam de materiais para laboratório, um deles envolvendo o uso de computadores para experimentos virtuais (LAGANÀ, Green, n. 3, 2007) e outro, um manual para realização de experimentos *mais verdes* de síntese orgânica, disponibilizado gratuitamente *on-line* para professores (ALBINI, Green, n. 3, 2007).

Projetos ou programas de pesquisa envolvem produções textuais cuja perspectiva principal é a divulgação dos mesmos, embora tragam algum detalhe dos conhecimentos científicos e tecnológicos produzidos. É o caso do texto sobre os programas espaciais da Nasa (DE ANGELI, Green, n. 18, 2009) e outro referente ao laboratório Elettra e ao sincrotron de Trieste (PALATINI, Green, n. 16, 2008).

O fragmento a seguir, por sua vez, exemplifica o grupo de artigos de *História da ciência*, o qual, embora não aborde especificamente algum conceito científico/químico, trata de questões ligadas à constituição e ao desenvolvimento dos conhecimentos científicos de um modo geral, discutindo, inclusive, o *método científico*:

Estamos em 2007 e a ciência ainda está longe de ser um dos pilares fundamentais do saber de nossa sociedade hipertecnológica, ainda permeada por superstições e crenças que se arrastam há milênios. Ainda há uma longa estrada a ser percorrida para a descoberta da verdade da natureza, mas essa caminhada se tornou muito mais rápida graças à revolução científica do fim do século XVII.

Um ponto de viragem que foi possível, em primeiro lugar, pela introdução do 'método científico' (ou 'método experimental') como uma abordagem sistemática para o estudo dos fenômenos naturais.

Foi o italiano Galileu Galilei (Pisa, 1564 – Arcetri, Florença, 1642), o cientista que mais contribuiu para a codificação deste método. Como veremos, a sua busca pelo conhecimento objetivo e científico não foi indolor: ele defendeu corajosamente a Ciência contra os dogmas, as superstições e as crenças de seu tempo, e pagou essa sua batalha solitária a um alto preço.

Hoje, cerce de 400 anos depois, o que mudou na sociedade? Como aparenta ser aos olhos de Galileo nosso mundo contemporâneo? A Ciência ainda tem um papel marginal na vida cotidiana: quanto de Ciência discutimos em meios de comunicação televisivos e impressos, dirigidos a um público mais amplo? Pouco, muito menos do que o espaço permitido, por exemplo, a astrólogos, cartomantes, magos, adivinhos, curandeiros e pseudo-médicos.

Como se defender de falsas informações que alimentam superstições e crenças do nosso tempo? Simples, utilizemos nosso intelecto, bom senso e nosso conhecimento científico; vivamos com maior senso crítico, tentando aplicar os princípios do método científico para identificar soluções aos problemas da sociedade. O método científico é 'o estudo sistemático, controlado, empírico e crítico de hipóteses formuladas sobre supostas relações entre diversos fenômenos, e utilizados pelas ciências experimentais. Centra-se na busca pelo conhecimento da verdade sobre fenômenos percebidos' (ZECCHINI, *Green*, n. 3, 2007, p. 31-320).

Conforme observamos nesse trecho, a partir da história de Galileu, o autor espera discutir aspectos centrais da Filosofia e História da Ciência como, por exemplo, sobre graus de certeza na pesquisa. Um aspecto importante a ser ressaltado em relação ao conteúdo do referido artigo diz respeito à maneira como o mesmo parece reforçar algumas ideias já superadas pela epistemologia contemporânea. Dentre elas, a perspectiva de que existe um *método científico* algorítmico e absoluto para se fazer Ciência; ou, ainda, a visão de que a Ciência e suas teorias são expressões inequívocas de *verdades* sobre a natureza e seus fenômenos. Visões essas situadas no campo do empirismo e do positivismo lógico.

► Quanto ao assunto abordado relacionado a questões ambientais

Além do foco temático desenvolvido nos artigos, também os investigamos quanto ao assunto abordado, mais especificamente, em relação às *questões ambientais*. O Quadro 3 ilustra a distribuição dos trabalhos, de acordo com os referidos assuntos. E, percebe-se que mais da metade (60%) dos textos analisados da Revista *Green* abordam explicitamente assuntos relacionados a questões ambientais, mas de forma bem variada. Essa diversidade era esperada, uma vez que um dos objetivos específicos declarados pelos editores do periódico refere-se exatamente à discussão de um variado número de assuntos/temáticas ligadas às interações entre Ciência, Tecnologia e Sociedade, principalmente no que tange à tutela do ambiente.

Com esse levantamento, observou-se também que 26 artigos não têm como foco central a abordagem de questões ambientais. Seus autores tratam de outros saberes e curiosidades científicas – por exemplo, a geração do sinal sonoro, sua transmissão e percepção pelo sistema auditivo (De ANGELI, *Green*, n. 16, p. 36-44, 2008); a história da cor (CITTERIO, *Green*, n. 3, p. 18-29, 2007); a *descoberta* do neutrino (FOGLI, *Green*, n. 17, p. 12-31, 2009). Já outros, ainda que tratem de saberes químicos, não estão clara ou diretamente relacionados com a QV, como as condições de colisão necessárias para a ocorrência de uma reação química (TUNDO, *Green*, n. 6, p. 12-13, 2007) e os conceitos básicos da Química relativos à vibração molecular (ZECCHINI, *Green*, n. 5, p. 20-33, 2007).

Mesmo não estando relacionados a questões ambientais, acreditamos que tais artigos podem igualmente contribuir para a promoção e difusão da *cultura científica* entre os jovens das escolas pré-universitárias italianas, conforme, aliás, pretendem os editores da *Green*.

Quadro 1 – Distribuição dos textos de acordo com os assuntos relacionados a questões ambientais

Assunto*	Artigo**
Saúde humana (9)	G7 (Massini e Bergamaschi); G10 (Zecchini); G11 (Zecchini); G13 (Zecchini); G15 (Bernello); G16 (Bernello); G17 (Bernello) (Bertazzolo); G18 (Bernello).
Crise e revolução energética (6)	G1 (Zecchini); G2 (Citterio); G4 (Tolomeo); G7 (Rolandi); G8 (Zecchini); G11 (Albini).
QV: extração de substâncias naturais (produtos alternativos) (1)	G10 (Balestrazzi <i>et al.</i>).
QV: novas rotas de síntese verde (4)	G1 (Tundo); G3 (Albini); G6 (Albini); G18 (Saracino).
Poluição atmosférica (5)	G4 (Zecchini); G5 (Allevi <i>et al.</i>); G6 (Zecchini); G8 (Crispiatico, Ricco, Ronciglia); G12 (Zecchini).
Poluição hídrica e recuperação de ambientes aquáticos (3)	G4 (Raccanelli); G6 (Raccanelli); G15 (Pavoni e Centanni).
Lixo (3)	G14 (La Mantia) (De Stefanis e Iaboni) (Zecchini).
Emissão de poluentes e veículos automotores (3)	G3 (Minero); G5 (Reale e Scrosati); G6 (Kašpar).
Solventes verdes (2)	G8 (Pochini); G9 (Pochini).
Gerenciamento de resíduos químicos (2)	G4 (Auricchio); G5 (Auricchio).
Questões gerais sobre problemas ambientais (2)	G13 (Mainardi); G17 (Dazzi).
Ações do governo para tutela do ambiente (2)	G1 (Procopio); G2 (Procopio).
Bioacumulação de metais (1)	G5 (Massini <i>et al.</i>).
Plásticos biodegradáveis (1)	G9 (Balsamo <i>et al.</i>).
Reaproveitamento de materiais (1)	G9 (Parisi <i>et al.</i>).

*Entre parênteses apontamos o número de artigos com o referido assunto.

**Gn = número da Revista *Green*. Entre parênteses identificamos os autores dos diversos textos.

Já os artigos que tratam de assuntos relacionados às questões ambientais – sejam de natureza informativa ou formativa –, todos eles estabelecem relações com saberes, práticas e/ou princípios da QV. Entretanto, 7 textos fazem menção direta ou contém no título uma referência explícita à *Química Verde*: um deles é sobre extração de produtos alternativos em substituição aos mais poluentes; dois abordam a pesquisa de solventes menos tóxicos e mais seguros; e quatro envolvem a realização de novas rotas sintéticas em disciplinas de laboratório, apontando para a possibilidade do ensino da QV. Esse último assunto, inclusive, como referido, vem sendo pesquisado por Costa, Ribeiro e Machado (2008) em atividades de experimentação propostas para cursos de graduação em Química, em Portugal.

» Aspectos epistêmicos das estratégias enunciativas presentes nos textos

Os textos de *Green* foram analisados, além dos aspectos discutidos nos itens anteriores, em relação ao foco que, implícita ou explicitamente, os autores dão às questões pedagógicas. Isto é, como pensam que os assuntos por eles tratados podem ser abordados (estratégias) pelo professor no contexto escolar e da sala de aula. Portanto, busca-se evidenciar a construção de significados e entendimentos que tais textos têm sobre o processo de ensino na articulação entre os conhecimentos científicos/químicos e a abordagem de temas ambientais com ênfase na QV.

Para isso, apoiamo-nos num sistema de categorias, adaptando-as aos interesses de nossa pesquisa, proposto por Mortimer e Scott (2002), expandido por Mortimer e colaboradores (2005), e posteriormente discutido por Tourinho e Mortimer (2009), acerca de aspectos epistêmicos envolvidos em estratégias enunciativas do discurso pedagógico de professores em sala de aula. Embora esse sistema de categorias, em consonância com os autores: Mortimer e Scott (2003); Mortimer et al. (2005); Tourinho e Mortimer (2009), tenha sido desenvolvido a partir da sala de aula, foi aqui utilizado com o intuito de verificar um pressuposto: que há uma intencionalidade na revista, e que essa intencionalidade se expressaria num *discurso pedagógico* presente nos textos publicados pela *Green* visando à adoção desses (saberes e práticas) pelos professores das Escolas, principalmente professores de Química. Aspecto que aparece nos depoimentos dos Editores:

[Green] pode ser, sobretudo, um reforço aos professores para dedicarem-se aos temas que leem [...] [porque é] um instrumento didático [...] atualizado e fora do livro didático. [É] importante que os jovens criem uma mentalidade verde. [Mas os textos são usados?] Sim, digamos que os temas são geralmente bem aceitos; os temas são usados [por exemplo] tem interesse na questão energética, na questão do lixo. Aos autores, quando fazemos o mínimo de indicações para a escrita, [dizemos para eles fazerem] um 'recorte marcadamente didático' (E2).

[...] a proposta didática creio que seja imediata para os professores, para os conteúdos, os artigos escritos não são dedicados a uma novidade imediata, [...] Isto é, as notícias jornalísticas, mas dizem respeito a temas de interesse deles [...], creio que seja ao nível deles e talvez um pouco difícil para os alunos, [mas] sem dúvida cabe ao professor então traduzir os conhecimentos de base para as atividades de ensino em sala, adequando ao nível dos estudantes (E1).

O sentido da revista [...] deseja ser uma ajuda didática, uma biblioteca de temas científicos na qual eles [professores] possam escolher para ir um pouquinho além dos livros didáticos (E1).

De modo que, Tourinho e Mortimer (2009), ao fazer referência ao sistema desenvolvido, afirmam:

[...] para que os enunciados surjam numa sala de aula, os professores recorrem a um conjunto de estratégias que correspondem a diferentes movimentos interativos e discursivos entre eles e seus alunos. Tais estratégias são consideradas, portanto, estratégias enunciativas. Nessa perspectiva, o gênero do discurso dessa esfera da sociedade corresponde a um repertório de estratégias enunciativas típicas, recorrentes nas diferentes salas de aula, mas que podem ser atualizadas por cada professor nos contextos específicos de sua atuação (TOURINHO; MORTIMER, 2009, p. 104).

A fim de caracterizar as estratégias enunciativas de salas de aula de Ciências, Mortimer et al. (2005) propuseram uma ferramenta analítica, diferenciando aspectos interativos de aspectos epistêmicos. Para a dimensão epistêmica – que considera *como* o conteúdo é trabalhado ao longo das interações entre o professor e os alunos –, os autores propõem três conjuntos de categorias, quais sejam: modelagem, níveis de referenciabilidade e operações epistêmicas. Em nosso trabalho, contudo, focamos nessa *dimensão epistêmica* analisando os textos a partir do primeiro e do último conjunto de categorias, qual sejam: modelagem e operações epistêmicas. *Modelagem* porque,

[...] do ponto de vista epistêmico, uma atividade central dessas ciências [Química, Física e Biologia] é a modelagem, ou seja, a construção de modelos do mundo físico, por meio dos quais as pessoas pensam sobre os fenômenos, explicando-os e fazendo previsões sobre eles (TOURINHO; MORTIMER, 2009, p. 105).

Quadro 2 – Identificação e distribuição das categorias epistêmicas nos textos de *Green*

Categorias epistêmicas*					
Artigo	MEO	MMT	R2M	D	E
G1 (Zecchini)	X	X	X	X	X
G2 (Citterio)	X	X	X	X	X
G2 (Aricò)		X		X	X
G2 (Zecchini)		X		X	X
G3 (Minero)	X	X	X	X	X
G3 (Citterio)	X	X	X	X	X
G4 (Auricchio)	X	X	X	X	X
G4 (Zecchini)	X	X	X	X	X
G4 (Citterio)	X	X	X	X	X
G5 (Allevi et al.)	X	X	X	X	X
G5 (Massini et al.)	X	X	X	X	X
G5 (Reale e Scrosati)	X	X	X	X	X
G5 (Zecchini)	X	X	X	X	X
G5 (Auricchio)	X	X	X	X	X
G6 (Tundo)		X		X	X
G6 (Kašpar)	X	X	X	X	X
G6 (Zecchini)	X	X	X	X	X
G7 (Massini e Bergamaschi)	X	X	X	X	X
G7 (Rolandi)	X	X	X	X	X

G8 (Crispiatico, Ricco, Ronciglia)	X	X	X	X	X
G8 (Zecchini)	X	X	X	X	X
G8 (Pochini)	X	X	X	X	X
G9 (Pedeferri)	X	X	X	X	X
G9 (Parisi et al.)	X	X	X	X	X
G9 (Balsamo et al.)	X	X	X	X	X
G9 (Pochini)	X	X	X	X	X
G10 (Balestrazzi et al.)	X	X	X	X	X
G10 (Zecchini)	X	X	X	X	X
G11 (Da Ros e Prato)		X		X	X
G11 (Albini)	X	X		X	X
G12 (Galaverna e Dall'Asta)	X	X	X	X	X
G12 (Zecchini)	X	X	X	X	X
G12 (Gatteschi)	X	X	X	X	X
G13 (De Angeli)	X	X	X	X	X
G14 (La Mantia)	X	X	X	X	X
G14 (De Stefanis e Iaboni)	X	X	X	X	X
G15 (Bernello)	X	X		X	X
G15 (De Angeli)	X	X	X	X	X
G16 (Bernello)	X	X	X	X	X
G16 (De Angeli)	X	X	X	X	X
G17 (Fogli)		X		X	X
G17 (Bernello)	X	X	X	X	X
G17 (Bertazzolo)	X	X	X	X	X
G18 (Saracino)	X	X	X	X	X
G18 (Bernello)	X	X	X	X	X

***Legenda:** MEO = mundo dos eventos e dos objetos; MMT = mundo dos modelos e teorias; R2M = relação entre os dois mundos; D = descrições; E = explicações; G = generalizações.

Fonte: elaborado pelos autores deste trabalho.

E *operações epistêmicas* porque nos interessa analisar o conteúdo do discurso dos textos da Revista *Green* quanto à realização de *descrições, explicações e generalizações*, relacionadas às atividades cognitivas de construção do conhecimento. Essas três categorias compõem o terceiro agrupamento proposto por Mortimer e Scott (2002) e expandido por Mortimer e colaboradores (2005), enquanto que *mundo dos objetos e*

dos eventos, mundo dos modelos e das teorias e relação entre os dois mundos integram o conjunto sobre modelagem (TOURINHO; MORTIMER, 2009, p. 105-106).

Conforme dito, entendemos que essas características não estão apenas presentes no conteúdo da *fala* dos professores como também em textos produzidos para o contexto de sala de aula, ou seja, elaborados para a utilização pelos professores com seus alunos. Em nosso caso, professores das escolas pré-universitárias italianas. Assim, dos 72 textos que foram analisados, observamos que 45 deles envolvem uma dinâmica de apresentação e transição entre as categorias epistêmicas referidas, conforme expresso no Quadro 2.

Usamos, exemplificativamente, para demonstrar a forma como desenvolvemos todo o processo de análise para *extrair* as categorias epistêmicas reportadas no Quadro 2, o artigo intitulado *Corrosive rain* (ZECCHINI, *Green*, n. 12, p. 18-31, 2008). Nele o autor discute tanto aspectos mensuráveis e observáveis, referentes ao fenômeno da chuva ácida, os quais se situam no *mundo dos eventos e dos objetos*, como também faz referência ao discurso teórico das Ciências para a compreensão do processo de acidificação das chuvas, conforme se observa no fragmento a seguir que sintetiza o *conteúdo* constante no artigo.

A população de hoje, geralmente, tem esquecido do fenômeno da chuva ácida; no entanto o problema ainda existe e a chuva continua prejudicando a saúde humana, o ambiente (lagos e florestas), edifícios e monumentos.

O baixo pH das chuvas ocorre principalmente devido à emissão de enxofre (SO_x) e óxidos de nitrogênio (NO_x), anidridos formando ácidos fortes quando dissolvidos em água. Óxidos de enxofre são provenientes principalmente da combustão de carvão (que naturalmente contém enxofre) em usinas de energia, enquanto que os óxidos de nitrogênio são formados durante qualquer combustão na presença de ar, como a que ocorre em motores de automóveis. Logo, um fonte considerável de NO_x é o tráfego de veículos. Altas temperaturas permitem que o nitrogênio atmosférico (um gás inerte) reaja com o oxigênio, proporcionando a energia de ativação para a reação.

No que diz respeito aos seus efeitos à saúde e ao ambiente natural e urbano acarretados pela química da chuva ácida, estes são descritos em profundidade. Assim como, os custos sociais e contramedidas são discutidas: tecnologias de carvão limpo (CCTs), catalisadores, uso de (alternativos) combustíveis sem combustão, e regulamentos de proteção ambiental (ZECCHINI, *Green*, n. 12, p. 19, 2008).

Ao introduzir o conceito de pH e fazer menção a entidades como SO_x e NO_x, o autor parece estender a discussão para o *mundo das teorias e dos modelos*. Embora a relação entre os dois mundos nem sempre se apresente de forma explícita e/ou pontual, a mesma pode ser percebida na composição do texto como um todo, principalmente na passagem de um mundo para outro.

Nesse mesmo texto, ao expor os efeitos da chuva ácida sobre a vegetação de florestas, Zecchini realiza primeiramente uma *descrição*, nesse caso, tanto de ordem empírica como teórica:

Uma das questões mais controversas relacionadas à chuva ácida é o seu efeito negativo sobre as florestas. O desaparecimento de porções mais ou menos extensas de florestas é indiscutível; mas ainda não sabe se o seu declínio é natural ou artificial, devido à chuva ácida ou, mais provavelmente, a uma combinação de fatores. No Norte da Europa, o fenômeno foi descrito pela primeira vez em 1960 e desde então parece estar em constante expansão. Os pinheiros de montanhas altas são as árvores mais afetadas. Primeiro, verifica-se um enfraquecimento dos ramos, então o 'amarelamento' com diminuição da atividade fotossintética e a subsequente queda das folhas. O fenômeno que se espalha por toda a planta que, enfraquecida, acaba eventualmente morrendo por causa de secas, geadas, ventos fortes ou infestações. Danos às florestas são relatados por toda a Europa [...], mas o fenômeno é mundial. Na Alemanha e Reino Unido, o problema é particularmente grave, porque cerca de 50% das florestas estão danificadas. Em 1988, um estudo em grande escala indicou que, até então, a Itália tinha perdido 10% de suas florestas (ZECCHINI, *Green*, n. 12, p. 28, 2008).

E segue com uma *explicação* para tais efeitos, os quais não se restringem apenas à área da Química:

Embora os danos à floresta sejam mais frequentes em regiões sujeitas à chuva ácida, conforme descrito acima, não é simples demonstrar a relação de causa e efeito, principalmente quando muitos fatores estão envolvidos e há várias causas possíveis. Em algumas regiões de alta latitude, os *stresses* climáticos parecem ser a causa principal. Em outras regiões a infestação de vermes, o ozônio troposférico e/ou outros poluentes do ar poderiam ser os principais suspeitos (ZECCHINI, *Green*, n. 12, p. 29, 2008).

Neste caso, o autor vai além da descrição ao estabelecer relações entre fenômenos e conceitos, importando algum modelo ou mecanismo causal para dar sentido a tais fenômenos. Ademais, essa operação epistêmica fica mais evidente quando o autor encerra a discussão acerca das *florestas sem folhas*, na seguinte forma:

Cada vez mais se acredita na teoria de que os danos às florestas são devidos a um efeito sinérgico de SO_x, NO_x e ozônio troposférico. Segundo esta *teoria*, os óxidos de nitrogênio e ozônio atacam diretamente a camada cerosa das folhas, permitindo que os íons de hidrogênio penetrem com mais facilidade e degradem os tecidos, inclusive facilitando a entrada de agentes patogênicos (ZECCHINI, *Green*, n. 12, p. 29, 2008, grifo do autor).

Por fim, mencionamos que, em determinadas partes do texto, o autor trabalha mais explícita e diretamente com *generalizações*, como nos fragmentos:

O pH representa uma função logarítmica de base 10 da concentração de íons hidrogênio: do ponto de vista químico isso é representado pela equação $\text{pH} = -\log [\text{H}^+]$.

Óxidos de não-metais e semimetais [...] são denominados anidridos, do grego 'sem água'. Se dissolvidos em água formam ácidos, ou melhor, oxiácidos (ácidos com oxigênio). Simplificando, estes podem ser descritos com uma fórmula genérica $\text{H}_x\text{M}_y\text{O}_z$, onde M é o elemento, não-metálico ou semimetálico (ZECCHINI, *Green*, n. 12, p. 20, 2008).

Ressaltamos que essas generalizações envolvem a elaboração de descrições e explicações que são independentes de um contexto específico.

Essa dinâmica de apresentação das categorias epistêmicas, verificada também em outros 44 textos da Revista *Green*, conforme sinalizamos no Quadro 2, poderia caracterizar o modo pelo qual um professor coordenaria gradativamente a construção dos conhecimentos científicos com seus alunos em sala de aula. Daí a possibilidade de considerarmos a presença de um *discurso pedagógico* presente nos textos da Revista *Green* e dirigido aos professores de Química das escolas pré-universitárias.

Tal característica, em certa medida, configura e confirma o desenvolvimento, ainda que em fase muito inicial, de um *fato científico* (FLECK, 1986) relevante, o qual se constitui e desenvolve através da circulação intercoletiva de ideias entre diferentes coletivos de pensamento, promovendo a extensão de um Estilo de Pensamento dos especialistas QV aos não-especialistas (professores de Química das Escolas), em torno da defesa da necessidade e factibilidade da abordagem de conteúdos QV na educação química escolar.

Considerações finais

Percebe-se, da análise do repertório dos artigos da Revista *Green*, mais particularmente sobre os objetivos (anunciados), conteúdos e propostas, a importância que os editores e autores dos textos dão aos problemas ambientais e a defesa de que esses sejam abordados no Ensino de Química e de Ciências, especialmente a partir de uma nova perspectiva: a da Química Verde. Por ainda se constituir numa experiência pioneira de difusão da QV dirigida à educação química escolar, da análise transpareceu ainda certo grau de dispersão nos focos temáticos, considerando que se dirigem a um determinado nível de escolarização, cujos objetivos e cujo programa são bem definidos. Isso talvez seja fruto do histórico distanciamento entre o mundo da escola e da pesquisa (universidade), ainda que essa singular iniciativa editorial colabore para uma aproximação.

Com relação aos temas e assuntos, ficou evidente o grande e apreciável esforço dos autores em apresentar aspectos epistêmicos, relativos às operações de *descrição*, *explicação* e *generalização que envolvem a construção de significados e entendimentos sobre os conhecimentos científicos*, mas que parecem ter servido mais para reforçar a QV como um novo campo científico dentro da Química do que propriamente apresentar ideias consolidadas sobre estratégias didáticas ao ensino da QV. Portanto, nesses aspectos, os autores buscam por meio da *Green*, com legitimidade e competência, fazer circular e estender suas ideias e propostas junto ao círculo exotérico, formado pelos professores de química das escolas pré-universitárias italianas.

Já com relação aos procedimentos didáticos para o trabalho escolar, as sugestões e propostas contidas, implícita ou explicitamente, nos artigos analisados, do ponto de vista da análise textual e das referências teóricas que serviram de base, o que emergiu aponta para formulações didáticas e metodológicas pouco claras de como trabalhar com alguns temas ambientais e para a incorporação da QV no Ensino da Química escolar. Predomina uma compreensão pouco ampla e profunda sobre o que seja a escola, o

fazer docente e, principalmente, sobre a relação entre a QV e os conteúdos e objetivos do Ensino da Química nesse nível de escolarização.

Entendemos que esses aspectos mais frágeis, presentes no veículo de difusão do Coletivo de Pensamento formado por especialistas QV, sinalizam, na verdade, a fase desse processo, o qual chamamos de *fato científico* – que é de construção e desenvolvimento de um novo EP associado ao ensino da QV na educação química escolar. Tal fase expressa um *estado do conhecimento*, na qual as ideias e teses dos especialistas QV encontram-se também em evolução, ainda que já buscando sua extensão e validação. E, como evidenciado na teoria do conhecimento científico de Fleck (1986), tais conhecimentos poderiam se constituir como as proto-ideias desse CP, tanto em relação à incorporação das pesquisas e produções da QV na educação química escolar quanto dos aspectos pedagógicos vinculados a tal proposta, cujo processo visa a consolidar um novo pensar, isto é, um novo estilo de pensamento (EP).

Por fim, dado que cada texto é escrito por um autor que se dirige a um destinatário – nesse estudo, principalmente professores –, toda palavra constitui e expressa justamente *o produto da interação do locutor e do ouvinte* (BAKTHIN, p. 113, 2004), de modo que essa relação assume uma dimensão dialógica. Logo, parece importante ouvir também a voz dos professores a respeito dessa interessante e desafiadora proposta do ensino da Química Verde na educação química escolar.¹⁷

Agradecimentos

A Capes, pela bolsa pós-doutorado do professor Carlos Alberto Marques; ao CNPq pela bolsa de mestrado de Franciele Drews; e também aos editores da *Revista Green*, pelos depoimentos.

Referências

ANASTAS, P. T; WERNER, J. C. *Green Chemistry – Theory and Practice*. Oxford Press: Oxford, 1998.

AULER, D; DALMOLIN, A. M. T; FENALTI, V. S. Abordagem temática: natureza dos temas em Freire e no enfoque CTS. *Alexandria – Revista de Educação em Ciência e Tecnologia*, v. 2, n.1, 67-84, 2009.

AULER, D; DELIZOICOV, D. Ciência-Tecnologia-Sociedade: relações estabelecidas por professores de ciências. *Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias*, v. 5, n. 2, 337-355, 2006.

¹⁷ Durante a etapa de pré-edição do presente texto, ocorreu a publicação de artigo de MARQUES, C. A., intitulado Estilos de pensamento de professores italianos sobre a Química Verde na educação química escolar. REEC. *Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias*, v. 11, p. 316-340, 2012.

BAKTHIN, M. *Marxismo e Filosofia da Linguagem: problemas fundamentais do método sociológico da ciência da linguagem*. São Paulo: Hucitec, 2004.

BARDIN, L. *Análise de conteúdo*. Rio de Janeiro: Edições 70, 1977.

CATANI, D. B; BASTOS, M. H. C. (Org.). *Educação em revista: a imprensa periódica e a histórica da educação*. São Paulo: Escrituras, 2002.

COSTA, D. A; RIBEIRO, M. G. T. C; MACHADO, A. A. S. C. Uma revisão da bibliografia sobre o Ensino da Química Verde. *Boletim da Sociedade Portuguesa de Química*, v. 109, 47-51, 2008.

DELIZOICOV, D.; CUTULO, L. R. A; DA ROS, M. A; LIMA, A. M. C. Sociogênese do conhecimento e pesquisa em ensino: contribuições a partir do referencial fleckiano. *Caderno Brasileiro de Ensino de Física*, v. 19, n. especial, 50-66, 2002.

DELIZOICOV, D. Pesquisa em Ensino de Ciências como Ciências Humanas Aplicadas. *Caderno Brasileiro de Ensino de Física*, v. 21, 145-175, 2004.

DREWS, F. *Abordagem de temáticas ambientais no Ensino de Química: um olhar sobre textos destinados ao professor da escola básica*. Dissertação (Mestrado em Educação Científica e Tecnológica) – Programa de Pós-Graduação em Educação Científica e Tecnológica, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2011.

FARIAS, L. A.; FÁVARO, D. I. T. Vinte anos de Química Verde: conquistas e desafios. *Química Nova*, v. 34, n. 6, 1089-1093, 2011.

FLECK, L. *La Gênesis y el Desarrollo de um Hecho Científico*. Madrid: Alianza Editorial, 1986.

FLECK, L. *La scienza come collettivo di pensiero: saggi sul fatto scientifico*. Carola Catenacci Tradução e organização Edizione Melquiades: Milano, 2009.

FREITAS, D; ZUIN, V. G; PAVESI, A. A inserção da dimensão ambiental na formação de professores. In: ABRAMOWICS, A., PASSOS, C. L. B.; OLIVEIRA, R. M. A. (Org.). *Desafios e Perspectivas das práticas e dos processos educativos*. São Carlos: Pedro e João, 2007.

GAIE, J. B. R. Le basi morali della chimica verde. In: *Green Chemistry in Africa*, INCA (IT), Series n. 5, p. 11-19, 2002.

LAYRARGUES, P. P; CASTRO, R. S. (Org.). *Sociedade e meio ambiente: a educação ambiental em debate*. São Paulo: Cortez, 2002.

LINTHROST, J. A. *Found. Chem. An overview: origins and development of Green Chemistry*, n. 12, p. 55-68, 2010.

LORENZETTI, L; DELIZOICOV, D. Educação Ambiental: um olhar sobre dissertações e teses. *Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências*, v. 6, 2008.

LORENZETTI, L; DELIZOICOV, D. Estilos de pensamento em educação ambiental: uma análise a partir das dissertações e teses. In: ENCONTRO NACIONAL DE PESQUISA E ENSINO DE CIÊNCIAS, 7, 2009, Florianópolis, SC. *Anais...* Florianópolis-SC: Abrapec, 2009.

LINSINGEN, I; PEREIRA, T. L; BAZZO, W. *Introdução aos estudos CTS (Ciência, Tecnologia e Sociedade)*. Madrid: OEI, 2003.

LUDKE, M.; ANDRÉ, M. E. D. *Pesquisa em educação: abordagens qualitativas*. São Paulo: EPU, 1986.

MACHADO, A. A. S. C. Química e desenvolvimento sustentável – QV, QUIVES, QUISUS. *Boletim da Sociedade Portuguesa de Química*, v. 95, 59-67, 2004.

MACHADO, A. A. S. C. Métricas da Química Verde – A Produtividade Atômica. *Boletim da Sociedade Portuguesa de Química*, v. 107, 47-55, 2007.

MACHADO, A. A. S. C. Da Gênese do termo Química Verde às colorações discrepantes da Química e da Biotecnologia. *Boletim da Sociedade Portuguesa de Química*, v. 108, 43-46, 2008a.

MACHADO, A. A. S. C. Das dificuldades da Química Verde aos Segundos Doze Princípios. *Boletim da Sociedade Portuguesa de Química*, v. 110, 33-40, 2008b.

MACHADO, A. A. S. C. Da pobreza química à sustentabilidade e química verde. *Boletim da Sociedade Portuguesa de Química*, v. 114, 77-33, 2009.

MACHADO, A. A. S. C. Da gênese ao ensino da Química Verde. *Química Nova*, v. 34, n.3, 535-543, 2011.

MARQUES, C. A; GONÇALVES, F. P; ZAMPIROM, E; COELHO, J. C; MELLO, L. C; OLIVEIRA, P. R. S. & LINDEMANN, R. H. Visões de Meio Ambiente e suas Implicações Pedagógicas no Ensino de Química na Escola Média. *Química Nova*, v. 30, n. 8, 2043-2052, 2007.

MARQUES, C. A. Estilos de pensamento de professores italianos sobre a Química Verde na educação química escola. *Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias*, v. 11, n. 2, 316-340, 2012.

MELO, M. R.; VILLANI, A. Dificuldades dos Licenciandos em adotar uma abordagem verde na elaboração de seus projetos de ensino. *V Encontro de Pesquisa em Educação em Ciências*, 2005.

MEGID NETO, J. *Tendências da pesquisa acadêmica sobre o ensino de Ciências no nível fundamental*. Tese (Doutorado em Educação) – Faculdade de Educação, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 1999.

MORTIMER, E; SCOTT, P. Atividade discursiva nas salas de aula de ciências: uma ferramenta sócio-cultural para analisar e planejar o ensino. *Investigações em Ensino de Ciências*, v. 7, n. 3, 283-306, 2002. Disponível em: <<http://www.if.ufrgs.br/public/ensino.htm>>. Acesso em: dez. 2009.

MORTIMER, E; SCOTT, P.; MASSICAME, T; BUTY, C; TIBERGHIE, A. Uma metodologia de análise e comparação entre a dinâmica discursiva de salas de aulas de ciências utilizando software e sistema de categorização de dados em vídeo: Parte 1, dados quantitativos. In: V ENCONTRO NACIONAL DE PESQUISA EM EDUCAÇÃO EM CIÊNCIAS. *Atas...* Bauru: Abrapec, 2005.

NARDI, R. (Org.). *A pesquisa em ensino de ciências no Brasil: alguns recortes*. São Paulo: Escrituras Editora, 2007.

PACEY, A. *La cultura de la tecnología*. Cidade do México: Fondo de Cultura Económica, 1990.

PORTUGAL, S; SANTOS, W. P. dos. Educação ambiental no meio escolar: ampliando olhares e agregando novas dimensões ao fazer educativo. In: XIV ENCONTRO NACIONAL DE DIDÁTICA E PRÁTICA DE ENSINO. *Anais...* Endipe, 2008.

REIGOTA, M. (Org.). *Verde Cotidiano: o meio ambiente em discussão*. 3. ed. Petrópolis: DP&A, 2008.

RIBEIRO, M. G. T. C; COSTA, D. A; MACHADO, A. S. C. Uma métrica gráfica para avaliação holística da verdures de reações laboratoriais – Estrela Verde. *Química Nova*, v. 33, n. 3, 759-764, 2010.

RUPEA. *Mapeamento da Educação Ambiental em Instituições Brasileiras de Educação Superior: elementos para políticas públicas*. Brasília: Órgão Gestor da Política Nacional de Educação Ambiental. (Série Documentos Técnicos, 12), 2007.

SANTOS, W. L. P. *Aspectos sociocientíficos em aulas de Química*. Tese (Doutorado em Educação) – Faculdade de Educação da universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2002.

SANTOS, W. L. P.; MORTIMER, E. F. Abordagem de aspectos sociocientíficos em aulas de ciências: possibilidades e limitações. *Investigações em Ensino de Ciências*, v. 14, n. 2, p. 191-218, 2009.

SANTOS, W. L. P.; SCHNETZLER, R. P. Ensino de Química e cidadania. *Revista Química Nova na Escola*, n. 4, p. 28-34, 1996.

TOURINHO, A. C.; MORTIMER, E. F. Aspectos epistêmicos das estratégias enunciativas em uma sala de aula de química. *Química Nova na Escola*, v. 31, n. 2, 104-112, 2009.

TOZONI-REIS, M. F. C. Educação ambiental: referências teóricas no Ensino Superior. *Interface: comunicação, saúde e educação*, v. 5, n. 9, 33-50, 2001.

TRIVIÑOS, A. N. S. *Introdução à pesquisa em ciências sociais: a pesquisa qualitativa em educação*. São Paulo: Atlas, 1987.

WINTERTON, N. Twelve More Green Chemistry Principles. *Green Chemistry*, v. 3, n. 6, G73-G75, 2001.

ZUIN, V. G. *A inserção da dimensão ambiental na formação de professores de Química*. Campinas, SP: Átomo, 2011.

DISCUTINDO OS LIMITES E AS POSSIBILIDADES DO ENSINO DE GENÉTICA ESCOLAR ATRAVÉS DA RESOLUÇÃO DE PROBLEMAS

*Lúcio Ely Ribeiro Silvério
Sylvia Regina Pedrosa Maestrelli*

Introdução

O objetivo deste capítulo é discutir limites e possibilidades do ensino de genética escolar por meio da resolução de problemas, estratégia didática frequentemente usada pelos professores de biologia do Ensino Médio para tratar temas ligados à genética mendeliana. Ao refletir sobre essa estratégia, desejamos instrumentalizar o professor a usá-la da forma mais crítica e criteriosa possível.

Já há algum tempo, pesquisas de expressão acusaram que ensinar genética é considerado muito importante e difícil. O desafio persiste nos dias atuais, pois os conhecimentos em genética têm se tornado cada vez mais complexos e aprofundados (conforme Bugallo Rodríguez, 1995; Banet e Ayuso, 1995; Bahar e Johnstone, 1999; Martínez Aznar; e Ibáñez Orcajo, 2005; Ibáñez Orcajo e Martínez Aznar, 2006; Justina e Ferrari, 2010).

Elas permitem concluir que a complexidade do estudo da genética no Ensino Médio advém, em grande parte, da natureza de seus conceitos e de sua associação a estratégias de ensino e aprendizagem como a resolução de problemas. Esse tipo de atividade pode favorecer a compreensão da estrutura conceitual da genética e caracterizar a ciência como atividade intelectual historicamente construída. Pode ainda desenvolver nos alunos habilidades importantes, como interpretar dados e procurar informações sobre eles, analisar procedimentos e alcançar resultados em um problema, além de competências específicas da heurística¹ e do uso de algoritmos² adequados em genética (STEWART; VAN KIRK, 1990; AYUSO; BANET, 2002).

Mas com todas essas possibilidades, por que os professores não conseguem aproveitar todo o potencial de ensino dessa estratégia, aplicando-a de forma crítica? Uma das formas de responder essa questão passa pela compreensão das dificuldades dos alunos para realizar essa atividade e associá-la ao domínio conceitual na área.

Para discutir essas e outras questões, organizamos este texto de forma a propiciar uma reflexão que parta de um contexto didático mais geral até

¹ A heurística diz respeito aos mecanismos ou estratégias adotados na resolução de um problema.

² Algoritmos são formulações ou esquemas padronizados, usados na resolução de um problema.

o mais específico, o trabalho em sala de aula. Inicialmente, apontamos algumas dificuldades ligadas à aquisição e aplicação de conceitos em genética mendeliana observadas na resolução de problemas nessa área. Depois, vamos refletir sobre as escolhas que o professor faz quanto aos tipos de problemas utilizados e as estratégias de resolução. Baseados em uma pesquisa, na qual alunos do Ensino Médio resolveram problemas típicos de genética mendeliana, analisaremos criticamente essa atividade, propondo reflexões que favoreçam sua aplicação de forma mais significativa para os alunos.

Dificuldades na aplicação de conceitos de genética observadas na resolução de problemas

O que se percebe, embora pareça haver concordância na literatura quanto ao potencial da estratégia de resolução de problemas (RP) para o ensino e aprendizagem de genética escolar, no cotidiano das aulas, é que os alunos cometem muitos erros, ao executarem esse tipo de tarefa. Além disso, em geral, a RP é usada como forma de avaliar seu conhecimento sobre determinado conteúdo genético.

