

COLEÇÃO ENSINO, FILOSOFIA  
E HISTÓRIA DAS CIÊNCIAS



## ENSINO E DIDÁTICA DAS CIÊNCIAS

Anderson Souza Neves, Edmo Fernandes Carvalho,  
Luiz Marcio Santos Farias, Márcia Azevedo Campos  
(Organizadores)



E D U F B A



# ENSINO E DIDÁTICA DAS CIÊNCIAS

UNIVERSIDADE FEDERAL DA BAHIA

Reitor

*João Carlos Salles Pires da Silva*

Vice-reitor

*Paulo César Miguez de Oliveira*

Assessor do Reitor

*Paulo Costa Lima*



EDITORA DA UNIVERSIDADE FEDERAL DA BAHIA

Diretora

*Flávia Goulart Mota Garcia Rosa*

Conselho Editorial

*Alberto Brum Novaes*

*Ângelo Szaniecki Perret Serpa*

*Caiuby Alves da Costa*

*Charbel Niño El Hani*

*Cleise Furtado Mendes*

*Dante Eustachio Lucchesi Ramacciotti*

*Evelina de Carvalho Sá Hoisel*

*José Teixeira Cavalcante Filho*

*Maria Vidal de Negreiros Camargo*

COLEÇÃO ENSINO, FILOSOFIA E HISTÓRIA DAS CIÊNCIAS

Anderson Souza Neves;  
Edmo Fernandes Carvalho;  
Luiz Marcio Santos Farias;  
Márcia Azevedo Campos  
(Organizadores)

# ENSINO E DIDÁTICA DAS CIÊNCIAS

Salvador  
EDUFBA  
2016

2016, Autores.  
Direitos para esta edição cedidos à Edufba.  
Feito o Depósito Legal.

Grafia atualizada conforme o Acordo Ortográfico da Língua  
Portuguesa de 1990, em vigor no Brasil desde 2009.

Capa e Projeto Gráfico  
Rodrigo Oyarzábal Schlabit

Imagem da Capa  
ESTANCEL, Valentim, S.J. 1621-1705,  
Uranophilus Caelestis Peregrinus, Sive Mentis Uranicae Per Mundum Sidereum Peregrinantis Extases /  
Authore Valentino Estancel, De Castro Julii, Moravo, e Societate Jesu. olim, in Universitate Pragensi, deinde  
in Regia Olyssiponensi Matheseos Magistro, demum Theologiae moralis in Urbe S. Salvatoris, vulgo Bahya  
Omnium Sanctorum in Brasilia, Professore. - Gandavi .: - Prostant Antuerpiae : apud Heredes Maximiliani  
Graet : apud Michaelem Knobbaert, 1685. - [14], 222, [14] p. : il., desdobr.; 4° (23 cm)

Revisão e Normalização  
Filipe Cerqueira Castro e Cíntia Oliveira Gonzaga

Sistema de Bibliotecas - UFBA

---

Contribuições da didática da matemática para a prática dos professores / Anderson  
Souza Neves ... (Org.) ... [et al.]. - Salvador : EDUFBA, 2016.  
318 p. - (Coleção Ensino, filosofia e história das ciências ; 2)

ISBN 978-85-232-1528-6

1. Matemática - Estudo e ensino. 2. Professores - Formação. 3. Prática de ensino.  
4. Educação - Inovações tecnológicas. 5. Didática. I. Neves, Anderson Souza. II. Série.

CDD - 510.7

---

Editora filiada a

  
ASOCIACION DE EDITORIALES  
UNIVERSITARIAS DE AMERICA  
LATINA Y EL CARIBE

  
Associação Brasileira  
das Editoras Universitária:

  
Câmara Bahiana do Livro

EDUFBA  
Rua Barão de Jeremoabo, s/n, Campus de Ondina,  
40170-115, Salvador-BA, Brasil  
Tel/fax: (71) 3283-6164  
[www.edufba.ufba.br](http://www.edufba.ufba.br) | [edufba@ufba.br](mailto:edufba@ufba.br)

# SUMÁRIO

9 APRESENTAÇÃO

11 INTRODUÇÃO

## PARTE I: TEORIAS, DIDÁTICA E SUAS CONTRIBUIÇÕES PARA O ENSINO DAS CIÊNCIAS

17 RESOLUÇÃO DE PROBLEMAS: CONTRIBUIÇÕES PARA O ENSINO, A APRENDIZAGEM E A AVALIAÇÃO

*Lourdes de la Rosa Onuchic*

29 O VAZIO DIDÁTICO, AS INTER-RELACÕES ENTRE OS GRANDES DOMÍNIOS DA MATEMÁTICA E A PRÁTICA DOS PROFESSORES

*Luiz Marcio Santos Farias*

49 IMPORTANCE ET METHODOLOGIE DE L'OBSERVATION DE CLASSES DANS LES RECHERCHES EN DIDACTIQUE

*Claude Comiti*

79 CONTRIBUIÇÕES DA TEORIA DAS SITUAÇÕES DIDÁTICAS NO TRABALHO DO PROFESSOR DE MATEMÁTICA

*Gilson Bispo de Jesus*

87 LA THÉORIE ANTHROPOLOGIQUE: LA PRAXÉOLOGIE COMME CADRE D'ANALYSE DES PRATIQUES INSTITUTIONNELLES ET DES MANUELS

*Hamid Chaachoua*

## PARTE II: FORMAÇÃO DE PROFESSORES, DIDÁTICA, COGNIÇÃO E AS CIÊNCIAS

99 LA BIOLOGIE ET SA DIDACTIQUE: RECHERCHE ET FORMATION DES ENSEIGNANTS

*Pierre Clément*

143 COMPETENCIAS PROFESIONALES DEL PROFESOR PARA EL DESARROLLO Y EVALUACIÓN DE COMPETENCIAS

*Vicenç Font*

147 DIFFICULTES D'ENSEIGNANTS DEBUTANTS DANS LA MISE EN ŒUVRE DE DEMARCHES D'INVESTIGATION ETUDE DE CAS EN PHYSIQUE

*Jean-Claude Guillaud*

161 L'ÉPISTEMOLOGIE ET L'HISTOIRE DES SCIENCES ET DES TECHNIQUES ET FORMATION PROFESSIONNELLE: LE CAS DES FUTURS ENSEIGNANTS DE SCIENCES

*Muriel Guedj*

- 183 DESENHO DE TAREFAS PARA O DESENVOLVIMENTO DA COGNIÇÃO E METACOGNIÇÃO MATEMÁTICA  
*Tânia Cristina Rocha Silva Gusmão*
- 195 A LINGUAGEM E A REPRESENTAÇÃO DE CONCEITOS MATEMÁTICOS  
*Márcia Azevedo Campos*  
*Sandra Magina*  
*Luiz Márcio Santos Farias*
- 205 ENSINO DE ÁLGEBRA NOS ANOS INICIAIS DO ENSINO FUNDAMENTAL  
*Ana Virginia de Almeida Luna*

**PARTE III: TECNOLOGIAS DA INFORMAÇÃO E COMUNICAÇÃO A SERVIÇO DA EDUCAÇÃO (TICE), DIDÁTICA E OS JOGOS NA EDUCAÇÃO**

- 219 TECNOLOGIAS E EDUCAÇÃO MATEMÁTICA: INVESTIGAÇÕES, DISPOSITIVOS, FERRAMENTAS, ARTEFATOS E INTERFACES PARA EDUCAÇÃO BÁSICA  
*Saddo Ag Almouloud*
- 231 ESTUDO DE RELAÇÕES EM SALA DE AULA COM A PRESENÇA DE AMBIENTES COMPUTACIONAIS DE APRENDIZAGEM – PERSAC  
*Afonso Henriques*
- 255 PLATAFORMA DE COLABORAÇÃO ONLINE EM INOVAÇÕES NO ENSINO DE CIÊNCIAS E BIOLOGIA: DIVULGAÇÃO DE SEQUÊNCIAS DIDÁTICAS  
*Ana Paula Miranda Guimarães*  
*Alessandro Sousa*  
*Ayane de Souza Paiva*  
*Rosiléia Oliveira de Almeida*
- 269 O POTENCIAL DE JOGOS E EXPERIMENTAÇÃO COMO FERRAMENTAS DIDÁTICAS PROMOTORAS DE APRENDIZAGEM CONCEITUAL NO ENSINO DE BIOLOGIA: A EXPERIÊNCIA DA PESQUISA DO COPPEC  
*Claudia de Alencar Serra e Sepúlveda*  
*Ricardo Ferreira Machado*  
*Vanessa Perpétua Garcia Santana Reis*  
*Ana Lúcia Albuquerque Pereira Costa Amarante*  
*Maria da Conceição Lago Careiro*  
*Susie Vieira de Oliveira*  
*Charbel Niño El-Hani*



#### PARTE IV: CONTRIBUIÇÕES DA DIDÁTICA PARA A PRÁTICA DE PROFESSORES

- 291 LA CREACIÓN DE PROBLEMAS COMO MEDIO PARA AMPLIAR HORIZONTES MATEMÁTICOS  
*Uldarico Malaspina Jurado*
- 301 REFLEXÕES SOBRE O USO DIDÁTICO DE HISTÓRIA E FILOSOFIA DA CIÊNCIA NO ENSINO DE FÍSICA  
*Elder Sales Teixeira*
- 309 CONTRIBUIÇÕES DO CÁLCULO RELACIONAL PARA A RESOLUÇÃO DE QUESTÕES EM SOLUÇÕES QUÍMICAS NO ENSINO MÉDIO  
José Vieira da Nascimento Júnior  
Rosemeire de Fátima Batistela  
Eliene Barbosa Lima  
Luiz Márcio Santos Farias



## Apresentação

Esta obra marca o nascimento da Coleção Ensino, Filosofia e História das Ciências e foi idealizada a partir das discussões surgidas sobre a Didática das Ciências no I Colóquio Internacional sobre Ensino e Didática das Ciências e III Seminário Regional do Laboratório de Integração e Articulação entre Pesquisas em Educação Matemática e Escola (LIAPEME), realizados pela UFBA em parceria com a Universidade Estadual de Feira de Santana (UEFS), em outubro de 2014. Tais eventos reuniu pesquisadores, professores, estudantes de graduação e de pós-graduação brasileiros e estrangeiros, que se interessavam ou que já se dedicavam a trabalhos com questões relacionadas ao Ensino e Didática das Ciências Naturais e da Matemática. E assim, surgiu o nosso interesse em divulgar as pesquisas, experiências e reflexões desses estudiosos.

As temáticas aqui apresentadas associam aspectos epistemológicos, teóricos, metodológicos e práticos sobre o Ensino e Didática das Ciências. As ideias iniciais acerca dos desafios do Ensino da Matemática e Ciências Naturais foram projetadas a partir das discussões levantadas durante as atividades do Laboratório de Integração e Articulação entre Pesquisas em Educação Matemática e Escola (LIAPEME) e do Núcleo Interdisciplinar de Pesquisa, Ensino e Didática das Ciências, Matemática & Tecnologias (NIPEDICMT).

Lançamos o primeiro número da Coleção Ensino, Filosofia e História das Ciências intitulada *Ensino e Didática das Ciências* assumindo a responsabilidade de ampliar tais discussões, sobretudo, provocar e confeccionar proposições a fim de compartilhar, socializar e difundir as singularidades das pesquisas realizadas e suas potencialidades articuladores com a cultura.

A primeira parte deste volume é composta de cinco capítulos que discutem Teorias, Didática e suas contribuições para o ensino das Ciências, as inter-relações entre os domínios da Matemática e a prática docente, os problemas decorrentes dessas inter-relações e o ensino de conteúdos matemáticos através da resolução de problemas. São discussões sobre Teorias que discutem o ensino e a aprendizagem, especificamente A Teoria das Situações Didáticas de Brousseau (1986), a Teoria Antropológica do Didático (TAD) de Chevallard (1999) e suas contribuições na elaboração e análise didática dos materiais escolares no campo da educação Matemáticas e das Ciências.

A segunda parte, Formação de Professores, Didática, Cognição e as Ciências, traz sete 7 capítulos com artigos que discutem a formação do professor frente às Ciências, como também, as competências e habilidades necessárias às suas práticas, os problemas de ordem cognitivista inerentes ao processo, as epistemologias e a história das ciências. A Biologia, a Física e a Matemática estabelecem um elo de interlocução quando se discute a didática que permeia o trabalho docente.

A terceira parte, Tecnologias da Informação e Comunicação a serviço da Educação (TICE), Didática e os jogos na Educação, é composta de quatro capítulos que tratam dos recursos e das inovações tecnológicas e a suas relações com o ensino da matemática, bem como das suas contribuições ao processo de ensino e aprendizagem das Ciências. Discute-se também o potencial dos jogos como recurso didático em projetos com objetivos educacionais.

A última parte, intitulada Contribuições da Didática para a prática dos professores, apresenta quatro capítulos que discutem desde a criação de problemas para o ensino das Ciências e da Matemática, tendo como fio condutor das discussões as teorias que servem de aporte para a institucionalização e utilização dessas práticas em sala de aula.

Agradecemos a todos os autores que fazem parte deste livro, pela confiança no projeto deste livro e por suas importantes contribuições à comunidade científica. Agradecemos também a comissão organizadora do I Colóquio Internacional Sobre Ensino e Didática das Ciências e a todos que participaram da idealização e realização do evento, de onde surgiu a ideia inicial para o lançamento desta coleção e a concretização do projeto, e à Universidade Federal da Bahia (UFBA) pela oportunidade de divulgar os trabalhos que, esperamos, possam contribuir para outros estudos em didática. Aos servidores da UFBA, nosso agradecimento por contribuir nos procedimentos institucionais para a publicação. E também agradecemos ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), à Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) e à FAPESB pelo financiamento das pesquisas e dos eventos que possibilitaram essa coletânea de trabalhos.

*Prof. Dr. Luiz Márcio Santos Farias*  
*Profa. Msc. Márcia Azevedo Campos*  
*Prof. Msc. Edmo Fernandes Carvalho*  
*Prof. Esp. Anderson Souza Neves*

Organizadores da Coleção

## Introdução

Este livro traz à discussão, através de algumas pesquisas, o Ensino, a Filosofia e a História das Ciências, que é o título da coleção. São pesquisas e estudos que buscam subsídios para compreender não só o processo didático como também os aspectos cognitivos naturalmente decorrentes. São discutidos nas páginas seguintes o ensino e a aprendizagem, a formação dos professores e a contribuição das Teorias de Ensino e da Didática para a matemática e as Ciências. Esta discussão ultrapassa o domínio das Ciências e de seu ensino e trata da própria natureza do funcionamento cognitivo humano e, portanto, dos aspectos filosóficos e históricos que lhes são peculiares. As formas de organização e relacionamento da sociedade em que vivemos, nos mostram que, cada vez mais, novas habilidades e competências são solicitadas aos indivíduos que a compõem.

A nossa intenção maior é apresentar e discutir bases teórico-metodológicas da pesquisa em Ensino e Didática das Ciências numa abordagem diversificada de assuntos atuais. A nossa pretensão é proporcionar aos leitores da Coleção, e em especial aos professores, condições necessárias para a reflexão, debate e delimitação de projetos de pesquisa, além de colocar em discussão o panorama atual das pesquisas na área da Didática, na Educação Matemática e nas Ciências de forma geral, no campo da ciência contemporânea.

A história nos mostra que as teorias que embasam as discussões sobre Ciências são criadas, modificadas, substituídas e até extintas ao longo do tempo, na busca de se adequar às necessidades humanas. Nesse contexto, a Didática, enquanto objeto de estudo de pesquisadores, deve pensar os múltiplos e novos contextos de ensino e suas especificidades para então propor teorias e modelos que sejam capazes de analisar os fenômenos do ensino e da aprendizagem no meio social onde vivem os seus sujeitos.

As teorias surgem reinterpretando, evoluindo, não como forma de negar, mas como forma de adaptação a uma nova realidade. Na análise desse processo evolutivo dos saberes produzidos pela humanidade, associados ou não a um contexto histórico e cultural, estão as diversas fontes que condicionam as transformações nas Ciências e conseqüentemente nas práticas educativas associadas.

Pretendemos oferecer aos leitores elementos da Didática, das Teorias e das situações aqui discutidas subsídios e modelos que possam aplicar em suas salas de aula, vislumbrando a melhoria do ensino das Ciências. A linguagem e as situações apresentadas são claras, diretas e estão relacionadas às situações experimentadas no cotidiano da sala de aula de nossas escolas, sem, no entanto, perder o rigor e o aprofundamento necessários a uma discussão teórica.

O mundo está em mudanças, a tecnologia está mudando, a Matemática e as Ciências estão mudando e, portanto, a Educação Matemática e Científica, a percepção da sociedade e o apoio para elas precisa mudar para buscar atender às necessidades atuais. As formas de organização e relacionamento da sociedade em que vivemos, essas constantes mudanças e adequações nos mostram que, cada vez mais novas habilidades e competências são solicitadas aos indivíduos que a compõem, como forma de inseri-lo no contexto da sociedade em que vive e atua.

De tempos em tempos, novos paradigmas surgem sobre como o conhecimento científico se renova na Biologia, na Química, na Física, na Matemática. Durante muito tempo as preocupações dos estudiosos se concentravam nas análises das concepções dos alunos sobre o novo conhecimento que surgia. Estudiosos afirmam que o que os estudantes aprendem está intimamente relacionado às tarefas que oferecemos a eles, entretanto, não basta propor um trabalho com elas, é preciso, entre outras coisas, direcionar a atenção dos estudantes para o desenvolvimento e aquisição de novos conceitos, considerando que os alunos devem adquirir os seus conhecimentos com significado e sentido.

A Didática surge neste contexto como forma de tornar essa relação entre o conhecer e o aprender mais dialética, discutindo também o conhecimento do professor e a sua prática docente além das relações desse conhecimento com o meio social. Assim passou-se a questionar e analisar também as concepções dos professores, os saberes docentes e a realidade de sala de aula e como seria possível interagir conhecimento, valores, situações problemas do cotidiano, práticas sociais e um sistema de novas concepções.

E dessa forma surgiram correntes didáticas que vieram tratar especificamente dessas situações como a Teoria da Transposição Didática (TTD) de Chevallard (1985; 1992) e a Teoria Antropológica do Didático (TAD) também de Chevallard (1992; 1999) com uma discussão antropológica em que afirma que toda forma particular de conhecimento é fruto da ação humana. Outra corrente da Didática é a Teoria das Situações Didáticas (TSD) proposta por Brousseau (1986) que permite a construção e a análise de situações que servem para atestar a evolução do conhe-

cimento do aluno, denominadas situações didáticas. A TSD tem objetivo principal de caracterizar o processo de aprendizagem por uma série de situações didáticas que podem ser reproduzidas pelos alunos. Esse processo de reprodução conduz a um conjunto de modificações no comportamento no aluno, tratado por Brousseau como uma aprendizagem com significado.

A TSD e a TAD propuseram a princípio modelos para caracterização das práticas matemáticas. Posteriormente, estes modelos passaram a ser largamente utilizados como aporte teórico metodológico e como modelo de problematização às diversas atividades científicas, legitimando a sua discussão no âmbito das Ciências Humanas, tal como acontece nos artigos constantes dos capítulos deste livro.

Essas referências teóricas têm sido largamente utilizadas nas pesquisas sobre educação e tem permitido fundamentar investigações, compreender e interpretar os fenômenos do ensino e a aprendizagem. Para o caso específico da formação de professores tais Teorias serviram para questionar quais são as competências necessárias aos professores que trabalham na perspectiva da Didática nas Ciências. Passou-se então a discutir as práticas dos professores frente às novas tarefas profissionais propostas. A comunidade científica passou a questionar quais os elementos epistemológicos, filosóficos, históricos, culturais e da tecnologia foram inseridos nos programas de formação docente e como os professores reagiram a elas.

Para tanto, torna-se necessário evidenciar as condições atuais do ensino de Ciências, e revelar os possíveis obstáculos enfrentados pelos professores em suas práticas diárias. Aqui trazemos estas experiências relatadas e vivenciadas por pesquisadores brasileiros e de outros países.

Nessa visão humanista das Ciências, inúmeros trabalhos surgem discutindo a profissionalização dos professores e a inserção da História e da Filosofia no ensino das Ciências. Essa indicação aponta a necessidade de implantação de propostas curriculares na qual as dimensões históricas, filosóficas e culturais da ciência permeiam um currículo como um todo, e que este seja organizado em bases históricas que privilegiem os aspectos históricos e filosóficos da educação. E em decorrência surgiram pesquisas sobre os impactos e as dificuldades de seguir tal orientação na prática de sala de aula.