Uma questão de fundamental importância nesse contexto está ligada ao fato de o professor usar criticamente a RP com seus alunos para efetivar a aplicação de conceitos básicos de genética. Que fatores podem limitar ou potencializar essa tarefa?

A aquisição de um conceito científico parece estar vinculada à capacidade de saber usá-lo em relação a outros conceitos, estabelecendo associações em uma organização conceitual definida. Portanto, o conhecimento de um conceito científico seria mais procedimental ou funcional que declarativo, ou seja, implicaria na capacidade de transferi-lo a contextos diferentes (BUGALLO RODRÍGUEZ, 1995).

Uma das razões para o aluno não conseguir resolver determinado problema proposto em genética reside no fato de não compreender os conceitos que estão envolvidos em sua resolução. A falta de significado, ou uma interpretação errônea desses conceitos, pode impedir que ele perceba o problema conforme foi proposto pelo professor.

A origem dessa situação pode encontrar explicações nas ideias prévias dos alunos (ou concepções espontâneas). Pensamos que é razoável admitir que a aquisição significativa de novos conhecimentos requer que se estabeleçam vínculos entre as novas informações recebidas e aquelas que já sabemos. Nessa perspectiva, deve-se considerar que o aluno aprende quando constrói conhecimentos, quando estabelece relações, e que a falta de conexões entre as informações que o aluno detém e aquelas exigidas na resolução do problema podem impedir que ele entenda e solucione a situação proposta.

A diversidade de concepções que o aluno traz consigo afeta diretamente sua forma de aplicar e articular os conceitos necessários para resolver um problema de genética. Se o professor que introduz esses conceitos não leva em conta essas concepções e seu papel na aprendizagem do aluno, as consequências poderão ser percebidas no momento em que a RP for desenvolvida.

Marbach-Ad (2001), ao estudar a compreensão dos alunos sobre determinados conceitos genéticos, identificou a ocorrência de concepções alternativas e fragmentação na organização dos conceitos pesquisados. Seus estudos mostraram que muitos alunos,

quando perguntados sobre o que é DNA, gene e cromossomo, respondiam por meio de explicações funcionais ou estruturais, raramente incluindo as duas possibilidades na mesma resposta.

O DNA seria responsável por transmitir a informação hereditária de uma geração para outra, sendo pouco considerada a possibilidade de transmitir informações de uma célula para outra. O gene responderia por determinar uma característica particular em um indivíduo, e o conceito de cromossomo tende a receber uma explicação estrutural sobre sua composição química, ao invés de funcional. Segundo o autor, isso mostra que eles têm dificuldades para interpretar que os três conceitos estão envolvidos na mesma função, estabelecendo pouca relação entre eles e outros conceitos, como proteínas e enzimas. Resultados semelhantes podem ser encontrados nos trabalhos de El Hani (2005); Fabrício (2005); Santos e El Hani (2009).

Dificuldades como essas contribuem para que muitos alunos, ao estudar genética, memorizem conceitos básicos relativos à herança, ignorando seu verdadeiro significado; não compreendam as consequências de processos biológicos importantes, como a reprodução sexuada e a meiose; e adquiram noções errôneas sobre onde e como se transmite a informação hereditária (AYUSO et al., 1996). Embora muitas dessas dificuldades sejam atribuídas à falta de interesse do aluno, ou ao pouco tempo que dedicam ao estudo, outras circunstâncias podem passar despercebidas no momento em que ele resolve problemas, como, por exemplo, solucionar corretamente exercícios que não requerem compreensão do conceito ou do processo genético envolvido e que resultam da aplicação de fórmulas ou esquemas isolados.

Toda essa variedade de concepções alternativas transforma a RP em uma tarefa educativa complexa e que precisa ser muito criteriosa, pois por meio dela o aluno precisa aplicar conceitos abstratos específicos (gene, cromossomos, DNA...) e uma linguagem própria da genética para lidar com tais conceitos (cruzamentos, proporção genotípica e fenotípica, heterozigose e homozigose).

Nesses termos, argumentam Stewart e Dale (1989), existe uma tendência em subestimar o conhecimento e as habilidades dos alunos que não obtêm respostas corretas em problemas que envolvem cálculos, creditando todo o mérito aos que tiveram êxito na atividade. Suas conclusões consideram que existem conteúdos da genética em que o ensino precisa ser melhorado, como cromossomos homólogos, relação entre alelos e permutação. Sem dúvida, alguns conteúdos devem ser mais bem ensinados, e isso envolve não só diferentes métodos de ensino, mas principalmente a visão do todo e as relações entre os conteúdos, ou seja, sua contextualização e desfragmentação.

Dessa forma, alguns dos obstáculos a essa atividade têm sua origem em dificuldades próprias do aluno; outras resultam da desarticulação que os programas de Ensino de Biologia estabelecem, ao desvincular os processos de divisão celular (mitose e meiose) dos mecanismos de transmissão hereditária.

Outro fator que pode potencializar ou limitar a aplicação desses conceitos resulta dos próprios problemas propostos no ensino, em função de seus objetivos e das características desses problemas. Em relação a isso, consideramos importante refletir mais detalhadamente sobre a qualidade dos problemas propostos e as estratégias adotadas em sua resolução.

Os tipos de problema em genética e as estratégias de resolução

Cabe ressaltar, inicialmente, que consideramos serem tarefas distintas a resolução de um problema e a de um exercício. Do ponto de vista das estratégias de ensino, essa diferenciação faz sentido, tendo em vista os objetivos que se pretende alcançar com a atividade.

Consideramos um problema como uma situação cuja solução requer que o aluno analise fatos e desenvolva, logicamente, uma estratégia para obter dados (numéricos ou não), processar, interpretar e relacionar esses dados entre si e com os fatos analisados para chegar a uma conclusão (SIGÜENZA MOLINA; SÁEZ, 1990). Um problema diferencia-se de um exercício, na medida em que, nesse último caso, o aluno dispõe de mecanismos de resolução (fórmulas, esquemas, etc.) que o leva, de forma imediata, à solução (POZO, 1998).

Parece-nos importante que fique clara, nas atividades de aula, a distinção entre problema e exercício, com o aluno sabendo que a tarefa de resolver problemas exige algo mais de sua parte do que a simples repetição de uma tarefa mecânica. Exige conhecimentos diferentes, sejam eles procedimentos (uso de fórmulas ou esquemas) e aplicação de conceitos, atitudes ou motivações.

Os vários tipos de problema em genética apresentam distintos níveis de dificuldade para o aluno e podem contribuir de diferentes formas em sua aprendizagem. Para entender melhor essa relação e compreender como se caracterizam esses problemas, é preciso destacar aspectos da *tipologia dos problemas* em geral e considerar suas especificidades nessa área.

Na genética mendeliana, existem problemas que envolvem padrões de herança (dominância simples, codominância, alelos múltiplos, herança ligada ao sexo, etc.); problemas que envolvem a análise de genealogias e problemas que consideram as relações entre genótipo e fenótipo de pais e filhos, dentre outros.

Em geral, os problemas de genética típicos do Ensino Médio são apresentados por meio de um enunciado que estabelece uma situação a qual envolve um dos aspectos tratados acima. A partir desse enunciado, o aluno pode extrair informações e dados sobre o problema em questão e organizar uma estratégia para sua solução.

Os enunciados são construídos utilizando alguns conceitos básicos do mendelismo e usam uma linguagem específica para se referir à situação proposta. Um mesmo enunciado permite múltiplas abordagens, como a identificação do genótipo e/ou fenótipo de determinados indivíduos; o cálculo da probabilidade de ocorrência de um ou mais eventos, o padrão de herança das características em questão, etc. Muitas vezes, para expressar o resultado do problema, o aluno vale-se de estratégias que podem incluir a aplicação de algoritmos – como o quadro de Punnett – para obter a solução e representá-la através da simbologia típica da genética: letras maiúsculas e minúsculas para representar os genes, frações ou percentuais para representar proporções, etc.

De forma genérica, ao resolver um problema, o aluno cria um espaço mental no qual representa, sequencialmente, cada um dos passos que a situação exige para ser resolvida; ativa uma rede de conceitos e significados que o levam a escolher e criar regras heurísticas que ajudam a dirigir a busca da solução, de forma que ela se reflita no seu caderno (SIGÜENZA MOLINA, 2000). A utilização desses procedimentos heurísticos

ou estratégias não é garantia de sucesso, pois são métodos muito gerais e vagos. O sucesso de uma estratégia dependerá tanto da maneira como o aluno compreende a tarefa como da identificação de regras e algoritmos, ou seja, de técnicas que contribuam para que ele desenvolva de maneira efetiva seus planos de resolução (POZO, 1998).

Stewart (1988) argumenta que diferentes tipos de problemas em genética potencializam e promovem diferentes tipos de aprendizagem. Dessa forma, os problemas podem ser classificados a partir do tipo de raciocínio envolvido na obtenção da solução, ou seja, sua classificação está ligada direta ou indiretamente às escolhas feitas pelo aluno quanto às estratégias de resolução. Segundo esse autor, essa tipologia teria o potencial de ajudar professores e alunos a raciocinar sobre a genética e, portanto, aumentaria seu poder de promover a aprendizagem em quatro aspectos: na *estrutura conceitual*; na *heurística de resolução de problemas em geral*; nos *procedimentos de resolução em conteúdos específicos* (uso de algoritmos); e sobre a *natureza da ciência como atividade intelectual*. O autor afirma que, em genética, existem problemas que envolvem o raciocínio tipo *causa-efeito*, enquanto outros envolvem o raciocínio *efeito-causa*.

O primeiro tipo de problema (causa-efeito) pode ser exemplificado por uma situação em que são fornecidas ao aluno informações sobre o genótipo da geração parental e/ou o tipo de herança envolvido na questão, e solicitado a ele que apresente o fenótipo e/ou genótipo dos descendentes. Essa classe de atividades não requer uma análise detalhada dos dados iniciais, nem tampouco a formulação de hipóteses ou interpretação de resultados. Nesse caso, o aluno coloca em prática mecanismos rápidos de solução que consistem na aplicação de *algoritmos* e exigem pouco domínio conceitual.

O segundo tipo de problema (efeito-causa) pode ser exemplificado por uma situação em que são fornecidas ao aluno informações sobre o fenótipo de alguns indivíduos e é solicitado a ele que determine o modelo de herança em questão e/ou o genótipo dos indivíduos envolvidos. Esse processo, por exigir um nível maior de raciocínio, poderia contribuir para que o aluno construísse ou aplicasse seu conhecimento conceitual de forma mais profunda.

Gil Pérez et al. (1999) chamam a atenção para as dificuldades que os enunciados dos problemas representam quando se busca transformar os problemas escolares em situações mais abertas, que aproximariam o aluno de uma experiência investigativa dirigida. Os enunciados ou as instruções devem proporcionar ao aluno a informação necessária para identificá-los como um problema, no entanto, quando essas instruções definem a tarefa de forma muito fechada, os alunos com pouco domínio conceitual e procedimental não conseguem compreendê-la como um problema significativo. Por outro lado, tarefas muito abertas ou pouco concretas em suas instruções podem fazer com que o aluno não se atenha aos objetivos instrucionais previstos e entenda o problema em um contexto diferente do esperado. O enunciado não constitui uma definição ou proposição do próprio problema, mas, por meio dele, é preciso que o aluno seja capaz de definir, formular e solucionar as situações, partindo da ativação dos conhecimentos prévios que possui (POZO, 1998).

Por tudo isso, Sigüenza Molina (2000) conclui que as dificuldades relacionadas com o enfoque dos problemas e as estratégias de resolução são mais difíceis de explicar. Até agora, as investigações didáticas desse aspecto parecem aglutinadas dentro de uma

espécie de *caixa preta*, pois cada tipo de problema pode trazer consigo um objetivo nem sempre explícito e que interfere na forma de resolvê-lo. O autor argumenta que as dificuldades não estariam localizadas tanto no modelo mental que o aluno constrói sobre o problema para apresentar maior grau de correspondência com os dados apresentados; ou ainda, se o problema tem ou não significado para ele e sim nas restrições que derivam do tipo de problema escolhido e do enunciado que ele apresenta.

No Ensino Médio, é frequente a prática de resolução de problemas em sala de aula, com o propósito de facilitar a compreensão de determinados conceitos. O critério para elaborar e/ou escolher esses problemas assume um papel essencial nessa situação e está diretamente relacionado com as estratégias de resolução. Nesse caso, o professor escolheria uma situação genética específica, transformando-a em um exercício ou problema, como forma de apresentar e contextualizar certos conceitos, no entanto, devido a fatores como a falta de tempo, a carência de recursos didáticos e de qualificação técnica, muitos professores do ensino médio tomaram como prática comum o uso do livro-texto como referência para decidir o que ensinar e em que ordem fazê-lo, uma vez que esses livros foram aprovados por instituições governamentais de ensino, ligados ao Ministério da Educação do país.

Em geral, é do livro-texto que se retiram muitos dos problemas usados em sala de aula para ensinar genética. Muitos são elaborados como exercícios que podem ser resolvidos com a aplicação de um único algoritmo e envolvem seres vivos desconhecidos ou características hereditárias difíceis do aluno imaginar, tornando a resolução uma atividade totalmente fora da realidade do aluno. Além disso, alguns livros didáticos podem causar ou até reforçar concepções incorretas dos alunos, por exemplo, quando propõem exercícios ou problemas sem relacioná-los à meiose ou quando não levam em conta a dificuldade de utilização de alguns elementos matemáticos como as noções de probabilidade.

Na seção seguinte, procuramos identificar localmente algumas das dificuldades apontadas na literatura da área, para então propor alternativas de como tratá-las. Essa análise será feita a partir dos dados de uma pesquisa com estudantes de Ensino Médio a respeito da aplicação de conceitos básicos de genética mendeliana por meio da RP.

A resolução de problemas em genética mendeliana: como respondem os alunos

Os dados que apresentamos aqui se encontram descritos em Silvério (2005) e fazem parte de uma dissertação de mestrado que tratou do tema em pauta. A pesquisa foi realizada com a participação de 71 estudantes do último ano do Ensino Médio de uma escola pública do município de Florianópolis-SC. Todos os alunos responderam um questionário que envolvia problemas de genética mendeliana e, posteriormente, alguns deles foram entrevistados a fim de conhecermos melhor as estratégias de resolução adotadas, a apreensão dos conceitos envolvidos e as dificuldades enfrentadas no desenvolvimento da atividade.

O trabalho original era constituído de um questionário com sete questões, algumas delas semelhantes àquelas típicas de livros didáticos e apostilas pré-vestibulares, enquanto outras tinham uma abordagem bastante incomum, constituindo-se em problemas e não exercícios. Ao propor as questões, foi levado em conta que elas permitissem avaliar, sob certas circunstâncias, o domínio conceitual em genética mendeliana e as estratégias de resolução de diferentes tipos de problema. Apresentamos as três questões mais significativas propostas no trabalho inicial, seguidas da discussão do resultado de cada uma delas.

Questão A

Objetivos da questão:

- 1) *identificar as estratégias de resolução em um problema que trata de duas características genéticas distintas;*
- 2) *observar como o aluno aplica conceitos como genótipo, fenótipo, heterozigose e homozigose, dominância e recessividade;*
- 3) *observar como o aluno representa cromossomos e alelos através de desenhos.*

Analise a seguinte situação e responda:

“Em besouros, asas com manchas são dominantes sobre asas sem manchas; e antenas longas são dominantes sobre antenas curtas.”

a) Quais os possíveis genótipos e fenótipos dos descendentes de um cruzamento entre um besouro que é heterozigoto para ambas as características com outro besouro sem manchas nas asas e antenas curtas? Mostre como chegou a essa conclusão.

Tipos de respostas e estratégia adotada para responder

A – “MmCc, Mmcc, mmCc, mmcc”; “Asas com manchas, antenas longas ou curtas; asas sem manchas e antenas longas ou curtas”: resposta direta ou por combinação de alelos (*correta*);

A₁ – “MmCc, Mmcc, mmCc, mmcc”; “Asas com manchas, antenas longas ou curtas; asas sem manchas e antenas longas ou curtas”: através do quadro de Punnett (*correta*);

B – outras respostas com diferentes genótipos ou fenótipos (*incorreta*);

C – não responderam.

A Tabela 1 apresenta a distribuição das respostas dos alunos.

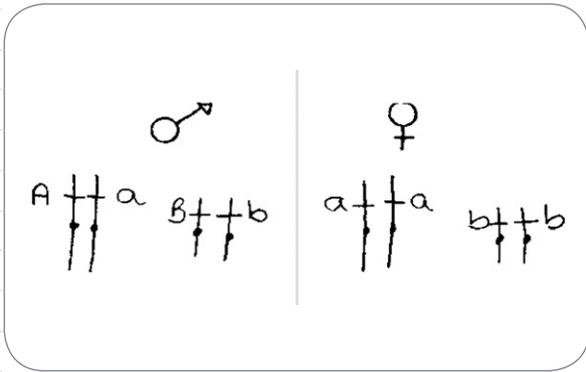
Tabela 1 – Distribuição das respostas

Respostas	Número de alunos	Percentual
A (correta)	15	21%
A ₁ (correta)	40	56,5%
B (incorreta)	14	19,5%
C (não responderam)	2	3,0%

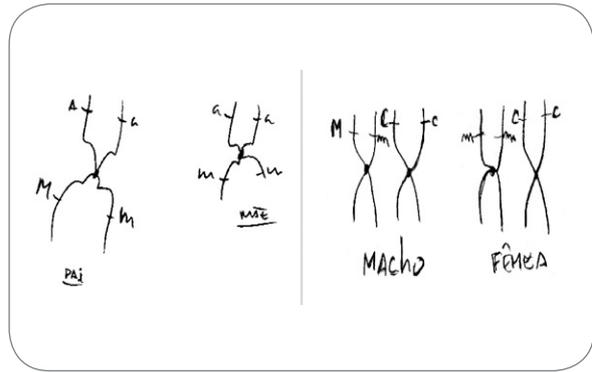
Fonte: Silvério (2005)

b) Represente, através de desenhos, os cromossomos dos pais (do macho e da fêmea) e localize neles os genes para as características citadas.

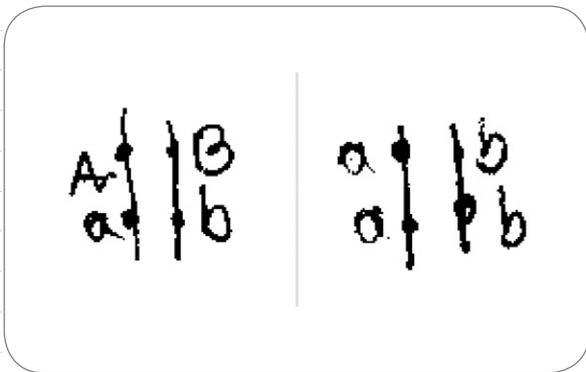
Respostas observadas nos desenhos dos alunos



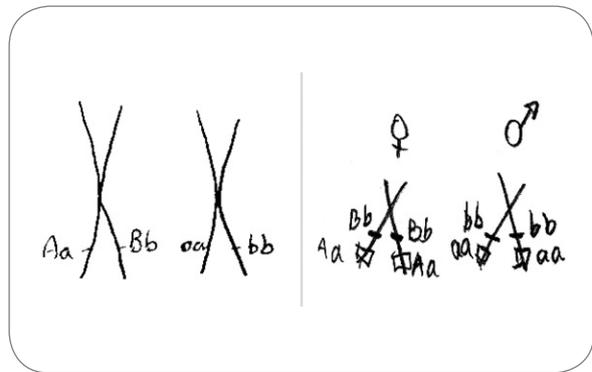
Desenho A: correto



Desenho B: alelos diferentes localizados em cromátides irmãs



Desenho C: genes diferentes no mesmo locus; par de alelos de um gene no mesmo cromossomo



Outros desenhos incorretos

A Tabela 2 apresenta a distribuição das respostas dos alunos

Tabela 2 - Distribuição das respostas

Respostas	Número de alunos	Percentual
Desenho A (correta)	10	14,0%
Desenho B (incorreta)	50	56,0%
Desenho C (incorreta)	7	10,0%
Outros desenhos (incorreta)	6	8,5%
Não responderam	8	11,5%

Fonte: Silvério (2005).

Analizando as respostas encontradas e os desenhos

A resposta para o primeiro item da questão envolve conhecimentos do aluno para coletar, analisar e organizar os dados do problema na construção da solução. O segundo item exige a representação, sob a forma de desenhos, de conceitos que o aluno emprega no cotidiano das aulas de genética (cromossomos e alelos) e que frequentemente aparecem nos livros didáticos e são amplamente usados durante as explicações.

Nas respostas corretas ao primeiro item encontramos, em sua maioria, o uso de um algoritmo como estratégia de resolução (quadro de Punnett) respostas do grupo A_1 (Tabela 1). Nas entrevistas feitas, o uso dessa ferramenta parece associado à forma como o professor ensinava a responder tais questões.

Quando comparados os dois tipos de atividades, poderia ser esperado que houvesse maior dificuldade em resolver o primeiro item da questão e não o segundo, no entanto, nossa hipótese era de que as dificuldades apareceriam exatamente na representação dos conceitos (respostas do segundo item, ver Tabela 2), dado que essa não é uma atividade mecânica para os alunos e, portanto, não exige memorização, mas a explicitação de sua compreensão sobre o assunto.

De fato, observamos que do total de 55 alunos que acertaram o primeiro item da questão, somente 10 acertaram o segundo. Portanto, somente 10 alunos acertaram tanto o item **A** como o item **B**. Os outros alunos responderam incorretamente o item **B**. Isso nos mostra que eles são capazes de chegar ao resultado esperado em questões que exigiriam a compreensão de determinados conceitos, mesmo sem ter alcançado essa compreensão, caso sejam treinados para isso.

Nesse caso particular, os desenhos mostram que muitos alunos não compreendem (ou não empregam corretamente) os conceitos de gene, alelo, cromossomos homólogos e cromátides-irmãs (item **B**), apesar de serem capazes de resolver corretamente questões que, em princípio, exigiriam a compreensão desses conceitos (item **A**). Entre os alunos que responderam corretamente a primeira parte, a maioria resolveu a questão por meio da aplicação do quadro de Punnett, o que pode ter sido feito mecanicamente.

De forma genérica, notamos que, em muitos dos desenhos feitos pelos alunos, os cromossomos são representados na sua forma duplicada e que existem dificuldades na compreensão dos conceitos de cromátides irmãs e cromossomos homólogos. Assim, no tipo de desenho mais comum, os alunos localizaram alelos diferentes em cromátides irmãs e não em cromossomos homólogos; em outros desenhos aparece uma cromátide com informação e a outra sem; alelos de um mesmo par localizados na mesma cromátide, etc. Situações semelhantes a essas são retratadas na literatura por meio dos trabalhos de Ayuso e Banet (2002).

Questão B

Objetivos da questão:

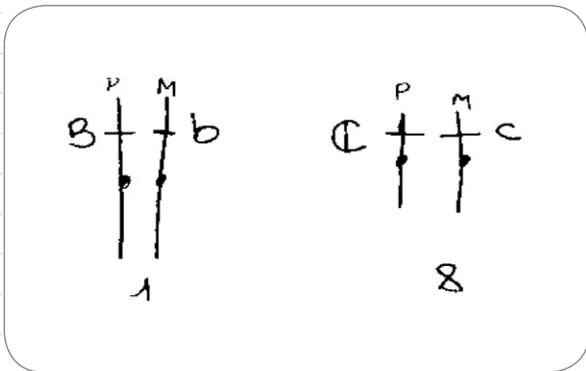
- › observar como o aluno representa cromossomos e alelos através de desenhos;
- › estabelecer uma relação entre o desenho, os conceitos envolvidos e as informações dadas na questão;
- › observar de que forma estas informações são usadas para a formação de gametas de um indivíduo.

Analise a seguinte situação sobre a distribuição hipotética de determinados genes em uma pessoa

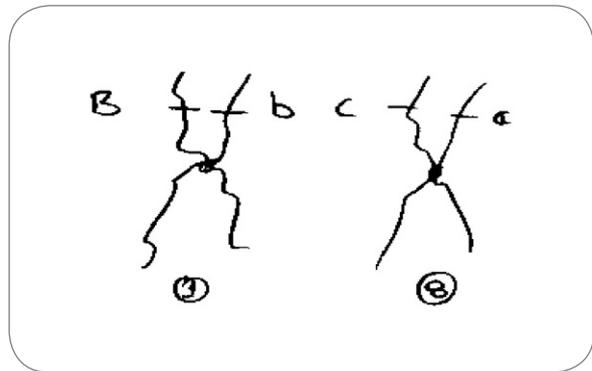
“Um homem tem o alelo **B** no cromossomo 1 herdado de seu pai e o alelo **b** no cromossomo 1 herdado de sua mãe. No cromossomo 8 herdado de seu pai tem o alelo **C** e no cromossomo 8 herdado de sua mãe tem o alelo **c**”.

- a) Faça um desenho dos cromossomos e localize neles os genes citados na situação acima.

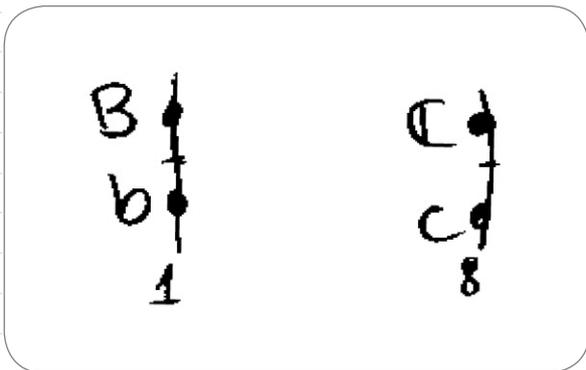
Respostas observadas nos desenhos dos alunos



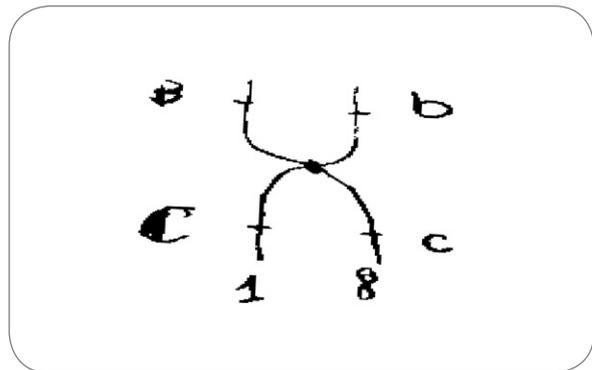
Desenho A: correto



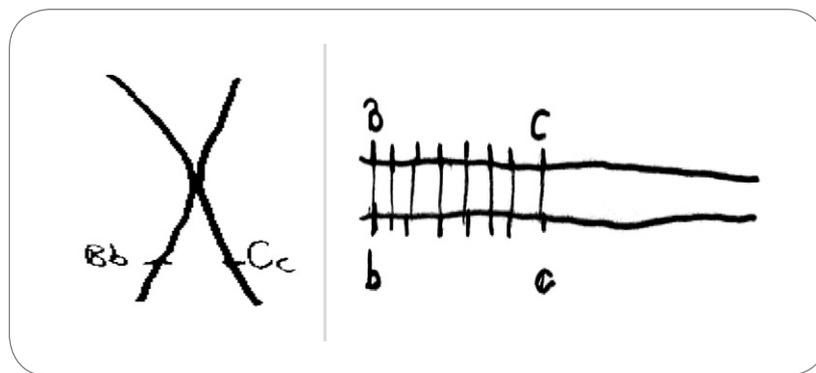
Desenho B: alelos diferentes em cromátides irmãs



Desenho C: par de alelos localizado em um único cromossomos



Outros desenhos incorretos



Outros desenhos incorretos

A Tabela 3 apresenta a distribuição das respostas dos alunos.

Tabela 3 - Distribuição das respostas

Respostas	Número de alunos	Percentual
Desenho A (correta)	20	28,0%
Desenho B (incorreta)	31	43,5%
Desenho C (incorreta)	5	7,0%
Desenho D (incorreta)	5	7,0%
Outros desenhos (incorreta)	9	13,0%
Não responderam	1	1,5%

Fonte: Silvério (2005).

b) com relação aos alelos citados na questão, como serão os gametas que esse homem poderá formar? Mostre como chegou à sua conclusão.

Tipos de respostas e estratégia adotada para responder:

A – “BC, Bc, bC, BC”: resposta direta ou através da combinação de alelos (*correta*);

B – outras respostas com diferentes gametas (*incorreta*);

C – não responderam.

A Tabela 4 apresenta a distribuição das respostas dos alunos.

Tabela 4 - Distribuição das respostas

Respostas	Número de alunos	Percentual
A (correta)	44	62,0%
B (incorreta)	24	34,0%
C (não responderam)	3	4,0%

Fonte: Silvério (2005).

Questão C

Objetivos da questão:

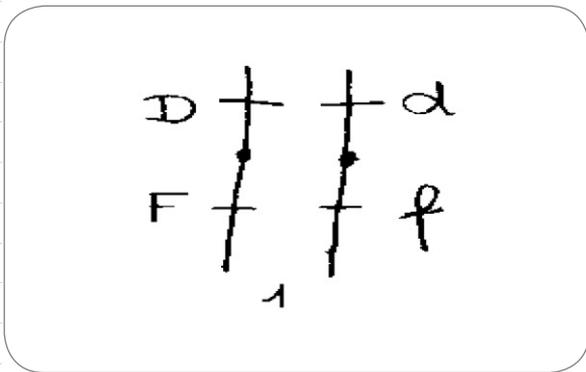
- 1) identificar como o aluno representa alelos em cromossomos através de desenhos;
- 2) estabelecer uma relação entre o desenho, os conceitos envolvidos e as informações dadas na questão;
- 3) observar de que forma estas informações são usadas para a formação de gametas em um indivíduo.

Analise a seguinte situação sobre a distribuição hipotética de determinados genes em uma pessoa

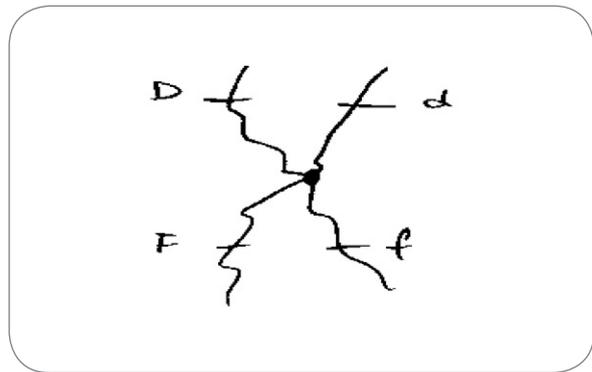
“Um homem tem os alelos “D” e “F” no cromossomo 1 herdado de seu pai e os alelos “d” e “f” no cromossomo 1 herdado de sua mãe.”

a) Faça então, um desenho do cromossomo e localize os alelos citados.

Respostas encontradas nos desenhos dos alunos



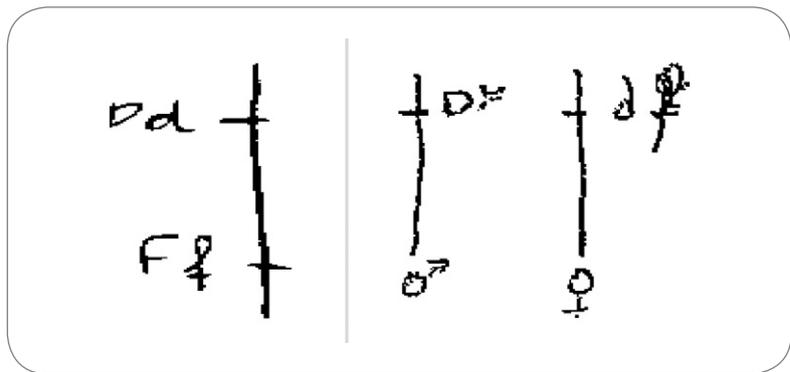
Desenho A: correto



Desenho B: alelos diferentes em cromátides irmãs



Desenho C: cromossomos do pai (P) e da mãe (M) representados em uma mesma estrutura



Outros desenhos incorretos

A Tabela 5 apresenta as respostas dos alunos.

Tabela 5 - Distribuição das respostas

Respostas	Número de alunos	Percentual
A (correta)	21	29,5%
B (incorreta)	32	45,0%
C (incorreta)	7	10,0%
Outros desenhos (incorreta)	10	14,0%
Não responderam	1	1,5%

Fonte: Silvério (2005).

b) Com relação aos alelos mencionados na questão, como serão os gametas que esse homem poderá formar? Mostre como chegou a sua conclusão.

Tipos de respostas e estratégia adotada para responder

A – “DE, Df, dE, DF”: resposta levando em conta a possibilidade de ocorrência de “crossing-over” (*correta*);

A₁ – “DE, df”: resposta direta (*correta*);

B – “DE, Df, dE, df”: resposta através de combinação de alelos, não leva em conta a possibilidade de “permutação” (*incorreta*);

C – outras respostas com diferentes gametas (*incorreta*);

D – não responderam.

A Tabela 6 apresenta as respostas dos alunos.

Tabela 6 - Distribuição das respostas

Respostas	Número de alunos	Percentual
A (correta)	2	3,0%
A ₁ (correta)	13	18,0%
B (incorreta)	33	46,5%
C (incorreta)	18	25,5%
D (não responderam)	5	7,0%

Fonte: Silvério (2005)

Analizando as respostas encontradas e os desenhos

Embora a tarefa pedida aos alunos nas questões B e C seja a mesma – localizar os genes nos cromossomos através de desenhos, estes deveriam ser elaborados a partir de enunciados diferentes. Segundo Buteler e Gangoso (2001) isso seria suficiente para que os alunos interpretassem a questão como tarefas distintas. Atividades como essas não são muito comuns em livros didáticos ou apostilas, nem é frequente que o professor em sala de aula realize esse tipo de questão.

Dessa forma, ao interpretar os diferentes tipos de desenhos encontrados é possível perceber uma série de concepções alternativas dos alunos. A maioria dos alunos não conseguiu estabelecer relações corretas entre os conceitos de gene, alelo, *locus* gênico, cromátides irmãs e cromossomos homólogos. Embora muitos deles sejam capazes de definir corretamente o que são genes, cromossomos ou cromátides (provavelmente, repetindo uma frase do professor ou do livro didático), parecem não compreender esses conceitos.

A questão C apresentava um diferencial em relação à questão B, pois, neste caso, os genes em questão estavam localizados em um único cromossomo. Assim, ao considerarem a formação de gametas desse indivíduo, os alunos precisavam ter isso em mente para responder corretamente a questão. Esse aspecto deve ter colaborado para o elevado número de alunos que não acertou a questão (49 – item a; e 51 – item b). Merece destaque o fato de que a maioria dos alunos não interpretou corretamente o enunciado da questão, combinando os alelos como se estivessem localizados em cromossomos distintos, o que explica o grande número de respostas incorretas (grupo B). Essa poderia ser uma resposta correta caso o aluno tivesse levado em conta a possibilidade de permutação, o que não foi considerado por nenhum dos alunos desse grupo.

De forma geral, observamos que a mudança no enunciado da questão diminuiu bastante a possibilidade de acerto do aluno, o que nos faz crer que ele acerta porque está repetindo uma tarefa mecânica, e não porque entendeu o processo. Acreditamos que esse tipo de estratégia deva ser mais explorada, tanto pelos livros didáticos quanto pelos professores em sala de aula, como forma de preparar o aluno para resolver problemas de genética que exijam mais do que a aplicação direta de alguns algoritmos pouco compreendidos por eles.

Alguns alunos foram entrevistados a fim de compreendermos a razão de certas respostas, e qual o raciocínio utilizado para chegar a elas. Ou seja, nosso intuito era conhecer por que o aluno utilizou exatamente aquela estratégia de resolução, e o que o motivou a escolher aquele caminho. Além disso, solicitamos a ele que explicasse o seu desenho, informando por que localizou os alelos daquela determinada forma. Essa conversa permitiu-nos concluir se ele realmente compreendia ou não os conceitos envolvidos.

A análise das respostas obtidas por meio da aplicação do questionário e das entrevistas indicou inúmeras dificuldades na aplicação de conceitos de genética mendeliana. Indica também forte dependência da aplicação de algoritmos como forma de resolver questões, evidenciada pelas mudanças na estrutura ou no tipo de problemas propostos.

Apresentamos a seguir alternativas pedagógicas possíveis no tratamento da resolução de problemas em genética no Ensino Médio.

Considerações finais

A análise apresentada indicou que os alunos, de maneira geral, lançam mão de recursos algorítmicos como principal estratégia de resolução e que o fazem sem compreender claramente o contexto e o motivo pelo qual devem aplicá-los. Indicou também que determinados conceitos básicos em genética são conhecidos e usados mais por força da memorização de suas definições do que pela compreensão de seu significado.

Isso nos leva a questionar a eficácia da RP como estratégia didática que pode permitir aplicar conceitos significativos em genética, pois constatamos uma distância considerável entre os procedimentos para a resolução da atividade e a compreensão dos conceitos relacionados.

Assim, torna-se importante apresentar algumas alternativas pedagógicas que podem colaborar na superação de algumas dessas dificuldades. Elas tanto dizem respeito à questão estrutural do currículo de Biologia, do Ensino Médio, quanto eventualmente são mais pontuais e abordam aspectos do processo de ensino e aprendizagem em genética nesse nível educacional.

Em geral, os programas de ensino de Biologia desvinculam os conteúdos sobre o núcleo e a divisão celular dos conteúdos de genética, criando um hiato pedagógico que dificulta a construção dos pré-requisitos necessários ao estudo da genética. Na primeira série, o aluno estuda a estrutura e função do DNA e do RNA, dissociadas do comportamento dos cromossomos e genes, mas vai precisar relacionar esses conhecimentos na terceira série para compreender os mecanismos básicos da genética mendeliana. Uma das consequências diretas desse distanciamento é que ferramentas didáticas empregadas na resolução de problemas em genética, como o quadro de Punnett, acabam sendo usadas na terceira série, dissociadas do estudo de meiose e segregação independente dos cromossomos, discutidos em anos anteriores.

Uma alternativa para minimizar essa dificuldade pode estar na reorganização desses conteúdos no programa de ensino, de forma que eles estejam mais próximos e que suas relações sejam explicitadas. Talvez seja possível reavaliar a prioridade de alguns tópicos incluídos no currículo da genética escolar, de tal forma que se abra espaço no programa para efetivar a compreensão desses conteúdos, considerados pré-requisitos para o estudo de genética. Essa possibilidade de reorganização curricular quanto a determinados conteúdos do Ensino de Biologia precisa também ser acompanhada por alternativas pedagógicas mais efetivas no processo de ensino e aprendizagem de genética.

Quanto aos tipos de problemas e às estratégias de resolução, as possibilidades para superar as dificuldades resultam de um processo no qual a RP deve ser usada com muito critério pelo professor para ensinar genética e muita dedicação do aluno para aprender a partir dela. Acreditamos que os problemas devem ser propostos pelo professor seguindo uma hierarquia de dificuldade, levando em conta os conhecimentos prévios dos alunos, as dificuldades em lidar com inúmeros conceitos abstratos e os objetivos educacionais a serem alcançados. O professor precisa avaliar quando e como usar exercícios e/ou problemas; que tipo de problema deve propor e que dinâmica empregar para adequar e motivar o aluno no caminho do resultado esperado. Essa

intermediação é importante para permitir que o aluno supere o uso de algoritmos aplicados sem a compreensão que o contexto exige.

É também essencial que o professor discuta com os alunos as diferentes possibilidades para resolver uma questão, permitindo que ele tome consciência das estratégias utilizadas para alcançar os resultados e dos conceitos que estão envolvidos em cada caso. Símbolos, diagramas e desenhos precisam ser apresentados em uma linguagem que o aluno consiga compreender, estabelecer relações com outros conhecimentos e organizar em seus esquemas cognitivos.

O que tem sido feito é oferecer ao aluno algumas estratégias para que ele reconheça em que situação deverá usar corretamente cada uma delas. Chamamos a atenção para a necessidade de mudarmos essa postura, pois acreditamos que o ideal é que o aluno compreenda o problema para buscar (ou criar) estratégias que lhe permitam resolvê-lo. Assim, a problematização sobre conceitos e processos, aliada a diferentes abordagens de uma mesma situação, pode ajudá-lo a superar o uso de algoritmos de forma mecânica e pouco significativa.

O erro é sempre um ponto de partida para um aprendizado mais efetivo, quando o professor, em parceria com o aluno, identifica a fonte da dificuldade e organiza uma ação que permita sua recuperação. O trabalho orientado em grupo pode ajudar a socializar os conhecimentos e, ao explicar para um colega, o aluno aclara suas próprias ideias. Isso favorece a interação dos alunos com a atividade, motivando-os a interpretar enunciados e discutir com os colegas os procedimentos, conceitos usados e seu resultado.

A compreensão de conceitos abstratos costuma ser difícil para muitos alunos, e um caminho para superar essa dificuldade poderia ser a organização de atividades pouco convencionais nas aulas de genética, como pedir que os alunos representem uma situação estudada por meio de desenhos, ou com o uso de algum material concreto (massa de modelar, barbante, canudos, clipes, etc.). Nesses casos, o professor deve estar bem atento para a possibilidade de detectar possíveis concepções alternativas dos alunos e trabalhar a partir delas para esclarecer a compreensão de alguns conceitos.

Diversificar o tipo de atividade usada para construir e aplicar conceitos em genética pode favorecer sua organização na memória de longo prazo do aluno, no entanto é preciso que esses conceitos sejam constantemente evocados por meio de atividades que representem pequenos desafios pedagógicos, como criar uma situação-problema que deva ser resolvida pela turma por intermédio da interação entre o conhecimento científico e uma ação concreta para resolvê-la.

Em nossa opinião, todos esses fatores associados podem colaborar, em certa medida, para superar a memorização de conceitos abstratos e pouco compreendidos pelo aluno, desde que competentemente organizados e estabelecidos no planejamento didático do professor.

Assim, um dos aspectos mais desafiantes e importantes no trabalho didático do professor consiste em buscar um equilíbrio entre a realização de exercícios e a proposição de problemas, ao usar a RP. Para tanto, alguns critérios devem ser levados em conta neste trabalho. Eles são apontados em Pozo (1998) e abrangem desde a forma como propõem o problema, o momento de sua resolução e a avaliação da atividade. Ao propor um problema de genética, o professor deve procurar escolher e adequar o tipo de problema e a informação proporcionada no enunciado aos objetivos da tarefa

proposta, alternando, em diferentes momentos, problemas com formatos mais ou menos abertos em função desses objetivos.

Enquanto o aluno resolve os problemas, cabe ao professor habituá-lo a adotar suas próprias decisões sobre o processo de resolução, refletindo com ele sobre esse processo e dando-lhe autonomia crescente na tomada de decisões. Pode, nesse espaço, dar as informações necessárias à resolução por meio de perguntas que dirige à classe e procurar não ficar somente respondendo as perguntas dos alunos. Na perspectiva de um trabalho colaborativo, pode fomentar a cooperação entre os alunos por meio da resolução de diferentes problemas em pequenos grupos e, posteriormente, incentivar a discussão com toda classe sobre cada problema, comparando as soluções ou caminhos de resolução alternativos.

A avaliação da atividade não deve ser um episódio conclusivo no processo, pois precisa ser realizada em paralelo à execução das tarefas. Ao avaliar, o professor deve estar atento às diferenças psicopedagógicas em suas turmas. Elas podem ser muito úteis no gerenciamento das dificuldades destacadas neste trabalho. Por isso, é interessante avaliar mais o processo de resolução seguido pelo aluno do que a correção final da resposta obtida, considerando mais a reflexão e a profundidade das soluções do que a rapidez com que são obtidas. Pode valorizar também o grau em que o processo de resolução envolveu uma tomada de consciência do aluno sobre os passos que deu para alcançar a resposta final, o que pode vir associado a uma autoavaliação do seu desempenho na atividade proposta.

Sobretudo, acreditamos que o professor precisa estar identificado com a estratégia que pretende desenvolver e se sinta motivado a realizá-la de maneira significativa. Essa dinâmica positiva certamente terá repercussões no comportamento e no desejo dos alunos de participar e aprender genética a partir dela.

Referências

AYUSO, E.; BANET, E.; ABELLÁN, T. Introducción a la genética en la enseñanza secundaria y el bachillerato: II ¿Resolución de problemas o realización de ejercicios? *Enseñanza de las Ciencias*, v. 14, n. 2, p. 127-142, 1996.

AYUSO, E.; BANET, E. Alternativas a la enseñanza de la genética en educación secundaria. *Enseñanza de las Ciencias*, v. 20, n. 1, p. 133-157, 2002.

BAHAR, M.; JOHNSTONE, H.; H, M. H. Revisiting learning difficulties in biology. *Journal Biology Education*, v. 33, n. 2, 1999.

BANET, E.; AYUSO, G. E. Introducción a la genética em la enseñanza secundaria y bachillerato. *Enseñanza de las Ciências*, v. 13, n. 2, p. 373-407, 1995.

BUGALLO RODRÍGUEZ, A. La Didáctica de la Genética: revisión bibliográfica. *Enseñanza de las Ciências*, v. 13, n. 3, p. 379-385, 1995.

BUTELER, L.; GANGOSO, Z. Diferentes enunciados del mismo problema: ¿ problemas diferentes? *Investigações em Ensino de Ciências*, v. 6, n. 3, dez. 2001. Disponível em: <<http://www.if.ufrgs.br/public/ensino/revista.htm>>. Acesso em: ago. 2004.

EL-HANI, C. N. Controvérsias sobre o conceito de gene e suas implicações para o ensino de genética. V ENCONTRO NACIONAL DE PESQUISA EM EDUCAÇÃO EM CIÊNCIAS, 2005, Bauru. Atas..., Associação Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências, 2005.

FABRÍCIO, M. F. L. Obstáculos à compreensão das leis de Mendel por alunos de Biologia na educação básica e na licenciatura. V ENCONTRO NACIONAL DE PESQUISA EM EDUCAÇÃO EM CIÊNCIAS, 2005, Bauru. Atas..., Associação Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências, 2005.

GIL PÉREZ, D.; FURIÓ MÁ, C.; VALDÉS, P.; SALINAS, J.; MARTÍNEZ-TORREGROSA, J.; GUIASOLA, J.; GONZÁLES, E.; DUMAS-CARRÉ, A.; GOFFARD, M.; PESSOA DE CARVALHO, A.M. ¿Tiene sentido seguir distinguiendo entre aprendizaje de conceptos, resolución de problemas de lápiz y papel y realización de prácticas de laboratorio? *Enseñanza de las Ciencias*, v. 17, n. 2, p.311-320, 1999.

IBÁÑEZ ORCAJO, M.; MARTÍNEZ AZNAR, M. Solving problems in genetics II: conceptual restructuring. *International Journal of Science Education*, v. 27, n.12, p. 1495-1519, 2005.

JUSTINA, L. A. D.; FERRARI, N. *A ciência da hereditariedade: enfoque histórico, epistemológico e pedagógico*. Cascavel: Edunioste. 2010.

MARBACH-Ad, G. Attempting to break the code in student comprehension of genetic concepts. *Journal of Biological Education*, v. 35, n. 4, p. 183-189, 2001.

MARTÍNEZ AZNAR, M.; IBÁÑEZ ORCAJO, M. Resolver situaciones problemáticas en genética para modificar las actitudes relacionadas com la ciencia. *Enseñanza de las Ciencias*, v. 24, n. 2, p. 193-206, 2006.

SANTOS, V. C.; EL-HANI, C. N. Ideias sobre genes em livros didáticos de Biologia do Ensino Médio publicados no Brasil. *Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências*, v. 9, n. 1, 2009.

SIGÜENZA MOLINA, A. F. Formación de modelos mentales en la genética. *Enseñanza de las Ciencias*, v. 18, n. 3, p. 439-450, 2000.

SIGÜENZA MOLINA, A. F.; SÁEZ, M. J. Análisis de la resolución de problemas como estrategia de enseñanza de la Biología. *Enseñanza de las Ciências*, v. 8, n. 3, p. 223-230, 1990.

SILVÉRIO, L. E. R. A resolução de problemas em genética mendeliana. 2005. Dissertação (Mestrado em Educação Científica e Tecnológica) – Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, Brasil, 2005.

STEWART, J. Potential learning outcomes from solving genetics problems: a typology of problems. *Science Education*, v. 72, n. 2, p. 237-254, 1988.

STEWART, J.; DALE, M. High school students' understanding of chromosome/gene behavior during meiosis. *Science Education*, v. 73, n. 4, p. 501-521, 1989.

STEWART, J.; VAN KIRK, J. Understanding and problem-solving in classical genetics. *International Journal of Science Education*, v. 12, n. 5, p. 575-588, 1990.

POZO, Juan Ignacio (Org.). *A solução de problemas: aprender a resolver, resolver para aprender*. Porto Alegre: Artmed, 1998. 177 p.

O QUE DIZEM OS PREFÁCIOS DOS LIVROS DE QUÍMICA GERAL DE ENSINO SUPERIOR SOBRE O CONCEITO DE ENERGIA?

Carlos Neco da Silva Junior

Márcia Gorette Lima da Silva

Fabiana Roberta Gonçalves e S. Hussein

Introdução

Muitas pesquisas em Ensino de Ciências e, particularmente, em Ensino de Química, têm dedicado especial atenção à análise de livros didáticos do Ensino Médio. As abordagens são diversas, sejam essas baseadas ou não na Avaliação Nacional do Livro Didático para a educação básica, tais como análise de erros conceituais (TAVARES, 2009), identificação de elementos representacionais (conforme Lemes, Souza e Cardoso, 2010), sobre a abordagem de conceitos específicos como, por exemplo, a relação com o cotidiano (de acordo com Wartha e Alário, 2005) entre outras (a exemplo de Francisco Júnior, 2009; Quílez, 2009; Mendonça, Campos e Jófili, 2004; Loguercio, Samrsla e Del Pino, 2001; Lopes, 1993), porém, poucas pesquisas retratam a função do livro-texto utilizado nas disciplinas de Química do Ensino Superior (conforme Carmen e Jiménez, 1997 apud Alomá e Malaver, 2007).

Particularmente, em diversas universidades do Brasil a disciplina de Química Geral é ministrada tanto para alunos do curso de Química, quanto para outros cursos. Nessa disciplina, é comum utilizar uma bibliografia que, geralmente, possui um ou outro material em língua inglesa com tradução para o português.

Os livros de Química Geral do Ensino Superior são, na maioria das vezes, o único recurso didático utilizado por alunos que acabaram de ingressar na universidade, sendo esse uma importante ferramenta de apoio às aulas desse componente curricular. Por se tratar de um material para o nível superior de ensino, especificamente o livro de Química Geral, apresenta formato diferente dos livros de Química utilizados no Ensino Médio. Nesses, os conteúdos são apresentados de forma fragmentada e, sem deixar explícita a importância de conceitos prévios na compreensão de alguns conceitos químicos.

Essa perspectiva é claramente observada, ao analisarmos a sequência didática dos conteúdos do livro de Química, do Ensino Médio, em relação à das apresentadas nos livros do Ensino Superior. Um exemplo dessa dife-

rença é a apresentação do conteúdo de termodinâmica química, conceituando a energia, de forma geral, e as variáveis macroscópicas termodinâmicas, tais como energia interna e entalpia, que é apresentada nos primeiros capítulos do livro de Química Geral do nível superior, que diferente do livro do Ensino Médio, este mesmo conteúdo somente é apresentado no decorrer do segundo ano desse nível de ensino. Reconhecemos que o conceito de energia é fundamental para o entendimento das transformações químicas.

O conceito de energia: algumas sinalizações

A área de Ciências da Natureza, especificamente a Química, a Física e a Biologia, utiliza constantemente o termo energia na explicação de diversos fenômenos. A formalização desse conceito é feita no campo da Física e foi em 1807 que o termo *enérgeia* foi enunciado pela primeira vez por Tomas Young, cuja origem grega significa ação, vigor, eficácia. A energia pode ser entendida como uma medida de transformação ou possibilidade de transformação, podendo ser aplicada ao movimento, à luz, ao som, ao magnetismo, às reações químicas – como processos bioenergéticos, reações de combustão, etc. (CRUZ; SILVA JR., 2010).

Tanto sistemas físicos quanto químicos têm interesses pelos estudos das trocas térmicas entre os corpos (OLIVEIRA; SANTOS, 1998), porém são muitas as dificuldades de entender como ocorrem essas trocas térmicas e os efeitos energéticos, por alunos ingressantes em um curso universitário de Química Geral. O conceito de energia envolvido na descrição desses sistemas é um conceito abstrato e não é representado com figuras como, por exemplo, quando representamos alguns fenômenos físicos ou químicos, tais como a dissolução de um sal em água, a difusão de um gás ou até mesmo a interação entre duas diferentes moléculas formando ligações intermoleculares.

Assim, o interesse deste trabalho é identificar, no prefácio de livros de Química Geral, do Ensino Superior, a presença do conceito de energia como um conceito prévio para o entendimento do conteúdo químico, tendo em vista que a energia permeia quase todos os conteúdos de Química Geral. Wuo (2000) afirma que o livro didático auxilia na organização dos conteúdos a serem ensinados. Nessa perspectiva, a maioria dos docentes reconhece o livro como ferramenta importante no desenvolvimento do seu trabalho, além de auxiliar o aluno da graduação a aprofundar e rever conceitos estudados. Optamos por fazer a análise do livro porque esse constitui um dos meios – sejam esses impressos ou eletrônicos – que, tanto professores como estudantes utilizam como fonte de informações sobre o conceito abordado.

Assim, entendemos que é necessário conhecer a abordagem desse conceito nos livros e, se esse conceito possui uma discussão integrada ou não com outros conceitos químicos. Essa opção de recorte procura defender o conceito de energia como integrador do conhecimento químico, assim os conceitos podem ser entendidos de forma integral e não de forma compartimentada como acontece em diversas etapas da formação de um indivíduo.

Metodologia

A escolha dos livros a serem analisados teve como base a consulta ao programa e a ementa das disciplinas de Química Geral e/ou Química Fundamental de 14 (catorze) Instituições de Ensino Superior (IES) brasileiras; Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC), Universidade Federal de São Paulo (UNIFESP), Centro Universitário FIEO (UNIFIEO), Universidade Federal de São Carlos (UFSCar), Universidade de Campinas (UNICAMP), Universidade Federal de São João Del-Rei (UFSJ), Universidade Federal de Brasília (UnB), Universidade Federal de Goiás (UFG), Universidade Federal do Tocantins (UFT), Universidade Federal do Pará (UFPA), Universidade Federal do Piauí (UFPI), Universidade Federal Rural do Semi-Árido (UFERSA), Universidade Federal de Alagoas (UFAL) e Universidade Federal de Pernambuco (UFPE). Esses programas e ementas estão disponíveis em sítios de consulta pública. A Tabela 1 mostra o nome do livro e o total de vezes em que um determinado livro foi sugerido em todas as ementas consultadas:

Tabela 1 - Relação dos livros textos do ensino superior analisados

Código	Título	Autor(es)	Volume(s)/edição	Editora	Total de Sugestões (Ementas)
L1	Química – A matéria e suas transformações	J. E. Brady; J. W. Russel e J. R. Holum	1 e 2/3°	LTC	7
L2	Química Geral	J. B. Russel	1 e 2/2°	Pearson	10
L3	Química Geral e Reações Químicas	J. C. Kotz e P. M. Treichel	1 e 2/5°	Thomson	5
L4	Química, um curso universitário	B. Mahan e R. J. Myers	Único/4°	Edgard Blücher	7
L5	Princípios de Química: questionando a vida moderna e o meio ambiente	P. Atkins e L. Jones	Único/2°	Bookman	13
L6	Química – A ciência central	T.L. Brown; H.E. LeMay Jr.; B.E. Bursten e J.R. Burdge	Único/9°	Pearson	8

Fonte: elaborada pelos autores deste trabalho.

A opção pela análise do prefácio foi em virtude de esse poder apresentar elementos que justificam a inter-relação conceitual entre os diferentes capítulos de um livro texto de Química Geral. Além disso, geralmente, é nessa seção que os autores expressam

para *quê* ou *para quem* o livro é dirigido; como e quais assuntos os capítulos irão abordar, que experimentos podem ser pensados, enfim, há certa discussão metodológica e didática da organização do material.

Assim, procuramos evidenciar em cada um dos livros duas categorias, segundo o Quadro 1.

Quadro 1 – Categorias analisadas no prefácio dos livros

Categoria	Aspecto analisado
Categoria 1	Disposição dos diferentes conteúdos do curso de Química Geral na organização do livro.
Categoria 2	Citação de variável(is) macroscópica(s) termodinâmica(s), como conceito prévio de entendimento do conteúdo químico.

Fonte: elaborado pelos autores deste trabalho.

Para analisar os resultados deste estudo foram utilizados alguns elementos da análise de conteúdo (BARDIN, 2004). As recomendações de Bardin (2004) e Rizzini (1999) para a análise de conteúdo constituem “uma técnica de investigação que têm por objetivo ir além da compreensão imediata e espontânea, ou seja, ela teria como função básica a observação mais atenta dos significados de um texto” (RIZZINI, 1999, p. 91).

Resultados e discussões

O entendimento para o termo energia contempla não somente o movimento, mas também a capacidade da sua transformação (CRUZ; SILVA JR., 2010). Pode-se dizer que esse é um dos conceitos mais fundamentais da Química, Física e de outras ciências, sendo que uma de suas propriedades diz respeito à conservação em qualquer processo seja físico, químico ou de qualquer outra natureza. Portanto, não pode ocorrer criação ou eliminação de energia, mas transformação de uma forma em outra.

Dizer que a energia é a capacidade de fazer as coisas acontecerem ou, ainda, que é a capacidade de realizar trabalho, seria uma forma de conceituá-la. Por outro lado, o que se observa é que comumente esse conceito deve estar associado à tipologia do fenômeno investigado, originando diferentes formas de energia tais como energia cinética, potencial, potencial química, térmica, elétrica, magnética dentre outras. Considerando a definição do conceito, a forma de organização dos conceitos e a da seleção entre eles, apresentamos os resultados deste estudo em cada livro consultado.

a) Categoria 1 – Disposição dos diferentes conteúdos do curso de Química Geral na organização do livro

No prefácio do livro 1 (L1) é feita uma abordagem ampla dos diversos objetivos que se pretendem atingir em um curso de Química Geral, seja por alunos de Química ou de outras áreas como, por exemplo, Biologia ou Medicina. A linguagem do texto in-

tenciona tornar o conhecimento químico, para alunos de um curso de Química Geral, mais clara no que se refere às explicações dos conceitos mais complexos. O prefácio é organizado em subtópicos que retratam cada um dos capítulos e as ferramentas que podem auxiliar na compreensão dos fenômenos químicos em estudo, mostrando ao estudante que o livro possui diversas opções de interação com o conteúdo químico. Também é mencionado que as ilustrações presentes no livro têm o intuito de fazer a conexão entre o macroscópico e o nível molecular.

Diferente de L1 o prefácio do livro 2 (L2) apresenta uma divisão de comentários em três partes. A primeira, específica para o aluno; a segunda, dirigida ao professor que ministrará o curso; e a terceira contém orientações sobre cada capítulo está organizado, ao qual o autor chama de aspectos adicionais. O autor cita que existe um subtópico em cada capítulo que traz comentários adicionais, referindo-se a pontos principais da discussão que abordam um esclarecimento adicional e indispensável para a compreensão de um conceito. Reconhece, ainda, a necessidade de conhecimentos prévios para estabelecer relação entre conceitos, mas não menciona exemplos desse conhecimento e/ou conceitos prévios. O trecho a seguir exemplifica tal observação sinalizando que “a química não se move tão rápido, porém seus conceitos tendem a estabelecer *conceitos prévios*, e, caso fique muito para trás, você se perderá” (RUSSEL, 2006, p. XXXVI, grifo nosso).

No prefácio direcionado ao professor, o autor explica a organização de cada capítulo no livro. Enfatiza como foco principal os conceitos básicos e fundamentais, afirmando ser por meio desses que o aluno pode avançar e obter êxito não só na Química, mas também no desempenho de outras atividades.

O prefácio do livro 3 (L3) é dividido em vários tópicos, dos quais destaca-se a *filosofia e abordagem do livro, as ferramentas básicas da química e o controle de reações químicas*. Na parte que trata sobre a filosofia e abordagem do livro os autores reconhecem que há um ordenamento comum utilizado por professores na abordagem dos conceitos em química geral e que esse foi seguido, quase integralmente no livro, ou seja, indicam uma preocupação com conceitos prévios, porém, enfatizam que tal ordem não pode ser usada de diversas formas. Assim o prefácio desse livro sinaliza que:

A ordem dos tópicos no texto foi também planejada de modo a introduzir, tão cedo quanto possível, os conhecimentos necessários às experiências de laboratório feitas em cursos de química geral. Por esse motivo, os capítulos sobre propriedades químicas e físicas, os tipos comuns de reação e a estequiometria encontram-se no início do volume 1 (KOTZ; TREICHEL, 2005, p. 17). Além disso, em razão da importância de se *compreender a energia* no estudo da química, a termoquímica é introduzida no capítulo 6 (KOTZ; TREICHEL, 2005, p. 17, grifo nosso).

Nesse trecho, fica evidente a preocupação dos autores no uso de conceitos prévios, quando eles procuram agrupar nos primeiros capítulos dos livros os conhecimentos que serão discutidos em aulas práticas de Química Geral.

Segundo Jacques, Milaré e Alves Filho (2009), o conceito de energia é de extrema importância ao aprendizado das ciências, tendo um caráter unificador que o torna potente e frutífero para balizar, unir e inter-relacionar diferentes conteúdos em ciências. Acreditamos que não só nessa visão ampla de ciências, mas em Química também, esse pode ser um conceito potencialmente utilizado por professores que ministram disci-

plinas de Química Geral para que os diferentes alunos percebam a importância desse conceito na compreensão dos fenômenos da natureza.

O livro 4 (L4) apresenta dois prefácios. O primeiro é sucinto com apenas três parágrafos escrito pelos tradutores da versão em português, no qual informam que o livro tem sido adotado nos melhores cursos universitários ao longo de duas ou mais décadas, sendo citado na metade das referências dos programas e ementas das universidades analisadas.

Os tradutores explicam que o livro aborda os fundamentos da química em estado da arte, com muita profundidade e riqueza de detalhes. Apesar dessa justificativa, não deixam claro que detalhes são fundamentais à aprendizagem do conhecimento químico. Chamam a atenção para a qualidade gráfica como um elemento importante na compreensão dos conceitos, mas não demonstram preocupação com a linguagem do texto e o nível de conhecimento para acompanhar a leitura do livro.

Os autores alertam que “essa qualidade está se tornando escassa na maioria dos textos recentes, que exploram excessivamente a imagem, como uso das cores e ilustrações para tornar a leitura mais leve, em detrimento do conteúdo, em si” (TOMA et al., 2000, p. V).

Tal recomendação sinaliza uma preocupação com o uso de ilustrações nos livros. No prefácio, a informação sobre o contexto da elaboração do livro revela uma condição dos leitores para o acompanhamento da abordagem do livro, da fundamentação em matemática etc. No trecho a seguir do prefácio tal proposição é exemplificada:

Bruce Mahan escreveu a primeira edição do seu livro Química, um Curso Universitário com o intuito de utilizá-lo num curso a ser ministrado para um grupo selecionado dentre os estudantes do primeiro ano de Berkeley, que estivessem bem preparados em matemática. A quarta edição continua mantendo a tradição das edições anteriores (MYERS; MAHAN, 2000, p. 7).

O formalismo matemático numa disciplina de Química Geral é de fato importante, pois os modelos matemáticos conseguem quantificar, por exemplo, variações nas quantidades de energia, porém os fundamentos de um curso de Química Geral vão além desse formalismo, pois é necessário que os ingressantes no Ensino Superior dos cursos de Química fundamentem o conhecimento que vem se construindo desde o Ensino Médio com inter-relação constante existente entre os conceitos. Essa é uma perspectiva que deveria ser melhorada na discussão dos autores de livros do Ensino Superior, pois alguns autores já identificaram concepções alternativas em alunos recém egressos no curso de Química relacionado a conceitos da termodinâmica química (a exemplo de Silva et. al., 2007; e Valdivia 2004).

O livro 5 (L5) apresenta o prefácio subdividido em seis tópicos, sendo cada um com subtópicos informando como é feita a abordagem conceitual, representacional, gráfica e as ferramentas adicionais que o livro possui para desenvolver o conteúdo químico. O segundo subtópico do prefácio, que tem o título *De estudantes a cientistas*, enfatiza que a intenção do livro é construir atitudes mentais científicas, possibilitando ao estudante saber mais do que apenas aceitar conclusões e, para isso, o livro aborda três temas principais, a saber: átomos; termodinâmica e equilíbrio; cinética.

Apesar de sinalizarem certa preocupação com a organização de conteúdos prévios, não explicitam a utilização do conceito de energia como sendo fundamental para apren-

dizagem do conteúdo químico. Essa observação é reforçada no subtítulo que se refere à sequência de conteúdo do livro intitulado *Uma organização que considera átomos em primeiro lugar* (ATKINS; JONES, 2002). O que pode levar a entender que os conceitos das teorias atômicas são formulados sem necessariamente usar o conceito de energia.

Assim como o L3, o livro 6 (L6) também apresenta dois prefácios: um destinado ao professor; e outro destinado aos estudantes. No prefácio destinado ao professor existe um tópico que trata da organização do conteúdo químico do livro didático.

Em suas primeiras palavras os autores enfatizam que:

Nesta edição, os primeiros cinco capítulos oferecem uma visão bastante macroscópica e fenomenológica da química. Os conceitos básicos abordados – como nomenclatura, estequiometria e termoquímica – fornecem os fundamentos necessários para muitos experimentos de laboratório normalmente realizados em química geral. Achamos que uma introdução antecipada da termoquímica é importante porque muitos entendimentos dos processos químicos são baseados nas considerações de variação de energia. A termoquímica também é relevante quando abordamos as entalpias de ligação (BROWN et. al., 2005, p. 13).

Nesse trecho, podemos inferir certa preocupação dos autores em relação aos conceitos termoquímicos na evidência de fenômenos químicos, porém, assim como nos livros L2, L4 e L5 existe a mesma preocupação da ênfase nas variáveis macroscópicas para explicação dos fenômenos químicos, ou seja, nessas palavras iniciais não é disposta nenhuma ideia de efeitos energéticos no nível microscópico.

Uma situação diferenciada desse livro para com os demais analisados em nosso estudo é que, no prefácio, destaca a termoquímica como conteúdo químico relevante na abordagem de entalpias de ligação, o que pode levar os professores a ficarem atentos às dificuldades conceituais que já existem, ao tratar a energia envolvida na ruptura e formação de ligações químicas em determinadas situações específicas como aponta Valdivia Kind (2004), em sua obra *Beyond Appearances*, e, portanto, uma possível abordagem da energia no nível microscópico.

Ainda sobre a organização dos capítulos, os autores explicitam aos leitores-professores que o livro possui a mesma forma de apresentação dos conteúdos químicos permitindo certa flexibilidade na ordem de abordagem dos capítulos.

Já com relação às orientações aos leitores-alunos, destacam orientações relativas ao processo de aprendizagem ressaltando que esses devem dar atenção especial, de acordo com (BROWN et al., 2005, p. XV, livro L6) “assimilação de conceitos novos, domínio de conteúdo, esforço na resolução de exercícios” entre outros. Por outro lado, em nenhuma das orientações explicitam quais conteúdos são necessários para o entendimento por parte dos alunos das transformações/fenômenos estudados em cada capítulo. Quer dizer, não sinalizam as relações entre os diferentes conceitos, especialmente com relação ao conceito de energia. Segundo Pozo e Crespo (2009), há dificuldade de se compreender noções mais específicas, como por exemplo, o conceito de ligações químicas, sem dominar conceitos mais gerais como é o caso do conceito de energia.

b) Categoria 2: Citação de variável(is) macroscópica(s) termodinâmica como conceito prévio no entendimento do conteúdo químico

Um dos pontos relevantes, ao abordar o conceito de energia, refere-se às variáveis termodinâmicas. Nessa perspectiva, observamos em alguns prefácios que não existe uma singularidade quanto ao conceito de energia ou a qual variável macroscópica termodinâmica deve ser discutida nos conteúdos químicos dos livros.

Em L1, os autores sinalizam que conceitos básicos para o conhecimento químico devem ser estudados nos primeiros capítulos. Explicitam que alguns conceitos foram reordenados, em relação às edições anteriores, cujo objetivo era facilitar essa compreensão. Tal preocupação com a ordenação dos conceitos é exemplificada no trecho a seguir, porém eles não citam que variáveis macroscópicas termodinâmicas devem ser estudadas:

Os Capítulos de 1 a 6 desenvolvem os fundamentos da química das reações, da estequiometria e da termoquímica, acompanhados de uma introdução básica à estrutura da matéria e à tabela periódica.

Para permitir que os estudantes obtenham, desde o início, *uma compreensão dos conceitos ligados à energia*, particularmente da diferença de calor e temperatura, introduzimos algumas noções básicas da teoria cinética no Cap. 1, onde discutimos pela primeira vez o conceito de energia. Estas noções serão depois expandidas no Cap. 6 Energia e Termoquímica (BRADY; RUSSEL; HOLUM, 2002, p. 1, grifo nosso).

Para esses autores, o conceito de energia é fundamental para explicações de diversos conteúdos. Essa é uma preocupação a ser evidenciada para alunos que cursam as disciplinas de Química Geral, pois, desde o Ensino Médio, documentos legais como Parâmetros Curriculares Nacionais para o Ensino Médio (PCNEM), conforme se encontra em Brasil (1999), Orientações Curriculares para o Ensino Médio (OCEM), e consoante Brasil (2006); e outros que sinalizam sobre a importância do conceito de energia na compreensão dos fenômenos químicos.

Em L2, o conceito de energia também é apresentado como um dos conceitos fundamentais para a aprendizagem do conhecimento químico, porém essa ênfase é dada apenas na parte do prefácio direcionada ao professor:

O tópico de estequiometria é introduzido antecipadamente neste texto (Capítulo 2) e inclui uma introdução à solução estequiométrica. Isto permite a incorporação de experimentos estequiométricos e currículos de laboratórios. (o instrutor pode decidir desprezar o assunto de solução estequiométrica. A seção 12.6 mostrará uma discussão mais rigorosa deste tópico). O capítulo de estequiometria precede um pequeno capítulo de termoquímica. *Isto permite a introdução antecipada da terminologia de ΔH* , o que intensifica a discussão de muitos tópicos subsequentes, tais como energia de ionização, afinidade eletrônica, energia de ligação, energia reticular, cálculo de Born-Haber, e assim por diante (RUSSEL, 2006, p. 37, grifo nosso).

Mencionar uma variável macroscópica termodinâmica em um capítulo que antecede a discussão de conceitos que posteriormente irão precisar dessa variável é importante. Segundo Silva (2005), o conceito de entalpia (H), apresentado em livros didáticos tanto no Ensino Médio como no Superior, possui um potencial explicativo maior do que o da

entalpia científica e, ainda, gera confusões entre o significado de calor e de entalpia, constituindo uma das dificuldades para o entendimento de outros conceitos químicos.

Já no prefácio de L4, por um lado, é apresentada maior ênfase em aspectos matemáticos que conceituais; por outro lado, sinaliza a importância dos conceitos relacionados ao conteúdo de energia destacada a seguir:

Também, foram incluídas as discussões sobre eletrólitos e regras de solubilidade dos sais em solução aquosa. O Capítulo 3 introduz aos estudantes os conceitos termodinâmicos de entalpia e de entropia, como anteriormente, e agora, também, faz considerações sobre a atividade e estados padrão para solutos, utilizando a lei de Henry (MYERS; MAHAN, 2000, p. 7).

Os autores descrevem que algumas variáveis termodinâmicas serão estudadas antes da exposição do conteúdo de soluções, porém, a apresentação de variáveis macroscópicas termodinâmicas, como por exemplo, entalpia, entropia, energia interna e energia livre não permitem aos alunos, de um curso de Química Geral no nível superior, reconhecerem a energia como entidade presente em todas as espécies que constituem um sistema químico, ou seja, da energia presente no nível atômico e/ou molecular, o que levaria os estudantes desse nível a associar a energia potencial de um sistema químico às interações entre núcleos e elétrons e relacioná-las à posição das partículas (BARROS, 2009).

Segundo Barros (2009) é comum a apresentação de variáveis termodinâmicas macroscópicas em detrimento dos aspectos microscópicos dos sistemas químicos. Para esse autor, as leis e princípios termodinâmicos têm sido formulados antes ou de forma independente da teoria atômica, o que tem dificultado a compreensão dos processos de transferência de energia nos aspectos microscópicos desses sistemas.

Em L5, os autores explicitam que a energia livre e a entropia são importantes variáveis macroscópicas para quantificar o equilíbrio químico. O trecho a seguir sinaliza essa descrição:

Apresentamos o equilíbrio químico do ponto de vista da termodinâmica. Acreditamos que a formulação quantitativa do equilíbrio deveria se basear na compreensão da energia livre e da entropia. Para este fim, introduzimos as leis da termodinâmica antes de equilíbrio, e formulamos os conceitos de equilíbrio em termos das energias livres padrão. Esta abordagem permite-nos apresentar um tratamento unificado para um grande número de processos químicos (ATKINS; JONES, 2002, p. 24).

Apesar de o conceito de energia não ser explicitado no texto, esse livro apresenta conceitos e tópicos que devem ser revisados pelos estudantes iniciantes no curso de Química do Ensino Superior. Dentre esses resumos, podemos destacar os conceitos de energia cinética e potencial.

Considerações finais

Conseguimos, na nossa análise, identificar que não existe consenso na apresentação da relevância do conceito de energia nos prefácios analisados dos livros de Química Geral do Ensino Superior, no entanto, acreditamos que, na aprendizagem do conteúdo químico, esse conceito é de fundamental importância tanto na compreensão de aspectos macroscópicos quanto dos microscópicos.

A ênfase da relação macro-micro pode contribuir no desenvolvimento do pensamento abstrato necessário à compreensão dos fenômenos químicos. A apresentação de variáveis macroscópicas termodinâmicas não possibilita aos alunos descrever fenômenos químicos no nível microscópico, fazendo com que a energia se apresente apenas como uma contribuição dos corpos de grandes massas.

Observamos que a maioria dos autores destaca aleatoriamente qualquer uma das variáveis macroscópicas termodinâmicas sem necessariamente apresentar a distinção que cada uma delas apresenta, ao caracterizar um sistema químico. Esse é outro aspecto que pode propiciar aos alunos uma dificuldade em diferenciar essas variáveis num determinado sistema químico, pois a variedade que o conceito de energia recebe, nos diferentes prefácios analisados neste trabalho para designar as transformações que ocorrem nos sistemas químicos, pode reforçar concepções alternativas sobre esse conceito, em que comumente os alunos confundem o conceito de energia com o de temperatura (conforme Mortimer e Amaral, 1998; e Grings, Caballero e Moreira, 2008).

Alguns autores reconhecem o termo energia como um importante conceito para o entendimento do conteúdo químico, como é o caso do livro L1 e L2, porém outros não mostram a importância desse conceito e, sendo assim, se os alunos ingressantes no nível superior não forem bem orientados, certamente continuarão sem saber a importância desse conceito na compreensão dos conteúdos da disciplina de Química Geral.

É importante que tanto os professores quanto os estudantes leiam o prefácio dos livros didáticos no intuito de conhecer e se familiarizar com a abordagem que será dada no livro, assim poderão entender a organização dos conteúdos e/ou conceitos prévios apresentados pelos livros. Pois, acreditamos que uma leitura prévia dessa parte do livro pode levar esses estudantes a uma compreensão da importância que um conceito prévio tem na aprendizagem. A análise do prefácio dos livros também possibilitou identificar que outros aspectos podem ser analisados, como por exemplo, a linguagem que o autor propõe para facilitar a compreensão dos estudantes e as estratégias metodológicas.

Referências

- ALOMÁ, E. E MALAVER, M. Análises de los conceptos de energia, calor, trabajo y El teorema de Carnot en textos universitários de termodinâmica. *Enseñanza de las Ciencias*. v. 25, n. 3, p. 387-400, 2007.
- ATKINS, P.; JONES, L. *Princípios de Química: questionando a vida moderna e o meio ambiente*. Trad. Ignez Caracelli et al. Porto Alegre: Bookman, 2001.
- BARDIN, L. *Análise de conteúdo*. 3. ed. Lisboa: Edições 70, 2004. 223 p.
- BARROS, H. L. C., Processos Endotérmicos e Exotérmicos: uma visão atômico-molecular. *Química Nova na Escola*. n. 4, p. 241-245, 2009.
- BRADY, J. E.; RUSSEL, J. W.; HOLUM, J. R. *Química: a matéria e suas transformações*. Trad. J. A. Souza. 3. ed. Rio de Janeiro: LTC – Livros Técnicos e Científicos, 2002. v 1.
- BRADY, J. E.; RUSSEL, J. W.; HOLUM, J. R. *Química: a matéria e suas transformações*. Trad. J. A. Souza. 3. ed. Rio de Janeiro: LTC – Livros Técnicos e Científicos, 2002. v 2.
- BRASIL. Ministério da Educação. *Parâmetros Curriculares Nacionais para o Ensino Médio*. Brasília: MEC; Secretaria de Educação Média e Tecnológica, 1999.
- BRASIL. Secretaria de Educação Básica Ciências da Natureza, Matemática e suas tecnologias. *Orientações Curriculares para o Ensino Médio*. Brasília: Secretaria de Educação Básica, 2006.
- BROWN, T. L. et al. *Química: a ciência central*. Trad. R. M. Matos. 9. ed. São Paulo: Pearson Education do Brasil, 2005. p. 98-117.
- CRUZ, F. N.; SILVA JÚNIOR, C. N.; *Termoquímica e equilíbrio*. Natal: EDUFRN, 2010. v. 10. 340 p.
- ECHEVERRIA, A., MELLO, I. C.; GAUCHE R.; O programa nacional do livro didático de Química no contexto da educação brasileira. In: *Educação Química no Brasil: memórias, políticas e tendências*. Campinas, SP: Átomo, 2008.
- FRANCISCO JÚNIOR, W. E. Analogias em livros didáticos de Química: um estudo das obras aprovadas pelo Plano Nacional do Livro Didático Para o Ensino Médio 2007. *Ciências & Cognição*, v. 14, n. 1, p. 121-143, 2009.
- GRINGS, E. T. O.; CABALLERO, C.; MOREIRA, M. A. Avanços e retrocessos dos alunos no campo conceitual da Termodinâmica. *Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias*, v. 7, n. 1, p. 23-46, 2008.

JACQUES, V.; MILARÉ, T.; ALVES FILHO, J. P. *A presença do conceito de energia no tratamento da química em livros didáticos de ciências*. In: VI ENCONTRO NACIONAL DE PESQUISADORES EM EDUCAÇÃO EM CIÊNCIAS, 2009. Disponível em: <<http://www.foco.fae.ufmg.br/cd/pdfs/864.pdf>>. Acesso em: 04 set. 2011.