Entendendo que é a comunicação entre os pares que torna possível discutir as especificidades das teorias da Didática na Matemática e nas Ciências, sejam humanas ou experimentais, é que apresentamos este livro. As ideias apresentadas pela comunidade de pesquisadores e as experiências realizadas constituem um importante fio condutor para as discussões, não no sentido de realizar confrontações

apenas, mas de colocar a realidade construída à prova, analisando e experimentando essas especificidades na prática de sala de aula. É nesse sentido que este livro pretende trazer contribuições. Pensamos professor, que atua nos Ensinos Fundamental, Médio ou Superior, ou pesquisadores e estudantes que desejam inserir nessas discussões.

Convidamos então o leitor a participar dessas discussões, refletindo, contribuindo e se inserindo no contexto dos estudos aqui apresentados, desenvolvidos no Brasil ou em outros países, pois a educação permite fazer essa ponte. Sabemos que nenhuma discussão se encerra em capítulos de livro, mas são eles responsáveis por trazer novas discussões, novas visões e as inúmeras situações vivenciadas e experimentadas pelos nossos pares nesse caminhar pela Educação.

O lançamento deste primeiro volume da coleção Ensino, Filosofia e História das Ciências que intitulamos Ensino e Didática das Ciências marca o aniversário dos 15 anos do Programa de Pós-Graduação em Ensino, Filosofia e História das Ciências (PPGEFHC) da Universidade Federal da Bahia (UFBA) e da Universidade Estadual de Feira de Santana (UEFS) onde estudos desenvolvidos e os resultados encontrados demonstraram avanços importantes na compreensão de que fenômenos históricos e filosóficos devam ser inseridos no estudo das Ciências. Além disso, esses resultados contribuíram para a compreensão de fenômenos de ensino e de aprendizagem e trouxe à tona a necessidade de discutir os modelos teóricos e práticos que permeiam os estudos em Ciências e em Matemática.

Acreditamos que esta obra possa ser bastante útil aos estudiosos em Ciências e traga valiosas contribuições para o cenário da Educação no Brasil ou fora dele, a partir das experiências aqui relatadas. Boa leitura!

*Profa. Msc. Márcia Azevedo Campos*

Doutoranda – PPGEFHC-UFBA/UEFS



**PARTE I:**

**TEORIAS, DIDÁTICA E SUAS  
CONTRIBUIÇÕES PARA O ENSINO DAS CIÊNCIAS**



# Resolução de problemas: contribuições para o ensino, a aprendizagem e a avaliação

*Lourdes de la Rosa Onuchic*

## Introdução

Nossos estudos sobre Resolução de Problemas iniciaram-se por volta de 1989. Atentos às novas tendências e demandas mundiais que se apresentavam para o ensino e a aprendizagem de Matemática, na década de 1980, nosso Grupo de Trabalho e Estudo em Resolução de Problemas (GTERP) – da Universidade Estadual Paulista (UNESP) de Rio Claro/SP, passou a trabalhar com a Metodologia de Ensino-Aprendizagem-Avaliação de Matemática através da Resolução de Problemas, utilizando a palavra composta ensino-aprendizagem-avaliação dentro de uma dinâmica de trabalho para a sala de aula, em que o ensino e a aprendizagem devem ocorrer simultaneamente e a avaliação, integrada ao ensino, deve promover uma melhor aprendizagem, vendo o erro como uma oportunidade de aprender. Nessa Metodologia, o problema é ponto de partida e, na sala de aula, ao longo do processo da resolução de problemas, os alunos devem fazer conexões entre diferentes ramos da Matemática gerando, como co-constructores de novo conhecimento, novos conceitos, conteúdos e procedimentos. Fundamentar a Resolução de Problemas nessas concepções e implementar essa Metodologia exige, do professor e dos alunos, novas posturas e novas atitudes com relação ao trabalho em sala de aula.

Os esforços em integrar Matemática e Ciências são bastante reconhecidos por matemáticos e educadores das ciências. Entretanto, uma integração com sucesso dessas duas importantes disciplinas escolares, permanece um desafio. Embora se possa dificilmente imaginar uma aula de ciências físicas ou ciência da terra que não contenha procedimentos matemáticos, exemplos de aulas de Matemática

nas quais conteúdos ou processos de ciência (ou ambos) atuam para intensificar a aprendizagem Matemática são menos comuns.

Uma primeira questão se coloca: por que Ciências da Natureza e Matemática?

Física, Química, Biologia,... Ciências da Natureza existem no mundo independentemente do homem. Entretanto, a Matemática é uma ciência construída pelo homem e é ela que explica todas as demais ciências.

Desde o início da história do homem, quando este, ao criar comunidades, precisou se comunicar no mundo das ideias, ele criou a palavra e, muito depois, para seu registro, foi criado um alfabeto, uma quantidade pequena de letras com as quais se pode escrever qualquer palavra. Ao mesmo tempo que criava a palavra, o homem precisou se comunicar no mundo das quantidades e, para isso, criou os números em que com um número pequeno de dígitos pode-se escrever qualquer número. Assim, a linguagem vernácula e a linguagem matemática são indissociáveis e ambas, com sua sintaxe própria e com seus significados, são exigidas para qualquer avaliação do conhecimento humano. Uma pessoa só é considerada alfabetizada quando domina a literacia e a materacia.

O conhecimento matemático é, por natureza, encadeado e cumulativo. Como disse Lima (1998 apud SILVA, 2002), um aluno pode saber praticamente tudo sobre a Proclamação da República brasileira e ignorar completamente as Capitâneas Hereditárias, mas não será capaz de estudar Trigonometria se não conhecer os fundamentos da Álgebra, nem entender a Álgebra se não souber as Operações Aritméticas. Por isso, esse aspecto da dependência acumulada dos assuntos matemáticos leva a uma sequência necessária, que torna difícil o trabalho de formação de quem ensina Matemática.

## **O que é Matemática?**

A Matemática é uma ciência de padrão e ordem, que revela padrões ocultos que nos permitem compreender o mundo ao nosso redor. Assim, muito mais do que Aritmética e Geometria, a Matemática hoje é uma disciplina diferente, que trabalha com dados, medidas e observações da ciência; com inferência, dedução e prova; e com modelos matemáticos de fenômenos naturais, de comportamento humano e de sistemas sociais.

O ciclo de dados para a dedução e dela para a aplicação ocorre em toda parte que a Matemática é usada. O processo de “fazer” Matemática está bastante longe

daquele em que apenas se faz contas ou deduções. Ele envolve observação de padrões, testagens, conjecturas e estimativas de resultados.

## **E que é Educação Matemática?**

A Educação Matemática tem duas raízes: a Matemática e a Psicologia. Ela está modelada para produzir conhecimento matemático apropriado, com compreensão e habilidades para diferentes populações de estudantes. Quando a maioria dos estudantes fracassa e/ou abandona o estudo de Matemática, que é a porta de entrada para a competência e a literacia, isso é julgado como uma deficiência, não dos estudantes, mas do sistema educacional. Chegou a hora de os cientistas matemáticos reconsiderarem seu papel como educadores.

A Educação Matemática, diferente da Matemática em si mesma, não é uma ciência exata. Ela é muito mais empírica e inerentemente multidisciplinar. Seus fins não são um fechamento intelectual, mas o de ajudar outros seres humanos, com tudo de incerteza e das muitas tentativas que vincula. É uma ciência social, com seus próprios padrões de evidência, métodos de argumentação e construção de teorias, discurso profissional e tudo o que se relaciona à sala de aula.

Ensino e aprendizagem estão diretamente relacionados à sala de aula. Por essa razão, falar deles implica a compreensão de certas relações entre alguém que ensina, alguém que aprende e algo que é o objeto de estudo – no caso, o saber matemático. Nessa tríade, professor-aluno-saber, tem-se presente a subjetividade do professor e dos alunos que, em parte, é condicionadora do processo de ensino e aprendizagem. (BRASIL, 2006, p. 80)

## **Resolução de Problemas na Educação Matemática**

Na definição apresentada por Leder (1998) para “pesquisa educacional”, estão expressos os vários aspectos que, entre outros, ela pode tratar: os propósitos da educação; os processos de ensino, de aprendizagem e do desenvolvimento pessoal; o trabalho dos pesquisadores; os recursos e arranjos organizacionais para apoiar o trabalho educacional; as políticas e as estratégias para atingir os objetivos educacionais;... Disse ele que, o volume de trabalhos nas prateleiras das bibliotecas indica que ela, a pesquisa educacional, tornou-se um empreendimento imenso e que a busca por novo conhecimento não somente continua, mas tem sido amplamente documentada. Em anos recentes ocorreu um crescimento substancial no volume,

no alcance e na diversidade da pesquisa educacional em geral e na pesquisa em Educação Matemática em particular.

Em meados da década de 1940, George Polya (1945) surge como uma referência enfatizando a importância da descoberta e de levar o aluno a pensar por meio da resolução de problemas. Em seu livro *A arte de resolver problemas*, Polya afirma que “uma grande descoberta resolve um grande problema, mas é sempre uma pitada de descoberta na resolução de qualquer problema”. (POLYA, 1970, p. 5) Em 1949, ele escreveu que resolver problemas é a realização específica da inteligência e que, se a educação não contribui para o desenvolvimento da inteligência, ela está obviamente incompleta.

Segundo Onuchic e Allevato (2004), todas as reformas ocorridas no século XX até a década de 1970 não tiveram o sucesso esperado. Os questionamentos continuavam: estariam essas reformas voltadas para a formação de um cidadão útil à sociedade em que vivia? Buscavam elas ensinar matemática de modo a preparar os alunos para um mundo de trabalho que exige conhecimento matemático? Dizem ainda essas autoras que, concomitante a isso, na década de 1970, tiveram início investigações sistemáticas sobre resolução de problemas e suas implicações curriculares. A importância dada à resolução de problemas é, portanto, recente e foi somente nessa década que educadores matemáticos passaram a aceitar a ideia de que o desenvolvimento da capacidade de resolver problemas merecia mais atenção. A caracterização da Educação Matemática, em termos da Resolução de Problemas, reflete uma tendência de reação a caracterizações passadas que a configuravam enfatizando a memorização de um conjunto de fatos, o domínio de procedimentos algorítmicos ou de um conhecimento a ser obtido por rotina ou por exercício mental. No fim da década de 1970, a resolução de problemas emerge, ganhando espaço no mundo inteiro. Mudanças significativas aconteceram na Matemática escolar, tanto em conteúdo quanto em sua pedagogia.

Segundo Van de Walle (2001), professores de matemática eficientes devem envolver em seu trabalho quatro componentes básicos: a valorização da disciplina matemática em si mesma, o que significa “fazer matemática”; a compreensão de como os estudantes aprendem e constroem ideias; a habilidade em planejar e selecionar tarefas de modo que os estudantes aprendam matemática em um ambiente de resolução de problemas; e a habilidade em integrar a avaliação ao processo de ensino para aumentar a aprendizagem e aprimorar o ensino.

Ensinar a partir de problemas não é fácil. As atividades precisam ser planejadas ou selecionadas a cada dia, levando-se em conta a compreensão dos alunos e as necessidades de atender ao conteúdo programático.

Durante a década de 1980, muitos recursos, em resolução de problemas, foram desenvolvidos visando ao trabalho de sala de aula, na forma de coleções de problemas, listas de estratégias, sugestões de atividades e orientações para avaliar o desempenho em resolução de problemas. Os Estados Unidos, procurando buscar uma melhor Educação Matemática para todos, estabeleceram, no documento “Uma Agenda para Ação”, como primeira recomendação, que resolução de problemas fosse o foco da matemática escolar para aquela década. Entretanto, Onuchic (1999) disse que, possivelmente, devido à falta de concordância entre as diferentes concepções que pessoas e grupos tinham sobre o significado dessa recomendação, esse trabalho não chegou a um bom termo. Schroeder e Lester, citados por Onuchic (1999), apresentaram, em 1989, três caminhos diferentes de abordar resolução de problemas que podiam ajudar a refletir sobre essas diferenças: teorizar sobre resolução de problemas; e ensinar a resolver problemas; ensinar matemática através da resolução de problemas.

Acabada a década de 80, com todas essas recomendações de ação, os pesquisadores passaram a questionar o ensino e o efeito de estratégias e modelos e a discutir as perspectivas didático-pedagógicas da resolução de problemas. Assim, a resolução de problemas como uma metodologia de ensino tornou-se o tema das pesquisas e estudos em Resolução de Problemas para os anos da década de 90.

O NCTM, Conselho Nacional de Professores de Matemática dos Estados Unidos, em 1990, lançou o documento “Estabelecendo uma agenda de pesquisa”, com o propósito de desenvolver uma agenda para guiar a pesquisa em ensino e aprendizagem de matemática em quatro áreas que consideravam importantes para a matemática escolar:

- O ensino e a avaliação de Resolução de Problemas matemáticos;
- Perspectivas sobre pesquisa no ensino eficiente de Matemática;
- Conceitos e operações numéricas nos *Middle Grades*; e
- Questões de Pesquisa no ensino e aprendizagem de Álgebra.

Apontava esse documento que mudanças revolucionárias em nossa sociedade, particularmente o movimento para uma economia baseada na informação, estavam promovendo reforma na educação matemática essencial. Tais reformas precisavam de uma sólida base de pesquisa para terem sucesso. Embora muitos

estudos de pesquisa precisassem ser levados avante, eles precisavam ser coordenados sobre questões importantes de modo que problemas complexos relacionados ao ensino e à aprendizagem de matemática para uma sociedade em mudança fossem tratados.

Essa nova visão de ensino-aprendizagem, em que, enquanto o professor ensina, o aluno aprende resolvendo problemas, destacou-se como o primeiro padrão de procedimento estabelecido pelos *Standards 2000*, oficialmente chamados Princípios e Padrões para a Matemática Escolar.

## **A Metodologia de Ensino-Aprendizagem-Avaliação de Matemática através da Resolução de Problemas**

A opção de utilizar a palavra composta ensino-aprendizagem-avaliação tem o objetivo de expressar uma concepção em que ensino e aprendizagem devem ocorrer simultaneamente durante a construção do conhecimento, tendo o professor como guia e os alunos como co-construtores desse conhecimento. Além disso, essa metodologia integra uma concepção mais atual sobre avaliação. Ela, a avaliação, é construída durante a resolução do problema, integrando-se ao ensino, com vistas a acompanhar o crescimento dos alunos, aumentando a aprendizagem e reorientando, quando necessário, as práticas da sala de aula. A expressão “através de”, no nome dessa metodologia, significa “ao longo de”, isto é, o processo ocorre enquanto se está resolvendo o problema.

O ensino-aprendizagem-avaliação de Matemática através da Resolução de Problemas é diferente daquele em que regras de “como fazer” são privilegiadas. Ele “reflete uma tendência de reação a caracterizações passadas como um conjunto de fatos, domínio de procedimentos algorítmicos ou um conhecimento a ser obtido por rotina ou por exercício mental”. (ONUCHIC, 1999, p. 208) Trata-se de um trabalho onde um problema é ponto de partida e orientação para a aprendizagem e a construção de um novo conhecimento far-se-á através de sua resolução.

Para Van de Walle (2001), um problema é qualquer tarefa ou atividade para a qual os estudantes não têm métodos ou regras prescritas ou memorizadas, nem a percepção de que haja um método específico para se chegar à solução. Para nós, no Grupo de Trabalho e estudos em Resolução de Problemas (GTERP), no contexto dessa metodologia, consideramos um problema como tudo aquilo que não sabemos fazer, mas que estamos interessados em fazer.



Não há formas rígidas para se colocar em prática essa metodologia. (ONU-CHIC; ALLEVATO, 2004) Uma proposta que temos utilizado, entretanto, consiste em organizar as atividades seguindo as seguintes etapas: preparação do problema; leitura individual e leitura em conjunto; resolução do problema; observar e incentivar; registro das resoluções na lousa; plenária; busca de consenso e formalização do conteúdo.

Reitere-se que, nessa metodologia, os problemas são propostos aos alunos antes de lhes ter sido apresentado o conteúdo matemático necessário ou mais apropriado à sua resolução que, de acordo com o programa da disciplina para a série atendida, é pretendido pelo professor.

Para Van de Walle (2001), a resolução de problemas deve ser vista como a principal estratégia de ensino. Ele também chama atenção para que o trabalho de ensinar comece sempre onde os alunos estão, ao contrário daquele em que o ensino começa onde estão os professores, ignorando-se o que os alunos trazem consigo para a sala de aula.

Recentemente, ao analisar o que temos chamado de Metodologia de Ensino-Aprendizagem-Avaliação de Matemática através da Resolução de Problemas, chamou-nos atenção o fato de que esta forma de trabalho poderia ser considerada, mais do que uma metodologia, uma forma de Filosofia da Educação Matemática, dado seu alcance com trabalhos de alunos; de professores; de ensino, aprendizagem, avaliação; de trabalho cooperativo e colaborativo; trabalho do professor e de alunos em sala de aula; com reflexão na ação e sobre a ação, uma vez que a Resolução de Problemas, como praticada em nosso grupo, tem matriz filosófica aliado às filosofias contemporâneas da Educação Matemática. (ONU-CHIC; ALLEVATO, 2011)

O mundo está em mudanças, a tecnologia está mudando, a Matemática está mudando e, portanto, a Educação Matemática e a percepção da sociedade e o apoio para ela precisam mudar para irem de encontro às necessidades atuais.

No Congresso Internacional de Educação Matemática (ICME-XI), que ocorreu em 2008, no México, Lyn English, Richard Lesh e Thomas Fennewald apresentaram o artigo “Diretrizes futuras e perspectiva para a pesquisa em Resolução de Problemas e desenvolvimento curricular”. Nesse trabalho, disseram que, desde a década de 1960, numerosos estudos sobre resolução de problemas têm revelado a complexidade do domínio e a dificuldade de transferir descobertas da pesquisa para a prática.

Esses autores disseram presentemente que perspectivas já existentes, há muito tempo, sobre resolução de problemas têm tratado essa pesquisa como um tópico

isolado, onde as habilidades em resolução de problemas são assumidas para desenvolver, através da aprendizagem inicial de conceitos e procedimentos seguidos pela prática de "problemas com enunciados", através da exposição a uma série de estratégias e, finalmente, através de experiências em aplicar essas competências para resolver problemas 'recentes' ou 'não-rotineiros'. (ENGLISH; LESH; FENNEWALD, 2008, p. 1)

Eles relatam, também, que o desenvolvimento de uma teoria importante e muito esperada, que nós mostramos como novas perspectivas sobre desenvolvimento de habilidades em resolução de problemas podem contribuir para o desenvolvimento da teoria, em guiar o projeto de atividades de aprendizagem convenientes. Em particular, exploramos uma perspectiva de modelos e modelação como uma alternativa para as visões existentes sobre resolução de problemas. (ENGLISH; LESH; FENNEWALD, 2008, p. 1)

Esses autores falam que a pesquisa nessa linha continua e que ao refocalizar a atenção sobre resolução de problemas e como ela pode se tornar um componente integrante do currículo, ao invés de ser tratada separadamente como um tópico, muitas vezes até mesmo negligenciado, foram exploradas as seguintes questões:

Qual é a natureza da resolução de problemas em várias áreas do mundo de hoje?

Quais perspectivas orientadas para o futuro são necessárias sobre o ensino e aprendizagem de resolução de problemas, incluindo um foco no desenvolvimento de conceitos matemáticos através da resolução de problemas?

Como podem os estudos de hábeis resolvidores de problemas contribuir para o desenvolvimento de teoria que possa guiar projetos de experiências de aprendizagem que valem a pena?