KOTZ, J. C.; TREICHEL JR., P. M. *Química Geral 1 e reações químicas*. Trad. F. M. Vichi. 5. ed. São Paulo: Pioneira Thomson Learning, 2005, v. 1.

KOTZ, J. C.; TREICHEL JR., P. M. *Química Geral 2 e reações químicas*. Trad. F. M. Vichi. 5. ed. São Paulo: Pioneira Thomson Learning, 2005. v. 2.

LEMES, A. F. G.; SOUZA, K. A. F. D.; CARDOSO, A. A. Representações para o processo de dissolução em livros didáticos de Química: o caso do PNLEM. *Química Nova na Escola*, v. 32, n. 3, p. 184-190, 2010.

LOGUERCIO, R. Q.; SAMRSLA, V. E. E.; DEL PINO, J. C. A dinâmica de analisar livros didáticos com professores de química. *Química Nova*, v. 24, n. 4, p. 557-562, 2001.

LOPES, A. C., Livros didáticos: Obstáculos verbais e substancialistas ao aprendizado da ciência química. *Revista Brasileira de Estudos Pedagógicos*, v. 17, n. 177, p. 309-334, 1993.

MAHAN, B. M.; MYERS, R. J. *Química um curso universitário*. Trad. Araki K. 4. ed. São Paulo: Edgard Blücher Ltda., 1995.

MENDONÇA, R. J.; Campos, A. F.; JÓFILI, Z. M. S. O conceito de oxidação-redução nos livros didáticos de Química Orgânica do Ensino Médio. *Química Nova na Escola*, n. 20, p. 45-48, 2004.

MORTIMER, E. F.; AMARAL, L. O. Quanto mais quente melhor: calor e temperatura no ensino de termoquímica. *Química Nova na Escola*. n. 7, p. 30-34, 1998.

OLIVEIRA, R. J.; SANTOS, J. M. A energia e a química. *Química Nova na Escola*, n. 8, p. 19-22, 1998.

POZO, J. I.; CRESPO, M. A. G. *A aprendizagem e o Ensino de Ciências: do conhecimento cotidiano ao conhecimento científico*. 5. ed. Trad. Naila Freitas. Porto Alegre: Artmed, 2009.

QUÍLEZ, JUAN., Análisis de los errores que presentan los libros de texto univertarios de química general al tratar La energia libre de Gibbs. *Enseñanza de las Ciencias*, v. 27, n. 3, p. 317-330. 2009.

- RIZZINI, Irma et. al. *Guia de metodologias de pesquisa para programas sociais*. CESPI-USU, Coordenadoria de Estudos e Pesquisa sobre Infância Universidade Santa Úrsula, Série Banco de Dados – 6, Editora Universitária USU, 1999.
- RUSSEL, J. B. *Química Geral*. 2. ed. Trad. e revisão técnica Márcia Guekezian et al. São Paulo: Pearson Education do Brasil, 2006. v 1.
- RUSSEL, J. B. *Química Geral*. 2. ed. Trad. e revisão técnica Márcia Guekezian et al. São Paulo: Pearson Education do Brasil, 2006. v. 2.
- SILVA, J. L. P. B., Por que não estudar entalpia no Ensino Médio. *Química Nova na Escola*. n. 22, p. 22-25, 2005.
- SILVA, S. M. et.al. Concepções alternativas de calouros de Química para os conceitos de termodinâmica e equilíbrio químico. In: VI ENCONTRO NACIONAL DE PESQUISADORES EM EDUCAÇÃO EM CIÊNCIAS, Florianópolis, 2007. Disponível em: <<http://www.fae.ufmg.br/abrapec/viempec/CR2/p549.pdf>>. Acesso em: 04 set. 2011.
- TAVARES, L. H. W. Possibilidades de deformação conceitual nos livros didáticos de Química brasileiros: o conceito de substância. *Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias*, v. 8, n. 3, p. 1004-1018, 2009.
- VALDIVIA, A. O. Cambio de energía libre y espontaneidad a través de las explicaciones de los estudiantes e integración de sus ideas. *Educación Química*, v. 15, n. 4, p. 436-440, 2004.
- WARTHA, E. J.; FALJONI-ALARIO, A. A contextualização no Ensino de Química através do livro didático. *Química Nova na Escola*, São Paulo, n. 22. 2005.
- WUO, W. *A Física e os livros: uma análise do saber físico nos livros didáticos adotados para o Ensino Médio*. São Paulo: EDUC; FAPESP, 2000.

UMA PROPOSTA DIDÁTICA PARA TRABALHAR A ESTRATÉGIA DE RESOLUÇÃO DE PROBLEMAS NA FORMAÇÃO DE PROFESSORES DE QUÍMICA

Melquesedeque da Silva Freire

Márcia Gorette Lima da Silva

Apresentação

A estratégia de resolução de problemas há muito tem sido discutida na literatura em Ensino de Ciências e Matemática sob as mais diversas perspectivas (a exemplo de Perales Perales, 1993, Lopes, 1994, e Pozo, 1998). Dentro dessa discussão, aparece a necessidade da preparação dos professores de ciência em termos dos seus saberes formativos para o trabalho com essa estratégia didática. Nesse sentido, realizamos uma pesquisa com licenciandos de Química, na perspectiva de introduzir a discussão do uso dessa proposta de ensino no nível médio, a partir de uma sequência de atividades, na qual também foi investigado o modo como os futuros professores compreendem aspectos conceituais e metodológicos da estratégia de resolução de problemas.

Essa proposta foi aplicada e validada em um contexto de formação inicial no âmbito de uma disciplina do curso de Licenciatura em Química da Universidade Federal do Rio Grande do Norte (UFRN). Os graduandos participaram integralmente das atividades e os resultados dessa pesquisa foram publicados na forma de dissertação de mestrado no Programa de Pós-Graduação em Ensino de Ciências e Matemática dessa instituição (FREIRE, 2010), e parte dela já foi publicada sob a forma de artigo em periódico da área (como, por exemplo, em: Freire, Silva Junior, e Silva, 2011).

Buscamos fazer com que o futuro professor se insira em atividades que questionem conhecimentos já consolidados e que escapam à crítica, tais como: o entendimento do termo problema, seu significado, seu papel e importância para o ensino-aprendizagem das ciências, em particular, da Química; o que diferencia os problemas dos exercícios; como pensar a formulação de problemas para os alunos; e o que significa resolver problemas. São questões dessa natureza que constituem as discussões da sequência didática.

A proposta insere-se numa discussão que defende a vivência pedagógica do professor em formação com as estratégias didáticas que ele aprende na licenciatura a fim de que, ao ter uma experiência com as propostas, possa atribuir um sentido aos fundamentos teórico-metodológicos desses enfoques de ensino-aprendizagem, e a partir dessa experiência

com as estratégias, as possíveis dificuldades vivenciadas possam ajudar ao licenciando a tomar consciência das necessidades formativas e limitações que deve considerar no percurso de construção dos conhecimentos profissionais.

A sequência de atividades não tem a pretensão de ser um material pronto e acabado para ser reproduzido em aula, e sim um processo de organização das atividades que é flexível ao contexto no qual se deseja implementá-lo, cabendo ao formador de professores efetuar a tomada de decisões assumindo o papel de organizador das atividades, que acompanha as tarefas que os licenciandos precisam executar e avaliar, no decurso dos trabalhos, o que eles estão aprendendo de fato e reorientar o ensino-aprendizagem sempre que for necessário, no intuito de torná-lo mais efetivo.

Sequência de atividades

Apresentamos a seguir a proposta da sequência de atividades baseada na Resolução de Problemas (RP) como estratégia didática para ser trabalhada na formação inicial de professores de Química. Nossa intenção é contribuir com um material constituído de elementos da estratégia didática para serem discutidos e vivenciados na Licenciatura. A sequência de atividades está organizada em três blocos (três atividades) e apresenta o planejamento de cada momento, no qual se discutem os objetivos, a preparação prévia do professor, os recursos didáticos e a forma de acompanhamento de cada atividade.

Atividade 1: exercícios ou problemas? O que os diferencia?

É comum nas salas de aula os professores de ciências (em particular, de Química) apresentarem aos seus alunos *problemas* para que resolvam após a exposição dos conteúdos. Essa já é uma prática consagrada pela tradição escolar, mas que escapa à crítica, principalmente no que se refere ao sentido que é dado ao termo problema. Nesse contexto, enunciados de questões habituais para as quais os estudantes devem aplicar os conhecimentos aprendidos teoricamente, o caminho que leva à solução é conhecido e, quase sempre, envolverá a aplicação de cálculos matemáticos. Essa concepção do termo problema no contexto escolar assemelha-se mais ao que se entende no campo da didática das ciências como *exercícios* (LOPES, 1994).

Dessa forma, não constituem o mesmo tipo de tarefa fazer exercícios e resolver problemas e, assim, existem diferenças para esses conceitos, sendo isto explorado nessa primeira atividade.

A seguir, para este primeiro momento da sequência, serão apresentados o objetivo da atividade, a sua preparação prévia, os recursos utilizados, os procedimentos metodológicos e o acompanhamento e a avaliação do processo.

a) Objetivo da atividade

Diferenciar *exercícios* de *problemas* a partir das características necessárias e suficientes que os delimitam.

b) Preparação prévia para a atividade

O professor seleciona um conjunto de exercícios habituais, retirado de livros didáticos de Química. Para cada exercício, o professor transforma-o em um problema segundo estratégias propostas por Lopes (1994) apresentadas no Quadro 1 a seguir.

Quadro 1 – Estratégias para a formulação de exercícios em problemas

Estratégias para a transformação de enunciados de exercícios em problemas
Aumentar o número de dados que são necessários para responder à(s) questão(ões) formulada(s)
Diminuir ou anular o número de dados explícitos que são necessários para responder à(s) questão(ões) formulada(s)
Retirar algumas ou todas as questões de orientação
Acrescentar informação à situação física apresentada no enunciado, no sentido de torná-la mais complexa

Fonte: as estratégias apresentadas foram extraídas de Lopes (1994, p. 48).

Existem ainda outras estratégias para essa formulação, consoante destaca Gonçalves, Mosquera e Segura (2007), tais como, explorar contradições no conteúdo conceitual, inserir a questão em um contexto mais amplo, etc. A aplicação das estratégias levará à construção de pares de questões, as quais serão trabalhadas na atividade com os licenciandos, como as que apresentamos no Quadro 2, que inicialmente serão chamadas apenas de situações.

Quadro 2 – Pares de questões de exercícios e problemas – situações A e B

Questão habitual (exercício)	Questão (re)formulada (problema)
A1 <i>Calcule a concentração em mols por litro de íon cloro numa solução formada a partir da dissolução de 2,0g de NaCl em 1L de água</i>	B1 <i>Qual é a concentração de íon cloro da água da torneira?</i>
A2 <i>Usando a equação dos gases ideais calcule a pressão do gás metano no interior de um cilindro de 45L onde se contém 3,3Kg desse gás a 20°C.</i>	B2 <i>Em um cilindro se introduz uma quantidade de metano. Qual é a pressão em seu interior?</i>
A3 <i>Quantos litros de oxigênio medidos nas condições normais se necessitam para a combustão de 100L de butano medidos nas mesmas condições?</i>	B3 <i>Asfixiar-se-á uma pessoa que esteja dormindo em uma habitação na qual se queima gás em uma estufa?</i>

Fonte: os enunciados apresentados foram traduzidos e adaptados de: RAMÍREZ CASTRO, J. L.; GIL-PÉREZ, D.; TORREGROSA, J. M. *La resolución de problemas de Física y de Química como investigación*. Madrid: Centro de Publicaciones del Ministerio de Educación e Ciencia: CIDE, 1994.

c) Recursos didáticos

Foram utilizados livros didáticos de Química do Ensino Médio para seleção dos enunciados (exercícios) e sua reformulação em problemas; retroprojetor ou data show como recurso audiovisual, ou, ainda, outros recursos alternativos.

d) Procedimentos metodológicos

Para a execução dessa atividade propõe-se que os participantes, inicialmente, observem os enunciados de situações A e suas respectivas situações B do Quadro 2. Da observação, solicita-se que os licenciandos analisem e façam a comparação dos pares de questões apresentadas preenchendo o Quadro 3, a seguir, de acordo com critérios elencados.

Quadro 3 - Critérios para se diferenciar as situações **A** e **B** na atividade proposta

	<i>Presença de dados numéricos</i>	<i>Orientações para a resolução</i>	<i>Presença de um contexto</i>
Situação "A1"			
Situação "B1"			
Situação "A2"			
Situação "B2"			
Situação "A3"			
Situação "B3"			

Fonte: elaborado no processo da pesquisa pelos autores deste trabalho.

Nessa etapa do preenchimento do Quadro 3, solicita-se que os participantes registrem as características observadas em cada situação e identifiquem os conteúdos conceituais e procedimentais em cada par e, a seguir, devem comparar as situações "A" entre si, assim como as situações "B".

Terminada essa etapa de comparações dos pares de enunciados, o professor deve abrir a discussão no grande grupo para que os licenciandos apresentem seus resultados e tentem classificar as situações "A" e "B" em *exercícios* ou *problemas*, e os participantes devem justificar suas escolhas. Por fim, o professor deve fazer a sistematização das ideias construídas pelos licenciandos durante a atividade enfatizando as características dos problemas e exercícios, segundo referenciais de autores da Didática das Ciências.

e) Acompanhamento e avaliação do processo

Os participantes, durante a realização da atividade, são questionados sobre as posições assumidas na comparação das questões registradas no Quadro 3 e que outros critérios utilizam para classificar as situações em *exercícios* ou *problemas*. Cada participante apresenta, de forma oral, para o grande grupo suas ideias e as comparações realizadas.

A partir das respostas dos participantes e da discussão no grande grupo levantando os critérios de diferenciação dos exercícios e problemas, o professor, nesse momento

deve mediar a discussão, apresentando os aportes teóricos e fundamentos da Didática das Ciências sobre as características que delimitam as categorias *exercícios* e *problemas*.

O Quadro 4, a seguir, pode servir de apoio para essa diferenciação.

Quadro 4 – Algumas características dos exercícios e problemas

Exercícios	Problemas
Conhecem-se antecipadamente os passos necessários que se há de seguir	Desconhece-se o caminho que é preciso seguir para resolver
Tem único resultado	Podem admitir mais de uma solução
São objetivos	São mais subjetivos
Utilizam técnicas para se chegar à solução	Faz uso de estratégias de resolução
Podem ser utilizados para operacionalizar um conceito, treinar um algoritmo, exemplificar, etc.	Podem ser utilizados para desenvolver o conteúdo procedimental, proporcionar o crescimento dos conceitos, aprender estratégias de raciocínio

Fonte: esses critérios foram organizados com base nas discussões apresentadas por Lopes (1994) e Gonçalves, Mosquera e Segura (2007).

Outros autores estabelecem critérios distintos para diferenciar *exercícios* de *problemas*. Uma diferenciação interessante pode ser encontrada em Campos e Nigro (1999), que utilizam os termos *problemas falsos* e *verdadeiros*. Essa diferenciação tem correspondência com o que aqui denominamos de *exercícios* e *problemas*.

Atividade 2: formular problemas a partir de exercícios

Uma das vantagens da utilização dos problemas em detrimento dos exercícios no contexto escolar é a de que o problema inibe a tendência ao imediatismo que caracteriza as práticas rotineiras dos estudantes, como, por exemplo, buscar fórmulas e equações matemáticas para responder ao questionamento, antes mesmo de compreender a situação envolvida. Além disso, o problema convida à reflexão e compreensão da situação antes de se começar a manipular a informação numérica e, ainda, a uma avaliação da resolução, o que geralmente não acontece quando se resolve um exercício.

É possível transformar os enunciados dos exercícios habituais em verdadeiros problemas. Um exercício de um livro didático pode se tornar um problema se forem feitas algumas modificações na sua estrutura.

A seguir, será apresentado o objetivo dessa atividade, a preparação sua prévia, os recursos utilizados, os procedimentos metodológicos e o acompanhamento e a avaliação do processo.

a) Objetivo da atividade

Formular problemas a partir de exercícios habituais de Química.

b) Preparação prévia para a atividade

O professor seleciona um exercício habitual de um livro didático de Química. Apresentamos uma proposta de exercício, a seguir, que pode ser resolvido aplicando-se uma equação conhecida do conteúdo de diluição de soluções.

c) Recurso didático

Livro didático de Química; retroprojektor ou *data show*.

d) Procedimentos metodológicos

O professor, inicialmente, apresenta aos licenciandos o exercício de Química. Um exemplo de exercício que pode ser utilizado é o do enunciado a seguir que facilmente pode ser resolvido pelos estudantes que operam com os conceitos de estequiometria de reação e diluição de soluções.

Para neutralizar 25 mL de uma solução aquosa de ácido sulfúrico se gasta 37,5 mL de solução 0,5 mol/L de hidróxido de sódio. Qual a concentração em mol/L da solução de ácido sulfúrico?¹

Após a apresentação do enunciado, o professor solicita que os participantes transformem o exercício apresentado em dois problemas. Para essa conversão, os licenciandos podem fazer uso das estratégias discutidas e apresentadas nos Quadros 1 e 4 das etapas anteriores. Os dois problemas a serem formulados pelos participantes podem ser construídos utilizando as estratégias de retirada dos dados numéricos da questão e inserindo a questão em um contexto mais amplo, ou ainda propondo contradições no conteúdo.

Finalizada essa etapa, o professor discute com os participantes as formulações realizadas por cada um deles e começa a introduzir na discussão os fundamentos teórico-metodológicos da estratégia de Resolução de Problemas, as vantagens e limitações do enfoque, a tipologia dos problemas e o lugar dos problemas (ou exercícios) no contexto escolar fornecendo um encaminhamento para a terceira e última atividade da sequência.

e) Acompanhamento e avaliação do processo

Os participantes, durante a realização da atividade, devem apresentar para o grande grupo os problemas que formularam a partir do exercício habitual de Química; nessa discussão, o professor pode introduzir algumas perguntas a fim de acompanhar as atividades tais como: *como os problemas aparecem nas salas de aula? Ensina-se ao*

¹ Extraído e adaptado de ATKINS, P.W.; JONES, L. *Princípios de química: questionando a vida moderna e o meio ambiente*. Porto Alegre: Bookman, 2001.

aluno a resolver problemas no contexto escolar? Esses questionamentos ajudaram para a tomada de consciência coletiva das configurações didáticas habituais que figuram nesse contexto, em particular para o Ensino de Química.

Em Ramirez Castro, Gil-Pérez e Torregrosa (1994) podemos encontrar uma lista de problemas formulados a partir de exercícios para diferentes conteúdos das disciplinas de Química e Física. A formulação de problemas pode se dar tanto a partir de exercícios, como de atividades experimentais, de notícias de jornais ou revistas, questionamento de funcionamento de aparelhos ou objetos, visitas de estudo e outros materiais. Essas outras vias possíveis para a proposição de problemas é discutida por Lopes (1994).

Atividade 3: vivenciando as etapas de resolução de problemas

O ensino de ciências deve adotar como um dos seus objetivos a prática de ajudar aos alunos a aprender e a *fazer ciências*, em outras palavras, ensinar aos alunos procedimentos *da* e *para* a aprendizagem das ciências. Aprender ciências, em particular Química, vai muito além de simplesmente saber definir conceitos, operar com símbolos, fórmulas ou equações, implica aprender seus processos com fins didáticos e isso inclui resolver problemas, mas se um problema é uma situação para a qual não se tem uma resposta imediata, como dever ser enfocada a sua resolução? O que é resolver problemas? É chegar a uma resposta? São questões dessa natureza que são abordadas nessa última etapa da sequência de atividades, em que propomos que os licenciandos sejam envolvidos em um contexto de resolução de problemas a fim de que aprendam sobre a estratégia, vivenciando-a.

Semelhante às etapas anteriores, a seguir, será apresentado o objetivo da atividade, a preparação sua prévia, os recursos utilizados, os procedimentos metodológicos e o acompanhamento e a avaliação do processo.

a) Objetivo da atividade

Discutir e vivenciar as etapas de uma aproximação científica da resolução de problemas.

b) Preparação prévia para a atividade

O professor seleciona um problema de química, extraído de Ramirez Castro, Gil-Pérez e Martinez Torregrosa (1994), para ser resolvido pelos participantes.

c) Recursos didáticos

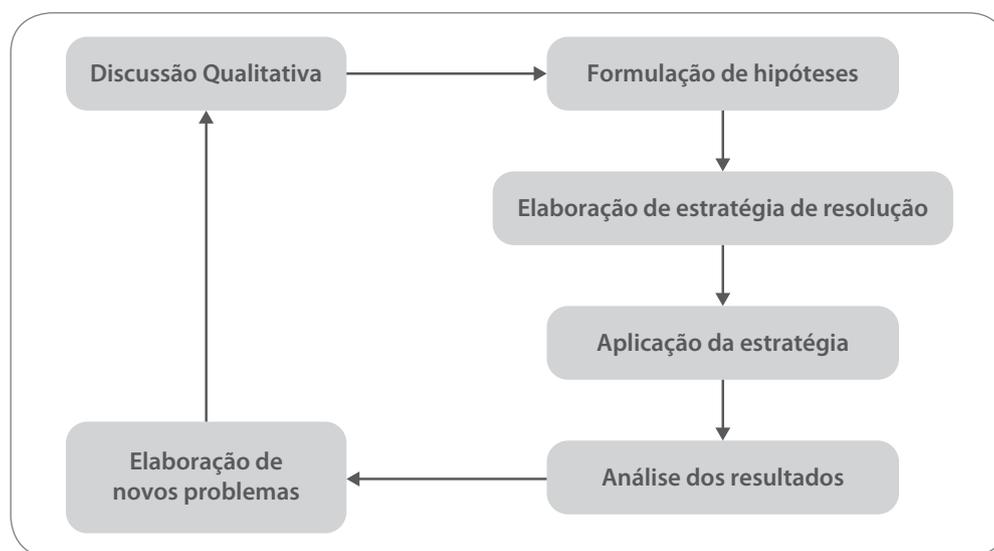
Livro *La resolución de problemas de Física e Química como investigación*, dos autores Ramirez Castro, Gil-Pérez e Martinez Torregrosa (1994); retroprojeto ou *data show*.

d) Procedimentos metodológicos

A primeira etapa da atividade consiste em o professor discutir em aula expositiva e dialogada aspectos relacionados aos fundamentos teórico-metodológicos das indicações genéricas de uma aproximação científica da estratégia de Resolução de Problemas. Essa discussão pode ser introduzida mediante o questionamento: *o que os cientistas fazem quando têm que enfrentar um verdadeiro problema?*

Ao comentar sobre isso, o professor pode utilizar as respostas dos participantes e organizar as ideias surgidas explanando algumas das etapas genéricas da RP apresentadas na Figura 1:

Figura 1 – Etapas genéricas da resolução de problemas



Fonte: lopes (1994).

A seguir, o professor deve apresentar um problema para os participantes resolverem. Como proposta, sugere-se a questão:

Determinar a quantidade de dióxido de carbono que exala uma pessoa durante uma hora, utilizando uma solução de hidróxido de bário.

Apresentada a questão, o professor deve organizar os participantes em grupos de 3 ou 4 componentes (tomando como base uma turma com a média de 20 participantes) e, em grupo, os licenciandos devem proceder à resolução do problema utilizando as indicações genéricas discutidas.

No contexto dessa etapa, é importante que se comece por um *estudo qualitativo* da situação, tentando definir o problema e apropriar-se da situação desconhecida identificando as variáveis relevantes, as possíveis relações entre essas variáveis, os casos-limite, dentre outras questões que permitam a apropriação do problema.

A etapa da *emissão de hipóteses* constitui um procedimento fundamental da resolução de problemas, pois irá estabelecer as possíveis respostas a serem buscadas no processo de resolução, influenciando assim, a construção da estratégia a ser utilizada. Nesse sentido, é relevante destacar o papel das hipóteses como orientadoras do processo de produção do conhecimento, e sua definição em termos de variáveis.

Dentre os aspectos importantes da etapa de *elaboração da estratégia*, podemos destacar o planejamento prévio e consciente para a realização das atividades que evita uma metodologia baseada na tentativa-erro, e ainda pode estimular a proposição de caminhos diferentes para a resolução de um mesmo problema. A etapa de *aplicação da estratégia* deve ser conduzida explicitando-se e fundamentando o que vai sendo feito pelos participantes.

Por fim, a última etapa de *análise dos resultados* obtidos precisa ser feita com base nas hipóteses previamente explicitadas. Essa etapa final é geralmente esquecida nas práticas habituais dos estudantes ao resolverem somente exercícios quantitativos.

Depois que os grupos vivenciam as etapas de resolução do problema, procede-se a discussão no grande grupo das resoluções propostas por cada grupo e das dificuldades encontradas, etc. Após essa etapa, o professor deve apresentar um modelo de resolução para o problema proposto, e, ao final, é discutido com os participantes alguns aspectos didáticos da estratégia de Resolução de Problemas e sua implementação em sala de aula do Ensino Médio.

Após a vivência com as etapas e com base nas dificuldades encontradas, retomam-se aspectos das outras atividades realizadas, e o professor discute, ao final, as vantagens e limitações de se planejar e desenvolver situações de ensino no contexto escolar, segundo essa estratégia didática. Para essa discussão pode ser utilizado o seguinte questionamento:

Que dificuldades os estudantes do Ensino Médio teriam para resolver problemas?

O questionamento proposto pode ajudar os licenciandos na tomada de consciência das suas próprias dificuldades, ao resolver problemas, quando se colocam na posição dos alunos no contexto escolar do Ensino Médio. Isso, por sua vez, insere-se em uma dimensão metacognitiva de reconhecimento das necessidades formativas do saber docente.

e) Acompanhamento e avaliação do processo

Esta última atividade da sequência envolve um momento de experiência dos participantes com as etapas de resolução de problemas. Situa-los em um contexto de atividade que se aproxime daquilo que ele irá propor aos seus alunos em uma situação pedagógica.

Antes da resolução do problema, é importante que o professor assegure-se de que os estudantes identificaram os obstáculos que precisam ultrapassar. Isso pode ser feito a partir de uma leitura ampla do problema e das discussões na etapa de considerações qualitativas.

Outro aspecto importante é aceitar que se resolva o mesmo problema por caminhos diferentes do que o professor considera mais lógico ou mais rápido. É importante estimular e desenvolver a criatividade no processo de resolução do problema.

Durante a explanação teórica, os participantes são questionados sobre suas ideias acerca de cada uma das indicações genéricas e etapas da resolução de problemas que deverão mobilizar. Na realização da atividade de resolução do problema apresentado, observa-se a participação e o envolvimento dos licenciandos na busca da resposta, suas dificuldades e dúvidas na perspectiva de uma avaliação que se propõe a ajudá-los a avançar e não abandonar o problema diante dos obstáculos que se apresentam.

A seguir, é apresentado o modelo de resolução do problema proposto. Esse modelo deve ser discutido e comparado com os outros que foram elaborados pelos grupos de trabalho.

Modelo de Resolução do problema proposto

Problema

Determinar a quantidade de dióxido de carbono que exala uma pessoa durante uma hora, utilizando uma solução de hidróxido de bário.

1) *Discussão qualitativa*

As primeiras considerações a serem feitas dizem respeito à *respiração* como um intercâmbio de trocas gasosas. Consideramos que o gás de nosso interesse é o gás carbônico (CO_2).

Ao pensar em procedimento experimental para fazermos essa medida, podemos considerar um experimento análogo conhecido dos estudantes, em que se borbulha gás carbônico (CO_2), por meio de um canudinho, em uma solução de hidróxido de cálcio ($\text{Ca}(\text{OH})_2$) e se obtém um precipitado de carbonato de cálcio (CaCO_3). No nosso caso, o precipitado será de carbonato de bário (BaCO_3) já que a outra substância reagente é o hidróxido de bário, $\text{Ba}(\text{OH})_2$.

Outras duas questões importantes da discussão inicial são: se o procedimento experimental será efetivo e se precisamos realmente fazer a medida para uma hora. Essas questões implicam em considerarmos o *rendimento* do processo, já que há perdas do CO_2 durante a respiração, e do BaCO_3 na pesagem, por exemplo, e também a necessidade de trabalharmos com uma *unidade de tempo* e fazermos as devidas correções para o tempo total.

Essa etapa inicial de discussão qualitativa pode contribuir para a explicitação dos conhecimentos dos estudantes, necessários para a resolução e o melhor entendimento do que se busca com o problema.

2) *Formulação de hipóteses*

A formulação de hipóteses se dá em função das variáveis do processo. Nesse caso, temos a quantidade de CO_2 (m_1), a quantidade de $\text{BaCO}_3(\text{s})$ (m_2), o tempo (t) e o rendimento da reação (R).

Ao fazermos as considerações iniciais a respeito do problema, concluímos que a quantidade de $\text{CO}_2(\text{g})$ varia em função da quantidade de $\text{BaCO}_3(\text{s})$ e do tempo (t) numa relação diretamente proporcional.

As hipóteses formuladas nesse caso serão:

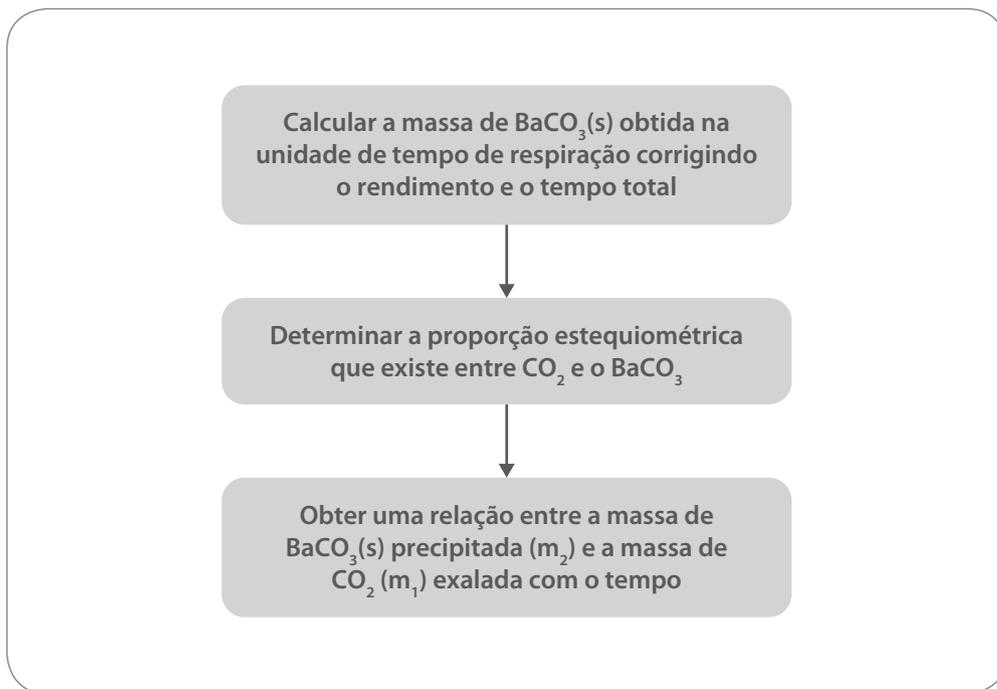
- a) a quantidade de dióxido de carbono (CO_2) exalada por uma pessoa durante um tempo determinado, pode ser medida em função da quantidade de Carbonato de Bário ($\text{BaCO}_3(\text{s})$) precipitado;
- b) essas quantidades de CO_2 e $\text{BaCO}_3(\text{s})$ são diretamente proporcionais entre si, e proporcionais ao tempo (t) de respiração da pessoa.

A formulação de hipóteses é útil para que o professor possa diagnosticar possíveis erros conceituais que os estudantes venham a cometer, auxiliando-os na tomada dessa consciência.

c) Estratégia de resolução

Com base na discussão qualitativa e, principalmente, nas hipóteses formuladas, propõe-se uma estratégia para a resolução do problema como definido nas etapas da Figura 2.

Figura 2 – Etapas da estratégia de resolução do problema proposto



Fonte: esquema construído no processo da pesquisa pelos autores deste trabalho.

4) Aplicação da estratégia de resolução

Devemos, inicialmente, obter uma expressão do rendimento do processo. O rendimento é expresso como a razão entre a massa de carbonato de bário ($\text{BaCO}_3(\text{s})$) obtida experimentalmente (m_2) (precipitada e pesada) e a massa desse mesmo composto que deveríamos obter teoricamente (m_3) com um rendimento de 100% do processo:

$$R = \frac{m_2}{m_3} \cdot 100 \quad \text{Expressão (I)}$$

Que podemos reescrevê-la como:

$$m_3 = m_2 \cdot \frac{100}{R}$$

Para o tempo considerado (1h):

– precisamos definir uma unidade de tempo (U_t), por exemplo, 1 minuto (o tempo que a pessoa irá borbular CO_2 na solução). Assim, o número de unidades de tempo (N_t) contidas em uma hora, o tempo total, é igual a 60:

Se $U_t = 1 \text{ min}$,

$$N_t = \frac{1h}{U_t}$$

Logo,

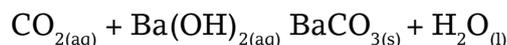
$$N_t = \frac{60min}{1min}$$

$N_t = 60$ (o número de unidades de tempo contidas em uma hora, o tempo total)

Dessa forma, para corrigirmos o tempo total na expressão da quantidade $\text{BaCO}_3(\text{s})$, adicionamos o número de unidades de tempo (N_t) na expressão (I):

$$m_3 = m_2 \cdot \frac{100}{R} \cdot N_t \quad \text{Expressão (II)}$$

O processo químico envolvido, nessa situação, pode ser entendido como uma série de etapas de equilíbrio químico desde a dissolução do $\text{CO}_2(\text{g})$ na água da solução de $\text{Ba}(\text{OH})_2(\text{aq})$ até a precipitação do $\text{BaCO}_3(\text{s})$. A equação global é representada a seguir:



Da equação acima, observamos que a relação estequiométrica mostra que a proporção em mols de CO_2 e BaCO_3 é de 1:1.

Sabendo que o número de mols pode ser definido como a relação entre a massa da substância (m) e sua massa molar (M);

– número de mols de CO_2 (n_1) é igual a razão entre a massa de CO_2 (m_1) e sua massa molar (M_1);

$$n_1 = \frac{m_1}{M_1}$$

– o número de mols de BaCO_3 é igual a razão entre a massa de BaCO_3 da relação estequiométrica (m_3) e sua massa molar (M_2):

$$n_2 = \frac{m_3}{M_2}$$

Sendo $n_1=n_2$, podemos escrever;

$$\frac{m_1}{M_1} = \frac{m_3}{M_2}$$

Ou ainda:

$$m_1 = \frac{M_1}{M_2} \cdot m_3 \quad \text{Expressão (III)}$$

O último passo da nossa estratégia agora é obter a expressão que relaciona a quantidade de CO_2 (m_1) exalada pela pessoa na unidade de tempo e a massa de BaCO_3 (s) precipitada (m_2). Podemos obter essa relação substituindo a expressão (II) na expressão (III):

$$m_1 = \frac{M_1}{M_2} \cdot m_2 \cdot \frac{100}{R} \cdot N_t \quad \text{Expressão (IV)}$$

Desse modo, obtemos a relação entre a quantidade de CO_2 (m_1) e a massa de BaCO_3 (s) precipitada (m_2), corrigindo o rendimento da reação e o tempo total.

5) *Análise dos resultados*

Na análise dos resultados, devemos fazer as perguntas fundamentais:

- a) Os resultados são coerentes com as hipóteses emitidas?
- b) As equações deduzidas são dimensionalmente corretas?
- c) O mesmo resultado pode ser encontrado por vias alternativas?

Analisando a Expressão (IV), observamos que essa atende às duas hipóteses formuladas inicialmente:

- a quantidade de CO_2 exalada por uma pessoa durante um tempo determinado, pode ser medida em função da quantidade de carbonato de bário precipitado;
- essas quantidades de CO_2 e BaCO_3 (s) são diretamente proporcionais entre si, e proporcionais ao tempo (t) de respiração da pessoa.

E que a mesma também está dimensionalmente correta, já que em ambos os lados da equação temos como resultante uma unidade de massa (g), pois as unidades das massas molares ($\text{g} \cdot \text{mol}^{-1}$), na fração, anulam-se e o número de unidades de tempo (Nt) do lado direito da expressão, é um número puro.

As etapas de resolução de problemas podem ser discutidas sob diferentes perspectivas. A aproximação com a atividade científica encontra-se discutida mais profundamente na aprendizagem como investigação dirigida, na qual se utilizam as metáforas

do pesquisador experiente, para o professor e a do cientista mirim para o estudante. Os pressupostos desse enfoque podem ser encontrados em Pozo e Gómez Crespo (2009) e também em Campos e Nigro (1999).

Considerações finais

A proposta da sequência de atividades apresentada insere-se numa perspectiva de contribuir com a Licenciatura em Química e a formação de professores, por meio de uma sugestão que permita a vivência destes com a estratégia didática de resolução de problemas. Essa vivência pode permitir que se alcance uma melhor compreensão conceitual e metodológica do enfoque de ensino-aprendizagem, além de possibilitar um processo de tomada de consciência reflexiva dos futuros professores sobre seus conhecimentos profissionais e seu papel fundamental na criação de estratégias e planejamento e organização de atividades que promovam uma melhor aprendizagem das ciências para os estudantes.

Pouco aproveita estruturar um currículo ou uma proposta para que os futuros professores desenvolvam em suas aulas, se eles não são preparados para esse tipo de trabalho. Essa preparação não significa somente o conhecimento dos fundamentos, vantagens, potencialidades das estratégias de ensino, mas que, dentre outros aspectos, eles possam vivenciar pedagogicamente tais estratégias. Esse processo de vivência permite ajudar os licenciandos a fim de que possam avançar para novos significados e experimentem mudanças paralelas àquelas que se deseja para o aluno no aprendizado das ciências.

Em última análise, ensinar ciências requer dos professores mudanças não menos complexas do que aquela que a própria aprendizagem da Ciência exige dos alunos. Esse processo, certamente, exigirá um maior trabalho do professor começando por reelaborações de suas concepções adquiridas, na maior parte das vezes por uma impregnação ambiental enquanto alunos com as práticas que marcam a tradição escolar. Logo, é vivenciando-se que se aprende, muda-se, transforma-se e avança-se para novos níveis de compreensão.

Referências

CAMPOS, M. C. C.; NIGRO, R. G. *Didática das Ciências: o ensino-aprendizagem como investigação*. São Paulo: FTD, 1999.

FREIRE, M. S. *A estratégia didática de Resolução de Problemas na formação de professores de Química*. 2010. 176 f. Dissertação (Mestrado Profissional em Ensino de Ciências e Matemática) – Programa de Pós-Graduação em Ensino de Ciências Naturais e Matemática, UFRN, 2010.

FREIRE, M. S.; SILVA JUNIOR, G. A.; SILVA, M. G. L. Panorama sobre o tema resolução de problemas e suas aplicações no Ensino de Química. *Acta Scientiae (ULBRA)*, v. 13, p. 106-120, 2011.

GONÇALVES, S. M.; MOSQUERA, M. S.; SEGURA, A. F. *La resolución de problemas en ciencias naturales: un modelo de enseñanza alternativa y superador*. Buenos Aires: Editorial SB, 2007.

LOPES, J. B. *Resolução de problemas em Física e Química: modelo para estratégia de ensino-aprendizagem*. Lisboa: Texto, 1994.

PERALES PALACIOS, F. J. La resolución de problemas: una revisión estructurada. *Enseñanza de las Ciencias*, v. 11, n. 2, p. 170-178, 1993.

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

POZO, J. I.; GOMÉZ CRESPO, M. A. *A aprendizagem e o ensino de Ciências: do conhecimento cotidiano ao conhecimento científico*. 5. ed. Porto Alegre: Artmed, 2009.

RAMIREZ CASTRO, J. L.; GIL-PÉREZ, D.; TORREGROSA, J. M. *La resolución de problemas de física y de química como investigación*. Madrid: Centro de Publicaciones del Ministerio de Educación e Ciencia: CIDE, 1994.

DESARROLLO DE UNA UNIDAD DIDÁCTICA PARA EL ESTUDIO DE LOS PROCESOS DE OXIDACIÓN-REDUCCIÓN EN EL PRE-UNIVERSITARIO: CONTRIBUCIONES DE LA TEORÍA DE P. YA. GALPERIN

*Isauro Beltrán Núñez
Betania Leite Ramalho*

Introducción

La planificación de la enseñanza es una actividad profesional que los profesores deben realizar para el desarrollo del currículo en la escuela. Como actividad profesional Jackson (1968) la identifica como enseñanza pré-activa, pues sirve para pensar la práctica antes de realizarla, para identificar los problemas fundamentales y dotarla de una determinada racionalidad, de un fundamento y de una dirección coherente con la intencionalidad que debe dirigirla.

Clark y Peterson (1997) al sistematizar las investigaciones sobre la planificación del docente identificaron dos tipos de conceptualización: una de base cognitiva y la otra fenomenológica. La primera, como un conjunto de procesos psicológicos básicos por medio de los cuales una persona se representa el futuro, pasa revista a medios y fines, y construye un marco o estructura que le sirve de orientación en su actividad futura. La segunda, se refiere a lo que hacen los profesores cuando dicen que están planificando.

Existe una cierta tradición en las discusiones sobre la importancia del proceso de planificación de los profesores en diferentes disciplinas (Shavelson e Stern, 1985; Clark e Yinger, 1987; Marcelo, 1987; Pérez e Gimeno, 1998). Aikenheard, (1984), Duschl y Wright, (1989), Pro Bueno, (1999). En el ámbito de la Didáctica de las Ciencias autores como Aikenheard, (1984), Duschl y Wright, (1989), Pro Bueno (1999), Sánchez y Valcárcel (1993), Sanmarti (2000), García, Pro Bueno y Saura (1995), Sánchez et al. (1997), García, Pro Bueno y Saura (1995) tienen aportado contribuciones significativas a la discusión sobre la planificación de unidades didácticas. Para Campanario y Moya (1999) el diseño de unidades didácticas es una de las tendencias más recientes y afortunadas para la enseñanza de las ciencias.

Sánchez y Valcárcel (1993) desarrollaron un modelo para la planificación de la enseñanza que se considera adecuado desde una concepción del aprendizaje como construcción del conocimiento. En ese modelo, el análisis científico y el análisis didáctico del contenido de enseñanza son dos tareas que se consideran fundamentales para la toma de cualquier

decisión acerca de que y cómo enseñar el contenido correspondiente a un campo determinado de las ciencias. Desde esa misma perspectiva, Sanmarti (2000) propone criterios a ser utilizados en el proceso de toma de decisiones al diseñar una unidad didáctica.

La planificación de los profesores también ha sido estudiada dentro del paradigma de investigación sobre el pensamiento del profesor (CLARK; YINGER, 1987). Ese paradigma se enmarca en la comprensión de la enseñanza como un proceso de desarrollo profesional. Es un modelo procesual de planificación, con énfasis en la reflexión del profesor, como elemento básico para mejorar la enseñanza.

Sobre el enfoque de la didáctica fundamentada en el materialismo dialéctico e histórico, la planificación del proceso de enseñanza es necesaria para la dirección científica del aprendizaje. De esa forma se procura disminuir los efectos de la espontaneidad que pueden conducir a resultados indeseados en ese proceso. Talizina (1988), Álvarez (1994), Núñez (2009), han dado interesantes contribuciones en ese sentido.

Al planificar una unidad didáctica el profesor moviliza un conjunto de conocimientos profesionales, sus experiencias prácticas, sus concepciones ideológicas sobre la sociedad, la educación y sus creencias sobre el currículo y la enseñanza. Cuando el profesor organiza el sistema de tareas, en el contexto de la Unidad Didáctica moviliza componentes de saberes que le permite una acción competente, como profesional. La planificación de la enseñanza supone un modelo didáctico del profesor, el cual se configura a partir de diferentes conocimientos profesionales. Al se constituir una hipótesis sobre la enseñanza y el aprendizaje, la planificación de la Unidad Didáctica es para el profesor una etapa de la actividad de investigador e de la reflexión crítica de su práctica.

En este artículo discutimos la planificación de una Unidad Didáctica para el contenido de oxidación-reducción (electroquímica) en la escuela pre-universitaria pública, incidiendo no sólo en una propuesta específica, como también su fundamentación. Las bases teóricas de la planificación de la unidad didáctica son los trabajos realizados por tres teóricos de la escuela de Harkov: L. S. Vigotsky, A. N. Leontiev y P. Ya. Galperin. En esta perspectiva pedagógica los contenidos son asimilados en determinadas actividades de carácter general, como habilidades productivas, siguiendo las etapas de asimilación de la teoría sobre el desarrollo psíquico de Piotr Yakolevich Galperin (1902-1988). Como explican Arievitch y Haenen (2005), esta teoría constituye una aplicación consecuente de los principios metodológicos originados en las ideas de L. S. Vigotsky, en particular, el papel de la actividad de orientación-investigación, que tiene lugar en el plano de la imagen, de la representación mental y su definición como objeto de la psicología, así como las transformaciones cualitativas que experimenta la acción externa (actividad) en el camino de su conversión en actividad psíquica interna.

En los últimos años han sido llevadas a cabo varias investigaciones didácticas acerca de la comprensión de los alumnos de la escuela secundaria y del pre-universitario, sobre las reacciones químicas, Furió y Furió (2000), Carusi, Castro y Domínguez (1998), Ahtee y Varjola (1998), Motimer y Miranda (1995) y en particular las concepciones y errores conceptuales en el estudio de las reacciones de redox. Chastrette y Franco, (1991), Matute, Pérez y Di`Bacco (2009), Aldaz y otros (2007), Vasini y Donati, (2001), Furió, Bueso y Mans, (1988), Caramel y Pacca (2009), Ogude y Bradley (1994), Sanger y Greenbowe (1997), Engelhardt y Beichner (2004), De Manuel (1997).

Para Vasini y Donati (2001) uno de los factores que incide, de forma directa, en la aparición de las dificultades en el tema de electroquímica es la escasa vinculación que los estudiantes establecen entre las celdas galvánicas y electroquímicas, cuando se estudian de forma separada e independiente.

Furió, Bueso y Mans (1998) muestran las dificultades de estudiantes en la comprensión de las reacciones de oxidación-reducción, al concluir sus estudios secundarios. Los estudiantes presentaban una comprensión fenomenológica de esos procesos, como intercambio de oxígeno, en detrimento del proceso como intercambio de electrones.

Pro Bueno (2003) apunta para un conjunto de dificultades de aprendizaje en los contenidos de circuitos eléctricos, que se relacionan con los contenidos de electroquímica. Garnett y Hachling (1995) desarrollaron estudios que ponen de manifiesto esas dificultades al estudiarse las pilas y las células electroquímicas. Otros estudios como los de Garnett y Treagust (1992), Niaz (2002) refuerzan esos resultados.

Consideramos la Unidad Didáctica como un sistema que interrelaciona los elementos del proceso de enseñanza-aprendizaje de un contenido (y orientado por una finalidad explícita), con una alta coherencia teórico-metodológica y usada como hipótesis de enseñanza para desarrollar esa actividad con los alumnos en un espacio, tiempo y contexto determinado.

La planificación que proponemos representa un modelo y una posibilidad de enseñar, una vez que la complejidad de las clases muestra la imposibilidad de un plan didáctico único para todos los grupos: las clases son diferentes, existe una heterogeneidad entre los estudiantes, los profesores hacen escojas diferentes en función del contexto. De esa forma, no se deben establecer patrones definitivos en el plan de la Unidad Didáctica. Lo importante es darle un enfoque creador como hipótesis de progresión (PORLÁN; RIVERO, 1998).

En la perspectiva del profesor como Profesional (RAMALHO; NÚÑEZ; GAUTHIER, 2004) la planificación de una Unidad Didáctica es un proyecto de investigación sobre el proceso de enseñanza/aprendizaje de determinados contenidos. El trabajo del profesor de preparación e impartición de las clases debe aproximarse a una actividad de investigación didáctica aplicada, en la cual:

- a) se plantea un problema: ¿como hacer que los alumnos se apropien de determinados contenidos para se alcanzar un objetivo dado?;
- b) se postula una solución: las actividades que permitirán a los alumnos se apropiar de los contenidos según las finalidades educativas y los indicadores de calidad definidos;
- c) se experimenta dicha solución en el aula: desarrollo de las actividades, con observación y otros registros;
- d) y se analizan y evalúan los resultados obtenido para validar las respuestas al problema inicial.

Para Sanmarti (2000, p. 241) diseñar una Unidad Didáctica, para llevarla a la práctica, es decidir lo que se va a enseñar y como siendo la actividad mas importante que llevan a cabo los profesores, ya que a través de ella se concretan sus ideas e intenciones educativas. Para la autora:

Una persona puede haber aprendido nuevas teorías didácticas y puede verbalizar que tiene una determinada visión acerca de que ciencia es importante que sus alumnos aprendan o acerca de cómo se aprende mejor las ciencias, pero es en el diseño de su practica educativa donde se refleja si sus verbalizaciones han sido interiorizadas y aplicadas.

El proceso de planificación de la unidad didáctica

El proceso de enseñanza puede ser considerado como una secuencia de actividades sistemáticas e interrelacionadas del profesor con los alumnos, encaminado a la asimilación sólida y consciente de un sistema de conocimientos, habilidades y hábitos orientados al desarrollo de la personalidad integral de los estudiantes (NÚÑEZ, 2009). El problema central de la planificación de una Unidad Didáctica consiste en establecer la interacción apropiada entre los componentes fundamentales de la enseñanza, para lograr la máxima efectividad de la asimilación de los conocimientos y el debido desarrollo intelectual de los estudiantes.

En el proceso de enseñanza se pueden destacar los siguientes componentes fundamentales: los objetivos de la enseñanza determinados socialmente; el contenido de enseñanza; las formas y métodos de la actividad del profesor y de los estudiantes, la mediación de los recursos didácticos, la evaluación, el análisis y el autoanálisis de los resultados de la enseñanza. El componente especial del proceso de enseñanza está determinado socialmente por los objetivos y tareas planteadas ante la escuela por la sociedad.

Toda planificación de la enseñanza está fundamentada en presupuestos e principios teóricos-metodológicos de forma explícita o implícita. Cuando ellos aparecen explícitos la dirección del proceso de enseñanza no ocurre de forma espontánea.

Los presupuestos teórico-metodológicos que sustentan la planificación en este trabajo son:

- a) considerar el aprendizaje como un tipo específico de actividad vinculado a la enseñanza. En ese proceso el estudiante es objeto y sujeto activo, motivado y orientado por finalidades (objetivos);
- b) la asimilación de una nueva habilidad, o la actualización de la misma, es un proceso que sigue varias etapas, las cuales son explicadas por la teoría de P. Ya. Galperin (2001d).

La Unidad Didáctica se planifica de acuerdo con los siguientes principios:

- a) la concepción sistémica de las categorías didácticas: objetivos, contenidos, métodos, medios e evaluación, que se relacionan y forman un sistema complejo y en desarrollo;
- b) el pensamiento teórico como resultado de la organización sistémica de los contenidos y de la Base Orientadora de la Acción (BOA) tipo III;
- c) la unidad entre los conceptos, los procedimientos y los valores/actitudes, como expresión de una enseñanza que educa y contribuye con el desarrollo de la personalidad integral de los estudiantes;
- d) la dirección científica del proceso de enseñanza, que delimita: el objeto de dirección, los etapas de asimilación y el producto de la asimilación;
- e) un sistema de tareas como el núcleo central de la organización de la enseñanza.

La organización de la Unidad Didáctica se concreta fundamentalmente en las etapas a seguir, que serán discutidas en este artículo:

- a) formulación de los objetivos sobre la base de una habilidad general a formar, con los indicadores cualitativos que caracterizan su grado de desarrollo;
- b) organización del contenido con base en el enfoque sistémico estructural-funcional y en el principio de ascensión de lo abstracto a lo concreto;
- c) estructuración del proceso de asimilación segundo las etapas definidas en la teoría de P. Ya. Galperin, tornando como eje estructurador un sistema de tareas y situaciones problemas vinculados al objeto de asimilación;
- d) estructuración de las tareas de control.

La formulación de los objetivos

Los objetivos de enseñanza representan el modelo de los resultados esperados en relación al proceso para se llegar a estos. Partiendo del presupuesto de que el aprendizaje es un tipo de actividad, los objetivos se formulan en el lenguaje de las acciones que realiza el alumno con el objeto de estudio, para su construcción y asimilación, o sea, como un tipo de actividad que engloba la habilidad y los conceptos que se van a asimilar. El conocer no se separa del saber hacer, orientado para el desarrollo de la personalidad integral de los estudiantes.

El objetivo central del tema de oxidación-reducción, es definido en la Unidad Didáctica como: *Interpretar procesos de oxidación-reducción*, que significa resolver diferentes tareas para los casos de pilas galvánicas, reacciones de redox, y electrólisis, no como casos particulares y si como manifestaciones de una esencia común (invariantes del conocimiento y del procedimiento de solución), articulada con o desarrollo de actitudes y valores, como componente da educación en química.

La formulación de los objetivos generales, como actividades intelectuales productivas, a realizar por los estudiantes, posibilita una mejor objetividad e instrumentalización del proceso de aprendizaje, permitiendo a la categoría objetivo poder desempeñar su función rectora en el proceso de aprendizaje. La nueva formulación de los objetivos, por su carácter general, permite una mayor apertura, una mayor posibilidad de adaptación a situaciones concretas, a ulteriores precisiones, teniendo en cuenta los intereses y particularidades de los estudiantes, lo cual se corresponde con la concepción de aprendizaje como proceso activo, creador y transformador de la propia personalidad del estudiante, en la condición de sujeto activo de la actividad (NÚÑEZ; GONZÁLEZ, 1996b).

La definición de los objetivos debe considerar uno de los componentes importantes de esta categoría pedagógica: los indicadores cualitativos que caracterizarán la habilidad que se pretende que los alumnos se apropien (GALPERIN, 2001c). Los indicadores considerados para la habilidad (objetivo general) de este tema son:

- a) alto grado de generalización;
- b) alto grado de independencia;
- c) alto grado de consciencia;
- d) asimilación, de las acciones (metodología general) que orientan la actividad de solución de las tareas de una clase determinada, definidas dentro de los límites de generalización, en el nivel mental.

Según Núñez (2009):

- a) *un alto grado de generalización* significa la posibilidad del alumno aplicar exitosamente la metodología general que orienta la actividad a la solución de todos los casos posibles dentro de los límites de aplicación (pilas galvánicas, reacciones redox y electrólisis, todos procesos de equilibrio, que ocurren en solución acuosa y pueden ser interpretados utilizando el concepto de potencial de electrodo), así como también a tareas que representan situaciones nuevas y exigen una transferencia correcta del aprendizaje (procesos de corrosión metálica);
- b) *un alto grado de independencia* significa la posibilidad del alumno de resolver las diferentes tareas sin la ayuda del profesor, de otro colega o de alguna ayuda externa;
- c) *un alto grado de consciencia* significa poder responder correctamente al por qué de los que está haciendo, o sea, argumentar, no sólo desde el punto de vista conceptual, sino también del procedimiento que se está utilizando para la solución de la tarea;

- d) *la forma de la acción* exige que los alumnos hayan asimilado en el plano mental el procedimiento general (metodología) que permite orientarse en la solución de las diferentes tareas dentro de los límites de generalización establecidos.

Organización del contenido

Atendiendo a las características actuales de los conocimientos, su grado de generalidad y sus particularidades, los contenidos del tema de oxidación-reducción, como forma de concretizar los objetivos, se estructuran con un enfoque sistémico del tipo funcional-estructural. Ese tipo de organización de los contenidos es una vía adecuada para contribuir con el desarrollo del pensamiento teórico en los estudiantes.

En la enseñanza de la Química, ese método de análisis sistémico de los contenidos ha sido trabajado por Z. A. Reshetova (1988) y Núñez e González (1996). En el enfoque sistémico funcional-estructural se parte del presupuesto de que por la lógica de la estructuración, se deberá formar un tipo de orientación sistémica para el análisis del objeto de estudio, como forma de reflejo de la realidad. Se considera el objeto de estudio como un sistema, su invariante, su estructura, las posibles variantes de su existencia, las leyes (límite de estabilidad) y las propiedades esenciales del sistema que garantizan su estructura interna y su funcionamiento (RESHETOVA, 1988).

En el enfoque funcional-estructural la dinámica de buscar la esencia en la diversidad de los fenómenos en la que ella se expresa, se describe el objeto de estudio en su nivel más desarrollado, en su totalidad, y se destaca en él la composición y la estructura que garantizan su comportamiento en un sistema mayor. El tipo de enlace principal, formador de sistema, es el funcional-estructural. Se destacan las características funcionales estables de cada nivel del sistema, denominadas invariantes, las cuales representan los núcleos generalizadores que son la esencia de los conocimientos y de la orientación para la solución de un conjunto de problemas referidos a una misma clase.

Para Medviediev (1996) el análisis lógico de una disciplina científica debe permitir extraer de su contenido un sistema de conceptos de base y los lazos que los unen, o sea, su estructura lógica como parte de las teorías científicas. Así, el contenido de una disciplina tomará la forma de un conjunto de problemas referidos a una misma clase, o mismo tipo de solución. Para el autor el objetivo del análisis lógico y psicológico de la disciplina consiste en construir hipotéticamente un modo genérico de acción, o sea, un sistema de acciones y operaciones por medio de los cuales se pueden resolver el conjunto de esos problemas (admitiendo las posibilidades de variaciones). Ese modo genérico, que para el autor, sirve de norma para la actividad de los alumnos, se corresponde con la invariante del contenido en la teoría de Galperin.

El enfoque que discutimos presupone la presentación del objeto de estudio como un objeto complejo. Su fin es detectar el mecanismo de su origen, funcionamiento y desarrollo. El objeto complejo es interpretado como una formación integrada, donde las propiedades integradas específicas no se reducen a las propiedades de sus componentes ni se extraen de ellos. El objeto de estudio se considera como un conjunto de subsistemas estructurales funcionales jerarquizados, en niveles, con invariantes en cada uno de los niveles.

Con el enfoque sistémico funcional-estructural la variedad de fenómenos del tema oxidación-reducción estudiados como casos particulares se expresan a través de invariantes: estructura interna del objeto de estudio que como formación estable tienen un sistema determinado de cualidades que se conservan en toda la diversidad de variantes concretas de su existencia y que representan núcleos esenciales de contenidos, sean conocimientos o habilidades generales. Esto eleva sustancialmente las posibilidades del alumno de pensar en el ámbito teórico (DAVIDOV, 1987).

Segundo Núñez (2009) la estructuración del contenido del tema según el enfoque funcional-estructural debe cumplir los siguientes requisitos:

- a) debe aportar al alumno los medios metodológicos para determinar el objeto introduciendo el concepto de *objeto de estudio* y distinguiéndolo del *objeto empírico*, señalando además las limitaciones del primero para reflejar el segundo de acuerdo con el tipo de actividad;
- b) debe revelar el método de análisis sistémico, como un método general de la ciencia a través de conceptos tales como: sistema, medio, comportamiento del sistema, propiedades sistémicas emergentes, elementos, vínculos, etc.;
- c) debe señalar la función instrumental de este método y su aplicación a una ciencia en particular.

La estructuración de los contenidos en esta perspectiva evita la sobrecarga en el programa de enseñanza, mas que la capacidad informacional disminuir, por el contrario, aumenta, dado que la asimilación de los conocimientos fundamentales permite analizar de forma independiente cualquier hecho particular, que constituya una manifestación de la esencia asimilada, y en una serie de casos, permite obtener de forma independiente no sólo aquellos hechos particulares, que son conocidos en el presente, como también los nuevos, aquellos no conocidos por los alumnos y que son manifestaciones de la esencia asimilada (RESHETOVA, 1988).

Con la estructuración sistémica de los contenidos se contribuye además para que los conocimientos se vuelvan significativos para los alumnos, en la medida en que se relacionan con otros conocimientos ya asimilados y comprendidos. Para los alumnos es más fácil aprender contenidos que tengan alguna relación significativa, que aprender contenidos en el contexto de una relación arbitraria. Para Ausubel los procesos de transferencia de conocimientos se facilitan cuando:

- a) se emplean los conocimientos de forma organizada e integrados, con amplios poderes explicativos, inclusividad, generalización y relacionabilidad entre los contenidos;
- b) se emplean principios programáticos adecuados para ordenar la secuencia del contenido, constituyendo una lógica y organización interna (AUSUBEL, 1982).

La apropiación de los conocimientos de carácter general precede la familiarización con conocimientos particulares y concretos, en correspondencia con el principio de ascensión de lo abstracto a lo concreto. Al estudiar la fuente objetual-material de uno u otros conceptos, los alumnos deben, ante todo, descubrir la conexión genéticamente inicial, general, que determina el contenido y la estructura del campo de conceptos de un contenido dado.

La estructuración sistémica de los contenidos es uno de los factores que puede posibilitar el éxito de la enseñanza siguiendo la teoría de asimilación de P. Ya. Galperin, pues ofrece al alumno un sistema adecuado para la orientación de la actividad. Además, permite que el alumno asimile la lógica del análisis sistémico y la convierta en lógica de su propio pensamiento.

Con la estructuración sistémica del contenido, comprender un proceso de redox significa esclarecer su lugar y su rol en el interior del sistema concreto de procesos de oxidación-reducción, estudiados en interacción y dilucidar, justamente las particularidades gracias a las cuales ese proceso desempeña este rol en el seno del sistema. Comprender un proceso redox significa esclarecer su modo de aparición, las reglas según las cuales esta aparición se cumple como una necesidad contenida en un conjunto concreto de condiciones, lo cual implica analizar las condiciones de aparición de cada tipo de proceso, como una manifestación de una esencia común.

La estructuración sistémica del contenido contribuye además a ampliar la Zona de Desarrollo Próximo, definida por Vigotsky (1989), pues está encaminada, en lo fundamental, a la formación de acciones de orientación general, las cuales son indispensables para la asimilación posterior de otros tipos de contenidos.

La forma tradicional de organización de los contenidos del tema supone el aprendizaje de cada proceso de redox como casos disociados uno del otro. Esa forma responde a una fragmentación del contenido.

Los procesos de redox que tienen una esencia común (invariante) se manifiestan en los casos específicos de tareas de los tipos T1 (reacciones redox), T2 (células galvánicas) y T3 (electrólisis) y pueden ser explicados por una metodología general, común, que construye en la Base Orientadora de la Acción, o sea:

- a)** son procesos de equilibrio que ocurren en solución acuosa;
- b)** son procesos que pueden ser explicados por el mecanismo de transferencia de electrones;
- c)** son procesos que pueden ser explicados utilizando el concepto de potencial de electrodo.

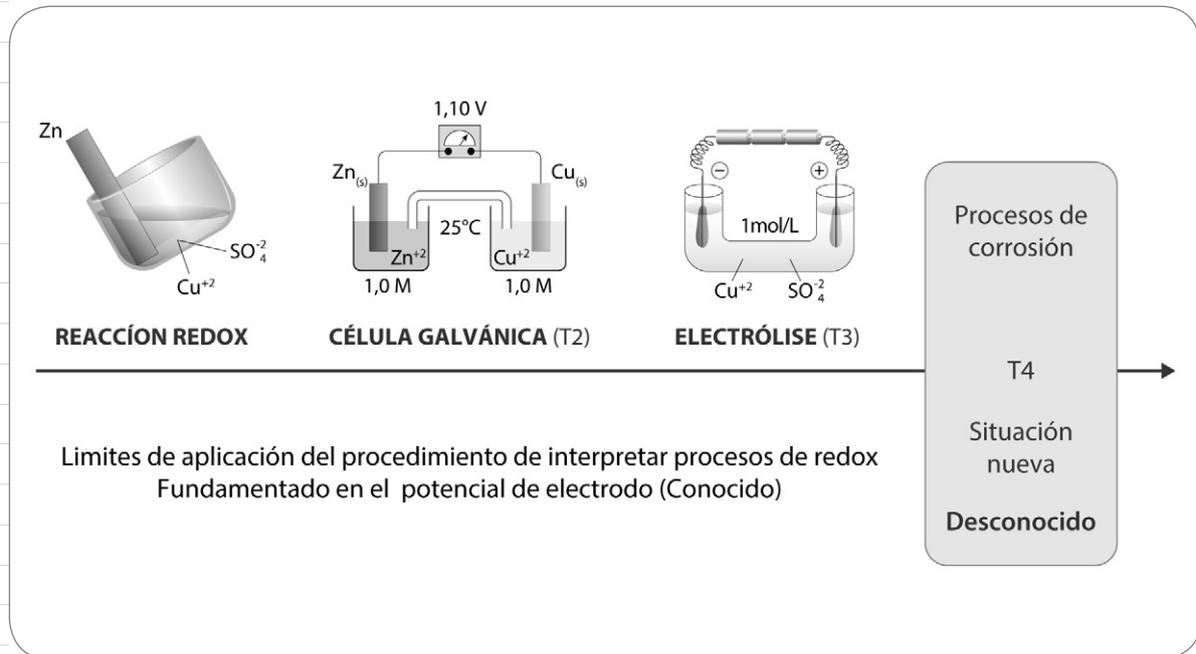
Esas tareas son los que denominamos tareas de una misma clase o tipo pues se resuelven con la misma orientación o modelo.

Los tres procesos deben ser contruidos/representados por la vía del análisis de las condiciones de su origen, para las cuales ellos resultan necesarios. La esencia, como base, permite construir-inferir los casos particulares (fenómenos diversos), de forma tal, que respondan al principio de la ascensión de lo abstracto a lo concreto. La esencia (invariante) une y explica la aparición de la diversidad de fenómenos del mismo tipo. Esa es una condición necesaria para el desarrollo del pensamiento teórico en los estudiantes.

En la opinión de Davidov (1988, p. 311), “conocer la esencia significa encontrar lo general como base, como fuente única de cierta variedad de fenómenos, y después mostrar como lo general determina el surgimiento y las relaciones mutuas de los fenómenos, o sea, de la existencia de lo concreto”.

Los procesos de corrosión (T4), representa una situación nueva que está fuera de los límites de aplicación del procedimiento y de los conceptos y exigen una transferencia del aprendizaje. En el Esquema 1 se presenta la lógica de la nueva forma de organización del contenido conceptual según el enfoque sistémico funcional-estructural.

Esquema 1 - Situaciones típicas y situación nueva



Fonte: desarrollado por los autores.

La estructuración del proceso de asimilación y el sistema de tareas

El aprendizaje se planifica en relación a tres momentos: el diagnóstico inicial del grado de desarrollo de la habilidad a ser formada, el aprendizaje mismo o formación de la habilidad y el control final.

El diagnóstico inicial

El diagnóstico inicial tiene como objetivo establecer el nivel de desarrollo de algunos de los conocimientos y de acciones de los alumnos sobre el contenido a asimilar, los cuales constituyen puntos de partida en el proceso de aprendizaje. No se trata de un diagnóstico de pre-requisitos o solamente de ideas previas, mas de la caracterización del grado de desarrollo inicial de la habilidad a ser formada en la Zona de Desarrollo

Proximal (ZDP), o sea, en ese sentido se diagnostica el desarrollo inicial, en relación al grado de desarrollo de la habilidad deseada. Esa idea es consecuente con la propia concepción de aprendizaje de Galperin (2001c) y se constituye en condición necesaria para la planificación de las etapas de aprendizaje. Para Galperin (2001c) el aprendizaje está vinculada con la formación de una nueva habilidad o con su actualización. El diagnóstico inicial permite hacer esa diferenciación y tomar decisiones en relación al proceso de enseñanza y de aprendizaje. Para ese fin se propone como ejemplo, el control inicial presentado en el Cuadro 1.

Cuadro 1 - Control inicial de la habilidad de interpretar procesos redox

<p>Pregunta del diagnostico inicial</p> <p>Dada la siguiente ecuación: $Mg (s) + 2 HCl (ac) \rightarrow MgCl_2 (ac) + H_2 (g)$ a - Explique por qué puede considerarse una reacción de oxidación-reducción. b - Seleccione y escriba: Forma reducida _____ . Justificar. Forma oxidada _____ . Justificar. Media ecuación de oxidación _____ Media ecuación de reducción _____</p>
--

Fonte: desarrollado por los autores.

Este tipo de control permite establecer el nivel de los alumnos con relación a las siguientes cuestiones:

- a) identificar y explicar una reacción de redox;
- b) escribir medias ecuaciones de redox;
- c) conocimiento de los elementos utilizados para explicar los conceptos de oxidación y reducción.

Es importante señalar que la propuesta anterior se trata de un ejemplo y no constituye definitivamente la forma de se hacer el diagnóstico, en cualquier situación, de la habilidad que se quiere formar.

El proceso de aprendizaje o formación de la habilidad

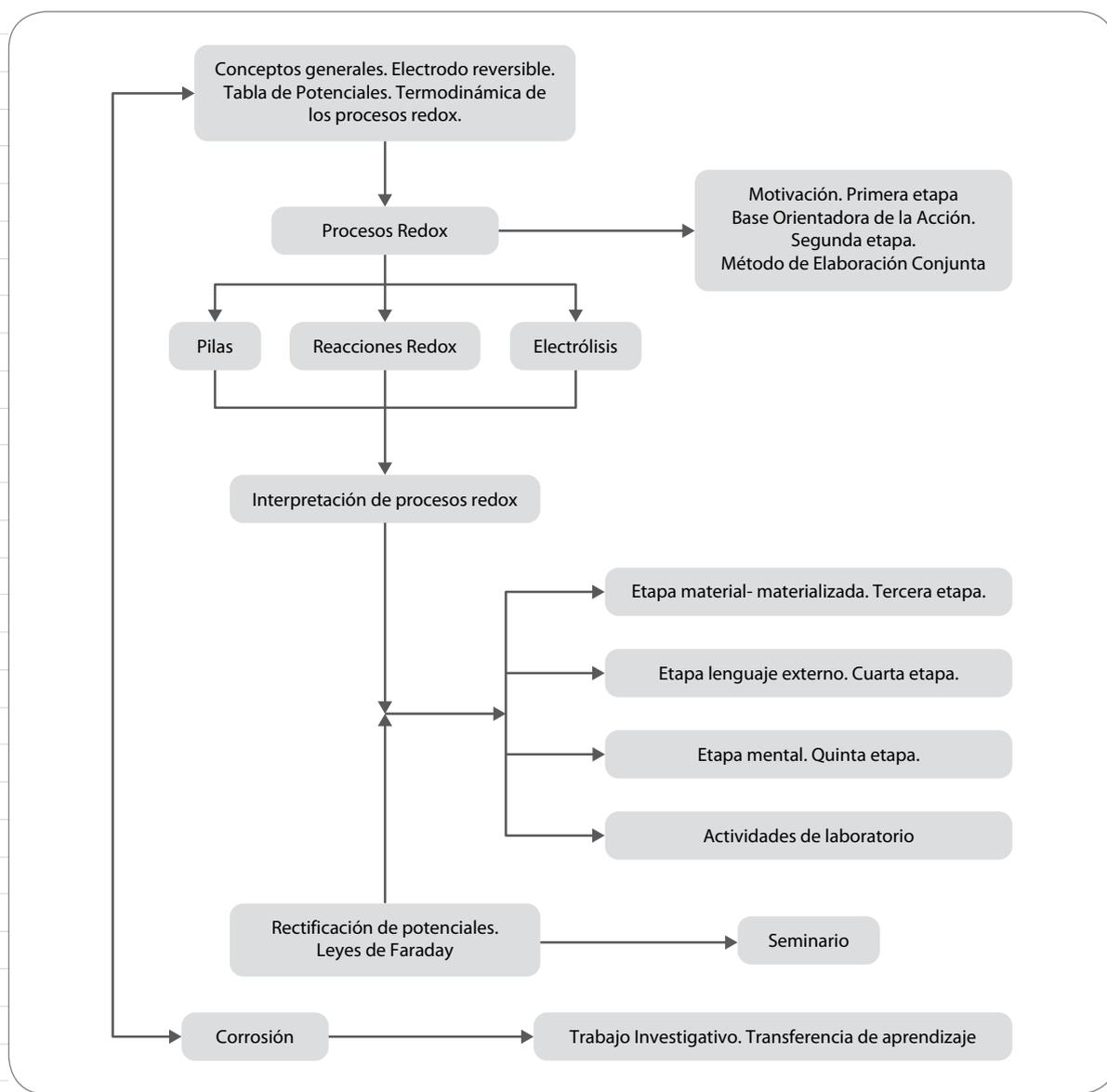
En la planificación de la Unidad Didáctica el diseño del aprendizaje se constituye en el núcleo central. De esa forma, será presentada la secuencia pensada, como hipótesis de enseñanza, para la formación de la habilidad de: *explicar procesos de oxidación-reducción*. Por se tratar de la enseñanza en el nivel pre-universitario es conveniente destacar que es un proceso de actualización-sistematización de una habilidad formada en la escuela secundaria.

La esencia de la teoría de P. Ya. Galperin, consiste, en que cuando se forma un tipo de actividad general totalmente nueva, primero hay que encontrar la forma adecuada de la acción, segundo, encontrar la forma material, práctica, externa, de su presentación y tercero, transformar esa acción de externa en interna dentro de Zonas de Desarrollo

Proximales (ZDP). En esta transformación, que tiene lugar, según esos tres momentos, se producen cambios en la forma de la actividad, en cuanto el contenido es el mismo. Cuando se forma una actividad completamente nueva, la forma inicial de la actividad es primero material o materializada, después verbal y por último mental. Esta última proviene de un proceso de interiorización según un sistema de características establecidas.

El contenido y las regularidades de un proceso como es el proceso de asimilación dependen en gran medida de aquellos tipos de actividad dentro de las cuales ellos tienen lugar. Es evidente por tanto, que el conocimiento se asimila en la actividad (LEONTIEV, 1985). La habilidad de interpretar procesos redox se forma en etapas que constituyen un ciclo cognoscitivo como muestra en el Esquema 2.

Esquema 2 - Nueva organización de las actividades enseñanza dentro de un ciclo cognoscitivo de la ZDP



Fonte: desarrollado por los autores.

Como fue discutido, la organización del aprendizaje en la Unidad Didáctica resulta de la instrumentalización de la Teoría de Galperin. En el plano didáctico se organiza según se describe a continuación.

En la primera etapa se trabaja la motivación. La motivación se relaciona con situaciones problemáticas que la Química contribuye a resolver y explicar, o sea, relacionado el contenido con cuestiones de la ciencia, la tecnología y la sociedad. As situaciones problemas pueden contribuir a crear necesidades cognitivas para el estudio del tema, considerando la relación indisoluble entre lo cognitivo y lo afectivo. Los motivos tienen una importancia fundamental en el aprendizaje, una vez que actúan como orientadores, dinamizadores y reguladores de todo el proceso. Al mismo tiempo, la esfera de necesidades y de motivos, surge y se desarrolla en la actividad de aprendizaje.

La enseñanza problemática se ha mostrado una vía eficiente para la motivación del aprendizaje (NÚÑEZ et al., 2004; NÚÑEZ, GONZÁLEZ, 1996a). Ella exige el planteamiento consecuente y orientado, de tareas cognoscitivas a los alumnos, mediante cuya solución, bajo la dirección del profesor, estos asimilas de forma productiva los nuevos conocimientos. La tarea se convierte en un problema cognoscitivo, que debe satisfacer los siguientes requisitos:

- a) presentar una dificultad cognoscitiva para lo alumnos, o sea, requiere reflexión sobre el problema objeto de estudio;
- b) despertar el interés cognoscitivo en los alumnos;
- c) se apoyar en la experiencia anterior y en lo conocimiento de los alumnos.

Es importante señalar que a pesar de la motivación ser una etapa inicial, la misma se debe mantener durante todo el proceso de asimilación.

En la segunda etapa, o sea, la etapa de orientación, es construida en elaboración conjunta con los alumnos la metodología general para la solución de las tareas de una misma clase (invariante de la habilidad o Base Orientadora de la Acción).¹ En esta etapa, como en la próxima (del lenguaje externo) la actividad se dá entre los estudiantes, o sea, en el plano inter-psicológico.

Al referirse a la etapa de Orientación, Galperin (1982, p. 29) afirma que “la actividad orientadora consiste en que el sujeto realiza un examen de la nueva situación y modifica la acción, traza un nuevo camino y mas adelante, durante el proceso de realización, lleva a cabo un control de acuerdo a las modificaciones previamente establecidas”.

Los estudiantes con la orientación del profesor, en un proceso de resignificación de sentidos, deben descubrir que las diferencias esenciales entre los procesos es dado por las formas como las especies químicas, que forman los electrodos se disponen entre sí. Los alumnos deben estructurar esquemas de orientación general, como suposiciones o hipótesis que encaminan los procesos de solución del sistema de tareas del mismo tipo propuestas, procesando paulatinamente la información que disponen para organi-

¹ La Base Orientadora de la Acción (BOA) constituye el modelo de la actividad, por lo que refleja todas las partes estructurales y funcionales de la misma. En ella se incluye el sistema de condiciones en que se apoya el alumno para resolver las tareas del mismo tipo, como resultado de la investigación-orientación que realiza para establecer cómo se puede desarrollar la actividad.

zarla en función de la solución de los problemas planteados. En esta etapa se presenta la diversidad de procesos de oxidación-reducción y sobre la base de los conceptos fundamentales y del análisis de la solución de los casos particulares se construye una metodología general que permite resolver esos casos. La metodología general expresa las acciones necesarias a ser realizadas con el fin de resolver todas las tareas dentro de los límites de generalización, y es materializada en las llamadas tarjetas de estudio.

Una forma de pensar el proceso de construcción de la BOA es presentar los casos típicos: reacciones de redox, pilas y electrólisis, de forma experimental y demostrativa. A partir de esos casos, colocar el desafío de procurar lo que tienen en común esos procesos, con la intención de construir un procedimiento general y revelar los conceptos que los unifican, y que son necesarios para la interpretación, como vía de la comprensión de los mismos.

El procedimiento general a ser construido por los alumnos, con la colaboración del profesor, para interpretar e (resolver los problemas) de oxidación-reducción, implica en considerar los siguientes pasos, no como algoritmo, mas como orientación o metodología general:

- a) trabajar los conceptos de oxidación, reducción, agente oxidante y agente reductor y potencial de electrodo;
- b) pesquisar los diferentes procesos de redox (reacciones redox, pilas y electrólisis) como manifestaciones de una esencia común, o sea, de cómo se relacionan, tomando como concepto clave el potencial de electrodo de las especies químicas y las formas de identificar cada proceso;
- c) definir el estado inicial del sistema. Explicar;
- d) analizar las posibles transformaciones de las especies químicas presentes en cada electrodo. Explicar. Determinar las posibles reacciones en cada electrodo asociado al proceso;
- e) rectificar en los casos necesarios y de acuerdo con los datos disponibles los valores de los potenciales de electrodo;
- f) definir de las posibles, cuál es la reacción con mayor probabilidad de ocurrir en cada electrodo desde el punto de vista termodinámico. Explicar;
- g) escribir la ecuación de la reacción total del proceso;
- h) calcular el valor del potencial total mínimo para el inicio de la reacción y el valor de la variación de energía libre en esas condiciones. Interpretar los resultados.