Por que modelos e perspectivas de modelação são uma poderosa alternativa para as visões existentes sobre resolução de problemas? (ENGLISH; LESH; FENNEWALD, 2008, p. 6)

Esses autores falam sobre o item "Avançando no Campo da Pesquisa em Resolução de Problemas e no Desenvolvimento Curricular", abordando sobre cada um dos subitens desse tópico: A Natureza da Resolução de Problemas do Mundo de hoje; Perspectivas Orientadas para o Futuro sobre o Ensino e a Aprendizagem de Resolução de Problemas; Estudos de Habilidades em Resolução de Problemas e suas Contribuições para o Desenvolvimento de uma Teoria; Desenvolvimento

da Teoria: uma Perspectiva de Modelos e Modelação sobre o Desenvolvimento de Resolução de Problemas na escola e além dela. E concluem dizendo que a pesquisa sobre resolução de problemas matemáticos estagnou durante grande parte da década de 90 e início deste século. Além disso, a pesquisa que foi conduzida não parece ter se acumulado num corpo substancial de conhecimento, orientado para o futuro, de como se pode efetivamente promover a resolução de problemas dentro e além da sala de aula. Esta falta de progresso é devida principalmente aos muitos anos de elaborações repetidas de concepções governadas por regras de competência em resolução de problemas. Chegou a hora de considerar outras opções para avançar na pesquisa em resolução de problemas e desenvolvimento curricular – “nós temos destacado a necessidade de reexaminar as hipóteses de nível fundamental sobre o que significa compreender conceitos e processos de resolução de problemas matemáticos. Uma poderosa alternativa em que temos avançado é a de utilizar as perspectivas teóricas e as metodologias de pesquisa associadas a uma perspectiva de modelos e modelação (MMP) em ensino, aprendizagem e resolução de problemas matemáticos”. Adotar uma MMP significa ter pesquisadores que estudam desenvolvimentos de modelos e modelação dos estudantes e que naturalmente utilizam abordagens integradas para explorar o (co)desenvolvimento de conceitos matemáticos, processos de resolução de problemas, funções metacognitivas, disposições, crenças e emoções. Esses pesquisadores também veem processos desenvolvimentais de resolução de problemas, num modo semelhante àquele que fariam ao estudar o desenvolvimento de conceitos matemáticos em áreas temáticas como os números iniciais, a geometria e a álgebra. Além disso, os problemas utilizados são simulações atraentes, situações autênticas de resolução de problemas (por exemplo, a seleção de equipes esportivas para os Jogos Olímpicos) e engajam os alunos no pensar matemático que envolve criar e interpretar situações (descrevendo, explicando, comunicando) pelo menos, tanto quanto ele envolve computar, executar procedimentos e raciocinar dedutivamente. (ENGLISH; LESH; FENNEWALD, 2008, p. 10-11)

## **A Resolução de Problemas no GTERP**

Nosso grupo de trabalho, GTERP, na UNESP de Rio Claro, tem suas origens no início da década de 1990. No final de 1989, conheci Judith e Larry Sowder, educadores matemáticos da SUSD (*State University of San Diego*) na Califórnia (USA), membros do NCTM, Larry trabalhando com Álgebra e Judith trabalhando, princi-

palmente, com Formação de Professores de Matemática. Recebi das mãos de Judith o documento que ela acabara de editar, já citado antes neste texto, “Estabelecendo uma Agenda de Pesquisa”. Durante alguns anos passei várias semanas nessa Universidade e, desde então, Resolução de Problemas passou a ser minha área de pesquisa e, conseqüentemente, do GTERP.

Pude entender que, durante a década de 1980, muitos recursos em resolução de problemas haviam sido desenvolvidos visando ao trabalho de sala de aula, na forma de coleções de problemas, listas de estratégias, sugestões de atividades e orientações para avaliar o desempenho em resolução de problemas. Muito desse material ajudou os professores a fazerem da resolução de problemas o ponto central de seu trabalho. Nessa importante década, também as dificuldades encontradas por professores para “ensinar” e as dos alunos para “aprender” passaram a ser consideradas como objetos de estudo e de reconceitualização por educadores e pesquisadores na Educação Matemática. Entretanto, havia diferentes linhas de pesquisa por eles defendidas.

No GTERP, desde sua criação, foram defendidas 17 dissertações de mestrado, 10 teses de doutorado, sendo que há outras cinco em andamento. Mestres e doutores formados no GTERP são responsáveis por levarem a Resolução de Problemas e nossa Metodologia para outros estados do país.

As pesquisas desenvolvidas no GTERP convergem com as recomendações das “Orientações Curriculares para o Ensino Médio”

[...] quando afirmam que a aprendizagem de um novo conceito matemático deve se dar pela apresentação de uma situação-problema ao aluno, ficando a formalização do conceito como a última etapa do processo de aprendizagem. Nesse caso, caberia ao aluno a construção do conhecimento matemático que permite resolver o problema, tendo o professor como mediador e orientador do processo de ensino-aprendizagem, responsável pela sistematização do novo conhecimento. (BRASIL, 2006, p. 81)

No que se refere à atuação do GTERP fora da UNESP, a Coordenadora do grupo tem estado presente, com muita frequência, em bancas examinadoras, no Brasil, de mestrados e doutorados. É também frequente a presença de integrantes do GTERP em congressos internacionais, nacionais, estaduais e regionais.

Em 2013, a Resolução de Problemas, cujas pesquisas eram desenvolvidas na linha de pesquisa “Ensino e Aprendizagem e Formação de Professores” desde 1992,

passou a constituir-se como uma área de pesquisa no Programa de Pós-Graduação em Educação Matemática (PPGEM) da UNESP/RC, com o título “Resolução de Problemas e Ensino e Aprendizagem de Matemática”.

Considerando a crescente produção de pesquisas realizadas no Brasil e no mundo em Resolução de Problemas, o GTERP realizou, em 2008, o I Seminário em Resolução de Problemas (SERP); em 2011 foi realizado o II SERP, contando com a presença de convidados internacionais, além dos nacionais; e, em novembro de 2014, haverá o III SERP, novamente com a presença de convidados nacionais e internacionais.

## Referências

BRASIL. Ministério da Educação. *Orientações Curriculares para o Ensino Médio*. Brasília, DF, 2006.

ENGLISH, L.; LESH, R.; FENNEWALD, T. Future directions and perspectives for problem solving research and curriculum development. In: CONGRESSO INTERNACIONAL DE EDUCAÇÃO MATEMÁTICA – ICME, 11., 2008. Monterrey, México. *Anais...* Monterrey, México, 2008.

LEDER, G. C. The Aims of Research. In: SIERPINSKA, A.; KILPATRICK, J. *Mathematics Education as a Research Domain: A Search for Identity*. Norwell, MA: Klumer Academic Publishers, 1998. p. 131-140.

ONUCHIC, L. R. Ensino-aprendizagem de Matemática através da resolução de problemas. In: BICUDO, M. A. V. (org.). *Pesquisa em Educação Matemática*. São Paulo: Editora da UNESP. 1999. p. 199-218.

ONUCHIC, L. R. Ensino-aprendizagem de Matemática através da resolução de problemas. In: ONUCHIC, L. R.; ALLEVATO, N. S. G. *Novas reflexões sobre o ensino-aprendizagem de matemática através da resolução de problemas*. In: BICUDO, M. A. V.; BORBA, M. C. (Org.). *Educação Matemática: pesquisa em movimento*. São Paulo: Cortez, 2004. p. 213-231.

ONUCHIC, L. R. Pesquisa em Resolução de Problemas: caminhos, avanços e novas perspectivas. *BOLEMA: Boletim de Educação Matemática*, v. 25, n. 41. p. 73-98, 2011.

POLYA, G. *A arte de resolver problemas – um novo aspecto do método matemático*. Tradução e Adaptação de H. L. Araújo. Rio de Janeiro: Interciência, 1970. 196p.

SILVA, C. M. S. *Matemática Universitária*, n. 33, p. 97-120, dez. 2002, Entrevista concedida à Elon Lages Lima.

SCHROEDER, T. L.; LESTER JR., F. K. Developing Understanding in Mathematics via Problem Solving. In: TRAFTON, P. R., SHULTE, A. P. (Ed.). *New Directions for Elementary School Mathematics*. NCTM, 1989. p. 31-42.

VAN DE WALLE, J. A. *Elementary and Middle School Mathematics*. 4. ed. New York: Longman, 2001.

# O vazio didático, as interrelações entre os grandes domínios da Matemática e a prática dos professores

*Luiz Marcio Santos Farias*

## Introdução

Este texto faz parte dos resultados de uma pesquisa maior que estudou as interrelações entre os domínios numérico-algébrico e geométrico (FARIAS, 2010) no ensino de Matemática. As referências teóricas constituem ferramentas necessárias para o desenvolvimento de pesquisas, em particular, em Didática da Matemática, com o objetivo de analisar, apresentar, compreender e interpretar os efeitos do vazio didático no processo ensino e aprendizagem de Matemática, é que apresentamos este artigo. A teoria da antropologia do didático desenvolvida por Yves Chevallard, nos permitiu evidenciar a existência do vazio didático. No contexto do observatório das práticas sobre o numérico iniciada por Bronner e Farias (2007), a partir de dados coletados durante uma pesquisa que utilizou uma metodologia do tipo clínico, abordaremos e analisaremos algumas implicações deste vazio na prática dos professores de Matemática. Procuramos, por meio deste trabalho, evidenciar as condições atuais de ensino, e revelar um problema didático que parece não identificado ou mesmo subestimado pelos professores no que diz respeito aos obstáculos que este vazio pode constituir para a prática desses professores e para aprendizagem dos estudantes.

As referências teóricas nas pesquisas sobre educação têm permitido fundamentar investigações, compreender e interpretar os fenômenos do ensino e a aprendizagem. Neste contexto, visando o desenvolvimento de uma pesquisa em torno do ensino e aprendizagem de Matemática, interessamo-nos em estudar as abordagens teóricas que permitem analisar os trabalhos desenvolvidos pelos pro-

fessores e alunos da Educação Básica nesta disciplina, e que buscamos apoio na Teoria Antropológica da Didática (TAD) desenvolvida por Chevallard. (1999) Essa abordagem foi importante, pois nos permitiu estudar, de maneira eficaz, as questões que se colocam no contexto geral da nossa pesquisa, dado considerarmos a dimensão institucional como essencial.

As nossas motivações devem-se de uma parte aos debates no contexto da Educação Nacional no Brasil, e em outros países, que apontam a necessidade de se ajustar o trabalho escolar a uma nova realidade, marcada pela crescente presença da Matemática em diversos campos da atividade humana, Bronner e Farias. (2007) Estes debates influenciaram as revisões dos programas de ensino secundário e universitário no Brasil e em outros países.

No que diz respeito a Educação Básica brasileira, o novo programa em vigor, os Parâmetros Curriculares Nacionais (PCNs), em 1998, fornecem designadamente, elementos que colaboram com o debate nacional a cerca do processo ensino-aprendizagem de Matemática, bem como, socializa informações e os resultados de investigações no conjunto dos professores brasileiros. O PCN de Matemática visa à construção de um referencial que guie a prática escolar de tal maneira que seja possível a qualquer criança e jovem brasileira ter acesso a um conhecimento matemático que torne realmente possível, a sua inserção, como verdadeiros cidadãos no mundo do trabalho, nas relações sociais e culturais:

A aprendizagem em Matemática está ligada à compreensão, isto é, à apreensão do significado; apreender o significado de um objeto ou acontecimento pressupõe vê-lo em suas relações com outros objetos e acontecimentos. Assim, o tratamento dos conteúdos em compartimentos estanques e numa rígida sucessão linear deve dar lugar a uma abordagem em que as conexões sejam favorecidas e destacadas. O significado da Matemática para o aluno resulta das conexões que ele estabelece entre ela e as demais disciplinas, entre ela e seu cotidiano e das conexões que ele estabelece entre os diferentes temas matemáticos. (BRASIL, 1998, p. 19)

Por outro lado, através das nossas discussões com professores, foi possível fazer uma constatação empírica das dificuldades para estabelecer e utilizar referenciais metodológicos para o ensino de Matemática que não configuram o saber à ser ensinado. Esses obstáculos atingem, certamente, a prática dos professores de Matemática, pois estes vão apresentar dificuldades para instaurar tais metodologias e, sobretudo para encontrar meios de controle e validação do que fazem. Esses



professores, por conseguinte, são frequentemente confrontados às dificuldades e aos bloqueios durante o processo transpositivo que realizam. Neste contexto os professores se perguntam: (a) o que eu posso fazer para ensinar uma tarefa matemática? (b) como dirigir o estudo de tal tarefa numa classe?

Para entender como os professores respondem essas questões, nós nos apoiaremos em algumas teorias da Didática da Matemática francesa. É importante sublinhar que a Didática da Matemática é uma vertente da Educação Matemática, sendo a primeira tão recente quanto à segunda. Sua origem data dos anos 70, do século XX, na França e ao longo destes anos os progressos nessa área são consideráveis com surgimento de várias teorias dentre as quais, podemos citar a Teoria Antropológica da Didática (TAD) de Yves Chevallard (1992), a Teoria de Situações Didáticas (TSD) de Guy Brousseau (1986) e a Teoria de Campos Conceituais (TCC) desenvolvida por Gérard Vergnaud (1981), como algumas das teorias-chaves em Didática da Matemática. Dentre as teorias citadas apresentaremos, em linhas gerais, a TAD e outros princípios relacionados. Essa escolha justifica-se pela composição dos elementos que apresentaremos que nos permitirá compreender o vazio Didático e suas implicações.

## **Teoria Antropológica do Didático (TAD)**

Segundo Chevallard (1999), um estudo praxeológico matemático pode permitir modelizar à resposta de (a), primeira pergunta acima, enquanto que um estudo praxiológico didático pode permitir modelizar à resposta da segunda pergunta (b). Chevallard considera que qualquer ação humana pode ser analisada num sistema que ele nomeou praxeologia ou organização praxeológica. Neste contexto, o papel do professor, tal como podemos observar na classe, pode exprimir-se em termos de praxeologias como mostraremos no decorrer desta comunicação. Trata-se de uma abordagem, desenvolvida por Chevallard (1992), inscrita no prolongamento da teoria da transposição didática também de sua autoria. Essa abordagem considera os objetos matemáticos, não como existentes em si, mas como entidades que emergem de sistemas de práticas que existem em dadas instituições.

Segundo Chevallard, a didática das ciências, como todas as didáticas, inscreve-se no campo da Antropologia social, ou seja, o campo do estudo do homem. Da mesma maneira que existe uma Antropologia religiosa ou uma Antropologia política, cujos objetos de estudos são respectivamente a religião ou a política, Chevallard (1992) propõe a elaboração de uma Antropologia didática, cujo objeto de

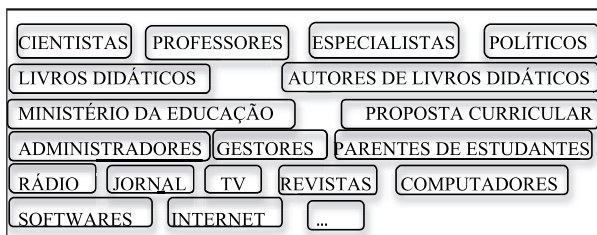
estudo seria a didática, com o objetivo de estudar, por exemplo, o professor e o aluno diante de um problema matemático. O princípio dessa abordagem é que “tudo é objeto”.

## Análise institucional

O estudo que se faz em torno de elementos institucionais é denominado análise institucional, tal estudo é realizado a partir de inquietações levantadas pelo pesquisador. Essa análise é uma das práticas importantes nas pesquisas em Didática da Matemática que visam estudar os fenômenos que emergem no processo ensino-aprendizagem. Assim, a partir de uma análise institucional propomos, no presente artigo, apresentar uma análise institucional em torno dos projetos curriculares, os livros didáticos e dos professores enquanto elementos institucionais, de uma instituição de ensino da Educação Básica, considerando as interrelações entre os principais domínios matemáticos como objeto de estudo. Mas, o que pode revelar uma análise institucional e quais são suas finalidades didáticas? Essas perguntas se constituem no fio condutor do presente artigo.

Yves Chevallard (1992) ressalta que no sistema educativo intervêm diversos elementos constituintes do sistema social do ensino, como por exemplo: cientistas, professores, especialistas, livros didáticos, autores de livros didáticos, ministério da educação, os políticos, a proposta curricular, os administradores, os parentes de estudantes, a mídia (rádio, jornal, TV, revistas, computadores, softwares, internet etc.), ou seja, tudo que interferem no processo educativo. Este conjunto de elementos Chevallard denominou de noosfera.

Figura 1 - A noosfera e seus elementos constituintes

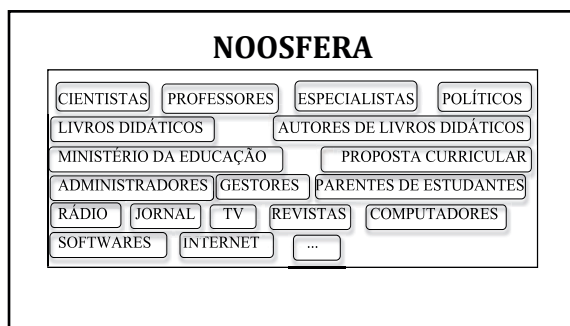


Para Yves Chevallard, é a noosfera quem designa, dentre todos os conhecimentos historicamente acumulados, aqueles que são pertinentes para a formação do cidadão que ingressa na instituição. Desta forma, ao falarmos de instituição

estaremos nos referindo à noosfera constituída. Uma instituição de referência é correspondente à instituição de realização e/ou aplicação de uma pesquisa. Na Figura 2, a instituição aparece explícita.

Porém, mesmo que uma pesquisa não explicita ou não use o termo instituição, o trabalho da mesma está sempre inserido em uma instituição. Pois, em geral, no desenvolvimento de uma pesquisa, pensamos sempre em uma instituição. Ao pensarmos, por exemplo, na Educação Básica (EB), devemos considerar a mesma, como um todo, ou seja, como uma instituição de referência, as suas partes: primeiro segmento da educação, Ensino Fundamental I, Ensino Fundamental II, Ensino Médio, Educação de jovens e Adultos, Educação Profissional, etc. como instituições de aplicação. O termo referência é sugestivo, na medida em que identifica o local institucional da realização/aplicação da pesquisa. Uma vez conhecido estas noções, podemos falar sobre relações e reconhecimento de objetos nas instituições.

Figura 2 - Elementos constituintes das instituições (Educação Básica)



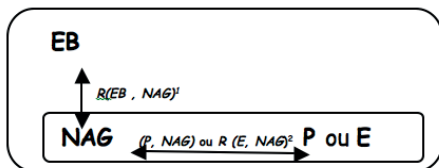
## Relação pessoal e relação institucional

Chevallard distingue três tipos de objetos específicos: instituições (**I**), pessoas (**X**) e objeto (**O**). As pessoas (**X**) por sua vez ocupam posições nas instituições. Ocupando essas posições, essas pessoas tornam-se sujeitos das instituições – sujeitos ativos que contribuem para que um objeto (**O**) possa existir em uma instituição. Desta forma, entra então em cena as noções de relação entre esses elementos primitivos (instituição, objeto do saber e pessoa) da teoria.

Um objeto **O**, como por exemplo, **as interrelações entre os domínios numérico-algébrico e geométrico (NAG)**, existe na medida em que uma pessoa **X**

(um professor-P ou um estudante-E) ou uma instituição I (EB) o reconhece como existente. Assim as relações entre os termos primitivos podem ser esquematizados como no Figura 3:

Figura 3 - Esquema das relações entre o EB, o NAG e P ou E



Chevallard postula que um objeto  $O$  existe para uma pessoa  $X$  se existe uma relação pessoal, denotada  $R(X, O)$ , da pessoa  $X$  ao objeto  $O$ . Isto é, a relação pessoal a  $O$  determina a maneira em que  $X$  conhece  $O$ . De maneira análoga, se define uma relação institucional de  $I$  a  $O$  denotada  $R(I, O)$  que exprime o reconhecimento do objeto  $O$  pela instituição  $I$ .  $O$  é assim, um objeto da instituição  $I$ . Essas relações podem também representar-se da seguinte maneira:

$R(X, O)$	Relação pessoal de $X$ à $O$ ; $X$ conhece $O$
$R(I, O)$	Relação pessoal de $I$ à $O$ ; $I$ conhece $O$

Segundo Chevallard (1989, p. 32)

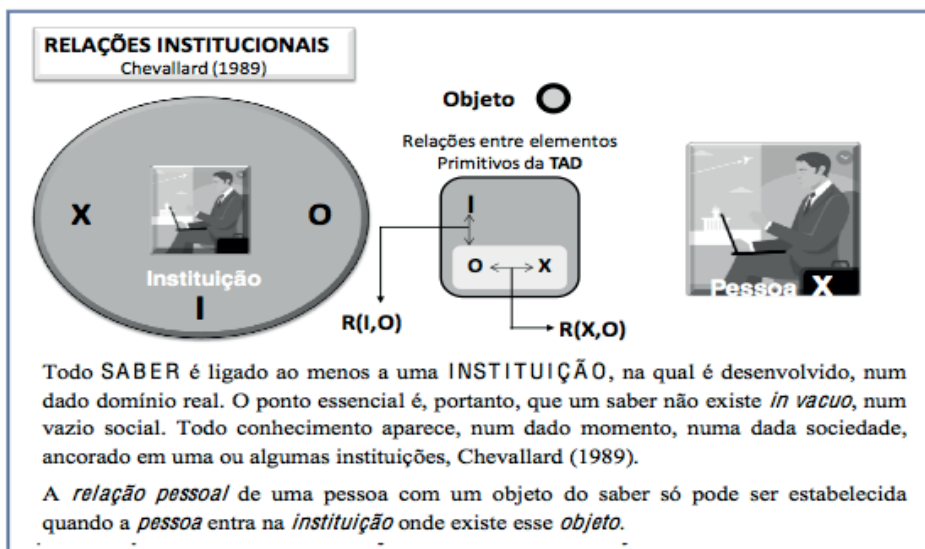
Todo saber é ligado ao menos a uma instituição, na qual é colocado em jogo, num dado domínio real. O ponto essencial é, portanto, que um saber não existe in vácuo, num vazio social. Todo conhecimento aparece, num dado momento, numa dada sociedade, ancorado em uma ou em várias instituições.