En esta etapa, de construcción de la BOA, el profesor debe centrar la atención más que en la ejecución de las acciones de los alumnos, en la construcción y comprensión por ellos de los conocimientos y de la BOA. La utilización del método de elaboración conjunta

tiene carácter de método principal en esta etapa mas no impide que se use también en algunos momentos que así lo requieran, el método explicativo. Las tareas presentadas en esta etapa son orientadas a la construcción de la orientación general – BOA.

Los medios de enseñanza pueden ser muy diversos (pizarras, proyecciones, dispositivos, videos, computadoras) siendo su requisito fundamental que a través de ellos se representen las relaciones esenciales del objeto de estudio.

La tercera etapa del ciclo cognoscitivo se corresponde con el trabajo de los alumnos en la etapa material o materializada. Esta es una etapa de razonamiento teórico en que el alumno trabaja, realiza acciones específicas con el objeto de asimilación. Con el apoyo de las tarjetas de estudios como esquemas referenciales, se organiza el trabajo de solución de tareas, por parejas de alumnos (peer teaching). Un miembro de la pareja resuelve una tarea mientras que el otro actúa como controlador, utilizando el modelo de la BOA. A continuación se invierten los roles para resolver otra tarea y así sucesivamente. El desempeño del rol de controlador es una vía para la apropiación no sólo de los indicadores del control y de la formación de la propia acción del control y valoración de los demás, sino también para la formación del autocontrol.

Las tarjetas de estudio constituyen recursos materializados en las cuales se apoyan los alumnos para la resolución de las tareas y son lo que Arieviditch y Stetsenko (2000) consideran como herramientas culturales importantes para el desarrollo cognitivo en el proceso de asimilación. En ellas se explicita el modelo de la actividad general, o sea, la esencia del sistema de acciones a realizar para resolver cualquiera de los tres casos de problemas de oxidación-reducción (pilas, reacciones de redox e electrólisis), así como los conceptos necesarios.

Las tarjetas de estudio, por su vez, permiten individualizar el proceso ya que cada alumno puede contar con ese apoyo para realizar la actividad. En el trabajo de los alumnos durante esta etapa se exige además la argumentación y/o explicación oral de las acciones. El empleo de las tarjetas de estudio como medio de materialización para el trabajo en esta etapa asegura la fase de trabajo compartido, sin que se pierda la individualidad. El alumno no necesita aprender de memoria el contenido (conceptos y procedimientos), sino que lo va asimilando en la medida que lo utiliza en la solución de las diferentes tareas. Permite, además, trabajar la reducción de la acción, al pasar de tarjetas de mayor grado de detalles a tarjetas menos detalladas, contribuyendo con ello a una mayor independencia (SÁLMINA, 1987).

En la etapa material o materializada, el alumno realiza la actividad de forma externa, en el plano práctico, concreto y de forma detallada, con la ayuda del profesor y de los colegas. En correspondencia con las exigencias de la teoría de Galperin, en esta etapa es necesario organizar el trabajo con los objetos reales y/o sus representaciones: modelos, esquemas, etc., o sea, pilas, reacciones de redox, electrólisis, o representaciones, esquemas, apoyados en los recursos materiales para la demostración/experimentación. Lo importante es que la acción se efectúe en el plano externo con objetos reales o con sus representaciones materializadas.

Es en esta etapa donde se inicia el proceso de internalización del contenido por el alumno. Las tareas utilizadas exigen la aplicación de los conocimientos y la orientación en la solución de los casos típicos, así como, de tareas que no pueden ser resueltas por estar fuera de los límites de generalización.

En la cuarta etapa, del lenguaje externo, se planifica el trabajo de formación de la actividad en el plano del lenguaje externo. Los alumnos continúan resolviendo las tareas en parejas. El control del proceso se realiza, como en la etapa anterior, por acciones, o sea, cada paso de la actividad general que forma el procedimiento modelado en la tarjeta de estudio mas sin el apoyo en las mismas. Las tareas presentadas son semejantes a las de la etapa material o materializada, mas estructuradas sobre la base de las posibilidades que ofrece el lenguaje escrito y oral. Los elementos de la actividad se presentan en este plano, y se exige la argumentación y expresión oral del razonamiento que están realizando en la solución de las tareas, lo cual permite, como ya fue dicho, que la acción se vaya traduciendo para la lógica de los conceptos y por tanto se inicie el proceso de generalización.

Tener que argumentar las acciones durante su ejecución, posibilita el desarrollo de estrategias metacognitivas (RAMALHO; NÚÑEZ; LIMA, 2004). De esa forma, el alumno va tomando conciencia de los procedimientos que utiliza, por qué son esos y no otros, sobre como se aplican los conceptos, sobre sus éxitos y errores en el aprendizaje. Comparando su actividad con el modelo (BOA) aprende a regular sus acciones y con ello forma un tipo de control interno, o sea, aprende a aprender. El análisis de los errores facilita el aprendizaje por comprensión.

La última y quinta etapa (etapa mental) permite organizar el trabajo de los alumnos en el plano mental, o sea, es una etapa de trabajo independiente sin ningún nivel de ayuda. La actividad se da en el plano intra-psicológico. En esta etapa, las acciones que corresponden a la metodología general de solución de las tareas, constituyen un hecho del pensamiento. Es en este momento que la acción comienza a automatizarse a un mayor ritmo, adquiriendo la forma de actividad por fórmula, o sea, la metodología de orientación general para resolver las diferentes situaciones de redox, puede ser trabajada por el estudiante en el plano mental. Aunque las operaciones se realizan en el plano mental, por haberse formados de acuerdo a un plano establecido (etapas de asimilación) según los objetivos y en correspondencia con los patrones cualitativos, el profesor tiene todos los elementos para valorar el resultado final de la actividad de interpretar los procesos de redox, y para saber si el alumno se ha alejado o no, y en qué medida, de las orientaciones construidas para la solución de las tareas.

En esta etapa se utilizan tareas que exigían el trabajo independiente, así como tareas para la transferencia de conocimientos y tareas que estimulen la creatividad, al aplicar los conocimientos a la solución de situaciones nuevas, generalmente vinculadas a problemáticas de interés para las ciencias y la tecnología.

Planificación del sistema de tareas para la formación de la habilidad

Consideramos las tareas como las células de la Unidad Didáctica, una vez que su determinación en cada etapa del proceso, permite seleccionar la estructura adecuada de la actividad de asimilación. El sistema de tareas constituye el núcleo de la organización de la Unidad Didáctica y expresa una concepción de aprendizaje y de desarrollo, y define las singularidades metodológicas que como hipótesis de progresión orientan el proceso educativo.

La tarea de aprendizaje es aquel proceso que se realiza en circunstancias pedagógicas determinadas con el fin de alcanzar un objetivo, es decir, es la acción que se desarrolla según las condiciones y que encierra el motivo y la ejecución. La tarea se constituye en la acción misma. De esa forma se puede afirmar que para poder llegar a dominar una habilidad el estudiante debe realizar tareas que tengan el mismo sistema de acciones que la habilidad, o también tareas en las cuales se varían las condiciones, la complejidad y el sistema de conocimientos.

El trabajo de organización de la enseñanza supone la proyección de un sistema de tareas estructurado según las etapas de proceso de asimilación, que vinculados al objeto de asimilación (contenido del tema oxidación-reducción) permite la formación de la habilidad de interpretar procesos de oxidación-reducción con los indicadores de calidad definidos en los objetivos. Las tareas al modelizar tipos específicos de actividades para la apropiación del contenido, orientado a un objetivo, definen la interacción entre los elementos didácticos pedagógicos-educativos de las acciones de alumnos y profesores.

La utilización de las tareas durante el proceso de formación de la habilidad se fundamenta en el principio de contraste, o sea, mostrar primero las tareas que revelan las situaciones que más se diferencian y después las tareas que más se asemejan (TALIZINA, 1988). Esto significa que al principio se evita un número grande de tareas del mismo proceso redox, y es trabajada simultáneamente la solución de tareas que se corresponden con cualquiera de los tres casos y sus diferentes manifestaciones. A continuación se muestran algunos de las tareas que pueden ser trabajadas en la etapa material o materializada para la formación de la habilidad según los indicadores cualitativos definidos en los objetivos.

Tareas para la formación de la generalización

La formación del grado de generalización se realiza por la presentación de diversos tipos de tareas: de contenido objetal, lógicas, psicológicas y del tipo directo e inverso, para los diferentes casos donde es posible trabajar según la orientación general, diferenciando de los casos donde no es posible la solución de las tareas según esa orientación. Incluye también tareas para la transferencia del aprendizaje a situaciones nuevas. La adquisición de habilidades y hábitos conforme a un modelo no asegura la asimilación de la actividad creadora, que exige de nuevas condiciones y situaciones. En ese sentido, las tareas de transferencia de conocimiento a situaciones nuevas son una

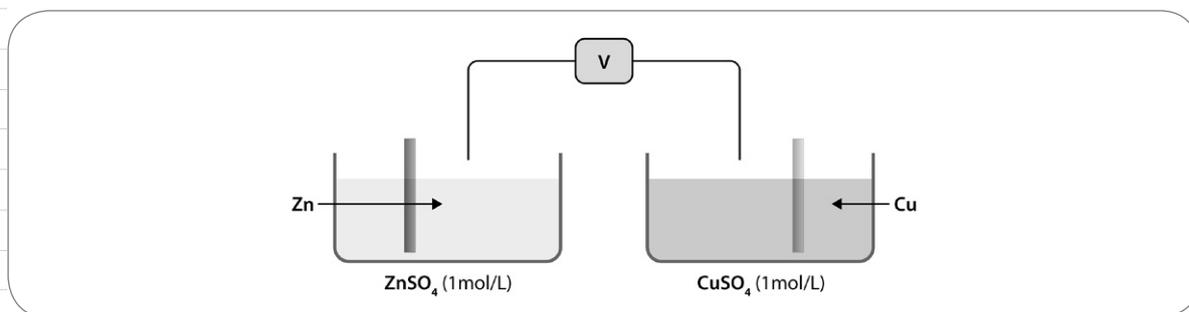
vía para contribuir con esa cualidad de la personalidad de los estudiantes (FARIAS; BRAZ; NÚÑEZ, 2004).

Tareas que implican la realización de la actividad en los casos típicos fundamentales (reacciones redox, pilas y electrólisis), en los límites de generalización, así como tareas que implican transferencia de aprendizaje.

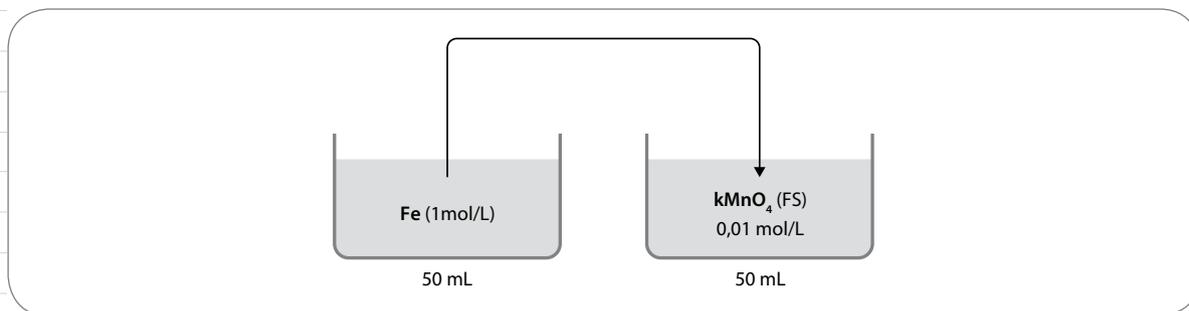
Las tareas para la formación de esa cualidad de la actividad pueden ser:

- a) *Tareas de contenido objetal* – Modelan los diferentes casos típicos o situaciones en que se puede manifestar la esencia (invariantes), y se diferencian por el modo de presentación. Representan las diferentes manifestaciones típicas en que se manifiestan los procesos redox estudiados. Esto permite que el estudiante conozca los límites de aplicación de la BOA elaborada. Ejemplos: hacer un análisis de cada una de las situaciones representadas en los esquemas abajo.

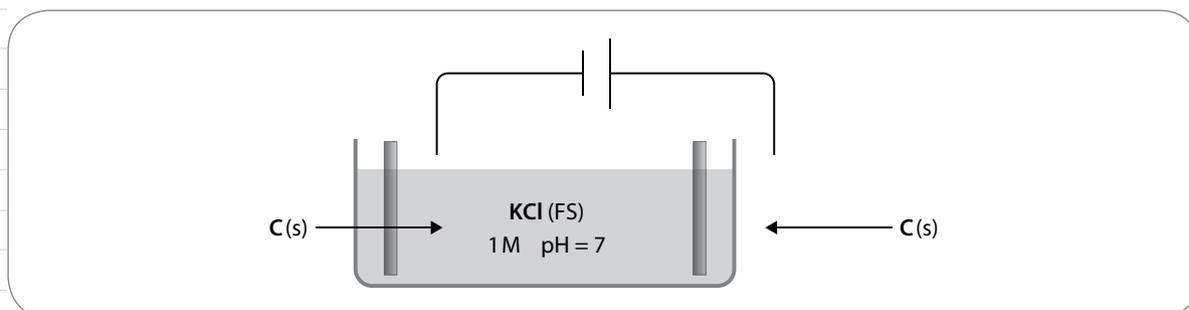
Situación 1



Situación 2



Situación 3



Las tareas se pueden presentar de forma esquemática o de forma práctica/experimental. Contrario a la forma tradicional, los alumnos deben aprender a identificar y montar el proceso de redox, pues no es dado como parte del enunciado de la tarea. Con este tipo de tarea los estudiantes trabajan de forma simultánea los casos típicos a través de los cuales se revela la esencia del objeto de asimilación.

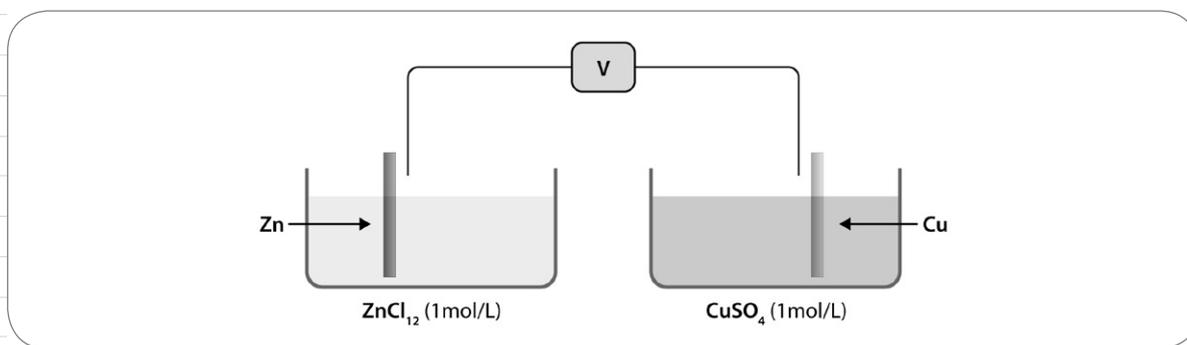
b) Tareas del tipo lógico – En los ejemplos anteriores se presentan todas las condiciones necesarias y suficientes para identificar cada proceso de redox, si es una pila, una electrólisis o una reacción de redox. En las tareas del tipo lógico varían las condiciones según un criterio lógico. Además de se presentar las condiciones necesarias y suficientes para la identificación del proceso, se incluyen situaciones con una composición incompleta de las condiciones necesarias y suficientes, con o sin rasgos superfluos (situaciones de no pertenencia) y con una composición no completa, pero donde se desconoce la existencia de la presencia de algunos de los atributos esenciales que caracteriza el proceso (situación indeterminada).

Con estos tipos de *tareas* se puede lograr que el estudiante haga un análisis completo del sistema de condiciones del objeto de conocimiento en estudio, lo cual evita soluciones mecánicas a los problemas dados. El empleo de situaciones indeterminadas contribuye con el carácter razonado de la acción, pues sólo es posible resolverlas si el estudiante se orienta en todo el sistema de condiciones esenciales de la acción y del concepto.

c) Tareas del tipo psicológicos: Correlacionan de forma diferente, mediante su contratación, rasgos evidentes y conceptuales. Su objetivo es que el estudiante correlacione diferentes formas de presentación de un mismo contenido. Ejemplo:

Interpretar las siguientes situaciones:

Situación 1



Situación 2



Estas tareas pueden utilizarse también en correspondencia con la forma de su presentación, de una forma más esquematizada, a una forma más simbólica y abreviada.

Tareas para la formación del grado de consciencia

El grado de consciencia se forma por dos vías: en primer lugar el alumno toma consciencia de la lógica de la estructura de la actividad que realiza, no sólo por la resolución de la tarea de forma reflexiva según estrategias meta-cognitivas, como también por la forma en que se presenta la tarea, que exige de la reflexión consciente sobre las formas de resolución de los problemas. En segundo lugar, se pide al alumno que siempre explique y/o argumente en voz alta, o de forma escrita, las acciones que desarrolla, de forma tal que va trabajando la traducción de la lógica de las acciones externas a la lógica de los conceptos o de las formulaciones verbales.

Se presentan tareas como las anteriores, mas se exige al estudiante que justifique su trabajo, tanto desde el punto de vista procedimental, como conceptual, de forma que vaya trabajando la interiorización de la actividad de forma consciente. *Son ejemplos:*

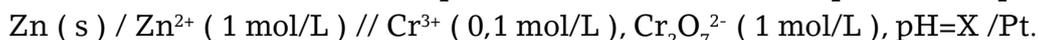
a) *Interpretar* la situación a seguir, explicando como resuelve la tarea:

Se introduce una placa de cobre en una solución acuosa de sulfato de cobre (II), de concentración molar 0,01 mol/L, e otra placa de zinc en una solución de cloruro de zinc, de concentración 1 mol/L. Se conectan ambas placas a un voltímetro y el circuito se cierra por medio de un puente salino que une las dos soluciones.

b) *Tareas directas e inversas*

Permiten poner de relieve la estructura de relaciones y dependencia entre los diferentes componentes del conocimiento de un objeto dado. La solución de la tarea implica la aplicación de la orientación general, de forma inversa, o de una parte de ella, para completar y establecer el estado inicial o para explicar parte del problema solucionado. Ejemplo:

↳ cuando se inician las reacciones que ocurren en el sistema representado por:



la fem medida es de 1,49 V.

Defina el estado inicial del proceso. Explicar cada paso en la solución de la situación dada.

Tareas para la formación del grado de independencia

La forma de trabajar el grado de independencia consiste en darles a los alumnos diferentes niveles de ayuda, cuando necesario para poder avanzar hacia la independencia cognoscitiva en la solución de las tareas por mecanismos de comprensión. Las ayudas en este momento del aprendizaje son las que garantizaran la ulterior independencia de los alumnos. La tarjeta é un recurso de ayuda, que se va reformulando, haciéndose menos detallada en la medida que el alumno asimila su contenido. Las ayudas en los momentos oportunos contribuyen con el desarrollo de la independencia cognoscitiva, en la medida que se aprende con ayuda del otro como mediador. Con el avance del proceso por las etapas de asimilación el alumno va dejando de necesitar de la ayuda externa, hasta poder realizar la actividad de forma independiente.

Se modelan diferentes tareas donde se van graduando los niveles de ayuda para su solución. Se modelan tareas que se resuelven con ayuda (apoyados en las tarjetas con todos los detalles), y otras en que gradualmente se va reduciendo el contenido del apoyo externo o con el uso del lenguaje externo de forma colaborativa, hasta se llegar a tareas que exigen de la independencia cognoscitiva, pues ya el estudiante dispone de los recursos intelectuales (orientación) para la solución en el plano mental. Sólo se llega a la independencia cognoscitiva al transitar por esas etapas.

Tareas de acuerdo con la forma de la acción

Se presentan tareas para resolver según la etapa de asimilación: en el plano externo con ayuda de las tarjetas, en el plano del lenguaje externo y sin apoyo, o sea, en el plano mental. Estas tareas son parecidas a las usadas para la independencia cognoscitiva, que transita en las diferentes etapas. Mas a diferencia, puede se llegar o no a la independencia como cualidad de la actividad.

En el proceso de planificación de las actividades según los requerimientos explicados se debe tener en cuenta el carácter individual y social del aprendizaje. Se deben conjugar los intereses de cada grupo y los de los alumnos en particular, partiendo del concepto de que la individualidad se forma y desarrolla en el colectivo. El profesor debe ser sensible a las concepciones e interpretaciones de los alumnos, valorizando sus ideas, progresos, esfuerzos, etc.

Para el desenvolvimiento de la etapa del lenguaje externo son convenientes los métodos de trabajo en pequeños grupos, plenaria, discusión, confrontación, mesa redonda, etc. El trabajo en grupo puede ser una vía muy importante para desarrollar diferentes aspectos de las relaciones sociales de los alumnos. En esta etapa pueden ser incluidas también clases prácticas y de laboratorio.

Es importante incluir en la planificación de la Unidad Didáctica actividades de los siguientes tipos:

- a)** de investigación bibliográfica, para aproximar los alumnos a la actividad científica;
- b)** de diseño y construcción de dispositivos de redox, para el vinculo del tema a las tecnologías;
- c)** de naturaleza socio-ambiental.

Estructuración de las tareas de control

En el final de la formación de la habilidad, según las etapas discutidas, se debe aplicar un control final. El control final tiene como finalidad diagnosticar el grado de desarrollo de la habilidad formada, según los indicadores cualitativos definidos en los objetivos. Un ejemplo de control es el siguiente:

- ») una situación típica con datos nuevos, que puede resolverse con la orientación general asimilada, pues está situada dentro de los límites de generalización establecidos en los objetivos, como se muestra abajo (Cuadro 2).

Cuadro 2 - Ejemplo de tarea típica para el control

Identifique y analice la siguiente situación:
En un recipiente que contiene disolución acuosa de CrCl_3 (F. S) de concentración molar 1 mol/L a $\text{pH} = 4$ se introducen dos placas inertes que presentan sobrevoltaje de oxígeno de 0,1 V y un sobrevoltaje de hidrógeno de 0,2 V y se conectan a una fuente de corriente que suministra la energía mínima para iniciar las reacciones químicas.

Fonte: desarrollado por los autores.

- ») una situación nueva donde se debe aplicar productivamente los contenidos y que implica una transferencia de conocimientos (una situación no estudiada y que está fuera de los límites de generalización). Es el del Cuadro 3, caso a seguir,

Cuadro 3 - Tarea de transferencia de aprendizaje para el control

Una capa de aluminio que cubre una barra de hierro se daña y comienza a ocurrir una reacción con el medio que la rodea. En esta reacción se desprende hidrógeno.
- Explique y formule las reacciones anódica y catódica.
- Por qué el zinc puede ser usado como protección contra la corrosión del hierro ?

Fonte: desarrollado por los autores.

Las respuestas para cada una de las cuestiones, dependiendo de los indicadores cualitativos definidos en los objetivos (grado de generalización, forma de la acción, grado de consciencia y grado de independencia) pueden ser categorizadas en niveles, dependiendo de la calidad² de la actividad realizada. Durante la solución de las actividades del control final, se deben estructurar niveles de ayuda para dar asistencia a los alumnos y para poder estudiar el grado de independencia.

Conclusiones

En relación a los marcos teóricos para la planificación del currículo en el área de ciencias, Sanmarti (2000) señala la dificultad de se encontrar una teoría que englobe todos los aspectos necesarios a se considerar. La autora hace referencia a la teoría de la elaboración (REIGELUTH; STEIN, 1983) como uno de los planteamientos globales mas elaborados, mas señala las dificultades de ser usada en la panificación del currículo. En el trabajo que presentamos procuramos contribuir con una respuesta alternativa para ese problema.

² La calidad de cada indicador cualitativo está vinculada a los tipos de errores presentes en las respuestas, y a las formas utilizadas para resolver las tareas, como actividades.

La planificación de la Unidad Didáctica transcurre a través de un conjunto de actividades de enseñanza que debe incluir un sistema de tareas relacionadas con el planteamiento y resolución de problemas, el trabajo de búsqueda de información, la resolución de cuestiones en equipo, la observación, la explicación, la argumentación, el montaje de experimentos y el trabajo independiente, entre otras, de acuerdo con la etapa de asimilación discutida por Galperin. Es un proceso que se fundamenta en diversos saberes de la actividad profesional del profesor de ciencias, entre ellos saberes de la didáctica general y de las ciencias, de la psicología y en especial en las contribuciones de la psicología soviética. Esos saberes son una condición necesaria para la profesionalización del trabajo docente. (RAMALHO; NÚÑEZ; GAUTHIER, 2004). La actitud del profesor de química como profesional de la enseñanza implica en una alta autonomía para tomar decisiones sobre el currículo y en especial, para el diseño de las unidades didácticas. Esa autonomía lo libera de la dependencia de los materiales didácticos y de instrucción preparados desde una perspectiva tecnicista. La autonomía docente se basa en una profesionalidad que asegura al profesor el dominio de conocimientos y competencias profesionales.

Pensada como un sistema, la planificación de la Unidad Didáctica del tema de electroquímica se orienta para la formación de una habilidad general, *Interpretar procesos de redox*, con posibilidades de superar la fragmentación de los contenidos y contribuir con el desarrollo del pensamiento teórico de los estudiantes. De esa forma, el núcleo de la planificación es un sistema de tareas, como elemento estructurador de las categorías de la didáctica que permite la sistematización del contenido con un gran potencial para formar la habilidad planificada según las etapas de la teoría de Galperin.

Es oportuno destacar que aunque el proceso de planificación de la Unidad Didáctica está planteado como aparentemente lineal, su complejidad, relacionada a diversas variables educativas, no permite que sea visto como un camino único. El modelo propuesto constituye mas bien una hipótesis de trabajo para orientar el proceso de enseñanza, y de esa forma disminuir los efectos negativos de lo que no debe ser hecho en las aulas de química.

Referencias

AHTEE, M. VARJOLA. I. Students' understanding of chemical reaction, *International Journal of Science Education*, v. 20, n. 3, p. 305-316, 1998.

AIKENHEAD, G. Teacher decision making: the case of Prairie high. *Journal of Research in Science Teaching*, n. 21, p. 167-186, 1984.

ALDAZ, Amparo et al. *La Enseñanza de la Electroquímica*. Recuperado el 25 oct. de 2009, de: <http://www.upct.es/electroquímica/MesaRedondaElectroquímica.pdf>.2005

ÁLVAREZ, A. C. 1994. *La escuela y la vida*. Sucre: Imprenta Universitaria.

ARIEVITCH, I. M.; HAENEN, J. P. 2005. Connecting sociocultural theory and educational practice: Galperin's approach. *Educational Psychologist*. n. 40, v. 3. p. 155-165, 2005.

ARIEVITCH, I. M.; STETSENKO, A. The quality of cultural tools and cognitive development: Galperin's perspective and its implications. *Human Development*. n. 43, p. 69-92, 2000.

AUSUBEL, D. 1982. *Psicología Educativa*. Un punto de vista cognitivo. Trillas. México.

CAMPANARIO J. M.; MOYA A. Cómo enseñar Ciencias. Principales tendencias y propuestas. *Enseñanza de las Ciencias*, v. 17, n. 2, p. 179-192, 1999.

CARMEL, N. J.; PACCA, J. L. 2004. *As concepções da condução elétrica e o funcionamento da pilha*. IX ENCONTRO NACIONAL DE PESQUISA EM ENSINO DE FÍSICA. 26 a 30 oct. 2004 Jaboticatubas, MG. Recuperado el 20 de diciembre de 2009, <http://www.sbf1.sbfisica.org.br/eventos/epef/ix/sys/resumos/T0167-1.pdf>

CARUSO, M. F. M. et al. Construcción del concepto de reacción química. In: *Educación química*, v. 9, n. 3, p. 150-154, 1998. México.

CHASTRETTE, M.; FRANCO, M. La reacción química: descripciones e interpretaciones de los alumnos. *Enseñanza de las Ciencias*, v. 9, n. 3, Barcelona, ICE de la Universitat Autònoma de Barcelona/Vice-rectorat d'Investigació de la Universitat de Valencia, p. 243- 247, 1991.

CLARK, C.; YINGER, R. 1987. Teacher planning, en Calderhead, J. *Exploring teachers' thinking*, p. 84-103. Londres: Cassell Educational.

Clark, M; Peterson, P. L. (1997). Procesos de pensamiento de los docentes. In: Merlin C. & Wittrock (org). *La investigación de la enseñanza II. Profesores y alumnos*. Barcelona: Ediciones Paidós Ibérica, S. A. 1997. p. 444-543.

DAVYDOV, V. V. *El contenido y La estructura de La actividad docente de los escolares*. La Habana: Editorial Pueblo y Educación, 1987.

DE MANUEL, T. E. Una prueba objetiva para comprobar qué modelo de generador electroquímico manejan los alumnos universitarios de Química. *Enseñanza de las Ciencias*. n. extra. p. 197-198, 1997. V Congreso.

DUSCHL, R.; WRIGHT, E. A case study of High School teachers' decision making models for planning and teaching science. *Journal of Research in Science Teaching*, v.26, n.6, p. 467-501, 1989.

ENGELHARDT, P.; BEICHNU R. Students understanding of direct current resistive electrical circuits. *American Journal of Physics*. v.72. n.01 p. 98-115, 2004.

FARIAS, T. C.; BRAZ, A. M.; NÚÑEZ, I. B. A flexibilidade do pensamento, pensamento crítico e criatividade. Generalização e transferência da aprendizagem. In: NÚÑEZ, Isauro Beltrán.; RAMALHO, Betânia Leite. Fundamentos do ensino-aprendizagem das Ciências Naturais e da Matemática: o novo Ensino Médio. Porto Alegre: Sulina, 2004. p. 186-200.

FURIÓ C.; FURIÓ C. Dificultades conceptuales y epistemológicas en el aprendizaje de los procesos químicos. *Educación Química*. v. 11, n. 3. p. 300-308, 2000.

FURIÓ M. C. J. ; BUESO, A. , MANS, C. Interpretación de las reacciones de oxidación-reducción por los estudiantes: primeros resultados. *Enseñanza de las Ciencias: revista de investigación y experiencias didácticas*, v. 6, n. 3, p. 244-250, 1988.

GALPERIN, P. Ya. *Los tipos fundamentales de aprendizaje*. La Habana: Universidad de la Habana, 1974. Material Impreso.

GALPERIN, P. Ya. El pensamiento sistémico e la solución de problemas de creación. *Revista Cuestiones de Psicología*, n. 1, p. 65-83, 1980.

GALPERIN, P. Ya. 1982. Sobre el método de formación por etapas de las acciones intelectuales. In: ILIASOV, I. I.; LIAUDIS, V. YA. *Antología de la Psicología Pedagógica y de las Edades*. La Habana: Pueblo y Educación, 1986a. p. 114-118.

GALPERIN, P. Ya. Acerca de La investigación del desarrollo intelectual del niño. In: ILIASOV, I. I., LIAUDIS; V. YA. *Antología de la psicología pedagógica y de las Edades*. La Habana: Pueblo y Educación, p. 234-238, 1986.

GALPERIN, P. Ya. 2001a, Tipos de orientación y tipos de formación de acciones y de los conceptos In: ROJAS, L. Q. (Comp). *La formación de las funciones psicológica durante el desarrollo del niño*. Tlaxcala: Editora Universidad Autónoma de Tlaxcala. p. 41-56.

GALPERIN, P. Ya. Acerca del lenguaje interno. In: ROJAS, L. Q. (Comp). *La formación de las funciones psicológica durante el desarrollo del niño*. Tlaxcala: Editora Universidad Autónoma de Tlaxcala, 2001b. p. 57-66

GALPERIN, P. Ya. La dirección del proceso de aprendizaje. In: ROJAS, L. Q. (Comp). *La formación de las funciones psicológica durante el desarrollo del niño*. Tlaxcala: Editora Universidad Autónoma de Tlaxcala, 2001c. p. 85-92.

GALPERIN, P. Ya. Sobre la formación de las imágenes sensoriales y de conceptos. In: ROJAS, L. Q. (Comp.). *La formación de las funciones psicológica durante El desarrollo del niño*. Tlaxcala: Editora Universidad Autónoma de Tlaxcala, 2001d., p. 27-40.

GALPERIN, P. Ya. *Introducción a la Psicología*. La Habana: Editorial Pueblo y Educación. 1982.

GARCÍA, J. J.; PRO BUENO, A.; SAURA, O. *Planificación de una unidad didáctica: el estudio del movimiento*. Enseñanza de las Ciencias. v. 13, n. 2. p. 211-226. 1995.

GARNETT, P. J.; HACKLING, M. W. Student's alternative conceptions in chemistry: A review of research and implications for teaching and learning. *Studies in Science*. v. 25, n. 1 p.69-95, 1995.

GARNETT, P. J.; TREAGUST, D. F. Conceptual difficulties experienced by senior high school students of electrochemistry: electric circuits and oxidation-reduction equations. *Journal of Research in Science Teaching*, v. 29, n. 2, p. 121-142, 1992.

LEONTIEV, A. N. *Actividad, Consciencia y personalidad*. La Habana: Editorial Pueblo y Educación, 1985.

MARCELO, C. *El pensamiento del profesor*. Barcelona: CEAC, 1987.

MATUTE, S. P.; PÉREZ, L. P.; DI' BACCO, V. L. Estudio comparativo de la resolución de problemas en el rendimiento estudiantil en el contenido de electroquímica. *Actualidades Investigativas en Educación*. v. 9, n. 1, p. 1-7, 2009. Disponible em: <<http://revista.inie.uncr.ac.cr>>. Acesso em: 20 jan. 2012.

MEDVEDIEV, A. Aspectos lógicos, psicológicos e pedagógicos do ensino de Física. In: GARNIER, C.; BEDNARZ, N.; ULANOVSKAYA, I. et al. *Após Vygotsky e Piaget: perspectiva social e construtivista*. Escolas Russas e Ocidental. Porto Alegre: Artes Médicas, 1996. p. 169-175.

MORTIMER, E. F.; MIRANDA, L. C. Transformações: concepções dos estudantes sobre reações químicas, *Química Nova na Escola*, v. 2, nov. p. 23-26, 1995.

NIAZ, M. Facilitating conceptual change in student's understanding of electrochemistry. *International Journal of Science Education* v. 24, n. 4, p. 425-439, 2002.

NÚÑEZ, I. B.; MARUJO, M. P.; MARUJO, L. E.; DIAS, M. A. 2004. O uso de situações problemas no ensino de ciências. In: NÚÑEZ, Isauro Beltrán; RAMALHO, Betânia Leite. *Fundamentos do ensino-aprendizagem das Ciências Naturais e da Matemática: o novo Ensino Médio*. Porto Alegre: Sulina, 2004. p. 145-171.

NÚÑEZ, I. B.; GONZALEZ, P. O. La estructuración de los contenidos de la disciplina Química General. Nueva propuesta. *Química Nova*, (5). p. 558-562, 1996.

NÚÑEZ, I. B.; GONZALEZ, P. O. Los objetivos de la Química general. Definición a partir del método teórico. *Didáctica de las Ciencias Experimentales y Sociales*. Sevilla. España. v. n. 10, p. 65-74, 1996.

NÚÑEZ, I. B.; GONZALEZ, P. O. Formación de la habilidad. Explicar propiedades de las sustancias: una nueva propuesta. *Química Nova*. v. 19, n. 6, p. 675-680, 1996.

NÚÑEZ, I. B. *Vygotsky, Leontiev, Galperin*. Formação de conceitos e princípios didáticos. Brasília: Liber Livro, 2009.

OGUDE, A. N.; BRADLEY, J. D. Ionic conduction and electrical neutrality in operating electrochemical cells. *Journal of Chemical Education*, v. 71, n. 1, p. 29-34, 1994.

PÉREZ, A.; GIMENO, J. Pensamiento y acción en el profesor: de los estudios sobre la planificación al pensamiento práctico. *Infancia y Aprendizaje*, 42, p. 37-63, 1988.

PORLAN, R.; RIVERO, A. *El conocimiento de los profesores*. España: Diada Editorial, 1998.

PRO BUENO, A. De. *Planificación de unidades didácticas por los profesores: análisis de tipos de actividades de enseñanza*. *Enseñanza de las Ciencias. Revista de Investigación y Experiencias Didácticas*, v. 17, n. 3, p. 411-429, 1999.

RAMALHO, B. L.; NÚÑEZ, I. B.; GAUTHIER, Clermont. *Formar o professor, profissionalizar o ensino. Perspectivas e desafios*. 2. ed. Porto Alegre: Sulina, 2004.

RAMALHO, B. L.; NÚÑEZ, I. B.; LIMA, A. S. Metacognição: Aprender a aprender? In: NÚÑEZ, I. B.; RAMALHO, B. L. *Fundamentos do ensino-aprendizagem das Ciências Naturais e da Matemática: o novo Ensino Médio*. Porto Alegre: Sulina, 2004. p. 172-185.

REIGELUTH, C. M.; STEIN, F. S. The elaboration theory of instructions. In: REIGELUTH C. M. (Ed.). *Instructional design. Theories and models*. New Jersey: LEA. Hillsdale, 1983. p. 335-383.

RESHETONA, Z. A. *Análisis sistémico aplicado a la Educación Superior*. La Habana: CEPES. 1988.

PILAR, Rico Montero. *La Zona de Desarrollo Próximo. Procedimientos y tareas de aprendizaje*. La Habana: Editorial Pueblo y Educación, 2003.

SALMINA, N. G. *Las tarjetas de estudio como medio de materialización de La acción*. La Habana: CEPES, 1987.

SÁNCHEZ, B. G.; Valcárcel, P. M. V. 1993. Diseño de una Unidad Didáctica en el área de ciencias experimentales. *Enseñaza de las Ciencias*. v. 11, n. 1, p. 33-44.

SÁNCHEZ, B. G.; PRO BUENO, A.; Valcárcel Pérez. M. A. La utilización de un modelo de planificación de unidades didácticas: el estudio de las disoluciones en la educación secundaria. *Enseñaza de las Ciencias*. v. 24, n. 2 p. 78-86, 1997.

SANGER, M.; GREENBOWE, T. Common student misconception in electrochemistry: galvanic, electrolytic and concentration cells. *Journal of Research in Science Teaching*, v. 34, n. 4, p. 377-398, 1997.

SANMARTI, N. El diseño de Unidades Didácticos. In: PALACIOS, F. J. P.; LEÓN, P. C. (Orgs.). *Didáctica de las Ciencias Experimentales*. Madrid: Editorial Marfil S. SA, 2000. p. 239-266, 2000.

SHAVELSON, R.; STERN, P. Investigación sobre el pensamiento pedagógico del profesor, sus juicios, decisiones y conductas. GIMENO, J.; PÉREZ, A. (Comp.) *La enseñanza: sus teorías y sus prácticas*. Madrid: Akal. p. 372-419, 1983.

TALÍZINA N. F. (Org.). *La formación de las habilidades del pensamiento matemático*. San Luis Potosí: Editora Universidad de San Luis Potosí. S. L. P., 2001a.

TALÍZINA N. F. La formación de los conceptos matemáticos. In: Talízina, N. F. *La formación de las habilidades del pensamiento matemático*. San Luis Potosi: Editora Universidad de San Luis Potosí. S. L. P. p. 21-39, 2001b.

TALÍZINA N. F. *Psicología de la Enseñanza*. Moscú: MIR, 1988.

VASINI, E.; DONATI, E. *Uso de analogías adecuadas como recurso didáctico para la comprensión de los fenómenos electroquímicos en el nivel universitario inicial*. 2001. Recuperado el 20 dic. 2009 <<http://www.bib.uab.es/pub/enseñazadelasciencias/>>.

VIGOTSKY, L. S. *Pensamiento y Lenguaje. Pueblo y Educación*. La Habana: Editorial Pueblo y Educación 1989.

DIFICULDADES DE APRENDIZAGEM NO ENSINO DE ELETROQUÍMICA SEGUNDO LICENCIANDOS DE QUÍMICA*

*Carlos Neco da Silva Júnior
Melquesedeque da Silva Freire
Márcia Gorette Lima da Silva*

Introdução

Uma das problemáticas que caracterizam a pesquisa no campo da didática das ciências são as dificuldades de aprendizagem dos estudantes, ou seja, é na tentativa de superá-las que a área constitui-se e produz conhecimento científico há mais de duas décadas (CACHAPUZ et al., 2001; SCHNETZLER, 2002; ADÚRIZ-BRAVO; AYMERICH, 2002).

Assim, as dificuldades de aprendizagem dos estudantes, envolvendo conceitos químicos, têm sido objeto de estudo e encontram destaque nas pesquisas sobre as concepções alternativas (POZO et al., 1991; POZO, CRESPO, 2009; CAAMAÑO, 2007).

As dificuldades de aprendizagem podem ser discutidas sob diferentes perspectivas. Do ponto de vista da psicopedagogia, por exemplo, podem estar associadas a problemas biológicos (como a dislexia) e socioculturais (como o nível de escolaridade da família). Em contrapartida, pesquisas sobre as concepções alternativas têm possibilitado identificar erros conceituais e dificuldades de aprendizagem vinculadas a essas concepções (NÚÑEZ; SILVA, 2008).

No ensino de ciências naturais, algumas dificuldades são bastante comuns e, segundo Kempa (1991), podem ser relacionadas à natureza das ideias prévias, ou a insuficiente aquisição para estabelecer relações significativas com os conceitos os quais se deseja que os estudantes aprendam; às relações entre a demanda ou complexidade de uma tarefa a ser aprendida e a capacidade do estudante para organizar e processar a informação; à competência linguística; a aspectos que não atendem de forma satisfatória a relação que se deve estabelecer entre a coerência e o estilo de aprendizagem do estudante e o modelo de ensino do professor.

Areladas a essas atribuições citadas por Kempa (1991), podemos destacar, segundo Caamaño (2007), que as causas das dificuldades de aprendizagem dos estudantes podem ser atribuídas, ainda, a: dificuldades

* O texto do presente capítulo foi apresentado no VIII Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências, Campinas/SP, 2011.

intrínsecas à própria disciplina (a existência de três níveis de descrição da matéria, o caráter evolutivo dos modelos e teorias, a ambiguidade da linguagem em relação aos níveis descritivos, etc.); o pensamento e os processos de raciocínio dos estudantes (a influência da percepção macroscópica na análise do mundo microscópico, a tendência a utilizar explicações metafísicas de tipo teleológico ou finalista em lugar de explicações físicas, etc.); o processo de instrução recebido (a apresentação de forma pronta e acabada dos conceitos e teorias, a não explicitação dos diferentes níveis de formulação dos conceitos, uso inapropriado da linguagem, etc.).

Dentro dessa discussão, os conteúdos envolvendo eletroquímica têm sido frequentemente apontados por professores e estudantes do Ensino Médio como um dos assuntos que representam grandes dificuldades no processo ensino-aprendizagem (NIAZ; CHACÓN, 2003). Diversas pesquisas, envolvendo concepções alternativas e dificuldades de aprendizagem para essa temática, já foram realizadas, sendo que os principais resultados encontrados apontam que os estudantes têm dificuldades, a exemplo do que demonstra o Quadro 1:

Quadro 1 – Dificuldades de aprendizagem e/ou concepções alternativas para o conteúdo de eletroquímica

Conceitos químicos	Dificuldades de aprendizagem e/ou concepções alternativas
Oxidação-redução	A oxidação e a redução como intercâmbio de oxigênio e não como intercâmbio de elétrons (BUESO; FURIÓ; MANS, 1988).
	Os processos de oxidação e redução podem ocorrer independentemente (CAAMAÑO, 2007).
Pilhas	Identificar o anodo e o catodo (SANGER; GREENBOWE, 1997).
	Em uma pilha, a ponte salina proporciona elétrons para completar o circuito (CAAMAÑO, 2007; SANGER; GREENBOWE, 1997; LIN et al., 2002).
Células eletrolíticas	A polaridade dos terminais não tem efeito no anodo e no catodo. Na superfície dos eletrodos inertes não ocorre nenhuma reação (CAAMAÑO, 2007).
	Não há relação entre a f.e.m de uma pilha e a magnitude da voltagem necessária para produzir eletrólise (CAAMAÑO, 2007; LIN et al., 2002).
	Não há relação entre o potencial da célula e a concentração dos íons (SANGER; GREENBOWE, 1997).

Fonte: organizado pelos autores deste trabalho.

Reforçando esses dados, pesquisas clássicas envolvendo as dificuldades de aprendizagem em eletroquímica, como a de Garnett e Treagust (1992) citados por Sanger e Greenbowe (1997) e Niaz e Chacón (2003), mostraram outras dificuldades mais específicas, tais como a identificação de onde ocorre a reação na célula eletroquímica; como se dá o processo de fluxo dos elétrons, a condução no eletrólito, a neutralidade elétrica; como é a terminologia e os aspectos relativos aos componentes do processo, tais como ponte salina, catodo e anodo. Além disso, os estudantes têm, ainda, dificuldade para relacionar a deposição e o desgaste do metal com os elétrons recebidos e perdidos no processo, conseqüentemente, assumem a ideia de cargas opostas para determinar o eletrodo positivo e o negativo, anodo e catodo nas células galvânicas e eletrolíticas, etc.

Pensar nessas dificuldades implica discutir a preparação dos professores para lidar com as mesmas e nas ações que a agência formadora pode promover para auxiliá-los. Nesse sentido, um passo inicial na formação docente é o conhecimento dos resultados de pesquisas, bem como a reflexão-crítica sobre as próprias dificuldades e, também, sobre alternativas didáticas para ajudá-las a superá-las.

Tendo esses pontos como base, a finalidade principal deste trabalho foi a de oportunizar um espaço de reflexão com futuros professores de Química sobre a temática das dificuldades de aprendizagem dos estudantes no conteúdo de eletroquímica. Atrelado a esse foco, buscamos conhecer como os licenciandos compreendem a categoria dificuldades de aprendizagem e sua aplicação para a eletroquímica, ao mesmo tempo em que, permitindo uma autorreflexão sobre suas próprias dificuldades de aprendizagem, como percebem a viabilidade de propostas didáticas alternativas.

Procedimentos metodológicos

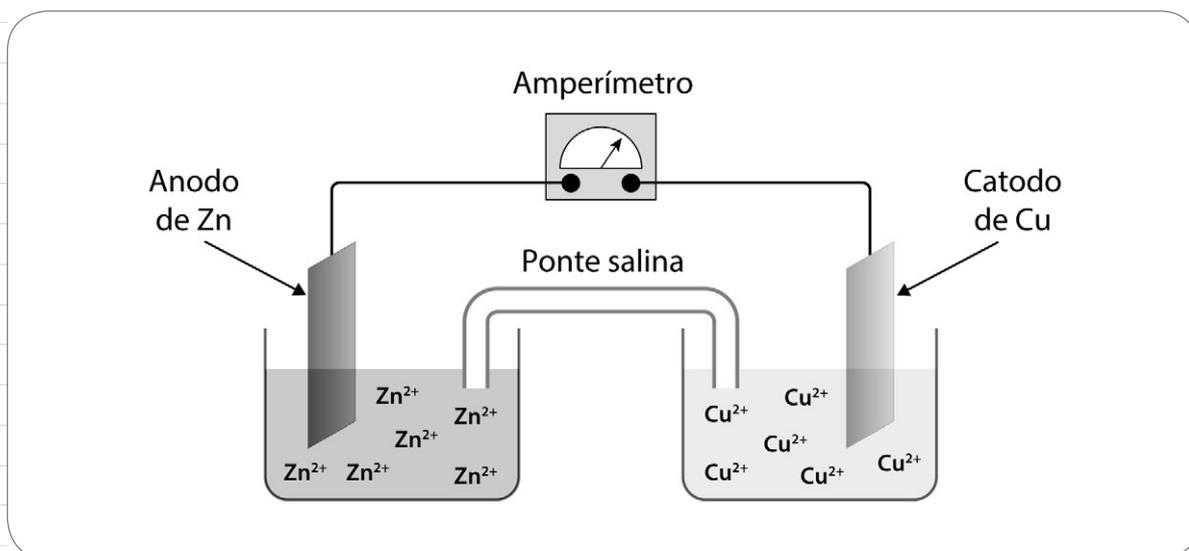
O trabalho foi desenvolvido no contexto de um minicurso realizado como parte do Programa de Formação Complementar do Instituto de Química da UFRN (IQ-UFRN). Participaram de todas as atividades da pesquisa 21 licenciandos.

A primeira etapa da investigação consistiu na aplicação de um questionário com três perguntas abertas que buscava conhecer aspectos da opinião dos licenciandos sobre como compreendiam o termo *dificuldades de aprendizagem dos estudantes* e, em particular, para os conceitos envolvendo a eletroquímica.

Na segunda etapa, em outro momento do minicurso, organizamos uma discussão teórica sobre as dificuldades de aprendizagem dos estudantes na perspectiva da didática das ciências, tendo como apoio diferentes artigos e livros da área (a exemplo de Pozo et al., 1991; Kempa, 1991; Caamaño, 2007; Pozo e Crespo, 2009). As questões discutidas na aula expositivo-dialogada fizeram referência à categoria dificuldades de aprendizagem na perspectiva da didática das ciências, o movimento das concepções alternativas, e ilustramos exemplos de tais dificuldades encontradas pelas pesquisas, especialmente, para os conceitos da eletroquímica (como podemos encontrar em Bueso, Furió e Mans, 1988; Sanger e Greenbowe, 1997; Lin et al., 2002; Niaz e Chacón, 2003).

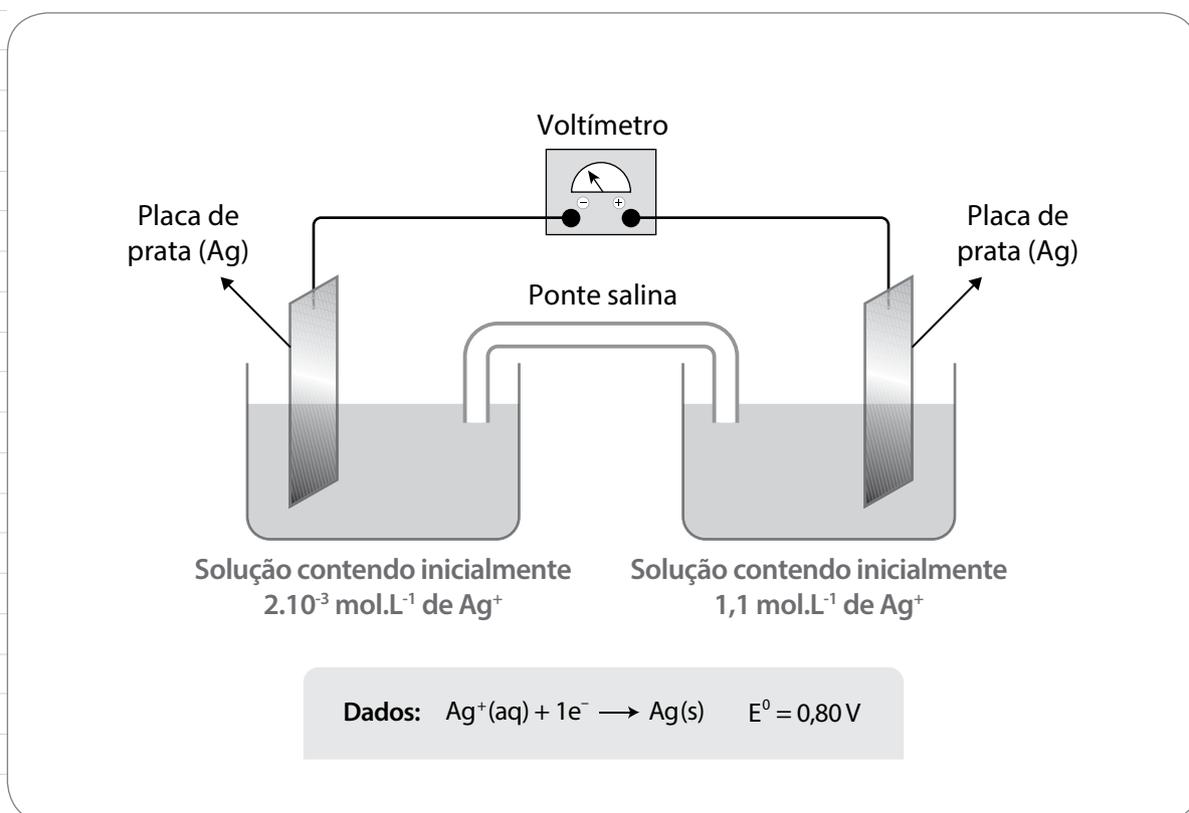
Após essa discussão, foi proposta uma prova pedagógica com questões envolvendo conceitos da eletroquímica. Entendemos que as dificuldades de aprendizagem dos conceitos e habilidades manifestam-se nas variadas concepções alternativas dos estudantes e dos erros na solução de situações-problema e de exercícios. Este seria um ponto crucial do processo: que os licenciandos expressassem suas dificuldades em uma situação real e, ao mesmo tempo, refletissem sobre elas. As questões propostas pela prova pedagógica foram compostas de dois sistemas eletroquímicos (a pilha de Daniel e a pilha de concentração), nos quais, o licenciando deveria identificar em ambos: os fenômenos de oxidação e redução, o sentido do fluxo de elétrons, a diminuição da concentração das soluções e a função da ponte salina. Para cada um dos sistemas e atreladas às essas questões, solicitamos que os licenciandos explicitassem que dificuldades tiveram para responder cada item. Abaixo, apresentamos a Figura 1 e a Figura 2, demonstrando os dois sistemas utilizados na prova pedagógica.

Figura 1 - Sistema 1 (pilha de Daniel) da prova pedagógica



Fonte: <http://www.cq.ufam.edu.br/bateria/figuras_daniell/pilha_daniell_3.bmp>.

Figura 2 - Sistema 2 (pilha de concentração) da prova pedagógica



Fonte: <http://portal.ifrn.edu.br/servidores/concursos/2009-1/2009-1/provas-e-gabaritos/Professor_Quimica.pdf>.

As provas pedagógicas têm o propósito de avaliar os resultados da aprendizagem (estado dos conhecimentos, hábitos e habilidades). Dentre outros objetivos, elas possibilitam sinalizar elementos para a verificação da aprendizagem dos participantes, permitindo ao avaliador conhecer o grau de domínio e profundidade que o participante possui com relação às temáticas abordadas. Pelo tipo de respostas que provocam, as provas pedagógicas são classificadas em provas de desenvolvimento, também denominadas de ensaio ou tradicionais e as provas de resposta breves ou objetivas (LEÓN et al., 2001).

Por fim, na última etapa da pesquisa, buscamos conhecer que tipo de argumentos são utilizados pelos licenciandos, ao analisarem criticamente a viabilidade da aplicação ou não de uma proposta didática para o ensino de eletroquímica no nível médio. Para essa finalidade, utilizamos como material de apoio o artigo de Sanjuan et al. (2009) que apresenta uma unidade didática sobre eletroquímica, usando, como tema central, o fenômeno da maresia. Para esse objetivo, organizamos um protocolo de análise seguido de uma entrevista coletiva. No protocolo, os licenciandos, em grupos de quatro componentes, responderam sobre as vantagens/potencialidades e limitações/desvantagens da proposta, e deveriam justificar se aplicariam ou não a unidade didática no Ensino Médio.

A partir dessas descrições, apresentamos, de maneira sistematizada, as etapas da nossa investigação no Quadro 2, a seguir:

Quadro 2 - Etapas da pesquisa e seus respectivos objetivos e instrumento

Etapa	Objetivos	Instrumento
1ª	Identificar as opiniões e ideias dos estudantes acerca das <i>dificuldades de aprendizagem</i> em Química, no Ensino Médio, e em eletroquímica	Questionário
2ª	Identificar as dificuldades dos licenciandos em situações envolvendo conhecimentos do conteúdo de eletroquímica	Prova pedagógica
3ª	Avaliar as opiniões dos licenciandos sobre a viabilidade de propostas didáticas para a superação de dificuldades de aprendizagem em eletroquímica no nível médio	Protocolo de análise e entrevista coletiva

Fonte: autores deste trabalho.

Para a coleta e análise dos dados, buscamos, nos questionários, nas avaliações escritas, e nos discursos, as reflexões produzidas pelos sujeitos sobre os processos vivenciados durante a realização das atividades.

A produção textual dos licenciandos nessas atividades e seus discursos apreendidos durante as etapas constituem o nosso *corpus* de análise de dados qualitativos neste trabalho. Para a análise dos dados, fizemos uso da Análise Textual Discursiva (ATD). Segundo Moraes e Galiazzi (2006; 2007), a ATD é uma abordagem de análise de dados que transita entre duas formas consagradas de análise na pesquisa qualitativa que são: a análise de conteúdo; e a análise de discurso. A análise de conteúdo, análise de discurso e análise textual discursiva são metodologias que se encontram num

único domínio: a análise textual. Mesmo que possam ser examinadas a partir de um eixo comum de características, apresentam diferenças, sendo essas geralmente mais em grau ou intensidade de suas características do que em qualidade. A ATD assume pressupostos que a localizam entre os extremos da análise de conteúdo e da análise de discurso (MORAES; GALIAZZI, 2007).

Resultados

Fazemos, a seguir, a apresentação e discussão dos resultados em três blocos, relativos às etapas descritas no Quadro 2, anteriormente apresentada: a análise dos questionários, a análise da prova pedagógica e a análise da entrevista. Nas conclusões, apresentamos um metatexto que expressa a triangulação da análise e as compreensões obtidas no processo.

Análise dos questionários

Obtivemos, da análise, um espectro de respostas bastante amplo, com uma menor parcela apresentando respostas evasivas que procuraram fazer atribuições das causas das dificuldades de aprendizagem, em vez de definirem um conceito, que era o objetivo inicial da questão. Assim, após a fragmentação dos textos e construção das unidades de significado (primeira etapa da ATD), foram obtidas as seguintes categorias (segunda etapa da ATD) para se definir dificuldades de aprendizagem, construídas a partir da identificação de *propriedades* nos conceitos apresentados, do tipo: *psicológicas*, *psicopedagógicas*, *didáticas* e *epistemológicas*. No Quadro 3, a seguir, ilustramos fragmentos de respostas em cada uma das categorias:

Quadro 3 – Categorias de análise para o *conceito* de dificuldades de aprendizagem

Categoria	Fragmento ilustrativo de resposta
Psicológicas	“[...] é a falta de coragem de alguns alunos para estudar, e até mesmo de estímulos.”
Psicopedagógicas	“[...] incapacidade para apropriação dos conteúdos suscitados pelo docente.”
Didáticas	“[...] é a incapacidade de se perceber o conteúdo químico de forma aplicável, palpável.”
Epistemológicas	“[...] são obstáculos para a obtenção do conhecimento científico.”

Fonte: autores deste trabalho.

A partir da análise do Quadro 3, percebemos que as definições propostas pelos licenciandos enfatizam o caráter inato dos alunos para aprenderem a disciplina científica. Essa perspectiva, por sua vez, sinaliza para as causas atribuídas a essas dificuldades

e, a partir do processo de unitarização, organizamos as seguintes categorias de análise para essas causas atribuídas pelos licenciandos: *a responsabilidade discente, a disciplina científica, as condições político-pedagógicas, os materiais didáticos, o contexto sociocultural, e a formação docente*. Apresentamos essas informações no Quadro 4, a seguir, em que organizamos fragmentos de resposta por categoria de análise.

Quadro 4 – Categorias de análise para as *causas* das dificuldades de aprendizagem

Categoria	Fragmento ilustrativo de resposta
Responsabilidade discente	"[...] desinteresse pela matéria."
A disciplina científica	"[...] a matéria que é difícil de compreender." "[...] falar do que não enxerga."
Condições político-pedagógicas	"[...] é o pouco tempo de aula." "[...] a culpa é do sistema público educacional."
Materiais didáticos	"[...] os erros dos livros didáticos."
Contexto sociocultural	"[...] é a divulgação que é feita da química."
Responsabilidade docente	"[...] metodologias adotadas pelo professor." "[...] a má formação docente."

Fonte: autores deste trabalho.

Observamos uma aparente conformidade entre as categorias do Quadro 5 e as causas das dificuldades de aprendizagem na perspectiva de Caamaño (2007), ou seja, as dificuldades de aprendizagem em Química podem ser atribuídas a fatores intrínsecos à própria disciplina; o pensamento e os processos de raciocínio dos estudantes e o processo de instrução recebido (CAAMAÑO, 2007), entre outros fatores de ordem motivacional.

A partir das respostas sobre as principais dificuldades dos licenciandos para o conteúdo de eletroquímica, quando estudantes do nível médio, organizamos as seguintes categorias de dificuldades: *conceituais, procedimentais e atitudinais*. Convém destacar inicialmente, que 60% dos licenciandos não quiseram responder a questão ou afirmaram que não tiveram dificuldades; dos 21 participantes, 33% não estudaram o conteúdo no nível médio; 57% das respostas se digiram a dificuldades, envolvendo conteúdos procedimentais. O Quadro 5, a seguir, expõe as dificuldades em cada categoria de análise.

Quadro 5 – Dificuldades de aprendizagem dos licenciandos no Ensino Médio

Categoria	Fragmento ilustrativo de resposta
Conceituais	"[...] sempre confundia as definições de catodo e anodo."
Procedimentais	"[...] entender a forma esquemática da pilha."
Atitudinais	"[...] não assisti aula de eletroquímica no ensino médio. [...] por que o bendito professor de química da escola não era capacitado o suficiente para ministrar este componente curricular do colegial."

Fonte: autores deste trabalho.

Análise das provas pedagógicas

Houve um acerto de 66% dos licenciandos para pilha de Daniel e, 38% para a pilha de concentração, no primeiro item (a) da prova pedagógica, que solicitava a identificação dos processos de oxidação-redução nas semicélulas de cada sistema, sendo as justificativas utilizadas nas respostas coniventes com as expectativas. Em relação às dificuldades, segundo item (b) da prova pedagógica, para responder a questão, apresentamos na Tabela 1, a seguir, a natureza dos argumentos utilizados pelos licenciandos com o respectivo número de citações nas respostas.

Tabela 1 – Dificuldades apontadas pelos licenciandos para responderem o item (a)

Dificuldade	Nº de citações
Desconhecimento da pilha de concentração.	7
Compreender o sentido do termo <i>semicélula</i> .	4
Não lembrar os conceitos de eletroquímica	4
Identificar os fenômenos de oxidação-redução em uma semicélula.	2
Não reconhecer a influência da concentração das soluções na pilha de concentração.	1
Explicar a transferência de elétrons no sistema.	1
Não sentiu dificuldades ou não quis responder.	4

Fonte: autores deste trabalho.

Observamos, no Quadro 5, uma porcentagem relevante de citações (38%) que relatavam desconhecer o sistema da pilha de concentração. Outro dado importante, refere-se ao desconhecimento do termo *semicélula*, fato que remete à uma dificuldade de competência linguística (KEMPA, 1991). Esse último resultado, parece-nos importante e merecedor de outra investigação: como os alunos compreendem o termo *semicélula*, no nível médio.

O terceiro item (c) da prova pedagógica solicitava que o licenciando indicasse o sentido do fluxo de elétrons em cada sistema e, o respectivo item (d) sobre que dificuldade teve para responder o item (c). Para essa questão, obtivemos um índice de 47,6% de acerto para a pilha de Daniel e 38% de acerto para a pilha de concentração. Ao responderem o item (d), os licenciandos apontaram as suas dificuldades que apresentamos na Tabela 2, a seguir.

Tabela 2 – Dificuldades apontadas pelos licenciandos para responderem o item (c)

Dificuldade	Nº de citações
Não lembrar os conceitos de eletroquímica	5
Identificar o sentido do fluxo de elétrons no sistema	1
Associar os conceitos de oxidação-redução ao fluxo de elétrons no sistema	2
Reconhecer a influência da concentração das soluções na pilha de concentração	1
Não sentiu dificuldades ou não quis responder	8

Fonte: autores deste trabalho.

Da análise da Tabela 2, observamos uma *metadificuldade* em reconhecer o fluxo de elétrons nos sistemas e, aliado a isso, houve uma expressiva queda no número de acerto do item (a) para o item (c), o que nos leva a inferir que os licenciandos não associaram os fenômenos de oxidação-redução à transferência de elétrons (KEMPA, 1991), e que, por sua vez, nos sugere uma aprendizagem memorística. Essa inferência pode ser ilustrada a partir da resposta de dois licenciandos, que transcrevemos a seguir.

Licenciando 4: “[...] na pilha de Daniel os elétrons tendem a deslocarem do maior potencial para o menor, mas, tal afirmativa foi assimilada de forma decorada, o ‘por que’ ainda não é conclusivo”

Licenciando 19: “[...] usei a lógica para responder sobre o sistema 2, mas, não tenho certeza sobre o comportamento do sistema.”

No item (e), que solicitava a indicação, em cada sistema, sobre em que semicélula haveria a diminuição da concentração das soluções, observamos um índice de acerto de 57% para cada um dos sistemas. O último item da prova pedagógica – item (f) – solicitava que o respondente explicasse qual era a função da ponte salina nos dois sistemas. Para esse item, obtivemos a menor porcentagem de acerto, 28%, de toda a prova pedagógica. Os erros mais comuns que observamos atribuíam à ponte salina a função de deslocar elétrons, estabilizar ou equilibrar as soluções, o que corresponde às principais dificuldades encontradas em outras pesquisas tendo como objeto de estudo a eletroquímica (SANGER; GREENBOWE, 1997; LIN et al., 2002; CAAMAÑO, 2007).

Análise da entrevista coletiva

Foi possível, a partir do processo de unitarização, identificar das respostas dos licenciandos mais vantagens/potencialidades do que limitações/desvantagens em relação à aplicação da proposta didática analisada. As respostas e unidades de significado apontadas pelos licenciandos puderam ser organizadas em duas categorias; *didáticas* e *pedagógicas*. No Quadro 6, a seguir, organizamos as respostas em função das categorias construídas e dos principais argumentos utilizados pelos participantes.

Quadro 6 – Vantagens/potencialidades e limitações/desvantagens da proposta segundo os licenciandos

Categorias de análise	Vantagens/potencialidades	Limitações/desvantagens
Didáticas	Articulação do nível macroscópico e microscópico	Propõe o experimento antes da fundamentação teórica
	Exploração de contexto no Ensino de Química	Nível de complexidade da linguagem química no experimento
	Permite fazer a relação entre conceitos	
Pedagógicas	Baixo custo do experimento	Tempo para aplicação da proposta
	Facilidade operacional da atividade experimental	<i>limitação</i> do contexto educacional

Fonte: elaborada pelos autores deste trabalho.

A partir dos resultados, identificamos que 76% dos licenciandos afirmaram que utilizariam a proposta de ensino em suas aulas. Os argumentos para isso, no entanto, foram muito frágeis, ao justificarem a razão, os licenciandos se limitaram a destacar a facilidade de utilização dos experimentos aliada a não toxicidade dos materiais envolvidos, etc., isto, é, questões de ordem pedagógica e operacional. Não estamos dizendo que isso não constitui um fator relevante, mas que seria importante a utilização de argumentos de ordem epistemológica e didática.

Aos que não utilizariam a proposta no Ensino Médio (23% dos licenciandos), justificaram a posição em função da complexidade da linguagem envolvida nas reações químicas que explicam o fenômeno analisado e dificuldades estruturais da escola para a realização dos trabalhos práticos, ou, ainda, em função de concepções simplistas do ensino-aprendizagem da Química. Um fato importante de ser destacado foi o reconhecimento por parte desses, logo após o diálogo grupal e a ênfase dada pelos que eram a favor, de que a proposta poderia ser utilizada, feitas as adaptações necessárias. Isso constitui um avanço importante na tomada de consciência dos licenciandos.

Após a apresentação e discussão dos resultados, propomos, nas conclusões, como parte final do processo de ATD, um metatexto que expressa um olhar dos pesquisadores sobre os significados e sentidos percebidos durante o processo investigativo. Esse metatexto constitui-se um conjunto de argumentos de descrição e interpretação capaz de expressar as compreensões em relação ao fenômeno investigado. Segundo o referencial teórico de análise dos dados – Moraes e Galiuzzi (2006, 2007) –, a unitarização e a categorização encaminham a produção de um novo texto que combina descrição e interpretação. Nesse sentido, pode-se entender, como uma das finalidades de construir um sistema de categorias, o encaminhamento de um metatexto, expressando uma nova compreensão do fenômeno investigado.

Conclusões

Pensar na formação de professores de ciências, em particular de Química implica discutirmos uma série de competências e atitudes reflexivas desse profissional (GIL-PÉREZ, 1991; GAUTHIER, 2006). Dentre essas competências destacam-se, por exemplo, a de saber organizar atividades para uma aprendizagem efetiva dos estudantes, a compreensão de suas dificuldades de aprendizagem e a capacidade de avaliar, criticar e tomar decisões no processo ensino-aprendizagem. Essa postura desejável carece, no entanto, de questões ainda mais fundamentais, como os saberes disciplinares necessários à formação docente, já que a falta de conhecimentos científicos constitui a principal dificuldade para que os professores de ciências se insiram em atividades inovadoras (CARVALHO; GIL-PÉREZ, 2009).

Se os próprios professores possuem dificuldades de aprendizagem, sejam elas, por exemplo, herdadas ainda do Ensino Médio (SANGER; GREENBOWE, 1997; SANJUAN et al., 2009), a consequência é que essas dificuldades apareçam também no Ensino Superior (LIN et al., 2002). Nesse sentido, a postura crítico-reflexiva ante as propostas didáticas para o ensino será analisada à luz de concepções simplistas, ou, ainda, nem será avaliada, dadas às limitações teóricas existentes.

A fim de contribuir para melhorias frente a esse conjunto de dificuldades, entendemos que um passo inicial é promover a reflexão coletiva dos licenciandos em relação às suas próprias dificuldades, ampliando suas visões a respeito dessa categoria didática e, ao mesmo tempo, levantando argumentos em torno da avaliação de propostas de ensino. Assim, experiências como essa, no âmbito da formação inicial, constituem estratégias potencialmente relevantes para a formação de um profissional reflexivo da sua prática.

Referências

- ADÚRIZ-BRAVO, A.; AYMERICH, M. I. Acerca de la didáctica de las ciencias como disciplina autónoma. *Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias*, v. 1, n. 3, 2002.
- BUESO, A.; FURIÓ, C.; MANS, C. Interpretación de las reacciones de oxidación-reducción por los estudiantes. Primeros resultados. *Enseñanza de las Ciencias*, v. 6, n. 3, p. 244-250, 1988.
- CAAMAÑO, A. La enseñanza y el aprendizaje de la química. In: JIMÉNEZ ALEIXANDRE, M. P. (Coord.) et al. *Enseñar Ciencias*. Barcelona: GRAÓ, 2007, p. 95-118.
- CACHAPUZ, A. et al. A emergência da didáctica das ciências como campo específico de conhecimento. *Revista Portuguesa de Educação*, v. 14, n. 1, p. 155-195, 2001.
- CARVALHO, A. M. P.; GIL-PÉREZ, D. *Formação de professores de Ciências*. 9. ed. São Paulo: Cortez, 2009.
- GAUTHIER, C. et al. *Por uma teoria da pedagogia: pesquisas contemporâneas sobre o saber docente*. 2. ed. Ijuí: Unijuí, 2006.
- GIL-PÉREZ, D. Qué han de saber y saber hacer los profesores de ciencias? *Enseñanza de las Ciencias*, v. 9, n. 1, p. 69-77, 1991.
- KEMPA, R. Students learning difficulties in science: causes and possible remedies. *Enseñanza de las Ciencias*, v. 9, n. 2, p. 119-128, 1991.
- LEÓN, I. N. et al. *Metodología de la Investigación educativa: segunda parte*. La Habana: Pueblo y Educación, 2001.
- LIN, H. S. et al. Students' Difficulties in Learning Electrochemistry. *Proceedings of the National Science Council*, v. 12, n. 3, p. 100-105, 2002.
- MORAES, R.; GALIAZZI, M. C. Análise textual discursiva: Processo reconstrutivo de múltiplas fases. *Ciência & Educação*, v. 12, n. 1, p. 117-128, 2006.

MORAES, R.; GALIAZZI, M. C. *Análise textual discursiva*. Ijuí: Ed. Unijuí, 2007.

NIAZ, M.; CHACÓN, E. A Conceptual Change Teaching Strategy to Facilitate High School Students' Understanding of Electrochemistry. *Journal of Science Education and Technology*, v. 12, n. 2, 2003.

NÚÑEZ, I. B.; SILVA, M. G. L. Dificuldades dos estudantes na aprendizagem de Química no Ensino Médio – I. In: *Instrumentação para o Ensino de Química III*. Natal: EDUFRRN, 2008.

NÚÑEZ, I. B.; SILVA, M. G. L. Dificuldades dos estudantes do Ensino Médio na aprendizagem de Química – II. In: *Instrumentação para o Ensino de Química III*. Natal: EDUFRRN, 2008.

POZO, J. I.; CRESPO, M. A. G. *A aprendizagem e o ensino de ciências: do conhecimento cotidiano ao conhecimento científico*. 5. ed. Porto Alegre: Artmed, 2009.

POZO, J. I. et al. *Procesos cognitivos en la comprensión de la ciencia: las ideas de los adolescentes sobre la química*. Madrid: Centro de Publicaciones del Ministerio de Educación y Ciencia: C.I.D.E., 1991.

SANGER, M. J.; GREENBOWE, T. J. Common student misconceptions in electrochemistry: galvanic, electrolytic and concentration cells. *Journal of Research in Science Teaching*, v. 34, n. 4, p. 377-398, 1997.

SANJUAN, M. E. C. et al. Maresia: uma proposta para o ensino de eletroquímica. *Química Nova na Escola*, v. 31, n. 3, p. 190-197, 2009.

SCHNETZLER, R. P. A pesquisa em Ensino de Química no Brasil: conquistas e perspectivas. *Química Nova*, v. 25, supl. 1, p. 14-24, 2002.

A AULA-DIÁLOGO COMO ESTRATÉGIA INTERDISCIPLINAR DE ENSINO: UM EXEMPLO DE FORMAÇÃO CONTINUADA NA ESCOLA

*Maria da Glória Fernandes Albino
Magnólia Fernandes Florêncio de Araújo*

Apresentação

A maneira disciplinar de ensino na qual cada coisa é vista sob um único prisma contribuiu para afastar as temáticas de sala de aula da realidade vivida pelos estudantes, provocando, muitas vezes, o crescimento do desinteresse dos alunos pelo conhecimento que foi historicamente acumulado. Atualmente, a escola ainda é uma instituição anacrônica, quando prepara os alunos para um mundo que já não existe. Ao não levar em consideração as profundas transformações sociais, pelas quais passamos, a escola volta-se para uma educação do passado, produzindo indivíduos incapazes de se reconhecerem como fonte criadora e gestora de sua própria vida, como autores de sua própria história.

Em virtude dessa falta de vinculação, a seleção de conteúdos continua obedecendo aos critérios fundados na lógica positivista e tecnicista, na qual cada objeto do conhecimento origina uma especialidade que desenvolve e privilegia instrumentos e técnicas de aprendizagem.

O que permeia o processo de disciplinarização não é simples nem inconstante: é a visão de mundo fragmentada, é o esfarelamento da existência, é a perda da unidade universal. Surge, dessa forma, a Ciência como tal multiplicada em reinos [...] cada qual seguindo seu caminho, desencontrados, antagônicos, muitas vezes, retalhando o mundo e a integridade humana (FAZENDA, 1993, p. 21).

A nova proposta difundida pelos Parâmetros Curriculares Nacionais para o Ensino Médio (PCNEM), Parâmetros Curriculares Nacionais (PCN+) e pelas Orientações Curriculares para o Ensino Médio (OCNEM) é a de que a escola de Ensino Médio não deve preocupar-se apenas com as funções propedêuticas, mas também propiciar ao educando uma sólida formação geral, capaz de garantir uma visão ampla sobre o complexo processo que envolve as relações na sociedade contemporânea. O indivíduo deve ser capaz de reconhecer-se no outro e ser solidário e não individualista. Deve pensar em grupo, coletivamente e não individualmente. Dizem os PCN+:

O novo ensino médio, nos termos da lei, de sua regulamentação e de seu encaminhamento, deixa de ser, portanto, simplesmente preparatório para o ensino superior ou estritamente profissionalizante, para assumir necessariamente a responsabilidade de completar a educação básica. Em qualquer de suas modalidades, isso significa preparar para a vida, qualificar para a cidadania e capacitar para o aprendizado permanente, em eventual prosseguimento dos estudos ou diretamente no mundo do trabalho (BRASIL, 2002, p. 5).

É preciso, portanto, identificar os pontos de partida para se construir uma nova escola. Uma escola que tenha como característica a formação integral do educando e que possa estar articulada e inserida dentro da realidade do mundo globalizado.

Nesse contexto, a interdisciplinaridade tem demonstrado ter um mérito próprio na tentativa de transformar ou melhorar o espaço escola em formativo e não só informativo. A construção de um novo conhecimento escolar perpassa, segundo Santomé (1998), pelo desenvolvimento de um pensamento interdisciplinar, voltado para a descoberta de uma nova maneira de se aprender e ensinar; com atividades que priorizem a capacidade de pensar e tentar resolver problemas do cotidiano, que se apresentam de maneira intrincada e com muitas variáveis; e não de maneira disciplinar, sem levar em conta as inúmeras relações necessárias à sua compreensão total. Essa construção pode ser difícil, uma vez que, historicamente, os conceitos são transmitidos por meio de disciplinas, ficando até difícil trabalhar fora desse paradigma, mas, isso não deve impedir a criação de mecanismos de integração disciplinar por meio da articulação de disciplinas de uma mesma área ou de áreas distintas.

Segundo os PCNEM,

A interdisciplinaridade supõe um eixo, que pode ser o objeto de conhecimento, um projeto de investigação, um plano de intervenção. Nesse sentido, ela deve partir da necessidade sentida pelas escolas, professores e alunos de explicar, compreender, intervir, mudar, prever, algo que desafia uma disciplina isolada e atrai a atenção de mais de um olhar, talvez vários (BRASIL, 2000, p. 76).

A ideia da interdisciplinaridade como um dos eixos estruturadores (sendo o outro eixo a contextualização) foi exposta de maneira não muito clara para o professor que não estava habituado a trabalhar sob esse prisma.

Ao se adotar a interdisciplinaridade como um eixo norteador da prática docente, não se excluem as disciplinas, uma vez que o professor, para utilizar essa metodologia, necessita de uma vasta e forte base conceitual científica de sua área ou disciplina específica para melhor vivenciar os conceitos interdisciplinares. A importância da disciplina é explicitada nos PCN+ da área das Ciências da Natureza e Matemática no seguinte trecho:

Note-se que a interdisciplinaridade do aprendizado científico e matemático não dissolve nem cancela a indiscutível disciplinaridade do conhecimento. O grau de especificidade efetivamente presente nas distintas ciências, em parte também nas tecnologias associadas, seria difícil de aprender no Ensino Fundamental, estando naturalmente reservado ao Ensino Médio. Além disso, o conhecimento científico disciplinar é parte tão essencial da cultura contemporânea que sua presença na Educação Básica e, conseqüentemente, no Ensino Médio, é indiscutível (BRASIL, 2002, p. 8).