A relação de uma pessoa com um objeto de saber só pode ser estabelecida quando a pessoa entra na instituição onde existe esse objeto. Uma relação institucional está, por sua vez, diretamente relacionada às atividades institucionais que são realizadas pelos professores e solicitadas aos alunos. Neste contexto, nos questionamos sobre os efeitos do vazio didático na construção de práticas institucionais efetivas.

## O vazio didático

A Teoria Antropológica do Didático conceitua institucionalização, relações institucionais e pessoais a partir dos objetos institucionais. Chevallard (1989) considera que um objeto (O) do saber é institucionalizado ou reconhecido institucionalmente, se existe a relação institucional denotada por  $R(I,O)$  da instituição I com o objeto O, como aparece na Figura a seguir. Porém esse reconhecimento, no caso da Educação Básica, passa pelos registros de documentos oficiais desta instituição, tais como projetos disciplinares, livros didáticos, parâmetros curriculares, projetos políticos pedagógicos, etc. Dessa forma, quando os professores não encontram no “saber à ensinar” referências, nem uma ecologia para que eles possam alicerçar e construir suas práticas instaura-se o vazio didático, que por sua vez, imprimirá seus efeitos nos trabalhos desenvolvidos pelos professores.

Figura 4 - A teoria antropológica do didático e seus elementos primitivos



Nesse contexto, questionamos-nos de onde vem os objetos ensinados? Quais as interrelações que esses objetos entretêm entre si? Como e por que eles chegaram até aqui? O que faz com esses objetos continuem sendo ensinados? Estas questões marcam a entrada de uma problemática, a qual Yves Chevallard sinaliza que ainda é largamente implícita, merecendo portanto ser investigada, por cons-

tituir um vasto domínio de pesquisa: o estudo de funcionamento de sistemas que nascem, vivem, desaparecem e que possui suas leis, ou seja a ecologia didática dos saberes. Esta vertente da Teoria da Transposição Didática trata de um dado conhecimento, ou seja, diz respeito aos questionamentos sobre a sua real existência, ou inexistência, na instituição onde se instala, sobre como é que esse conhecimento surge, como é que ele se mantém “vivo” e como é que um dado conhecimento deixa de existir. A ecologia de uma organização praxeológica associa-se às condições que pesam sobre sua construção e sua “vida”, normalizadas tanto nas instituições de ensino como nas de produção, sua utilização e/ou transposição.

A Didática da Matemática, considera que a Ecologia Didática do Saber e do Didático relacionam-se às ideias de *habitat*, como o lugar de vida e o ambiente conceitual de um objeto do saber, e de nicho, como o lugar funcional ocupado pelo objeto do saber no sistema ou praxeologia dos objetos com os quais interage.

Neste artigo, apresentamos uma análise da ecologia do saber: o ensino das interrelações entre os domínios numérico-algébrico e geométrico, procurando abordar os aspectos didáticos envolvidos no ensino dos Domínios Numérico-Algébrico e Geométrico (NAG), mais precisamente pretende-se saber por que, na Educação Básica, os estudos formais dos objetos matemáticos, encontra-se dissociado das possíveis interrelações que esses domínios entretêm entre si? Tais questionamentos, na dimensão ecológica, fazem-se necessários, considerando que são tais questionamentos que nos ajudará na compreensão das praxeologias didáticas de professores de Matemática. Estas praxeologias são de certa maneira, caracterizadas por diferentes tipos de *exercícios* que os estudantes devem efetuar por razões que justificam tais tipos de exercícios. Sendo assim, a *relação institucional* a um objeto (**R(I, O)**) é descrita por um conjunto de práticas sociais que funcionam numa instituição, envolvendo esse objeto do saber. Seguindo na apresentação das bases teóricas da TAD, abordaremos em seguida a vertente praxiológica.

## Praxeologia

De acordo com Chevallard, o saber matemático, enquanto forma particular do conhecimento é fruto da ação humana institucional, e é algo que se produz, se utiliza se ensina ou, de uma forma geral, que transita nas instituições. Chevallard propôs a noção de organização praxeológica ou simplesmente praxeologia como conceito-chave para estudar as *práticas institucionais* relativas a um objeto do saber e, em particular, as práticas sociais em Matemática. Ele se propôs a distinguir as

praxeologias que podem se construir numa sala de aula (onde se estuda esse objeto), a analisar a maneira pela qual se pode construir o estudo desse objeto, e que podem permitir a descrição e o estudo das condições de realização. A abordagem praxeológica é, portanto um modelo para análise da ação humana institucional. Com efeito, as praxeologias são descritas em termos das quatro noções a seguir:

**(Tipo de) tarefa ou Exercícios** → **T** **(Tipo de) Técnica** →  $\tau$  **Tecnologia** →  $\theta$  **Teoria** →  $\Theta$

Essas noções permitem a modelização das práticas sociais, em geral, e das atividades matemáticas em particular.

**(Tipo de) tarefa ou Exercício:** É adotado o símbolo **T** para representar um **tipo de exercício** identificado numa praxeologia, contendo ao menos um exercício **t**. Essa noção supõe um objeto relativamente preciso. Por exemplo, calcular o produto de dois números naturais, é um tipo de exercício, mas calcular, simplesmente, é um gênero que requer um determinativo. Assim, exercícios, tipo de exercícios, gênero de exercícios não são dados da natureza: são “artefatos”, “obras”, “construtos” institucionais, cuja reconstrução em determinada instituição é um problema que constitui um dos objetos da didática.

**(Tipo de) Técnica:** Uma **técnica**, denotada por  $\tau$ , é uma maneira de fazer ou realizar um tipo de exercício **T**. Com efeito, uma praxeologia relativa a **T**, necessita de maneira de realizar o exercício  $t \in T$ , isto é, de uma técnica, do grego *tekhnê*, que significa saber-fazer. Assim, para um dado tipo de exercícios **T**, existe, em geral, uma única técnica, ou ao menos um conjunto de técnicas reconhecidas institucionalmente (em exceção das possíveis técnicas alternativas que podem existir em outras instituições) e que permitem também realizar  $t \in T$ .

**Tecnologia:** A **tecnologia**, denotada por  $\theta$ , é um discurso racional (o *logos*) tendo por objetivo justificar a técnica  $\tau$ , garantindo que esta permita realizar os exercícios do tipo **T**. Uma segunda função da tecnologia é a de explicar, tornar compreensível a técnica. Se a sua primeira função – justificar a técnica – consiste em assegurar que a técnica alcance o objetivo, a segunda função – explicar – consiste em expor o porquê fazer daquela maneira. É notável que as duas funções justificação e explicação são assumidas diferentemente por uma dada tecnologia.

**Teoria:** A **teoria**, representada por  $\Theta$ , tem a função de justificar e tornar compreensível uma tecnologia  $\theta$ .

Para esclarecer brevemente o que foi descrito acima, analisaremos o exercício: “Construir o gráfico da função linear  $f(x) = ax$ ”, propostos em uma das aulas que observamos na classe da primeira série, sob a luz de uma organização praxeológica.

A  **tarefa T**: Construir o gráfico da função  $f(x) = ax$ . Poderíamos nos referir às **espécimes**  $t_1$ : construir o gráfico da função  $f(x) = 2x$ ,  $t_2$ : construir o gráfico da função  $f(x) = -x$ . Sendo que  $\{t_1; t_2\} \subset T$ .

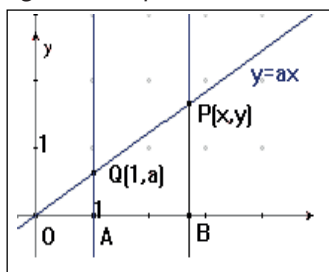
A  **técnica  $\tau$** : É a maneira usual de executar a tarefa proposta que, no caso, é formada pelas seguintes etapas: construção de duas retas perpendiculares, estabelecimento de uma escala em cada eixo, localização de dois pontos A e B no plano cartesiano de coordenadas  $(x_1, f(x_1))$  e  $(x_2, f(x_2))$ , respectivamente, e finalmente, a construção da reta que passa pelos pontos A e B.

A  **tecnologia  $\theta$** : O gráfico de uma função linear  $f(x) = ax$  é uma reta que passa pela origem. Demonstração:

I ) Caso  $a > 0$ . É evidente que a origem  $O = (0, 0)$  é um ponto do gráfico. Para  $x = 1$ , temos  $y = a \cdot 1 = a$ , de forma que o ponto  $Q = (1, a)$  também está no gráfico. A condição para que um ponto qualquer  $P = (x, y)$ , com  $x \neq 0$ , satisfaça a equação  $y = ax$  é que  $\frac{y}{x} = \frac{a}{1}$ . Observando a figura abaixo, isso equivale a dizer que os triângulos

OAQ e OBP são semelhantes, ou que o ponto P está na reta OQ.

Figura 5 - Representação gráfica da questão



II ) O raciocínio no caso  $a < 0$  é o mesmo.

III ) Se  $a = 0$ , a equação se reduz a  $y = 0$ , cujas soluções são os pontos  $(x, 0)$ , isto é, os pontos do eixo  $Ox$ , portanto, o gráfico é o eixo  $Ox$ .

**As teorias  $\Theta$**  de suporte são as seguintes:

$\Theta_1$ : Função como correspondência  $x \rightarrow 2x$ .

$\Theta_2$ : Uma função  $f: \mathbb{R} \rightarrow \mathbb{R}$  pode ser representada graficamente do seguinte modo: considera-se em um plano  $\alpha$  um sistema de coordenadas cartesianas ortogonais  $XOY$  e o conjunto  $G$  de todos os pontos de coordenadas  $(x, f(x))$ , com  $x \in \mathbb{R}$ . O conjunto  $G$  é denominado gráfico da função  $f$  relativo ao sistema de coordenadas  $XOY$ .



$\Theta_3$ : As condições de semelhança de dois triângulos.

$\Theta_4$ : O teorema da proporcionalidade.

Além disso, pode-se acrescentar a teoria.

$\Theta_5$ : A função linear é uma função contínua.

O bloco [tarefa/técnica] é considerado o *saber-fazer*, ao passo que o bloco [tecnologia/teoria] é considerado o *saber*. No exemplo apresentado, *saber* construir o gráfico da função linear é conhecer a praxeologia descrita.

As quatro noções: tipo de exercício ( $\mathbf{T}$ ), técnica ( $\tau$ ), tecnologia ( $\theta$ ) e teoria ( $\Theta$ ), compõem uma organização praxeológica completa [ $\mathbf{T}/\tau/\theta/\Theta$ ], sendo possível uma decomposição em dois blocos [ $\mathbf{T}/\tau$ ] e [ $\theta/\Theta$ ], constituindo, como já mencionamos, respectivamente, o saber-fazer [praxe] e o ambiente tecnológico-teórico [logos]. Dessa forma, podemos afirmar que produzir, ensinar e aprender Matemática são ações humanas que podem ser descritas conforme o modelo praxeológico. Nesse sentido, a organização praxeológica relativa às atividades matemáticas é uma organização matemática.<sup>1</sup>

Segundo Matheron (2000, p. 52)

Essa organização permite estudar uma mesma noção matemática designada por um mesmo nome, mas com organizações matemáticas de naturezas diferentes se desenvolvidas no seio de instituições diferentes. Esse ponto de vista ressalta o aspecto ecológico relativo à um objeto  $O$ , quer dizer, o aspecto do questionamento da existência real ou da inexistência desse objeto na instituição onde vive uma dada organização matemática. Essa dimensão ecológica nos permite questionar como é ensinado um objeto identificado num livro didático, que tipo de técnica será utilizada na resolução de determinado exercício e qual é a organização matemática, e por consequência, que tipo de programa considerar.

Analisar a vida de um objeto matemático em uma instituição é compreender seu significado para essa instituição, é identificar a organização matemática que coloca esse objeto em jogo. Nesta perspectiva, procuramos estudar a organização matemática que é um dos objetos reveladores de praxeologia completa nas instituições de ensino.

---

<sup>1</sup> Uma organização matemática, segundo Chevallard (1999), é apenas uma organização praxeológica de natureza matemática, constituída em torno de um ou vários tipos de tarefas matemáticas, mais ou menos bem identificadas, que evocam a criação de técnicas matemáticas mais ou menos adaptadas assim que justificadas por tecnologias matemáticas mais ou menos sólidas e explícita.

A noção de organização praxeológica e a noção de relação institucional proporcionam, a partir de um estudo ecológico dos livros didáticos e de programas de cursos, ferramentas que podem contribuir na modelização das respostas das questões elaboradas por Matheron (2000).

Chevallard (1989) considera que o sistema das tarefas dos professores revela duas grandes componentes solidárias: organizações matemáticas – das tarefas de concepção e de organização de dispositivos de estudo, bem como gestão dos seus ambientes; organizações didáticas<sup>2</sup> – das tarefas de ajuda ao estudo e, em especial, de direção de estudo e de ensino cujo cumprimento é chamado pela aplicação de técnicas didáticas determinadas. Bronner (1999) acredita que em uma determinada instituição, a um momento institucional dado, uma tarefa genérica pode ser esclarecida do ponto de vista de certas condições de acordo com o resultado esperado, esse contrato uma vez estabelecido determina até as forma dos resultados esperados. A partir desse contexto, surgiram as nossas hipóteses de investigação sobre as quais nossos estudos apoiam-se, dentre elas configura a existência de um vazio didático (BRONNER, 1997, 2007) para o **NAG** como instrumento e como objeto na **EB**. Apesar desse vazio didático, o **NAG** tem um lugar e um papel importante no ensino-aprendizagem de Matemática atualmente. Este vazio pode constituir um obstáculo para os alunos e também para os professores na resolução de tarefas que recorrem ao **NAG** e na construção de novos conhecimentos.

## Metodologia e análise

Em respeito às recomendações estabelecidas para este artigo, nos limitaremos aqui à uma apresentação sucinta da metodologia e análise dos dados coletados, ao longo desta pesquisa, sobre o estudo das interrelações entre os domínios numérico-algébrico e geométrico.

Do ponto de vista metodológico, foram realizados ao longo de um ano escolar, observações em uma classe equivalente ao 1<sup>a</sup> série do Ensino Médio brasileiro, em um colégio francês, composta por 32 alunos. Estas observações foram gravadas em áudio e todas as atividades realizadas pelos alunos foram copiadas (xerox), ambos sofreram uma análise detalhada. O que nos possibilitou a reconstituição da organização matemática e da organização didática presentes nas aulas. Objetivando

---

2 A organização didática, segundo Chevallard (1999), refere-se à reconstrução ou a transposição desta organização matemática na classe.

complementar as nossas análises realizamos entrevistas com os professores e alunos, além de filmar algumas aulas.

Visto a amplitude dos estudos realizados ao longo desta pesquisa, no que diz respeito aos resultados apresentados neste artigo, ressaltamos que foram considerados apenas os dados coletados e observados a partir de uma única aula. Nesta aula, o professor de Matemática que denominamos P2, faz o seu curso sobre os objetos: “a distância entre dois números” e “o valor absoluto de um número”. Em contrapartida, ao analisar o discurso de P2 durante esta aula constatamos que, nem os objetos da aula, o estudo “da distância entre dois números e o valor absoluto de um número”, nem as intenções de P2 de introduzir estes dois objetos, são revelados aos alunos no início do curso, eles vão aparecer progressivamente ao longo do mesmo.

De maneira geral, a Organização Matemática (OM) construída na classe apresenta três tipos de tarefas em torno dos quais a aula é desenvolvida. O curso sobre “a distância entre dois números e o valor absoluto de um número” começa quando P2 propõe aos alunos um tipo de tarefa que notaremos  $T_{\text{carré}}$ . Este tipo de tarefa guia o jogo didático do início ao fim da aula. Nesta aula, aparecem também dois outros tipo de tarefas que são notados  $T_d$  e  $T_v$ , sobre as quais trabalham P2 e os seus alunos.

Quadro 1 - Tipos de tarefas

Tipo de tarefa (T)	Técnica ( $\tau$ )
$T_{\text{carré}}$ - Calcular $a^2 - b^2$ sendo dado « a » e « b »	$\tau_{\text{carré}1}$ . - Com a ajuda da calculadora, calcula-se de uma só vez $a^2 - b^2$ .
	$\tau_{\text{carré}2}$ - Sem utilizar a calculadora transforma-se $a^2 - b^2$ em um produto notável $(a+b)(a-b)$ . Procura-se $\alpha$ tal que : $\begin{cases} a = \alpha + m \\ b = \alpha - m \end{cases}$ A reta numérica é utilizada para mostrar que $\alpha = (a + b)/2$ e $m = a - \alpha = \alpha - b$ . O número $a^2 - b^2$ é escrito como $(\alpha + m)^2 - (\alpha - m)^2 = 2\alpha 2m = 4\alpha m = 100\alpha$ como valor exato procurado.
$T_d$ - Calcular $d(a ; b)$ .	$\tau_d$ - Escrever $d(a ; b) =  a - b $ . Calcula-se o valor absoluto da subtração de 25 por 12 ou de 12 por 25, isto é $ 25 - 12  =  12 - 25 $ .
$T_v$ - Calcular $V(a)$ com « a » numérico.	$\tau_{v1}$ - Escrever $V(a) = d(a ; b) = d(a ; 0)$ .

Fonte: Farias (2010)

O quadro acima apresenta os tipos de tarefas e as técnicas que acompanham cada uma destas tarefas de maneira simplificada. Neste quadro, não especificamos os elementos tecnológicos ou teóricos das praxeologias que aparecem na aula. Porém, os elementos que pertencem ao bloco tecnológico-teórico  $[\theta/\Theta]$  que permitem justificar as técnicas anteriores serão anunciados, de forma resumida, no decorrer deste artigo. A organização matemática da aula pode ser descrita através das tarefas  $T_{carré}$ ,  $T_d$  e  $T_v$  e de um certo número de sub-tarefas que denominaremos de “espécimes”. A partir desta análise podemos apresentar a organização didática que se constitui na aula.

No que diz respeito à organização didática da aula, o curso deste professor começa por uma fase individual de elaboração - a introdução de uma nova noção, seguida de uma fase de institucionalização de conhecimentos e termina-se por uma fase de exercícios representada no quadro abaixo:

Quadro 2 - Fases da aula relacionadas ao tipo de atividades

Linhas	Duração	Modalidade de trabalho	Fases	Tipo de atividade
De 2 à 22	03 min	Individual	I	AER*
De 23 à 35	10 min	Coletivo	II	ERA
De 36 à 66	10 min	Coletivo	III	ERA
De 67 à 76	05 min	Coletivo	IV	ERA
De 77 à 120	02 min	Coletivo	V	institucionalização
De 121 à 322	12 min	Coletivo	VI	institucionalização
De 323 à 345	04 min	Coletivo	VII	ERA
De 346 à 352	02 min	Individual	VIII	ERA
De 353 à 357	01 min	Coletivo	IX	Balanço do trabalho
De 358 à 365	03 min	Individual	X	ERA

\* FARIAS (2010). Atividade de Estudo e Pesquisa (Activité d’Etude et Recherche).

Podemos ver que, para atingir o seu objetivo, P2 instaura uma organização didática complexa. P2 trabalha com os seus alunos na realização de várias tarefas (e com as respectivas espécimes) procedentes da tarefa que ele propôs no início da aula. Por este motivo, a organização didática da aula se instaura através das perguntas-respostas que acompanham toda aula.

## Conclusões

Para uma melhor compreensão dos estudos apresentados, ao concluir retomamos a análise de certos elementos. O que nos permitirá discutir alguns pro-

cedimentos didáticos presentes, nesta aula, e especificar mais detalhadamente a maneira pela qual P2 instaura alguns procedimentos didáticos.

Essa pesquisa nos levou a concluir que uma análise institucional permite identificar as condições e exigências que determinam, numa instituição, as práticas institucionais em torno de objetos de estudo requeridos na formação de recursos humanos. O vazio didático não favorece a elaboração/organização de sequências didáticas que tenham por finalidade alicerçar e contruir as práticas efetivas de sujeitos da instituição em torno dos objetos de estudo propostos, contribuindo assim no desenvolvimento do trabalho do professor.

Em relação ao saber a ser ensinado, ou seja, no que diz respeito aos dois novos objetos estudados “a distância entre dois números e valor absoluto de um número”, observamos que estes são abordados de maneira bastante próxima. Assinalamos que em alguns momentos nos pareceu que os dois objetos eram tratados como sinônimos. No entanto, eles não são sinônimos, eles comportam elementos comuns. Assim, como o professor, percebemos também que o objeto “valor absoluto” aparece de maneira evidente como um dos grandes obstáculos dos alunos na compreensão desta aula, assim como em outras situações da EB.

A noção de valor absoluto ocupa um lugar completamente à parte na EB. Ela é introduzida nas séries iniciais do Ensino Fundamental I, mas de maneira restrita, sendo retrabalhada até o Ensino Médio. Esta repetição pode ser devido à importância matemática desta noção e as constatações da persistência dos erros dos alunos produzidos em torno da mesma.

Sobre as situações construídas por P2 através de perguntas-respostas, nos parece importante apontar que, nesta aula, o professor adotou como critério a aquisição de dois saberes matemáticos ao mesmo tempo “distância entre dois números e o valor absoluto”. Este fato é verificado através das perguntas-respostas que conduzem todas as fases da aula. Vergnaud (1981) sublinha que não é razoável estudar separadamente a aquisição de conceitos (e procedimentos), pois, nas situações encontradas pelo aluno, os saberes são dificilmente dissociáveis. Por conseguinte, as situações cujos alunos confrontaram-se com vários objetos ao mesmo tempo implicam num tratamento dos conceitos e dos procedimentos de vários tipos em estreita conexão.

Observamos também que para acompanharem a aula, é necessário que os alunos conheçam a linguagem na qual se exprime P2. Assim, o professor supõe, para ser eficaz, que os alunos possuem conhecimentos a priori extremamente próximos dos novos conhecimentos que ele está tentando construir.

É possível se observar também, a partir das análises apresentadas até este momento, que esta aula compõe-se através de diversos conhecimentos que permitem o funcionamento e a evolução da aula como deseja P2. Por exemplo, o conhecimento sobre a diferença entre medida e comprimento, sobre a distância, sobre lógica de linguagem etc., são alguns conhecimentos que fazem parte das exigências implícitas de P2. O funcionamento da aula torna-se então um trabalho complexo onde misturam-se diferentes conhecimentos e onde intervêm também as fronteiras possíveis de alteração entre a relação pessoal com o saber, por parte do aluno, e a parte pública que está explicitamente em causa nas relações dos alunos com P2.

A propósito das interações P2 com seus alunos, nesta aula P2 utiliza as perguntas-respostas a fim de promover a conscientização dos alunos em relação aos procedimentos que utilizam nas tarefas propostas. Estas interações, entre P2 e os alunos, geram efeitos sobre as aquisições importantes da aula, o que permite aos alunos progredirem nestas aquisições. No que se refere a avaliação de P2 das produções dos alunos, nos parece que o professor considera estas produções como elementos importantes no processo de aprendizagem. Geralmente, P2 considera as intervenções feitas pelos alunos e as organiza de forma que elas possam ser compreendidas por toda a classe. O P2 considera as diferentes respostas (corretas ou erradas), as marcas de incompreensão, os procedimentos efetuados, a diversidade dos resultados apresentados na classe, etc. O professor dá tempo aos alunos, de modo que eles possam procurar respostas às diferentes perguntas que lhes são feitas. Vimos também, que em determinadas fases desta aula, P2 faz perguntas e ele mesmo fornece as respostas às mesmas. O que denominamos “diálogos no espelho”, com estes diálogos P2 regula o ritmo da aula. Podemos interpretar esta atitude como uma estratégia para melhor guiar a institucionalização de certos objetos. Tal prática, no processo de institucionalização, pode ser relevante para consolidar as aquisições dos alunos. É possível interpretar também os “diálogos no espelho” como estratégias de P2 para impedir a classe de iniciar um debate em torno das respostas erradas que podem ser produzidas pelos alunos, o que certamente exigiria um tempo maior. Pode-se constatar que imediatamente após os diálogos no espelho, P2 retoma o curso através das perguntas-respostas sem que estes momentos alterem demasiadamente o desenrolar da aula.

Observamos que nesta aula os alunos são frequentemente conduzidos a fazerem analogias, comparações, ou tratar problemas em domínios diferentes do qual o problema foi proposto para avançar num raciocínio, explicar ou até mesmo dar sentido aos conceitos trabalhados. Observamos também a utilização do

cálculo literal para reduzir o trabalho do cálculo numérico. Em uma outra tarefa, verificamos a utilização de representações gráficas através da reta graduada para trabalhar os conceitos de distância entre dois números e valor absoluto de um número. Estes são alguns exemplos destas práticas encontradas nesta aula. Porém, através das análises efetuadas, constatamos que dar sentido a conceitos utilizando exemplos, comparações, analogias, não é simples nem para ser instaurado por P2, nem para a compreensão dos alunos. Pois, como sublinha Raymond Duval (1993), os objetos matemáticos como retas, números, representações algébricas, etc. não são objetos reais ou físicos para manipulá-los, os alunos devem passar pelas suas representações, mentais e semióticas. Por conseguinte, um trabalho de vigilância constante é solicitado aos professores e, sobretudo aos alunos, para um encadeamento coerente entre os diferentes momentos de uma aula. Observando o nosso protocolo, podemos afirmar que P2 consegue conduzir este encadeamento para transitar através dos diferentes momentos que compõem esta aula. Para isso, P2 utiliza o NAG para promover mudanças de registros e de quadros. Mas nem em todas as fases P2 consegue manter tal encadeamento, o que ocasiona dificuldade em um determinado momento da aula, o que pode ser verificado através do nosso protocolo.

Observamos o NAG desempenhando um papel importante na mudança de registro. Nesta aula, os alunos são convidados a compreenderem os objetos matemáticos propriamente, e não somente a sua representação, os alunos devem dominar um mesmo objeto matemático em vários registros de representação semiótica e estes registros coordenam os objetos. De acordo com Duval (1993), compreender um objeto matemático é a capacidade de reconhecê-lo em registros diferentes. A conversão de uma representação semiótica à outra pode ser assim a ocasião de se aprender. A dificuldade vem da coordenação dos registros cujas condições determinam sucesso na conversão entre os registros semióticos diferentes, o NAG, nesta aula, é visto como um objeto coordenador que vai dar sentido a estas trocas.

Os assuntos que são trabalhados nesta aula são anunciados como pertencentes ao quadro numérico, mas o trabalho que se observa inscreve-se nos domínios numérico-algébrico e geométrico. Este trabalho utiliza pelo menos três registros de representações semióticas que vão ser introduzidos na aula a partir do trabalho da técnica para resolver a tarefa. A resolução da tarefa inicial não é um mecanismo simples, solicita ao mesmo tempo conhecimentos ligados às situações específicas e regras gerais susceptíveis de serem aplicadas às largas categorias de problemas. Constatamos que os alunos que participaram desta aula elaboraram um esquema

contextualizado de resolução da tarefa. Podemos respaldar esta afirmação ao observar (que um aluno fornece a solução para um novo problema lançado por P2) de forma espontânea utilizando os conhecimentos anteriormente trabalhados.

De acordo com o nosso protocolo e o que observamos na classe, a prática de P2 se traduz em termos de alguns fenômenos didáticos anunciados e analisados anteriormente. Estes fenômenos não parecem ser específicos a esta aula, pois vários deles ilustram dificuldades às quais são confrontados os professores e os alunos no cotidiano da sala de aula.

Constatamos uma utilização pessoal do NAG por parte de P2, este o utiliza de maneira implícita. Nesta aula, pode-se observar que a integração do NAG no processo de ensino-aprendizagem é contínua e fortemente ligada às normas previstas para a institucionalização dos objetos estudados e previstos pelas instruções oficiais. Os caminhos percorridos pela nossa pesquisa nos revelaram que o NAG é um objeto fortemente presente no processo ensino-aprendizagem de Matemática no Ensino Médio, o que tem nos impulsionado na continuidade das investigações que temos feito em diferentes séries do ensino de Matemática no Brasil.

## Referências

- BRASIL. Ministério da Educação. Secretaria de Educação. *Parâmetros Curriculares Nacionais: Matemática/Secretaria de Educação Fundamental*. Brasília, DF, 1998.
- BRONNER, A. *Étude didactique des nombres réels, idécimalité et racine carrée*. 1997. Thèse (Doctorat en Mathématiques) - Université Joseph Fourier de Grenoble, 1997.
- BRONNER A. Les nombres réels dans la transition collège-lycée: rapports institutionnels et milieux pour l'apprentissage. In: SEMINAIRE NATIONAL DE DIDACTIQUE, 7., 2007. Paris. *Actes...*. Paris: IREM de Paris 7, 2007.
- BROUSSEAU, G. *Fondements et méthodes de la didactique des mathématiques*. RDM, v. 7, n. 2, éditions La Pensée Sauvage, 1986.
- CHEVALLARD, Y. Le passage de l'arithmétique à l'algèbre dans l'enseignement des mathématiques au collège - Deuxième partie. Perspectives curriculaires : la notion de modélisation. *Petit x*, n. 19, p. 43-75, 1989.
- CHEVALLARD, Y. Concepts fondamentaux de la didactique : perspectives apportées par une approche anthropologique. *Recherches en Didactique des Mathématiques*, v. 12, n. 1, p. 73-111, Éditions La Pensée Sauvage, 1992.
- CHEVALLARD, Y. L'analyse des pratiques enseignantes en théorie anthropologique du didactique. *Recherches en Didactique des Mathématiques*, v. 19, n. 2, La Pensée Sauvage, 1999.



BRONNER, A.; FARIAS, L. M. S. Comment la profession prend-elle en compte les interrelations entre les domaines numérique-algébrique et géométrique ? In: CONGRES INTERNATIONAL SUR LA THEORIE ANTHROPOLOGIQUE DU DIDACTIQUE, 2., 2007. Montpellier, Actes... Montpellier, 2007.

DUVAL, R. Registres de représentation sémiotique et fonctionnement cognitif de la pensée. *Annales de didactique et de sciences cognitives*, n. 5, p. 37-65, 1993.

FARIAS, L. M. S. *Estudo das Inter- relações entre os domínios numérico- algébrico e geométrico no ensino de matemática no secundário: uma análise das práticas de ensino em classes de troisième e seconde*. 2010. 378 f. Tese (Doutorado em Didática da Matemática) – Laboratório Interdisciplinar de Pesquisa em Didática, Educação e Formação, Universidade de Montpellier 2, Montpellier, França, 2010.

HENRIQUES, A. *L'enseignement et l'apprentissage des intégrales multiples: analyse didactique intégrant l'usage du logiciel Maple*. Grenoble: Université Joseph Fourier/ Lab. Leibniz. 2006.

MATHERON, Y. *Analyser les praxéologies quelques exemples d'organisations Paramètres Curriculaires Nationaux: Mathématiques/Secrétariat d'Éducation Fondamentale*. Brasília: MEC/SEF, 2000. p. 19-28.

VERGNAUD, G. *L'enfant la mathématique et la réalité*. Berne: Peter Lang, 1981.



# Importance et méthodologie de l'observation de classes dans les recherches en didactique<sup>1</sup>

Claude Comiti

## Introduction

Nous appelons « *observation de classes* » (et non observation *en* classe) la prise d'information sur l'interaction entre plusieurs éléments du système didactique en action, pendant un temps déterminé. La multiplicité des variables et la complexité de leurs modes d'action rendent nécessaire une modélisation, c'est à dire la représentation par un système simplifié de chacun des protagonistes et de leurs interactions, modélisation qui s'appuie sur les outils théoriques du chercheur. L'observation de classes est d'autant plus importante qu'elle est le lieu même de la confrontation entre *la théorie* (ce qui devrait se passer selon le modèle d'explication du chercheur) et *la contingence* (ce qui se passe ou ne se passe pas dans la classe, lors des observations). Dans notre exposé, nous préciserons la méthodologie de l'observation de classes dans les recherches en didactique en mettant l'accent sur l'importance du choix du cadre théorique retenu en fonction de la problématique de la recherche. Nous éclairerons notre propos en nous appuyant sur les deux recherches suivantes. Analyse de l'enseignement/apprentissage dans une classe de 4<sup>o</sup> en France (8<sup>o</sup> au Brésil) du carré et de la racine carrée, dans le cadre de la Théorie des Situations Didactiques *qui permet de construire et d'analyser des situations dans lesquelles on puisse attester de l'évolution des connaissances de l'élève* (Brousseau 1986 et 1998). C'est cette théorie qui nous permettra de lire et d'interpréter la situation de classe et de donner un sens à ce que font les partenaires (maîtres et élèves) dans cette situation. Analyse de la conduite d'une séance de classe lors de

---

1 Em se tratando de um texto em língua estrangeira, preservou-se a estrutura e normas técnicas adotadas no país de origem.

l'introduction de l'étude des équations du premier degré dans une classe de 4° (8° au Brésil) dans le cadre de la Théorie Anthropologique de la Didactique pour laquelle « *Il s'agit de prendre comme objet premier à étudier, et donc à questionner, à modéliser et à problématiser selon les règles de l'activité scientifique, non pas le sujet apprenant ou le sujet enseignant, mais le savoir mathématique qu'ils sont censés étudier ensemble, ainsi que l'activité mathématique que leur projet commun d'étude les portera à réaliser* » (Chevallard, Bosch et Gascon (1997)). C'est cette théorie qui nous permettra d'analyser l'organisation didactique de la classe observée, compte tenu des particularités et contraintes de l'institution scolaire étudiée.

## **Pourquoi s'intéresser à l'observation de classe ?**

L'observation apparaît souvent, en première approximation, comme un outil de la recherche qui ne fait pas l'objet de théorisation ni de développement méthodologique, au contraire, par exemple, des méthodes statistiques que certains des didacticiens ont pris comme objet de leur travail.

Jusqu'à la fin des années 1980, les premiers travaux français portant sur la classe reposaient sur l'analyse d'interviews d'enseignants, la classe a ensuite été utilisée pour réaliser des expérimentations ou pour mettre en place, pour les besoins de la recherche, des ingénieries didactiques. Mais ce n'est qu'au cours des années 1990 que l'étude des pratiques en situation de « classe ordinaire »<sup>2</sup> est apparue fondamentale en recherche en didactique des mathématiques.

## **L'approche de l'enseignement des mathématiques, développée en didactique, est une approche systémique**

Selon Guy Brousseau, « *L'approche systémique consiste à indiquer a priori les observables intéressants par lesquels se manifeste le fonctionnement du système et à les relier par des explications raisonnables de ce fonctionnement.* »

Le chercheur, dont l'objet de recherche est la mise en évidence et l'élucidation de phénomènes didactiques<sup>3</sup>, en particulier de ceux qui se manifestent pendant le déroulement de la classe, ne peut se soustraire à l'observation de classes, par

---

2 En portugais : « dia a dia »

3 Nous appelons *phénomène didactique* l'interprétation, par le chercheur, des données recueillies lors de l'observation en tenant compte des contraintes pesant sur le système d'enseignement, des choix effectués par l'enseignant et de la signification du savoir en jeu pour les élèves et le professeur.

exemple en remplaçant cette observation par des questionnaires ou des observations cliniques. Car la classe est le lieu même de la confrontation entre son effort de théorisation et la contingence.

Ses analyses devront lui permettre d'identifier, parmi les données recueillies lors de l'observation, celles qui sont de l'ordre :

- de la *nécessité* (théorique) : ces données étaient prévisibles car conformes au modèle d'explication de départ, les observés font partie des observables prévus a priori ;

- ou de la *contingence* : je n'ai pas vu quelque chose que j'attendais ; pourquoi ? J'ai vu quelque chose que je n'attendais pas, qu'est-ce que cela m'apprend ?

## **Quelle conséquence pour la définition de l'objet «observation de classes<sup>4</sup>»?**

Ce qui intéresse le chercheur, ce sont les interactions entre les diverses composantes du système didactique, interactions qui se développent tout au long du processus d'enseignement/apprentissage. « Observation de classes » signifie donc ici : prise d'information sur l'interaction entre plusieurs éléments du *système didactique* en action, pendant un temps repéré.

## **L'observation de classe ne s'effectue pas dans un contexte isolé, elle s'inclut dans une problématique de recherche**

La multiplicité des variables et la complexité de leurs modes d'action rendent nécessaire une modélisation préalable, c'est-à-dire la représentation par un système simplifié de chacun des protagonistes et de leurs interactions. Cette modélisation dépend du cadre théorique dans lequel se place le chercheur en fonction de sa problématique et donc sur les outils que ce dernier met en œuvre pour ses analyses ainsi que des dispositifs d'observation dont il dispose.

Nous distinguerons deux grandes catégories d'observation directe de classes correspondant aux deux faces de la recherche en didactique.

D'une part, des observations qui constituent un moment essentiel des recherches utilisant l'ingénierie didactique comme méthodologie. Dans ce cas, le chercheur est complètement partie prenante de la démarche didactique, sa

---

4 Et non pas observation *en* classe, pour des raisons que nous précisons plus loin

responsabilité est engagée à plusieurs niveaux : la conception des séquences de classe, leur communication à l'enseignant, l'organisation du recueil des données puis la validation terminale par confrontation entre l'analyse a priori et l'analyse a posteriori.

D'autre part, des observations destinées à dégager et expliquer des phénomènes didactiques, concernant l'enseignement « tel qu'il se pratique ». Dans ce cas, le chercheur n'assume aucune responsabilité dans le choix et la gestion des activités didactiques.

C'est à cette catégorie d'observation que nous nous intéressons ici.

Et pour montrer la dépendance entre problématique de l'observation et choix du cadre théorique, nous avons fait le choix d'illustrer notre propos par la présentation de deux études de cas.

- La première concerne l'introduction de la racine carrée, dans une classe de 3<sup>e</sup> en France (classe 9 au Brésil). L'objectif du chercheur est de s'interroger sur la signification de ce que font l'enseignant et les élèves dans cette situation et de donner du sens à l'écart entre le projet initial de l'enseignant et sa réalisation. Ceci le conduit à se placer dans le cadre de la Théorie des Situations Didactiques *qui permet de construire et d'analyser des situations dans lesquelles on puisse attester des connaissances de l'élève* (Brousseau 1986 et 1998).
- La seconde concerne l'introduction de l'étude des équations du premier degré, dans une classe de 4<sup>e</sup> (classe 8 au Brésil), observation qui porte sur le savoir mathématique introduit et sur l'activité mathématique effectivement mise en œuvre dans la classe. Dans ce cas, il s'agit pour le chercheur d'analyser l'organisation didactique de la classe observée compte tenu des particularités et des contraintes de l'institution scolaire étudiée. C'est dans cet objectif qu'il se place dans le cadre de la Théorie Anthropologique du Didactique pour laquelle il s'agit, selon Chevallard (1992), *de prendre comme objet premier à étudier, et donc à questionner, à modéliser et à problématiser selon les règles de l'activité scientifique, non pas le sujet apprenant ou le sujet enseignant, mais le savoir mathématique qu'ils sont censés étudier ensemble, ainsi que l'activité mathématique que leur projet commun d'étude les portera à réaliser.*

Mais auparavant, il est nécessaire de rappeler les bases méthodologiques de l'observation de classe

## Quelques considerations theoriques et methodologiques sur l'observation de classes

### Le contrat chercheur/enseignant

Comme le professeur, le chercheur-observateur fait partie du *système classe*, son observation va donc produire un certain nombre d'évènements. Il ne peut négliger, dans ses analyses, l'impact de son projet, de son action, ou même de sa seule présence sur les personnes en jeu dans ses observations. Un certain nombre de précautions tant théoriques que méthodologiques sont nécessaires pour pouvoir contrôler cet impact et éventuellement tirer parti des évènements produits par les observations.