As OCNEM complementam:

Idealmente, a interdisciplinaridade deve ser construída no contexto do projeto pedagógico da escola. No entanto, mesmo iniciativas isoladas, embora limitadas e não tão efetivas, podem facilitar a aprendizagem dos alunos.

Um primeiro passo, que pode ser produtivo e conduzir posteriormente à interdisciplinaridade sistêmica, é a abordagem simultânea de um mesmo assunto por diferentes disciplinas. Isso exige um acerto de planos de aula e de cronogramas entre os professores, respeitando-se as especificidades de cada disciplina. Nessa ação, professores de diferentes disciplinas e áreas podem descobrir conteúdos que permitam um trabalho conjunto. Podem, também, verificar como um mesmo conceito, processo ou fenômeno, é abordado nas diferentes disciplinas e investigar pontos em comum que podem ser explorados nas aulas (BRASIL, 2006, p. 36-37).

Diante do que foi exposto pelos documentos oficiais, fica perceptível que a nova proposta para o ensino não é a descaracterização das disciplinas, nem a perda da autonomia de seus especialistas. A tarefa fundamental dos professores, parece-nos, é a de socializar o conhecimento específico, disseminando informações e culturas, e não só transmitindo, mas também reconstruindo. É a prática do diálogo entre áreas do conhecimento que leva às relações e às conexões de ideias, fazendo-nos perceber, sentir e pensar de uma nova forma – a interdisciplinar; uma vez que esta propõe a mudança do status das disciplinas, que então são tomadas como um meio de alcançar o conhecimento e não um fim como creem alguns especialistas.

Nessa perspectiva, a proposta aqui apresentada foi desenvolvida, aplicada e avaliada em uma escola de Ensino Médio, e foi produzida em um espaço de tempo especialmente destacado, na escola, para reuniões de estudo dos professores com a equipe pedagógica. O trabalho é fruto de uma dissertação de mestrado gerada no âmbito do Programa de Pós-graduação em Ensino de Ciências Naturais e Matemática da Universidade Federal do Rio Grande do Norte (ALBINO, 2009).

A proposta sugere uma estratégia de ensino sobre temas das ciências da natureza para se trabalhar com um enfoque de interdisciplinaridade, cuja seleção se deu a partir da tomada de decisão de construção de um grupo de estudo em formação na referida escola, diante das dificuldades encontradas pelos professores em relação à proposta de trabalho sugerida pelos documentos oficiais.

As indagações do grupo para o estudo desses documentos foram:

- 1)** Será que elas seriam mais fáceis de entender que os PCNEM?
- 2)** Existe alguma novidade que possa facilitar o ensino-aprendizagem?
- 3)** Os documentos sugerem como o professor pode fazer seu trabalho de maneira mais proveitosa e prazerosa?

As discussões surgidas desse contexto possibilitaram a percepção de angústias que os professores¹ apresentavam a respeito de algumas metodologias de aprendizagem, a exemplo do que se encontra demonstrado por meio das falas a seguir:

¹ Foram atribuídos números aos professores, em vez de identificá-los com os seus próprios nomes.

Prof. 4: “Será que o que faço em sala é o que chamam de método tradicional?”

Prof. 2: “Como não ser tradicional? O vestibular é tradicional.”

Prof. 11: “Eu aprendi assim e agora ninguém aprende nada.”

Prof. 7: “Acho que o mundo é diferente, então, o ensino também deve ser diferente. Não sei como... Mas acho que deve ser diferente. ”

Prof. 1: “Acho que não sei dar uma aula diferente...”

A primeira tentativa foi uma aula com todas as disciplinas da área das Ciências da Natureza, utilizando o tema gerador daquele ano na escola (Ecologia, vivenciando esse conceito). A aula seria apresentada para todo o grupo de professores e coordenadores, depois para os alunos. Assim, poderia ser demonstrada a interação possível entre um grupo interdisciplinar e seria um teste sem o comprometimento da *exposição* aos alunos.

Para que fosse possível planejar e executar a aula, foi preciso, primeiramente, elaborar uma justificativa para a utilização da aula-diálogo como estratégia para a formação de um grupo interdisciplinar de formação continuada.

Na reunião seguinte, foram apresentados a proposta da formação do grupo e o conceito de aula-diálogo, elaborado a partir da fundamentação do conceito de interdisciplinaridade assumido pelo grupo no qual a integração não acontece somente entre as disciplinas, mas também entre pessoas em um determinado fazer. A aula-diálogo foi conceituada, assim, como uma estratégia pedagógica na qual professores de diferentes componentes curriculares e alunos partilham conhecimentos durante uma aula. O planejamento das aulas foi executado pelo grupo de professores a partir de sugestões apresentadas ao grupo de estudo.

Originalmente, as aulas foram desenvolvidas sobre temas relevantes para a cidade do Natal: O estuário do rio Potengi e a água. Embora sejam esses os exemplos apresentados, temos clareza de que, mesmo pertencendo a um contexto específico, ele pode ser adaptado, como procedimento metodológico, a outros contextos que envolvam a água como problema de uma determinada região.

A organização da 1ª aula-diálogo

Em uma primeira discussão no grupo de estudo, que acontecia semanalmente na escola, resolveu-se abordar um problema da cidade do Natal. Depois de muitas ideias e discussões, foi escolhido o estuário do rio Potengi. A escolha do rio se deu devido a vários fatores, dentre eles: a facilidade de se fazer uma excursão com todos os professores e equipe técnica no barco-escola Chama-Maré que é mantido pelo Estado do Rio Grande do Norte. Outro fator preponderante para a escolha foi que esse rio vem apresentando vários problemas em relação à poluição de suas águas devido ao lançamento dos esgotos da cidade in natura; e o fato de ser utilizado como fonte de renda e lazer por muitas comunidades ribeirinhas.

A primeira atividade a ser planejada foi uma excursão com todo o corpo docente do Ensino Médio da escola, que compareceu e pôde observar e fotografar durante todo o percurso, enquanto os monitores e professores do barco discutiam informações históricas e sociais que confirmavam a importância do rio Potengi para a cidade do Natal.

Após a excursão foram realizadas três reuniões com os professores das áreas de Química, Física e Biologia, com o objetivo de estudar o assunto e combinar como seria organizada a aula interdisciplinar sobre o rio Potengi. Foram três encontros, dos quais também participaram, de forma voluntária e entusiasmada, os professores da área das Ciências Sociais. Assim, o grupo foi formado por professores de Física, Biologia, História, Geografia e Química. Durante as reuniões foram sendo levantadas informações consideradas importantes para a aula-diálogo.

Como resultado desse planejamento conjunto, apresentamos a seguir a aula-diálogo desenvolvida, e que pode ser adaptada para outros ambientes aquáticos. Ressalte-se que essa aula teve a participação apenas de professores das várias áreas de conhecimento. Como era um *teste*, os professores decidiram sentir como ficaria uma aula interdisciplinar entre eles mesmos, sem a participação dos alunos.

A preparação da 1ª aula-diálogo: como fazer?

Participantes: professores do Ensino Médio e equipe pedagógica da escola (não havia alunos, nesta primeira experiência).

1) Planejando o início

Decidiu-se que a aula começaria fazendo-se uso da *internet* como ferramenta tecnológica, por meio do Google Earth para mostrar os pontos cardeais e situar o rio e sua localização. Podem ser usadas, também, como fontes de ilustração, sequências de imagens (nesse caso, usaram-se fotos do passeio no barco e outras relacionadas à situação do rio quanto à degradação do mangue, provocada pelas fazendas de camarão; à poluição pelo lançamento de dejetos e lixo, a pesca e o turismo). Tudo isso permeado pelos fatos históricos e sociais que foram presenciados pelo encontro das águas tranquilas do rio com o mar.

2) Explicando o exemplo e propondo a ação

- ▮ Assim, no início da aula, foram mostradas, por meio de imagens, a proporção entre a nossa estrela, o sol, e outras estrelas bem maiores que ela.
- ▮ Depois, o tamanho do sol foi comparado ao do nosso planeta, e a partir da imagem do planeta, pode-se buscar o país e o estado, a cidade. Nesse exemplo, achou-se o Brasil, e nesse, o Rio Grande do Norte, sempre por meio do uso da ferramenta Google Earth. A intenção era demonstrar a importância de nossas ações sobre o ambiente, sendo elas danosas ou sadias, apesar de parecermos tão ínfimos frente ao universo.
- ▮ Uma breve discussão começou, nesse momento, pelos professores sobre os cuidados com nosso ambiente mais próximo, ou seja, aquele que ocupamos todos os dias. No exemplo aqui citado, isso levou à discussão sobre o rio Potengi. Ao

discutir o Potengi, pelas fotos de satélite, a história de nosso país foi contada por meio da Fortaleza dos Reis Magos (numa intervenção do professor de História) e foi possível perceber como ela foi importante para o começo da povoação do nosso estado, além de constituir um ponto importante de defesa do litoral, uma vez que os barcos de nações inimigas ou piratas podiam entrar no rio e ficar escondidos, protegidos não só da turbulência do mar, mas também dos portugueses que chegavam de navios ou por terra. Nesse diálogo, lembrou-se da arquitetura de Fortaleza, de como ela foi construída de maneira a defender a costa e resistir a uma possível invasão por terra.

- ▶ Durante a aula, os professores presentes discutiram sobre a nomenclatura da construção; se deveria ser Fortaleza ou Forte e na resolução foram lembradas as formações de arrecifes e a comunidade bentônica existente ali. Foi lembrada a importância religiosa da Pedra do Rosário devido ao ocorrido, na manhã do dia 21 de novembro de 1753, quando, segundo Câmara Cascudo, um caixote contendo a imagem de Nossa Senhora do Rosário com o menino Jesus em seus braços foi encontrado, e na imagem havia uma faixa envolta que dizia: “Onde esta imagem parar, nenhuma desgraça acontecerá”. As histórias da segunda guerra animaram os professores da área de Códigos e Linguagens que começaram a lembrar de músicas, poemas e livros que abordam o rio e sua participação na história dos natalenses.
- ▶ A equipe foi incisiva em relação ao descaso político e social quando mencionou a comunidade que vive às margens do rio e que por isso convive, mais fortemente, com o lançamento do esgoto nas águas que são usadas por todos para consumo, lazer e também esgoto. Essa fala foi ilustrada com fotos feitas na excursão no barco-escola Chama-Maré. O diálogo prosseguiu adiante abordando o crescimento histórico, social e econômico ocorrido ao longo das margens do Potengi.

3) Observando ressalvas

- ▶ As discussões não foram combinadas anteriormente. Havia uma previsão de como cada professor poderia interferir, o que cada um poderia falar abordando o rio sobre o prisma da sua disciplina, mas nada muito preciso. E assim, uns foram se inserindo no que os outros falavam e, se acontecia alguma impropriedade, ela era resolvida com a palavra do especialista.
- ▶ Foi programado um tempo de aproximadamente 90 minutos para desenvolver a aula, porém, quando o tempo acabou ainda havia muita coisa para ser falada e um grupo de professores entusiasmados com a ideia de participar de aulas tão estimulantes e ricas em termos de aprendizado para todos os participantes. A aula conseguiu sensibilizar muitos professores que chegaram a se emocionar com aquele momento. A iniciativa do pequeno grupo interdisciplinar estimulou-os e provou que é possível formar um grupo com esse perfil na escola e também que trabalhar de maneira integrada pode ser fácil e muito prazeroso.

- » É importante que ocorra, durante a aula, uma interação entre os componentes disciplinares, procurando-se estabelecer que a aula não seja um monólogo em série, ou um jogral, com cada um falando a parte que lhe cabe. É preciso tentar praticar um diálogo, ou algo o mais próximo possível disso. Os professores devem estar o tempo todo articulando os conceitos de cada área de conhecimento, durante esse diálogo.

4) Estudos posteriores à primeira experiência

Com a continuidade das reuniões de estudo, o grupo começou a discutir a necessidade de um planejamento que fosse mais eficaz, uma vez que todos os anos muito do que se discutia e planejava durante a semana pedagógica, no início de ano, não era executado. Isso ocasionava uma tensão constante no grupo que se via pressionado pela equipe pedagógica a executar o que havia sido previsto. Diante da situação, foi proposto o estudo e a utilização de formas de planejamento mais eficazes e que não fossem mais uma carga sem utilidade para o professor.

Mais uma vez o grupo se empenhou em buscar títulos e textos que abordassem o assunto. O estudo levou a elaboração de uma apresentação em *PowerPoint* sobre o planejamento utilizando a unidade didática. Essa proposta agradou aos professores e a equipe pedagógica que apoiou a elaboração de planejamentos por temas mensais que seriam elaborados pela equipe de professores da disciplina sempre na primeira reunião mensal e seriam retomados na próxima reunião de planejamento para os ajustes necessários. As unidades didáticas passaram, assim, a ser usadas por todos os professores e eram corrigidas pelos coordenadores de área, auxiliados por uma especialista no assunto.

A preparação da 2ª aula-diálogo para alunos do 3º ano do Ensino Médio

O grupo interdisciplinar, nas reuniões mensais de estudo, preparou a primeira aula-diálogo para as turmas do 3º ano do Ensino Médio no primeiro semestre do ano de 2008. Para facilitar a logística da aula, o grupo decidiu por um *aulão* (esse termo aqui significará uma aula com o grupo interdisciplinar no auditório do colégio para todos os alunos do 3º ano do Ensino Médio que se interessassem).

O tema proposto foi *a água*. O assunto estava em evidência nas discussões em sala de aula, uma vez que muitas áreas do Nordeste sofriam, nessa época, com enchentes e alguns estados do Sudeste e do Sul amargavam uma grande seca. A aula, portanto, teria como objetivo primário discutir os acontecimentos e conhecer mais sobre a água e sua importância na manutenção da vida e no desenvolvimento das sociedades humanas.

Foram utilizados, além da reunião mensal de estudo, 2 encontros extras para agilizar os estudos e permitir que o assunto abordado na aula estivesse ainda sendo comentado pela mídia. Nesses encontros, foram compartilhadas várias ideias, vídeos e sites, além de conceitos e maneiras de abordagens do conteúdo feitas em sala de aula. Os encon-

tros eram sempre bastante alegres e produtivos do ponto de vista pedagógico. Nesses momentos, foi possível perceber que a interação entre os profissionais das diversas especialidades foi crescendo, e a parceria foi ficando mais evidente.

Segundo Menéndez (2002a) parceria é quando um grupo de trabalho tem incorporada a primícia de que nenhuma forma de conhecimento é em si mesma exclusiva. Isso significa que valorizar o conhecimento do outro é imprescindível e para isso, é preciso uma boa dose de humildade e diálogo com outras fontes de saber. Segundo Dalla Justina (2002a), podemos, por meio das parcerias, gerar um movimento em busca da compreensão da totalidade da realidade, em que construção de conhecimentos ocorre num contínuo ir e vir, no qual o indivíduo aprende consigo, com seus pares e com o meio. Aprender, assim, passa a ser produto de parceria num processo sem fim.

Como resultado dos encontros, foram listados os tópicos que seriam usados como possíveis enredos da aula (isso significa que teriam alguns temas já estabelecidos, mas deixariam espaço para o inesperado, para a ocorrência de surpresas advindas do diálogo durante a aula).

Assim, foram elencados os seguintes tópicos para abordagem na aula-diálogo: Constante dielétrica, tensão superficial, capilaridade, força e coesão, moléculas polares e apolares, movimentos sísmicos, barragens do estado do RN, efeito social e econômico das enchentes nas cidades, e no campo, estados físicos da matéria, força eletromagnética e gravitacional, hidrólise e desidratação, regulamentação do uso da água e sua disponibilidade.

Para facilitar o planejamento foi elaborada uma unidade didática que foi entregue também aos alunos. A partir da elaboração da unidade didática, o trabalho do grupo foi ilustrar possível sequência a ser seguida. É bom lembrar que essa sequência poderia ser desordenada, a partir do momento em que o diálogo levasse a aula por outro caminho, por isso todos os participantes deveriam estar preparados para o imprevisto.

Segundo Fazenda (2002), nas questões de interdisciplinaridade é tão necessário e possível planejar quanto imaginar, o que impede a previsão do que será produzido. A autora segue esse pensamento dizendo que o processo de interação permite gerar entidades novas e mais fortes, poderes novos, energias diferentes. Assim, podemos entender que a unidade didática é o que o grupo planejou para começar ou permear o diálogo, mas esse tem a liberdade de seguir diferente do planejado.

Como recursos didáticos seriam utilizados: o projetor (*data show*); vídeos da *internet* mostrando construção de barragens e funcionamento de hidrelétricas, fotos de cidades nordestinas cobertas pela água, e cidades do sul e sudeste castigadas pela falta desse recurso natural. Também foi planejada a utilização de materiais experimentais de Física e modelos de química, além de fotos e vídeos de seres vivos relacionados a doenças provocadas por enchentes.

2ª aula: a aula-diálogo propriamente dita

Participantes: professores e alunos do Ensino Médio e equipe pedagógica da escola

200 alunos, aproximadamente, inscreveram-se e participaram da aula-diálogo. Essa aula foi planejada para 3 horas ininterruptas e teve a participação de 10 professores do grupo interdisciplinar, sendo que 2 deles participaram dando apoio logístico ao restante do grupo (montagem e manejo de equipamento, suprimento de água, fotografia, filmagem etc.). Além dos professores, a coordenação também se fez presente e a auxiliou.

Para auxiliar na avaliação posterior da aula, foi feito um roteiro de observação e a filmagem para posterior transcrição. A intenção era que os professores pudessem avaliar os pontos negativos que deveriam ser evitados futuramente e os pontos positivos que deveriam ser seguidos, numa aula desse tipo.

A descrição da aula é feita a seguir, com os nomes dos professores tendo sido substituídos por letras.

Descrição da aula-diálogo

Tema: Água

A aula começou com a apresentação de fotos aéreas dos locais cobertos pelas águas das enchentes que estavam assolando o Estado do Rio Grande do Norte como o Vale do Assú. Isso fez com que o professor AM entrevistasse e falasse sobre os estudos geofísicos da região para a construção da barragem Armando Ribeiro Gonçalves no curso do rio Piranhas. AM explicou que os abalos sísmicos na região podem ser provocados pela formação do lago da barragem. Ele explicou que mais de 60 mil pequenos abalos ocorreram nos últimos 20 anos.

Partindo desse diálogo, o professor JC explicou o motivo da construção da barragem e descreveu uma enchente ocorrida na Cidade do Assu, na década de 1970, e de como o governo justificou a construção da barragem Armando Ribeiro Gonçalves como uma maneira de minimizar problemas de enchentes não só no Vale do Assú como também na foz do Rio Piranhas-Assú, que deságua na cidade de Macau, e lembrou-se dos prejuízos em caso de enchentes nessa região que tem grande importância econômica para o estado devido à intensa produção salineira. Naquele momento, passaram a ser abordados os prejuízos econômicos, devidos às cheias, ainda utilizando as fotos aéreas como ilustração.

Durante toda a explanação os professores sentiram-se à vontade para comentar, entrar na discussão – gerando um diálogo interdisciplinar. Os professores JC e PF começaram a explicar o porquê desse grande volume de chuvas na região que, normalmente, tem um baixo índice pluviométrico uma vez que está localizada na região do semiárido brasileiro. Aproveitando essa explicação, o professor ES começou a instigar os alunos a pensarem na importância da água e de onde ela pode ter vindo – como apareceu a água na Terra?! Ela se formou a partir da interação de átomos de hidrogênio e oxigênio aqui mesmo na Terra ou isso aconteceu fora da Terra? – A água pode ter surgido a partir da formação de vapores produzidos pelos vulcões e então, rochas que

formam a maior parte da Terra ou podem ter chegado como parte das capas exteriores de meteoritos ricos em água e também cometas. O professor JS começou então a falar sobre o modelo da molécula da água e das propriedades advindas dessa conformação, chamando a atenção dos alunos para o fato de que na região de Macau – região do Estado do RN conhecida por sua produção salineira – vários tanques de salinização terem sido destruídos com a enchente e isso provocou a salinização do solo nas proximidades das salinas.

Nesse momento o professor PF lembra que isso aumenta o potencial osmótico, o que ocasiona a morte dos vegetais dessa região afetada. ES começou, então, a falar de uma importante propriedade da água, a tensão superficial e de como ela é importante para a ocorrência de vários mecanismos biológicos. JS lembrou que na inauguração da Ponte Nilton Navarro que liga o centro de Natal à Zona norte da cidade, um menino pulou, brincando, e morreu ao cair na água; isso porque, devido à forte tensão superficial e à altura do vão central da ponte, fez parecer que era concreto, o lugar onde ele caiu, ao invés de água. ES, então, perguntou o porquê da tensão superficial da água ser 5 vezes maior que a da gasolina e uma aluna prontamente respondeu que é devido as ligações intermoleculares.

AM perguntou:

- Há interação eletrostática entre esses dois líquidos?
- Não, respondeu a aluna.

EL entrou no diálogo lembrando a tensão superficial e mostrou que alguns seres vivos utilizam essa propriedade da água – mostrou um vídeo de um lagarto que caminha sobre a água. EL aproveitou também e comentou como as plantas utilizam a tensão-coesão para levar a seiva bruta, por capilaridade, até o topo das altas árvores. PJ lembrou, também, uma inusitada relação entre *a epidemia de dengue e a tensão superficial*. Ele disse:

- Os mosquitos se *utilizam* dessa propriedade para manter os ovos na superfície. O pó colocado pelos agentes de saúde tem como objetivo a quebra da tensão superficial.
- Eles são espertos, completou um aluno.

AM colocou então um vídeo que demonstrava a quebra da tensão superficial e comentou sobre a diferença de tensão existente entre o leite e a água, o que justifica o leite subir quando ferve e a água, não. PJ disse então que é por isso que algumas pessoas fervem o leite com uma colher dentro da leiteira para que ele não derrame ao ferver. PJ aproveitou que estava falando sobre líquido e lembrou a forma esférica dos líquidos devido à coesão e explicou porque o líquido assume a forma do recipiente que o contém.

AM disse: “A ação gravitacional é mais intensa que as forças de coesão do líquido”.

Isso foi ilustrado por um vídeo da National Aeronautics and Space Administration (NASA)² que demonstrava essa forma esférica dos líquidos e explicava que essa forma é a que gasta menor potencial energético. EL, aproveitando que se falou em energia, relacionou os tipos de reação em que a água faz parte – hidrólise e desidratação na formação e degradação de compostos energéticos, e JS recordou como ocorrem, quimicamente, essas reações mencionadas por EL. WH entrou no diálogo e perguntando

² Em português: Administração Aeronáutica e Espacial Nacional (NASA).

aos alunos o que eles achavam que um professor de História estava fazendo ali. Depois de algumas risadas dos alunos, ele perguntou se alguma vez os alunos já haviam pensado na importância da água para a humanidade, lembrou que esse precioso líquido participou do processo de sedentarização e assim foi agente de organização das civilizações antigas. E passou então a explicar sobre o significado de dizer que um determinado povo é civilizado. Recordou, em certo momento, o filme *Os 300* falando: “Quando o emissário de Xerxes – rei da Pérsia – vai ao encontro de Leônidas – rei de Esparta – e diz que os persas querem, somente, terra e água” Isso pôde evidenciar a importância da água para a formação das grandes civilizações antigas.

PF, então, advertiu que ainda hoje a água é motivo de disputas e guerras entre povos e nações; como, por exemplo, o que ocorre nas bacias dos rios Tigre e Eufrates no Oriente Médio, que banham vários países da região: “Ocorrem também conflitos na Palestina, entre árabes e judeus, que disputam regiões da Cisjordânia onde existem nascentes do rio Jordão, portanto a devolução dessas terras ao domínio exclusivo dos palestinos poderia levar a problemas de abastecimento de água no estado de Israel”.

Nesse momento JC lembrou os conflitos pacíficos da gestão partilhada em relação ao aquífero (lençol muito profundo) guarani que envolvem Brasil, Argentina, Paraguai e Uruguai. JC recordou os processos utilizados pelos judeus para fazer a irrigação no deserto de Neguev.

WH mostrou em mapa o delta do rio Nilo e justificou sua importância para o crescimento do Antigo Egito a partir da grande produção de bens – terra e água. Ele comparou a região do delta do Nilo com a planície do rio Tigre e Eufrates e explicou que lá na planície não existia riqueza tão grande quanto no Nilo, por não apresentar as cheias frequentes ocorridas no delta: “Isso fez com que o estado precisasse de ações mais firmes e implacáveis para a manutenção da ordem e poder, por isso foi feito o código de Amuhab – um princípio disciplinador que utilizava como base de orientação jurídica a lei do talião (olho por olho, dente por dente) que diferia do princípio jurídico interpretativo que rege a nossa sociedade, que segue a legislação jurídica romana, onde todos são inocentes; até que se prove o contrário”.

O professor JC começou a falar sobre o rio São Francisco e a barragem e Hidrelétrica de Sobradinho – Nesse momento foi passado um filme sobre a barragem e a Hidrelétrica de Sobradinho. E ocorreu uma pequena discussão entre professores e alunos sobre a transposição do rio São Francisco.

EL aproveitou uma discussão sobre a população ribeirinha e discorreu sobre algumas doenças ocasionadas pela contaminação da água por organismos patogênicos e também algumas outras doenças relacionadas à água, como a dengue – que já havia sido mencionada. EL continuou falando da importância da água em relação à manutenção da temperatura devido ao alto calor específico.

AM começou a explicar sobre calor específico e EW conceituou essa grandeza e justificou o significado da constante. Ele disse que: “Ter alto calor específico significa que esse líquido, ao participar das trocas de calor varia muito pouco a sua temperatura. Em locais muito úmidos, como Natal, a amplitude térmica é muito pequena”.

O professor PJ recordou que muitos confundem calor específico com capacidade térmica: “O que queima é a temperatura ou calor? – calor, a temperatura não queima.

Quando lixamos uma barra de ferro, sai fagulha, por que essas fagulhas não queimam se estão a 250° C? Pela pequena capacidade térmica do ferro e pela pequena massa das fagulhas”.

Nesse instante, AM e GB apresentaram algumas experiências demonstrando a capacidade térmica e calor específico, com bolas de borracha e água – Eles encheram bolas de borracha com ar e com água e depois as aqueceram utilizando um isqueiro, as que estavam com ar estouraram e as que estavam com água não, os professores explicaram que isso ocorria devido ao que foi explanado sobre a grande capacidade térmica da água. Em outra demonstração eles enrolaram um pedaço de papel em um metal e aqueceram com o isqueiro e ele também não queimou.

EW explicou: “Isso se deve a condução térmica, o calor é “roubado” pelo metal, por isso o papel não queimou”.

Seguiram-se algumas outras demonstrações com nitrogênio líquido que comprovaram a umidade do ar, com a formação de neve. AM explicou: “Em locais com alta umidade e baixíssimas temperaturas há a solidificação desses vapores de água”.

Outra demonstração, utilizando o nitrogênio líquido, foi o congelamento da água de um recipiente colocado em contato com o nitrogênio líquido. PJ aproveitou esse momento para explicar o porquê de não existir picolé de bebidas alcoólicas, devido ao ponto de congelamento do álcool ser muito baixo. Ao final das demonstrações JC e PF citaram o problema de abastecimento de água no interior do estado.

JC – “Primeiramente, o trem da água que ia até Lages. Na década de 90, começaram os projetos de adutoras, que depois de implantados em alguns municípios diminui o índice de mortalidade infantil e o número de doenças ocasionadas pela água contaminada”.

PF – “Uma grande discussão ocasionada pelas adutoras é em relação a adutora Monsenhor Expedito que retira água de uma lagoa – Bonfim – que tem sua alimentação de água somente pela chuva. a grande retirada da água fez com que a lagoa diminuísse muito sua lâmina de água, o que fez com diminuísse a pesca que era o meio de subsistência de muitas famílias que residem próximas a lagoa”.

Finalizando, os professores chamaram a atenção para a importância de uma regulamentação e fiscalização para a utilização desse bem tão importante e WH contou como Monsenhor Expedito conseguiu convencer os políticos da importância de se fazer as adutoras para levar água para o sertão.

WH – “Monsenhor Expedito teve um papel muito importante no processo de construção das adutoras. Em Angicos, quando se estava discutindo a construção das adutoras que contou com verba federal e estadual. Monsenhor Expedito reuniu as autoridades estaduais e federais que estavam ligadas a esse processo para discutir as possibilidades, e então, orientou os funcionários – os garçons - a não servir água durante a reunião – começou a reunião e trinta minutos... 1h... 2h... Começou ministro, secretário... Todos ‘aperreados’, olhando para os lados, procurando água... e Monsenhor disse aos garçons, segurem, não sirvam água. Quando todo mundo estava já comentando, querendo parar a reunião, ele disse: Eu deixei vocês sem água de propósito... Para vocês sentirem o que é a falta de água para o homem do sertão... Vocês passaram, aqui, três horas sem água e estão todos aí, agitados e perturbados, imaginem esse povo do nordeste brasileiro que sofre essa falta de água todos os dias... Esse foi um dos argumentos que Monsenhor

Expedito usou para convencer as autoridades da necessidade das adutoras no nordeste e especificamente no Rio Grande do Norte”.

Os professores agradeceram a presença dos alunos, fizeram menção a uma determinada festa da qual talvez os alunos fossem participar à noite, em tom de brincadeira. E a aula foi finalizada depois de aproximadamente 130 min.

A análise da aula foi feita utilizando duas ferramentas: um questionário – respondido logo após o término da aula – e uma reunião do grupo interdisciplinar e da coordenação pedagógica para definir e discutir os pontos positivos e os negativos da aula que foram apontados a partir da observação da aula guiada pelo roteiro de observação.

Análise da aula pelo grupo interdisciplinar de professores, a partir do roteiro de observação da aula

O grupo percebeu, com base no roteiro de observação e na filmagem, que os conteúdos foram sendo introduzidos de acordo com o que ia sendo abordado pelos diversos professores e também de acordo com as perguntas que iam sendo feitas pelos alunos. Assim, ficou claro que era preciso uma preparação eficaz e que os professores estivessem muito seguros quanto a sua disciplina.

Isso confirma o que diz os PCNEM: “Somente o domínio de uma dada área permite superar o conhecimento meramente descritivo para captar suas conexões com outras áreas do saber na busca de explicações” (BRASIL, 2000, p. 77).

Os PCN+ complementam essa afirmação dos PCNs e direcionam as diversas disciplinas para um objetivo comum que é o das competências:

Não se cogita em descaracterizar as disciplinas, confundindo-as todas em práticas comuns ou indistintas; o que interessa é promover uma ação concentrada do seu conjunto e também de cada uma delas a serviço do desenvolvimento de competências gerais que dependem do conhecimento disciplinar (BRASIL, 2002, p. 16).

De acordo com as observações realizadas, o diálogo desejado entre os professores não foi estabelecido exatamente, mas quando um justificava determinada informação, mencionada anteriormente por outro, a intenção era provocar esse diálogo. Essas justificativas tentavam relacionar visões diferenciadas do tema, ou conceitos que estavam sendo abordados no momento.

A aula partilhada provocou, de acordo com a percepção dos professores, uma melhoria nas relações interpessoais entre professores e entre professores e alunos. Além disso, alguns professores relataram que puderam aprender como outros profissionais posicionavam-se frente a determinadas posturas da turma ou determinados assuntos e assim puderam aprender mais e de outras maneiras. Depoimentos como este transcrito a seguir ratificam a importância da utilização da prática interdisciplinar no processo de formação continuada: “Durante a aula, percebi que poderia abordar o tema água de outras formas e que isso poderia enriquecer mais minhas futuras aulas sobre o tema. [...] Achei interessante o fato de até meu vocabulário ter se enriquecido” (Informação verbal).

Para Santomé (1998), a interdisciplinaridade defende a formação um novo tipo de pessoa, mais aberta, flexível solidária, democrática e crítica. Pois, segundo ele, o mundo atual precisa de pessoas com uma formação cada vez mais polivalente para enfrentar uma sociedade na qual a palavra mudança é um dos vocábulos mais frequentes.

O grupo interdisciplinar percebeu que a integração entre as disciplinas não ocorreu da maneira como tinha sido prevista nas reuniões de preparação, mas que mesmo quando o *diálogo* direcionou-se para um assunto sobre o qual determinado professor não possuía conhecimento científico suficiente, as intervenções foram elucidatórias, uma vez que o especialista pôde intervir com uma réplica correta. Essa percepção provocou este comentário por parte de um professor: “Compreendi que algumas vezes vou estar lá só aprendendo e em outras vou ensinar, mesmo sem perceber...”.

Quanto ao tema que promoveu maior integração entre as disciplinas foi concluído pelo grupo que esse aspecto não deveria ser levado em consideração, uma vez que já havia ficado claro que a proposta de interdisciplinaridade seguida pelo grupo seria mais próxima do que é defendido por Fazenda (1993) não sendo, portanto, centrada na epistemologia e sim na ação ditada pelo grupo interdisciplinar.

A interdisciplinaridade perpassa todos os elementos do conhecimento, pressupondo a integração entre eles, porém, é errado concluir que ela é só isso. A interdisciplinaridade está marcada por um movimento ininterrupto, criando ou recriando pontos para a discussão.

A avaliação da aula permitiu ao grupo perceber que a interdisciplinaridade ainda não tinha sido alcançada de maneira plena, e isso pôde ser ilustrado no seguinte diálogo:

JC – Percebi que o que fizemos na aula está parecido com o que estudamos da pseudo interdisciplinaridade, né?!

PF – Bom, eu também percebi que ainda não podemos intitular nossa aula de interdisciplinar, mas a integração que ocorreu já valeu para ser usada como referência.

WH – Acho que o mais importante é termos começado a planejar e executar atividades em grupo, um dia a gente chega lá.

Essa avaliação foi positiva no sentido de manter a continuidade dos estudos e da compreensão de que a interdisciplinaridade não é meramente um conceito, mas deve ser entendida como uma ação contínua em direção ao desconhecido. Uma corajosa ação norteada, segundo Ferreira (1993), por eixos básicos como: a intenção, a humildade, a totalidade, o respeito pelo outro, etc.

Considerações finais

A apresentação da proposta do trabalho interdisciplinar, a aula-diálogo, mostrou-se muito útil para o grupo, pois facilitou o posicionamento do professor em relação a práticas interdisciplinares e o trabalho em grupo, permitindo uma maior integração dos conhecimentos disciplinares e maior conexão entre os professores das diversas disciplinas envolvidas no processo.

Além disso, os professores passaram a fazer o planejamento por meio de unidades didáticas e passaram a se interessar mais pelas reuniões de formação, trazendo textos para serem partilhados e discutidos pelo grupo interdisciplinar.

A descrição das aulas e posterior reunião de avaliação permitiram que o grupo elenque limites e, também, possibilidades, ao se trabalhar sob o prisma interdisciplinar. Isso garantiu o desenvolvimento contínuo do espírito interdisciplinar nos professores, conforme denominação de Fazenda (1993).

Embora o trabalho tenha dado resultados positivos, fazem-se necessários alguns comentários a cerca de considerações que, se observadas, poderiam ter facilitado as ações, quais sejam:

- 】 a existência de coordenadores de atividades para o desenvolvimento de ações interdisciplinares é importante para o grupo. A falta de uma pessoa responsável por *estimular* e organizar os estudos pode levar todo um trabalho ao fracasso, pois o grupo se desestabiliza e as pessoas voltam-se para outros afazeres e a confraria acaba por se dissolver;
- 】 é importante que o grupo procure incentivar sua autorreflexão crítica a respeito de suas concepções e práticas sobre o tema que está sendo estudado ou sobre o tema da aula-diálogo. Isso pode incentivá-los a tornarem-se professores pesquisadores e inovadores de suas próprias práticas pedagógicas;
- 】 o grupo de estudo deve buscar um contínuo entrelaçamento do processo de formação do professor com o cotidiano escolar em suas diversas manifestações e dimensões;
- 】 os estudos devem estar sempre centrados nas necessidades práticas, mas sem esquecer a importância da teoria que dá suporte a estas práticas, uma vez que é necessário que o professor compreenda que os modelos de ensino se apoiam em concepções específicas de ciência. É fundamental para o desenvolvimento do profissional que ele possa desvendar as concepções em que se apoiam suas práticas pedagógicas.

Nessa perspectiva, o professor torna-se agente reflexivo de sua própria ação pedagógica e, assim, passa a buscar, cada vez mais, subsídios teóricos e práticos para iluminar as questões advindas de suas reflexões. Isso gera novas ações, essas também sofrerão novas reflexões, e assim por diante, continuamente. Trata-se, portanto, de um processo não linear, uma vez que algumas práticas podem se mostrar ineficientes, após a reflexão dos resultados. Os avanços e retrocessos são parte do processo de reflexão sistemática da ação educativa em constante transformação.

Apesar desses percalços, os resultados encontrados e o apoio da instituição garantiram a continuidade do processo de formação continuada e permanente, dos professores do Ensino Médio e permitiram a continuidade do grupo interdisciplinar. Além disso, as unidades didáticas continuam sendo motivo para questionamentos e aprendizagens. Tudo isso permite o vislumbrar de outras possibilidades de projetos interdisciplinares e a permanência do processo de formação continuada.

Referências

- ALBINO, M. G. F. N. *A prática interdisciplinar como estratégia de aprendizagem na formação continuada: uma experiência com professores da área das ciências da natureza*. Programa de Pós-Graduação em Ensino de Ciências Naturais e Matemática da UFRN, 2009.
- BRASIL. Ministério da Educação. Secretaria de Educação Média e Tecnológica. *Parâmetros Curriculares Nacionais: Ensino Médio*. Brasília: MEC, 2000.
- BRASIL. Ministério da Educação. *PCN + Ensino Médio: Orientações educacionais complementares aos Parâmetros Curriculares Nacionais. Parte III – Ciências da Natureza, Matemática e suas tecnologias*. Brasília: MEC, 2002.
- BRASIL. Ministério da Educação. Secretaria de Educação Básica. *Ciências da Natureza, Matemática e suas tecnologias*. Brasília: MEC/SEB, 2006. 135 p. (Orientações Curriculares para o Ensino Médio, v. 2).
- DALLA, Justina Reginaldo. Parceria. In: FAZENDA, Ivani (Org.). *Dicionário em construção: interdisciplinaridade*. 2. ed. São Paulo: Cortez, 2002a.
- FAZENDA, Ivani C. A. (Org.). *Práticas interdisciplinares na escola*. 2. ed. São Paulo: Cortez, 1993.
- FAZENDA, Ivani C. A. (Org.). *Dicionário em construção: interdisciplinaridade*. 2. ed. São Paulo: Cortez, 2002.
- FAZENDA, Ivani C. A. (Org.). *Interdisciplinaridade na formação de professores: da teoria à prática*. Canoas: ULBRA, 2006.
- FERREIRA, Maria Elisa de M. P. Perceber-se interdisciplinar. In: FAZENDA, Ivani (Org.). *Práticas interdisciplinares na escola*. 2. ed. São Paulo: Cortez, 1993.
- MENÉNDEZ, Nelly Zumilda. Parceria. In: FAZENDA, Ivani (Org.). *Dicionário em construção: interdisciplinaridade*. 2. ed. São Paulo: Cortez, 2002a.
- SANTOMÉ, Jurjo T. *Globalização e interdisciplinaridade: O currículo integrado*. Trad. Cláudia Schilling. Porto Alegre: Artmed, 1998.