Que l'on s'intéresse à l'étude des tâches de l'enseignant, de ses rapports aux objets d'enseignement, de ses comportements et discours en classe, ou encore aux interactions dans la classe au cours d'un apprentissage donné, il s'agit toujours d'observations de l'enseignement *tel qu'il se pratique*.

D'une part, la conception et la gestion des séances d'enseignement doit rester sous l'entière responsabilité de l'enseignant, toute intervention des observateurs et/ou chercheurs étant exclue. D'autre part, il s'agit d'inscrire la relation chercheur/enseignant et la relation observateur/observé dans le champ de la recherche, et non dans celui du contrôle : le chercheur n'est ni un inspecteur, ni un juge du travail de l'enseignant. Il est enfin nécessaire de préciser avec l'enseignant les conditions de l'expérimentation.

### La prise d'information lors de l'observation de classes ordinaires

Le chercheur prend de l'information relative à un «*état du système*» que constitue la classe, objet de l'observation. Mais vouloir observer la classe d'un certain point de vue, c'est s'obliger à affronter le *problème de la prise d'observation*, non seulement sur son *état le jour de l'observation*, mais aussi sur ce *système* lui-même.

Or la prise d'information sur la classe comme *système* dépend de ce que l'on entend par observer, et aussi de la théorie dont on dispose pour identifier les informations pertinentes. Les *données* que l'on recueille en observant un système ne sont pas neutres, ce sont toujours des *construits*. Si le chercheur ne les construit pas lui-même, il ne recueillera, par une observation directe, que ce que l'institution lui présentera d'elle-même.

La préparation d'une observation *de* classe ne s'effectue donc pas dans un contexte isolé, elle s'inclut dans une méthodologie plus vaste, tout en se déroulant dans un temps donné et un lieu précis. Il s'agit d'un processus complexe qui comporte différents moments que nous décrivons ci-dessous.

### **Le recueil de données *externes* à la classe**

A côté de l'observation *en* classe, le chercheur doit se donner les moyens de recueillir une certaine information *externe* à la classe, ce qui dépend de la question qu'il veut étudier et du cadre théorique dans lequel il se place. Revenons à nos deux études de cas.

Dans la première, où il s'agit d'interpréter en tant que phénomène didactique les *écarts* entre le projet original de l'enseignant et son déroulement en classe, il est indispensable de connaître, lors d'un entretien, les objectifs du professeur pour cet enseignement et de disposer du scénario<sup>5</sup> qu'il a prévu pour la conduite des séances sur la racine carrée.

Dans la seconde étude, où il s'agit d'analyser la situation de classe observée en termes d'organisation mathématique enseignée et d'organisation didactique de la séance, compte-tenu du système-classe dans lequel l'observation se situe, il nous faut connaître les contraintes imposées par l'institution pour l'étude des équations en 4°. Pour cela, nous devons étudier le programme, le manuel de la classe, et si possible avoir un entretien avec l'enseignant qui précise son projet d'enseignement.

### **Le recueil de données *internes* à la classe**

Ce sont les données que l'on recueille lors de l'observation en classe. On peut utiliser un enregistrement audio ou vidéo de la séance (professeur et élèves), mais dans tous les cas, la prise de notes est indispensable pour compléter le décryptage du matériel obtenu par enregistrement. Elle nécessite la présence de plusieurs observateurs. Lorsqu'il s'agit d'un enregistrement audio, ce qui est le cas pour nos deux observations, ce sont ces notes qui permettront notamment de relever qui

---

5 Nous appelons *scénario* la fiche de préparation de l'enseignant qui comporte la planification détaillée de la suite des séances prévues pour l'enseignement de la racine carrée ainsi que leurs articulations.



parle, de noter les différentes interactions pas forcément prises en compte lors de l'enregistrement et de disposer de ce qui est écrit sur le tableau.

### La recomposition de la chronique de la classe

Nous appelons chronique de la classe le document écrit résultat de l'observation dont la constitution intègre certaines notes recueillies par l'observateur sur ce qu'il juge important de relever. Le travail de sa recomposition est sous-tendu par des choix méthodologiques et par la problématique de la recherche. La chronique obtenue est ensuite découpée en "épisodes" dont le chercheur fait l'hypothèse qu'ils sont significatifs.

Revenons à nos deux études de cas.

Dans nos deux études, les chroniques<sup>6</sup> **résultent** des transcriptions des bandes audio et des données recueillies sur le vif par les observateurs.

- Dans le cas de l'introduction de la racine carrée en 3<sup>o</sup>, nous nous attachons notamment, pour le découpage en épisodes, à la mise en évidence :
  - d'événements,<sup>7</sup> à condition qu'ils mettent en jeu des connaissances mathématiques au sens large,
  - de l'origine de ces événements,
  - de la gestion de ces événements par le professeur.
- Dans le second cas, nous découpons en épisodes montrant la stratégie de l'enseignant pour mettre en place, dans cette classe de 4<sup>o</sup>, l'étude des équations du premier degré :
  - comment organise-t-il l'introduction du savoir mathématique en jeu ?
  - pourquoi l'organise-t-il de cette façon ?

Nous allons maintenant entrer dans le vif du sujet et présenter chacune des deux études, tout en passant plus de temps sur la première, la seconde devant faire l'objet d'une étude détaillée lors de l'atelier qui suivra.

---

6 Dont on trouvera des extraits en annexe.

7 Nous appelons événement des questions, réponses, débats, ayant lieu dans la classe, constitutifs de la réalité de la classe.

## Premiere etude : observation de l'introduction de la racine carree en classe de 3ieme<sup>8</sup>

### Quelques précisions sur la théorie des situations et le concept de milieu

La plupart des didacticiens font leur :

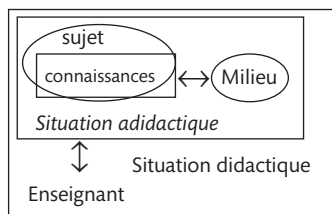
- l'hypothèse selon laquelle le sujet apprend en s'adaptant à un milieu qui est producteur de contradictions, de difficultés, de déséquilibres.
- complétée par l'hypothèse selon laquelle un environnement sans intentions didactiques, c'est-à-dire non volontairement organisé pour enseigner un savoir, est insuffisant à induire chez un sujet toutes les connaissances que la société souhaite qu'il acquière.

L'enseignant doit donc provoquer chez les élèves les adaptations souhaitées par une organisation pertinente du 'milieu'.

Dans la théorie des situations (Brousseau 1986 et 1998), qui propose une modélisation des interactions entre les divers systèmes en jeu, l'enseignant n'est pas réduit à être un organisateur neutre des activités d'apprentissage des élèves. Il fait partie du système didactique. Il en constitue un sous-système, tout comme les élèves et le savoir enseigné. Il provoque chez les élèves les adaptations souhaitées par une organisation pertinente de l'environnement. Brousseau appelle '*milieu*' la modélisation du sous-ensemble de l'environnement du sujet pour l'apprentissage visé. C'est un outil qui permet de décrire, d'expliquer et de prédire aussi bien l'action de l'élève sur ce milieu que la rétroaction de ce milieu sur l'élève.

C'est ce que Bessot (2003) représente dans son cours de DEA de didactique des mathématiques par le schéma ci-dessous.

Schéma 1 - modélisation des interactions



8 Classe 9 au Brésil.

Un état de connaissances est alors caractérisé par un état d'équilibre du système élève/milieu, sous des contraintes précises. La construction à laquelle se réfère un apprentissage est la construction d'un nouvel équilibre à la suite d'une perturbation du milieu ou des contraintes exercées sur ce système. La connaissance ne peut donc être attribuée au sujet seul comme une propriété qui lui serait intrinsèque, ni au milieu seul : elle est la propriété d'un sujet en situation et en interaction avec ce milieu.

## Revenons à notre étude

### Le projet du professeur observé (P)

Les données externes à la classe permettent l'analyse du projet de P. Le professeur a un rapport personnel à l'apprentissage des élèves en général, à l'objet mathématique « racine carrée », dont on trouve des traces dans les interviews et en situation. Ce sont les composantes de ce rapport (que nous appelons ici « connaissances » de P) qui sous-tendent son projet d'enseignement.

- **Les entretiens** nous apprennent que l'intérêt de la racine carrée réside pour P essentiellement dans l'introduction de « nouveaux nombres », qui viennent s'ajouter à ceux que les élèves connaissent déjà (rationnels essentiellement).
- « *Quand elle est irrationnelle [...] la racine carrée est un nombre difficile à palper [...] ça nous permet d'aller plus loin, d'introduire de nouveaux nombres, d'arriver aux réels, quoi.* »
- « *Je ne veux pas rester au niveau calculatoire, j'essaie de leur montrer que  $\sqrt{a}$ , c'est un nombre et pas une opération...* »
- « *Ce que je souhaite essentiel qu'ils retiennent ? Justement, le fait que ce soit de nouveaux nombres, qu'ils ne soient plus tentés, toujours, de prendre les valeurs approchées, qu'ils utilisent le symbole  $\sqrt{\quad}$  en disant que ça, c'est une solution à un calcul.* »
- En ce qui concerne sa vision de l'apprentissage, P insiste sur la nécessité de favoriser le travail des élèves (seuls ou à plusieurs). Il aime pratiquer, chaque fois que possible, le débat dans sa classe, renvoyant à l'ensemble des élèves les affirmations ou interrogations de certains d'entre eux, sans prendre lui-même position.
- **Le scénario** nous montre les choix d'introduction de la racine carrée retenus par P.
- Lorsque le professeur organise l'enseignement du chapitre Racines Carrées, il s'appuie sur des connaissances issues de manuels scolaires, d'articles lus sur la

question et des situations passées d'enseignement de la racine carrée. Cela le conduit à choisir une introduction arithmétique « à partir de ce que les élèves ont déjà étudié, les carrés » :

- « J'ai fait le choix d'introduire la racine carrée à partir d'exemples simples, c'est-à-dire à partir de nombres qui sont des carrés parfaits, parce que je me suis aperçue que cette notation, elle est difficile [...] ils se mélangent un peu les crayons. Donc, je voulais que cette notation, racine carrée, dans un premier temps, ne leur pose pas de problème, donc j'ai fait le choix de partir des carrés, de ce qu'ils connaissent déjà. »
- Son projet est de faire acquérir par les élèves des connaissances dont il estime qu'elles seront indispensables pour inférer les définitions, conditions d'existence et propriétés de la racine carrée d'un nombre et en particulier celles du type :
  - un nombre négatif n'a pas de racine,
  - la fonction carrée n'est pas bijective sur  $\mathbb{R}$  (seulement sur  $\mathbb{R}^+$ ),
  - pour que  $a$  soit le carré d'un entier, il faut qu'il appartienne à la table des carrés parfaits.

### Analyses de la situation

Les analyses successives de la situation doivent aboutir à l'interprétation des données recueillies en relation avec les questions de la recherche.

**Importance de l'analyse a priori et de l'analyse a posteriori** (selon Bessot, Comiti, 2009)

Comme nous l'avons vu plus haut, la multiplicité des variables intervenant en situation de classe et la complexité de leurs modes d'action rendent nécessaire une modélisation préalable. C'est dans le cadre de référence retenu par le chercheur que sont effectués les choix pour représenter par un système simplifié chacun des protagonistes et leurs interactions, et donc que prend place la modélisation. Dans le cadre retenu par Comiti et al. (1995), cette modélisation consiste en analyses a priori et a posteriori.

L'analyse *a priori*, permet d'élaborer un modèle a priori *Sa* de la réalité, c'est-à-dire indépendant du déroulement de l'expérimentation particulière. Elle repose sur les connaissances sur la situation dépersonnalisées et décontextualisées. Un de ses rôles essentiels est de *déterminer des observables* par lesquels peut se manifester le fonctionnement du système, observables pertinents par rapport à l'objet de recherche, qu'il s'agira de relier par des explications raisonnables ce fonctionnement.

L'analyse *a posteriori* consiste en la reconstruction d'un modèle de la réalité *Sp* à partir de la confrontation des données recueillies lors du *déroulement de la situation particulière* avec l'analyse *a priori*. Elle permet de traiter et d'interpréter les *observés*, et de formuler des résultats. C'est ce que nous résumons dans le schéma 2.

Schéma 2 - Les deux modèles de la réalité : Sa et Sp

<b>Analyse a priori</b>	<b>Observation</b>	<b>Analyse a posteriori</b>
Élaboration d'une Situation <i>Sa</i> : Modèle <i>a priori</i> de la réalité	<i>Déroulement particulier</i> de la réalité en classe	Reconstruction d'une Situation <i>Sp</i> : Modèle de la réalité qui prend en compte le <i>contingent observé</i>
Élève et enseignant génériques, vus comme sujets rationnels	Élèves et Enseignant dans la classe	Élèves et Enseignant vus comme sujets didactiques
Détermination du <i>milieu</i> , des <i>variables didactiques</i> , des <i>stratégies</i> , des <i>observables</i> .	Recueil de <i>données</i>	Confrontation : - des <i>observés</i> aux <i>observables</i> déterminés <i>a priori</i> - des procédures élèves /aux <i>stratégies</i> définies <i>a priori</i> . Interprétation du <i>contingent</i> par rapport au <i>nécessaire</i> .

### **Analyses de la première séance d'enseignement de la racine carrée**

Comme c'est toujours le cas dans l'observation de classes ordinaires, la situation observée n'est décrite nulle part. Il est donc nécessaire, de la « reconstruire », à partir de la chronique de la classe. C'est l'analyse de la situation ainsi décrite qui aboutit à sa modélisation *a priori Sa*.

#### **Première analyse a priori**

Il s'agit d'analyser la situation théorique créée par les trois questions posées par P en début de séance<sup>9</sup>.

« Première question: Peut-on trouver des nombres dont le carré est moins un ? »

« Deuxième question : Deux nombres différents..., peuvent-ils avoir le même carré ? »

9 cf. Début de la chronique de la classe en annexe.

« Troisième question : Les nombres suivants : 40, 9, - 16, 0, 25/4, 1, 400,  $10^5$ , 121, 0,04,  $9^{10}$  sont-ils des carrés de nombres entiers ? »

La situation que la première analyse nous permet de décrire est celle qui correspond à l'image que s'en fait l'enseignant, lors de sa construction de la séquence.

Le *milieu* permettant le fonctionnement de l'élève en réponse aux questions posées est constitué des objets nécessaires à la lecture du problème par ce dernier : il comprend :

- les nombres entiers, relatifs, décimaux, rationnels, les puissances,
- les règles d'opérations sur ces nombres
- la définition d'un carré comme produit d'un nombre par lui-même.

Les *connaissances nécessaires* pour permettre la production par les élèves de couples  $(a, a^2)$  sont notamment la définition d'un carré comme produit d'un nombre par lui-même et les propriétés usuelles de la multiplication (règle des signes). Ces connaissances sont nécessaires pour mettre en place la stratégie de base : exploration systématique de l'ensemble des couples de nombres pour déterminer ceux dans lequel le deuxième terme (le carré) est un nombre donné dans les questions posées. Par exemple  $(+3, 9)$ ,  $(-3, 9)$ , etc.

Les connaissances «un carré est toujours positif», «deux nombres opposés ont même carré», sont en cours d'élaboration ou d'apprentissage : leur non-maîtrise produira des erreurs mais n'empêchera pas les élèves de travailler.

*Détermination des observables* : rappelons que les observables sont les traces du possible et fournissent, en fonction des questions de la recherche, des outils d'analyse des *observés* : choix d'indicateurs à relever, critères de découpage de protocoles, ... Ils sont indispensables à l'analyse a posteriori.

Les *productions* de l'élève peuvent être modélisées par des couples de nombres connus associant un nombre et son carré  $(a, a^2)$ . Pour donner les réponses attendues et les justifier, l'élève doit restreindre l'ensemble des couples  $(a, a^2)$  aux couples pertinents :

- pour répondre à la première question :  $(?, -1)$  ;
- à la deuxième question :  $(a, a^2)$ ,  $(-a, a^2)$  ;
- à la troisième question :  $(?, 40)$  ;  $(3, 9)$  ...

En réponse à la première question, l'exploration systématique des couples  $(a, a^2)$  où  $a^2 = -1$  doit conduire l'élève à une hypothèse d'absence de nombre  $a$  dont le car-

ré est moins un. La preuve à la portée des élèves est ici une preuve *par exhaustion* : il y a trois cas possibles, zéro, dont le carré n'est pas  $-1$ , un nombre positif, dont le carré est positif et donc ne peut être  $-1$ , un nombre négatif, dont le carré est positif et donc n'est pas  $-1$ .

### ***Etude du début de la chronique***

Cette étude est conduite dans le but de confronter les observés aux observables prévus par l'analyse a priori ci-dessus. Elle doit permettre d'identifier :

- les observés qui relèvent de l'ordre du nécessaire du point de vue du projet didactique : ce sont ceux qui correspondent à certains observables;
- ceux qui ne correspondent à aucun observable a priori : ils sont survenus dans cette situation de classe mais auraient pu aussi bien ne pas survenir et paraissent de l'ordre de la contingence.

Il est en effet nécessaire de ne pas s'intéresser seulement à ce qui était prévu, mais de s'interroger sur ce qui ne l'était pas. Certains événements étaient prévisibles, d'autres étaient improbables : il s'agit alors de se demander si ces derniers ne sont dus qu'au hasard ou si, au contraire, ils permettent de révéler des situations cachées à une première interprétation.

Que nous apprend ici la comparaison des observés avec les observables définis a priori ? Notre analyse a priori ne permet pas de prendre en compte certains *observés*, dont notamment l'épisode (24-30) qui suit l'intervention 24 de Mickaël.

12 P : Bien, allez, on commence à corriger ce que vous avez fait (*après environ 5 minutes de travail*). Peut-on trouver des nombres dont le carré est «moins un»? Marlène qu'est-ce que tu as répondu à cette question?

13 Marlène : Non.

14 P : Non? Qui a répondu non comme Marlène? Qui répond oui?

Des doigts se lèvent à chaque fois, mais un bon tiers des élèves n'ont levé le doigt pour aucune des réponses.

15 P : Donc, ça se partage, mais il y en a à peu près un autre tiers qui ne répond rien du tout! Qui ne peut pas répondre à cette question? Qui ne se prononce pas? Et bien alors, Marlène, toi tu réponds non, est-ce que tu peux expliquer pourquoi?

16 Marlène : ...

17 P : Tu ne peux pas expliquer. Tu as l'impression que c'est non, mais tu ne sais pas. Stéphanie?

18 Stéphanie : Non, parce que le carré d'un nombre est toujours positif.

19 P : Non, parce que le carré d'un nombre est toujours positif.

20 E : Oui, c'est juste!

21 P : Tu lèves le doigt! D'autres explications, Olivier?

22 Olivier : Le carré d'un nombre négatif, c'est un nombre positif.

23 P : Le carré d'un nombre négatif est un nombre positif. Les élèves qui ont répondu oui, comment est-ce qu'ils s'expliquent? Il y en a qui ont répondu oui, tout à l'heure? Seraient-ils déjà convaincus par Stéphanie?

24 Michaël : Et bien non! Si on prend le carré négatif...

25 P : Si tu prends le carré....., qu'est-ce que tu veux dire, le carré négatif, le carré d'un nombre négatif.....? Est-ce qu'il peut finir son explication? On écoute Michaël.

26 Michaël : On prend un, on met moins...

27 P : On prend un, alors comment je l'écris, je mets moins un....*P écrit  $(-1)^2$*  alors ça, ça fait quoi? Ça fait un.

28 Michaël : non

29 P : Alors, viens nous l'écrire

30 *Michaël va au tableau et écrit :  $-(-1)^2 = -1$*

31 P : Alors, c'est à dire que je l'écris comment? J'écris moins, entre parenthèses un au carré?

32 Michaël : Oui!

33 P : Va à ta place. Oui, alors, donc moins un au carré, c'est pareil que ce que tu as écrit en dessous? Tu as mis une parenthèse et alors ça, tu en dis quoi?

34 Michaël : Ça fait moins un!

Cette mauvaise adéquation entre observés et observables nous conduit à repérer une situation (vécue, comme nous pouvons le constater en étudiant la suite de la chronique, par plusieurs élèves) dont nous n'avions nullement anticipé l'existence et à modifier notre première analyse a priori de manière à prendre en compte cette situation.

La première analyse a priori place dans le *milieu* des connaissances relativement sophistiquées pour des élèves de classe de ce niveau scolaire. En effet, modéliser les «productions» de l'élève par des couples de nombres connus associant un nombre et son carré ( $a, a^2$ ) masque la difficulté de la recherche du carré pour un  $a$  nombre négatif, pour un  $a$  rationnel, pour un  $a$  décimal, etc. Or, nombreux sont les élèves qui ont encore des difficultés sur ce point.



Pourtant la chronique montre que les élèves ne semblent pas éprouver de difficulté à entrer dans le problème et à y produire des réponses, c'est donc qu'ils ont un moyen d'interpréter la situation et d'y mettre en œuvre une stratégie de base. La question est de comprendre quelle est cette dernière.

### ***Deuxième analyse a priori : une modélisation $S'a$ alternative à la première proposée***

Contrairement au cas de la modélisation par la situation  $S_a$ , dans lequel on suppose disponibles les nombres précédemment connus des élèves et les règles d'opérations sur ces nombres, le milieu de  $S'a$  ne comporte pas les nombres et les opérations sur ces nombres, mais seulement des *règles d'écriture* des nombres. Il se limite aux nombres entiers, à certains «signes»: parenthèses, signe moins, barre de fraction, virgule décimale, exposant, etc. et aux règles d'écriture appliquées sur ces nombres (par exemple, on n'écrit pas 2, 2, 34 mais 2,234 ou 22,34). Le carré d'un nombre  $x$  est alors obtenu en écrivant l'exposant 2 en haut et à droite de  $x$  :  $x^2$ .

Parmi les connaissances en cours d'élaboration ou d'apprentissage qui correspondent aux propriétés mathématiques des écritures obtenues par l'application de l'exposant 2, on trouve: « un carré désigne une écriture  $a^2$  (si  $a$  est positif) ou  $(a)^2$  ».

Dans les réponses des élèves aux questions posées, P ne peut généralement pas distinguer si les élèves fonctionnent dans la situation  $S'a$  ou dans la situation  $S_a$ , et pourtant la signification des réponses des élèves qui fonctionnent dans  $S'a$  et les raisons qu'ils donnent sont très différentes de celle qu'elles ont dans  $S_a$ .

### ***Analyse a posteriori et détermination de la situation $S_p$***

L'analyse a posteriori est fondée sur ce qui s'est produit dans la *réalisation particulière* de la situation étudiée lors de l'analyse a priori. Elle dépend en même temps du cadre de référence de la recherche et des faits expérimentaux observés. Elle doit permettre notamment l'étude des choix de l'enseignant et/ou des stratégies de l'élève dans la situation, que l'on interprètera en termes de choix effectifs de l'enseignant ou de connaissances effectives de l'élève.

Notre deuxième analyse a priori (situation  $S'a$ ), permet de produire au moins un couple solution dans lequel on a bien comme premier terme -1 et comme deuxième terme un exposant 2, par exemple la solution de Michaël (-1,  $-(1)^2$ ). Il suffira alors d'exhiber ce couple pour conclure qu'il existe des carrés négatifs.

P ne comprend pas ce que veut dire Michaël, l'explication de celui-ci se rapportant à l'écriture de l'expression à laquelle il pense (ce sont bien des écritures et non pas des nombres qui sont en jeu dans  $S'a$ ). Cette écriture n'a aucune interprétation dans  $Sa$  où  $(-1)^2$  n'est jamais le carré d'un nombre. Dans la suite de la chronique, les interventions de nombreux élèves s'interprètent fort bien dans la situation  $S'a$ <sup>10</sup> et provoquent une incompréhension de l'enseignant.

P se trouve dans l'impossibilité d'interpréter ce qui fait l'enjeu de cette erreur, bien qu'il prenne la décision instantanée d'y consacrer plusieurs interactions avec la classe.

A aucun moment, P n'envisage une autre lecture de la situation que  $Sa$ , ce qui aurait pu lui permettre de produire une explication mettant l'accent sur la différence entre l'écriture d'un « exposant 2 » et le carré d'un nombre qui s'obtient en multipliant ce nombre par lui-même.

## Revenons à l'objectif du chercheur

Il était de s'interroger sur la signification de ce que font l'enseignant et les élèves dans cette situation et de donner du sens à l'écart entre le projet initial de l'enseignant et sa réalisation.

Les analyses qu'il a conduites successivement :

\* révèlent un dysfonctionnement du contrat didactique : il y a double incompréhension, par l'élève de ce que le professeur attend de lui, par le professeur, de ce que l'élève produit) ;

\* permettent d'expliquer ce dysfonctionnement par la « distance » entre les situations  $Sa$  et  $S'a$ .

Ceci l'amène à proposer une modélisation du phénomène didactique mis en évidence en termes de « *dédoublement de situation didactique* ».

La caractérisation du phénomène didactique ici identifié permet de donner du sens à ce que fait l'élève, en mettant en évidence les objets mathématiques sur lesquels il travaille effectivement et d'interpréter les interactions entre l'élève, le professeur et la situation.

On voit ici un exemple où l'observation de classe a permis une avancée théorique, celle de l'identification d'un phénomène didactique qui pourra se retrouver dans bien d'autres types de situations d'apprentissage.

---

10 Les personnes intéressées trouveront l'intégralité de l'analyse dans COMITI C., GRENIER D., MARGOLINAS C. (1995), accessible sur <http://halshs.archives-ouvertes.fr/halshs-00421007/fr/>

## Deuxieme etude: Observation de l'introduction de l'étude des équations du premier degré, dans une classe de 4°

La problématique du chercheur dans cette étude

Son observation porte sur le savoir mathématique introduit et sur l'activité mathématique effectivement mise en œuvre dans la classe. Il s'agit pour lui d'analyser l'organisation didactique de la classe observée compte-tenu des particularités et des contraintes de l'institution scolaire étudiée. C'est avec cet objectif qu'il se place dans le cadre de la Théorie Anthropologique du Didactique (TAD).

Je n'entrerai pas, dans ce cas, dans l'analyse de la chronique de la classe, qui sera faite par les participants pendant l'atelier de cette après-midi, préférant mettre ici l'accent sur les analyses du *système classe* dans le cadre théorique de la TAD.

### Quelques précisions sur la modélisation du travail du professeur dans le cadre théorique de la TAD

#### *Le modèle praxéologie*

Avec la Théorie Anthropologique du Didactique, Chevallard (1999) propose un modèle/outil pour caractériser les pratiques mathématiques dans une institution, celui de *praxéologie* qui s'appuie sur les notions de tâche et de types de tâches.

Dans cet abord anthropologique du didactique, ce qui rompt avec les séparations établies dans la société, c'est le fait qu'on fait l'hypothèse que *toute* activité humaine peut s'exprimer en termes de types de tâches, que ces entités soient reconnues pleinement dans la société – en y étant, par exemple, explicitement *nommées*, généralement à l'aide de verbes d'action – ou qu'elles y restent implicites. « Lire un texte à voix haute » est un type de tâches ; « Faire la vaisselle » en est un autre ; « Montrer qu'une fonction  $f$  a pour période  $T$  » ou « vérifier que le nombre  $a$  est solution d'une équation donnée » en sont deux moins couramment pratiqués que les deux précédents.

Qu'est-ce qu'une tâche ou mieux, une tâche problématique ? Quand quelqu'un rencontre quelque chose qu'il ne sait pas faire, ou qu'il ne sait pas bien faire : « ouvrir cette fenêtre qui ne veut pas s'ouvrir », « montrer que la fonction sinus  $(x+2)$  a pour période  $2\pi$  », « vérifier que 4 est solution de  $3x - 4 = 7x - 20$  », etc., nous dirons qu'il est confronté à une *tâche problématique*.

Comment faire pour qu'une certaine tâche problématique pour une certaine population soit assumée à la fois comme *tâche* et comme *problématique* et dé-

clenche un processus de diffusion de connaissances qui aboutisse à ce que cette population apprenne à accomplir cette tâche ? L'une des conditions pour qu'un sujet humain n'évite pas la problématique de la tâche est qu'il soit assujetti à une *institution* pour laquelle la tâche soit une *tâche institutionnelle* dans la position qu'il occupe. Pour « vérifier que 4 est solution de  $3x - 4 = 7x - 20$  », ce sera le cas pour les individus en position d'élève dans l'institution « enseignement des maths au collège ».

### Type de tâches

En fait, ce à quoi on va devoir s'affronter, c'est un type de tâches,  $T$ . Ce n'est pas cette fenêtre-là, mais ce type de fenêtre, avec ce type de fermeture que je ne connais pas que je dois ouvrir. De même montrer que la fonction sinus  $(x+2)$  a pour période  $2\pi$  renvoie au type de tâches : montrer qu'une fonction  $f$  a pour période  $T$ . Et « vérifier que 4 est solution de  $3x - 4 = 7x - 20$  », renvoie au type de tâches : « vérifier que le nombre  $a$  est solution d'une équation donnée ».

En fait, dans une institution donnée, « apprendre à accomplir *les* tâches  $t$  du type  $T$  » voudra toujours dire, en réalité, apprendre à accomplir *un certain ensemble*, significatif pour l'institution considérée et explicité par elle de façon plus ou moins claire, de tâches  $t$  du type  $T$ .

Quand on est confronté à un type de tâches,  $T$ , se posent les questions suivantes:

### Comment faire pour le résoudre ? Pourquoi « ça marche » ?

Prenons l'exemple du type de tâches  $T$ : « vérifier que le nombre  $a$  est solution d'une équation donnée ».

Comment faire ? Ou encore quelle *technique* mettre en œuvre ? On remplace  $x$  par  $a$  dans l'équation, on effectue les calculs et on vérifie que les deux membres de l'équation sont bien égaux.

Pourquoi « ça marche » ? Ou encore qu'est-ce qui permet de justifier cette technique ou de l'engendrer ? C'est la *technologie* : ici la justification repose sur la définition de la solution d'une équation.

Enfin, qu'est-ce qui justifie la technologie ? C'est la *théorie*. Dans l'institution « enseignement des maths au collège en F. », la théorie sous-jacente est celle de l'ensemble des réels,  $R$ .

La réponse à la question : « Comment vérifier que le nombre  $a$  est solution d'une équation donnée ? » n'est donc pas un discours : c'est une réalité d'un autre

ordre que discursif, et c'est précisément cette réalité que Chevallard modélise dans un modèle à quatre composantes appelé **praxéologie** qui s'analyse à l'aide de quatre termes principaux :

- les *types de tâches*  $T$  ;
- les *techniques*  $\tau$  relatives à des types de tâches  $T$  ;
- les *technologies*  $\theta$ , « discours » de savoir justificatifs, voire explicatifs des techniques et qui en retour inspirent ou guident leur production ;
- enfin les *théories*  $\Theta$ , qui fondent, encadrent, guident la conception et la production des technologies en leur conférant intelligibilité et cohérence interne.

Chevallard note cette praxéologie  $[T / \tau / \theta / \Theta]$ , Le bloc  $[T / \tau]$  correspondant au savoir-faire (du latin *praxis*), le bloc  $[\theta / \Theta]$ , au savoir (du latin *logos*).

Dans l'abord anthropologique du didactique, ce qui rompt avec les séparations établies dans la société, c'est le fait que *tout*, en puissance, s'exprime en termes de *types de tâches*, que derrière tout type de tâches, derrière toute tâche d'un certain type, il ya une praxéologie qui trouve sa *raison d'être* dans le savoir en jeu dans l'Institution étudiée.

Bien entendu, il faut complexifier beaucoup ce tableau pour le rendre opérationnel ; mais je n'entrerai pas dans cet aspect des choses ici.

### ***Que modéliser et analyser afin d'aborder le « problème du professeur de mathématiques ?***

Chevallard modélise les phénomènes liés aux formes de transmission et de diffusion des mathématiques dans les institutions scolaires sous forme d'Organisations didactiques (OD), praxéologies elles-mêmes soutenues par les différentes praxéologies mathématiques scolaires, que nous appellerons à partir d'ici organisations mathématiques (OM), les OM et OD devant être modélisées ensemble.

Il s'agit donc de caractériser les OM et OD des institutions scolaires et d'analyser :

- leurs conditions d'existence et d'évolution
- leurs déterminations réciproques
- les contraintes sur l'émergence et l'évolution des OM mises en place par les différentes OD possibles
- les contraintes sur les composantes des OD qu'imposent les OM.

## Comment schématiser dans ce cadre théorique le travail du professeur ?

Le travail du professeur de toute discipline, et notamment de mathématiques, peut alors être schématisé par les deux questions principales auxquelles il doit apporter une réponse :

- dans le cadre du programme, quelles mathématiques vais-je faire étudier à mes élèves?
- comment vais-je les leur faire étudier ?

### ***Qu'est-ce qui est de sa responsabilité ?***

- a) En dehors de la classe :
  - fabriquer, en respectant la contrainte de conformité au programme, à partir de manuels dont il dispose, le contenu à enseigner, c'est-à-dire *concevoir l'organisation mathématique* des notions au programme,
  - **élaborer un dispositif lui permettant de réaliser un processus d'étude** de façon à provoquer, pour les élèves, la genèse de cette organisation mathématique, c'est-à-dire *mettre en place une organisation didactique*. Ceci demande tout un *travail didactique connecté à un travail mathématique* : recherche de raisons d'être, travail de problématisation, ... ; construction de situations didactiques adéquates, etc.
- b) Dans la classe, le professeur a la responsabilité de faire vivre les situations, ce qui implique notamment de :
  - diriger l'activité (mathématique) des élèves, pour qu'ils construisent un sens aux notions introduites, sens qui ne soit pas trop éloigné du sens qu'elles ont en mathématiques ;
  - mettre à la disposition des élèves les moyens d'étudier : qualité des traces écrites, travail à la maison régulier piloté par le travail en classe par exemple ;
  - se donner des moyens de contrôle de la fiabilité des pratiques mises en place chez les élèves, de les évaluer afin de mesurer non seulement leur appropriation des organisations mathématiques enseignées mais aussi la nécessité d'amélioration de l'organisation de l'étude qu'il leur a proposée.

Le *type* de tâches auquel P. doit faire face, dans le cadre du programme, peut donc être énoncé ainsi : « faire étudier un thème mathématique (par exemple la résolution d'un problème conduisant à une équation du premier degré à une in-

connue) ». Il s'agit donc pour lui de *mettre en place*, dans une classe, une certaine *organisation de savoir* mathématique. La qualité de l'organisation mathématique et de l'organisation didactique qu'il fabrique va avoir des conséquences sur la qualité des apprentissages qui vont en résulter.

### **Analyse du système-classe dans lequel l'observation de l'introduction de l'équation du premier degré en classe de 4<sup>ème</sup> se situe**

Dans le cas de cette observation comme dans le premier cas étudié, il nous faut d'abord analyser le système-classe à l'aide de données *externes* à la classe (ici : programme, manuel, entretien avec l'enseignant).

#### **Quelles sont les OM à enseigner ?**

Une première étude du programme de la classe de 4<sup>ème</sup> fait apparaître explicitement l'association «*résolution de problèmes* » et «*mise en équation* ». Elle montre que le *sujet* des équations du 1<sup>er</sup> degré, qui comporte l'étude de leur résolution, et qui est introduit dans la leçon que nous allons étudier, appartient au *thème d'étude* intitulé : «*résoudre un problème conduisant à une équation du premier degré à une inconnue* ».

Si l'on compare aux PCN brésiliens, on constate que si le sujet et le thème de l'étude sont bien les mêmes, ces derniers ne sont pas repérés de la même manière au niveau du secteur de l'étude.

Tableau 1

	Brasil	France
Domaine	Numeros e Operações	Travaux numériques
Secteur	Operações - Algebra	Calcul littéral
Thème de l'étude	Resolução de situações-problemas por meio de a uma equação do 1 <sup>o</sup> grau	Resolution de problèmes conduisant à une équation du 1er degré
Sujet de l'étude	Equações do 1 <sup>o</sup> grau	Equations du 1er degré

Au Brésil, l'organisation mathématique visée par l'étude des équations du second degré se situe dans le domaine d'étude "Nombre et opérations" alors qu'en France il est situé dans le domaine mathématique des «*travaux numériques* », et,

11 Classe 8 au Brésil.

au sein de ce domaine, dans le «calcul littéral ». Cette comparaison montre qu'en France, contrairement au Brésil, l'accent est mis sur la différence *entre le calcul numérique (opérations) et le calcul algébrique (littéral)*.

Les commentaires du programme de la classe de 4<sup>ème</sup> comportent de plus le découpage du type de tâches correspondant au thème de l'étude en trois sous-types de tâches :

- $T_m$  : « mettre en équation le problème »
- $T_r$  : « résoudre l'équation »
- $T_i$  « interpréter le résultat ».

### ***Quel est le projet d'enseignement du professeur observé P ?***

Le **type de tâches** auquel P doit faire face, dans le cadre du programme, peut être énoncé ainsi : « faire étudier le thème mathématique : résoudre un problème conduisant à une équation du premier degré à une inconnue ». Il s'agit donc pour lui de *mettre en place*, ici dans sa classe de collège, une certaine *organisation de savoir* mathématique.

Mais P doit prendre en compte d'autres contraintes : pour faire étudier les équations du 1<sup>o</sup> degré, il va devoir intégrer les acquis des années antérieures. Quels sont-ils ?

**En classe de 6<sup>e</sup>**, la rencontre avec les équations est associée avec « *la recherche d'un nombre manquant dans une opération* ». Il s'agit d'un calcul numérique disjoint à ce niveau de toute initiation aux écritures littérales.

**En classe de 5<sup>e</sup>**, l'initiation à la résolution d'équations est associée au travail sur le *calcul littéral*. Le statut du signe « = » est abordé : on trouve dans les compétences exigibles « *Tester si une égalité comportant un ou deux nombres indéterminés est vraie lorsqu'on leur attribue des valeurs numériques données* ». À ce niveau, l'égalité de deux expressions littérales est vraie ou fausse suivant la valeur numérique donnée aux variables qui interviennent. On ne peut donc parler que d'expressions qui sont égales pour telles valeurs des inconnues, la technique associée consistant à effectuer les calculs numériques indiqués.

L'égalité au sens de l'identité de deux polynômes ne sera véritablement travaillée que dans les classes ultérieures avec les identités remarquables en 3<sup>e</sup> et les égalités fonctionnelles en 2<sup>nde</sup>.

Le projet de P pour cette première séance est de faire préciser les termes d'équation, inconnue, solution d'une équation et d'arriver en fin de séance à la mise en



place de la technique de changement de membre pour regrouper les  $x$  dans un membre de l'équation et les constantes dans l'autre, la technologie associée étant la règle algébrique du changement de signe lors du changement de membre.

Pour respecter les injonctions du programme, P. a décidé de partir du problème suivant<sup>12</sup> :

---

Arthur dit à Claire :

---

*“ Pense à un nombre ; ajoute lui 3 ; multiplie ce que tu obtiens par 5 ; enlève 7 à ce que tu obtiens. Dis-moi combien tu trouves et je te dirais le nombre que tu avais choisi. ” Claire a obtenu 48.*

---

Comment Arthur va-t-il faire pour trouver les nombre en question ?

---

Mais, pour placer les élèves dans une situation familière (vu leurs acquis antérieurs), il ne leur demande pas de répondre à la question posée : « Comment Arthur va-t-il faire pour trouver les nombre en question ? », mais remplace cette question par les deux questions suivantes :

---

a. Claire a-t-elle pensé au nombre 7 ?

---

b. On imagine que l'on a trouvé la solution et que l'on fait la vérification. Pour cela on représente le nombre cherché par une lettre :  $x$ . Que peut-on écrire ?

---

- la question a. doit ramener les élèves à tester par un calcul numérique si une égalité est vraie (comme ils l'ont appris en 5<sup>e</sup>),
- la question b. est supposée introduire la notion d'équation et les techniques visées de résolution.

### ***A quels types de tâches les élèves sont-ils confrontés ?***

Les participants à l'atelier verront que, bien qu'explicitement au programme de la classe de 4<sup>e</sup>, le type de tâches  $T_m$  « *mettre un problème en équation* » n'est pas, dans un premier temps, au centre du travail de la séance observée. Il apparaît essentiellement comme un élément de l'organisation didactique au service des tâches du type  $T_r$  « *résoudre une équation du premier degré à une inconnue* », et ne sera traité que dans des séances ultérieures.

Comme nous le verrons lors de l'atelier, dans la séance observée, le type de tâches  $T_r$  occupe la place centrale et plusieurs techniques sont mises en œuvre pour la réalisation des tâches du type  $T_r$  dans le corpus étudié.

---

12 Cf. le début de la chronique de la classe en annexe

Quant au type de tâche *Ti* « interpréter le résultat », qui consiste à accepter ou rejeter les solutions de l'équation suivant les conditions imposées par le problème et à les reformuler dans le contexte du problème, bien qu'explicitement au programme de la classe de 4<sup>ième</sup>, il n'est pas présent dans la séance examinée.

## Analyse de la chronique

Elle fera l'objet de l'atelier.

Notre premier travail sera la détermination de l'organisation mathématique enseignée. Il s'agira, à partir de l'analyse de la chronique de la classe, de mettre en évidence la structure de l'organisation mathématique enseignée en identifiant : les types de tâche à l'étude, les différentes techniques mises en œuvre pour les accomplir, les technologies explicites ou implicites ... ;

Dans la seconde partie de l'atelier, nous analyserons la structure de la séance en termes de moments didactiques en découpant chronologiquement des phases du déroulement de la séance ayant des *fonctions diverses* et nous nous poserons les questions suivantes : quels moments sont présents ? absents ? comment s'articulent-ils entre eux ?

## Conclusion

Nous avons essayé de montrer toute la richesse que l'on peut obtenir par une observation *de classe*. Ces deux études de cas confirment que la classe n'est pas simplement lieu d'application de théories mais peut en être un des lieux d'élaboration.

Enfin, la mise en parallèle des deux études de cas, et de leurs problématiques montre à quel point l'analyse d'une observation de classe, pour être réussie, exige une réflexion préalable sur les questions que l'on veut y élucider, et par là même sur les outils théoriques avec lesquels on conduira les analyses.

## Références

BESSOT, A. *Une introduction à la théorie des situations didactiques*. Cahier Leibniz, n° 91. Disponible em: <<https://cahiersleibniz.g-scop.grenoble-inp.fr/>>. 2003. Acceso em: 10 de jan. 2014.

BESSOT, A.; COMITI, C.; LE THI H. C., LE VAN T. *Eléments fondamentaux de didactique des mathématiques*, Ho Chi Minh Ville : Presses de l'Université Nationale du Vietnam, édition bilingue franco-vietnamienne. 2009.

BROUSSEAU, G. *Le contrat didactique: le milieu. Recherches en Didactiques des Mathématiques*, vol 9.3, Grenoble : La Pensée Sauvage, 1989, p. 309-336. 1989.

BROUSSEAU, G. *Théorie des Situations Didactiques*, Grenoble: La Pensée Sauvage, 1998, 395 p. 1998.

CHEVALLARD, Y. *Concepts fondamentaux de la didactique: perspectives apportées par une approche anthropologique, Recherches en Didactique des Mathématiques*, vol. 12.1, p. 73-112, La Pensée Sauvage, Grenoble. 1992.

CHEVALLARD, Y. *L'analyse des pratiques enseignantes en théorie anthropologique du didactique. Recherches en Didactique des Mathématiques* 19/2, La Pensée Sauvage. 1999.

CHEVALLARD, Y., BOSCH, M. y GASCÓN, J. *Estudiar matemáticas. El eslabón perdido entre la enseñanza y el aprendizaje*, ICE/Horsori: Barcelona, 1997.

COMITI, C.; BALTAR BELLEMAIN, P. (à paraître) *Quelques éléments de la Théorie Anthropologique du Didactique, Introduction et mise en œuvre*. Recife.

COMITI, C.; GRENIER, D.; MARGOLINAS, C. *Niveaux de connaissances en jeu lors d'interactions en situations de classe et modélisation de phénomènes didactiques*. In Arzac Eds, *Différents types de savoirs et leurs articulations*, La Pensée Sauvage, pp. 93-128. Disponible em: <<http://halshs.archives-ouvertes.fr/halshs-00421007/fr/>>. 1995.

COMITI, C.; LE THI, H. C. *Apports de la TAD pour l'analyse d'une séance de classe ordinaire, Actes du deuxième séminaire franco-vietnamien de didactique des mathématiques*, Ho Chi Minh Ville. 2010.

## ANNEXE I - DEBUT DE LA CHRONIQUE « RACINE CARREE »

*P désigne le professeur, E un élève non identifié par son nom, Es plusieurs élèves répondant en même temps. Les italiques signifient qu'il s'agit de notes des observateurs, le gras désigne ce que P écrit au tableau.*

1 P : Bien, on va commencer! Voilà, maintenant que les appareils sont installés, les micros sont installés, on fonctionne comme d'habitude. D'accord? Ca y est Mohamed, on y est, là?

2 P : Vous prenez votre cahier de brouillon. Je vais vous poser trois questions, que je note au tableau, vous ne copiez pas les questions, et vous essayez de répondre, personnellement, et ensuite on échange là-dessus.

3 P : Première question : Peut-on trouver des nombres dont le carré est moins un. Deuxième question : Deux nombres différents..., alors, commencez déjà à réfléchir à la première question, et notez déjà quelque chose sur votre cahier, peuvent-ils avoir le même carré? Réfléchir à la question sans déjà y répondre mais y réfléchir.

4 P : Troisième question : les nombres suivants sont-ils des carrés de nombres entiers? Les nombres que je vais donner, est-ce que ce sont des carrés de nombres entiers? Et il faudra justifier. Voilà, je note tout au tableau. **40, 9, - 16, 0, 25/4, 1, 400, 10<sup>5</sup>, 121, 0,04, 9<sup>10</sup>**. Vous répondez. Si ça vous dérange de répondre dans l'ordre, vous me mettez le numéro de la question, et vous commencez à réfléchir sur votre cahier. Il est évident que tout ça se fait sans la calculatrice, vous la rangez. (*rires*).

5 P : Evidement si vous répondez juste oui ou non, je vous demanderai une justification. Est-ce qu'il y en a qui ont terminé?

6 E : Non!

7 P : Allez, encore une minute, et on échange sur ce que vous avez trouvé. Il y en a qui n'ont rien marqué encore! C'est difficile?

8 Es : Oui! Non! C'est simple!

9 P : C'est très simple! Qui a terminé, là? (*un doigt se lève*)

10 P : Tu as fini, Sébastien?

11 Sébastien : Non.

12 P : Bien, allez, on commence à corriger ce que vous avez fait (*après environ 5 minutes de travail*). Peut-on trouver des nombres dont le carré est «moins un»? Marlène qu'est-ce que tu as répondu à cette question?

13 Marlène : Non.

14 P : Non? Qui a répondu non comme Marlène? Qui répond oui?

*Des doigts se lèvent à chaque fois, mais un bon tiers des élèves n'ont levé le doigt pour aucune des réponses.*

15 P : Donc, ça se partage, mais il y en a à peu près un autre tiers qui ne répond rien du tout! Qui ne peut pas répondre à cette question? Qui ne se prononce pas? Et bien alors, Marlène, toi tu réponds non, est-ce que tu peux expliquer pourquoi?

16 Marlène : ...

17 P : Tu ne peux pas expliquer. Tu as l'impression que c'est non, mais tu ne sais pas. Stéphanie?

18 Stéphanie : Non, parce que le carré d'un nombre est toujours positif.

19 P : Non, parce que le carré d'un nombre est toujours positif.

20 E : Oui, c'est juste!

21 P : Tu lèves le doigt! D'autres explications, Olivier?

22 Olivier : Le carré d'un nombre négatif, c'est un nombre positif.

23 P : Le carré d'un nombre négatif est un nombre positif. Les élèves qui ont répondu oui, comment est-ce qu'ils s'expliquent? Il y en a qui ont répondu oui, tout à l'heure? Seraient-ils déjà convaincus par Stéphanie?

- 24 Michaël : Et bien non! Si on prend le carré négatif...
- 25 P : Si tu prends le carré..., qu'est-ce que tu veux dire, le carré négatif, le carré d'un nombre négatif.....? Est ce qu'il peut finir son explication? On écoute Michaël.
- 26 Michaël : on prend un, on met moins...
- 27 P : On prend un, alors comment je l'écris, je mets moins un.... *P écrit  $(-1)^2$*  alors ça, ça fait quoi? Ça fait un.
- 28 Michaël : non
- 29 P : Alors, viens nous l'écrire
- 30 *Michaël va au tableau et écrit :  $-(1)^2 = -1$*
- 31 P : Alors, c'est à dire que je l'écris comment? J'écris moins, entre parenthèses un au carré?
- 32 Michaël : Oui!
- 33 P : Va à ta place. Oui, alors, donc moins un au carré, c'est pareil que ce que tu as écrit en-dessous? Tu as mis une parenthèse et alors ça, tu en dis quoi?
- 34 Michaël : Ça fait moins un!
- 35 P : Ça fait moins un. Donc tu réponds oui à la première question. Qui est d'accord avec Michaël?
- 36 E : Je ne suis pas d'accord!
- 37 P : Ah! Alors. Donc, on a l'argument de Stéphanie, on a l'argument de Michaël et qu'est-ce qu'on en conclut, là? Olivier?
- 38 Olivier : Le carré c'est un mais on a rajouté un signe devant..., une soustraction devant.
- 39 P : On a rajouté un signe devant. Oui, et alors?
- 40 E : Ce n'est plus un nombre. On compte que la valeur absolue;
- 41 P : Ce n'est plus un nombre, c'est à dire, Olivier? On ne compte que la valeur absolue. C'est à dire qu'on ne s'intéresse qu'à un...
- 42 Olivier : *(inaudible)*
- 43 Agnès : On a bien le carré de moins un
- 44 P : Oui. Ça c'est bien le carré de moins un, qui est bien le carré de moins un? Ce qu'on a écrit là? *P montre  $(-1)^2$  et ajoute = 1. On entend des élèves dire «Non!»*
- 45 P : Agnès!
- 46 Agnès : Moins un entre parenthèses au carré, c'est bien le carré de moins un.
- 47 P : Moins un entre parenthèse au carré. Alors ça, on est tous d'accord, que moins un entre parenthèses au carré ça fait bien moins un. On est tous d'accord avec ça?
- P montre  $(-1)^2 = 1.$*

Est-ce qu'il y en a qui ne sont pas d'accord avec ça? Oui, c'est bon, tout le monde est d'accord avec ça. Bon, alors maintenant on essaie de voir le rapport de la réponse de Michaël avec la question posée. Qu'est-ce que tu penses? Mohamed?

48 M : Ça n'a rien à voir.

49 P : Ça n'a rien à voir. Pourquoi?

50 M : Parce que là, moins un est entre parenthèses

51 P : Oui, c'est à dire qu'on prend quoi là?

52 E1 : La valeur absolue.

53 P : Qu'est-ce qu'on prend, là?

54 E2: Un nombre devant une soustraction.

55 P : On prend la soustraction, c'est vraiment la soustraction ici, là?

56 E3 : Non, c'est un signe négatif.

57 P : Alors, si on prend un signe négatif? Ça veut dire qu'on prend quoi?

58 P : L'opposé! Et on prend l'opposé de quoi?

59 E : De un

60 P : On a pris l'opposé du carré de un. Vous me suivez? Le carré de un c'est un au carré, ici

*P montre  $-(1)^2$*  on a pris l'opposé du carré de un. Vous êtes d'accord? Est-ce que c'est qu'on nous demande ici?

61 E : Non!

62 P : Si on veut le carré d'un nombre, ce nombre, au besoin vous mettez une parenthèse, c'est vrai que si on ajoute le moins devant c'est qu'on prend l'opposé de ce nombre. Est-ce que tu es d'accord, Michaël? Donc, ce que tu as écrit ici est vrai (*P montre  $-(1)^2 = -1$* ), mais ça ne répond pas à ma question 1. Est-ce que tout le monde est d'accord?

63 Es : Oui / Autre Es : Non!

Etc. ...

## **ANNEXE II - DEBUT DE LA CHRONIQUE « EQUATION DU PREMIER DEGRE »**

1. Les élèves entrent dans la salle de classe où sont déjà le professeur et les observateurs. Puis il distribue aux élèves une feuille de papier sur laquelle figure le texte ci-dessous. Puis il explique aux élèves qu'ils vont essayer d'y répondre aux questions posées.

2. P lit à haute voix.

---

Arthur dit à Claire :

---

" Pense à un nombre ; ajoute lui 3 ; multiplie ce que tu obtiens par 5 ; enlève 7 à ce que tu obtiens. Dis-moi combien tu trouves et je te dirais le nombre que tu avais choisi. " Claire a obtenu 48.

---

a. Claire a-t-elle pensé au nombre 7 ?

---

b. On imagine que l'on a trouvé la solution et que l'on fait la vérification. Pour cela on représente le nombre cherché par une lettre :  $x$ . Que peut-on écrire ?

---

3. P : Alors, comment on va faire pour savoir si Claire a raison ?

Plusieurs doigts se lèvent. Un élève est interrogé. Il reprend l'enchaînement des opérations et P, sous sa dictée, y compris des parenthèses et des crochets, écrit au tableau :  $[(7+3) \cdot 5] - 7$

4. P : Alors, combien on trouve ?

5. E : 43 !

6. P : Effectivement. Alors, est-ce que ça marche ?

7. Es : Non !

P : écrit alors au tableau :  $[(7+3) \cdot 5] - 7 = 43$  Puis au-dessous :

**7 n'est pas le nombre choisi.**

A ce moment-là un élève indique que la réponse est 8. P ne relève pas la réponse.

8. P : . Comment répondre à la deuxième question ?

9. E : dicte au Professeur qui écrit au tableau :  $[(x+3) \cdot 5] - 7 = 48$ .

10. P : Qu'est-ce qu'on a fait finalement ?

11. E : Un raisonnement avec une inconnue.

12. E : Une équation.

13. P : Ça c'est ce qu'on va appeler une équation. Qu'est-ce qu'on veut faire ?

14. E : Trouver  $x$ .

15. P : Oui et comment faire ?... Comment a-t-on fait pour trouver 7 à partir de 43 ?

16. E : 43 plus 7 divisé par 5 moins 3.

17. P : Très bien ! Quelles opérations permettent de retrouver 7 à partir de 43 ? Jen, répète...

18. Jen : 43 plus 7 divisé par 5 moins 3. P écrit  $[(43+7) : 5] - 3 = 7$ .

19. P : Maintenant, on va faire pareil pour  $x$ . Kar ?

20. Kar :  $[(48+7) : 5] - 3$

21. P : Ça fait combien ça ?

22. Kar : 8.

Etc. ... (Suite de la chronique disponible lors de l'atelier).





# Contribuições da teoria das situações didáticas no trabalho do professor de matemática

*Gilson Bispo de Jesus*

## Introdução

Em nossa experiência com professores de Matemática, ouvimos com certa frequência, a pergunta: como apresentar um conteúdo matemático aos nossos alunos? Encontramos na Teoria das Situações Didáticas (TSD), proposta por Guy Brousseau, um embasamento teórico que pode ser levado em conta ao se preparar e apresentar atividades sobre conteúdos matemáticos, favorecendo assim, a realização de uma Educação Matemática com mais significado e participação, para o aluno. Dessa forma, apresentaremos alguns aspectos dessa teoria, destacando as situações didáticas como parte central desta e exemplificaremos com a discussão de algumas atividades que foram desenvolvidas em sala de aula de matemática.

## A Teoria

Encontramos na Teoria das Situações Didáticas (TSD), proposta por Guy Brousseau, um embasamento teórico que deve ser considerado ao se preparar e apresentar atividades de matemática, visando realizar uma Educação Matemática mais significativa e participativa para o aluno.

Segundo Brousseau (1986), o objetivo da TSD é caracterizar o processo de aprendizagem por uma série de situações reprodutíveis, que conduzem a uma modificação de um conjunto de comportamentos dos alunos. Esta modificação é que gera o conhecimento, isto é, a aprendizagem com significado. Na verdade, o objeto central de estudo dessa teoria não é o sujeito e sim a situação didática que

irá gerar interações na tríade professor-aluno-saber e as modificações descritas anteriormente.

Brousseau (1996a) descreve o trabalho do matemático (cientista) colocando o *status* da obtenção desse conhecimento no mesmo, pelo qual deveria passar o aluno, com um detalhe: no caso do aluno, haveria uma simulação da situação. Destacando também que o ensino axiomático é não verdadeiro em termos de conhecimento, ou seja, sendo o aluno responsável pela construção do seu conhecimento. Sendo assim, a sua compreensão deve ser garantida. A esse respeito, Freitas (2002, p. 67) afirma:

É evidente que não se trata de simplesmente tentar reproduzir o ambiente científico em que o saber foi originalmente estabelecido e nem tampouco tetralizar uma redução do trabalho matemático. A ideia pedagógica de trabalhar com as aparentes facilidades de uma redescoberta do conhecimento não é tão fácil de ser colocada em prática e somente faz sentido num quadro muito bem refletido.

E o que é uma situação didática? Brousseau (1986 apud ALMOULOUD, 2007, p. 33) define situação didática como:

O conjunto de relações estabelecidas explicitamente e/ou implicitamente entre um aluno ou um grupo de alunos, um certo 'milieu'<sup>1</sup> (contendo eventualmente instrumentos ou objetos) e um sistema educativo (o professor) para que estes alunos adquiram um saber constituído ou em constituição.

No entanto, a compreensão efetiva das possibilidades do milieu é necessária. Segundo Almouloud (2007, p. 32) a TSD se baseia em três vertentes:

- O aluno aprende adaptando-se a um 'milieu' que é fator de dificuldades, de contradições, de desequilíbrio, um pouco como acontece na sociedade humana. Esse saber, fruto da adaptação do aluno, manifesta-se pelas respostas novas, que são a prova da aprendizagem. Esta hipótese é uma referência à epistemologia construtivista de Piaget, segundo a qual, a aprendizagem decorre de processos de adaptação, no sentido biológico do termo, desenvolvido pelo sujeito frente a situações problemáticas.

---

1 "Milieu" é tudo com o que o sujeito interage para construir o conhecimento. Deve-se ainda diferenciar o milieu potencial do milieu efetivo, o primeiro é organizado pelo professor e o segundo é aquele com que o aluno realmente interage.

- O 'milieu' não munido de intenções didáticas é insuficiente para permitir a aquisição de conhecimentos matemáticos pelo aprendiz. Para que haja essa intencionalidade didática, o professor deve organizar um "milieu" no qual serão desenvolvidas as situações suscetíveis de provocar essas aprendizagens.

- A terceira hipótese postula que esse 'milieu' e essas situações devem engajar fortemente os saberes matemáticos envolvidos no processo de ensino e aprendizagem.

Nesse contexto, o trabalho pedagógico inicia-se com a escolha das situações-problema (atividades) a serem trabalhadas com os alunos. Esta é uma etapa fundamental e deve ser realizada com bastante cuidado pelo professor, já que ele é quem conhece a realidade da turma e deverá fazer as escolhas das variáveis didáticas<sup>2</sup> adequadas e compatíveis para os alunos.

Porém, para analisar o processo de aprendizagem, a TSD observa e decompõe esses processos em quatro fases diferentes: ação, formulação, validação e institucionalização, sendo que as três primeiras caracterizam a fase adidática, ou seja, situação na qual a intenção de ensinar não é revelada ao aprendiz, porém foi planejada pelo professor para proporcionar condições do educando de se apropriar do novo saber que o professor deseja ensinar. Essa situação é caracterizada por uma ATIVIDADE ou conjunto de ATIVIDADES que faça o aluno agir, falar, refletir... de forma a adquirir novos conhecimentos por meio dessa situação, isto é, sem apelo a razões didáticas impostas pelo professor. Vale ressaltar, que a situação adidática é diferente de uma situação não didática, pois na primeira existe uma intenção do professor de ensinar algo novo, o que não ocorre na segunda. A esse respeito, Freitas (2002, p. 70), relata que

[...] as situações adidáticas representam os momentos mais importantes da aprendizagem, pois o sucesso do aluno nas mesmas significa que ele, por seu próprio mérito, conseguiu sintetizar um conhecimento. Nesse sentido, não podem ser confundidas com as situações não didáticas, que são aquelas que não foram planejadas visando uma aprendizagem.

Vejamos os aspectos fundamentais das fases de ação, formulação, validação e institucionalização.

---

2 Variáveis didáticas são escolhas feitas pelo professor que levam a modificações no processo de ensino-aprendizagem.

## Fases de ação

Segundo Maioli (2004), as fases de ação apontadas são fases estruturadas (pelo professor) de forma que o aprendiz tenha condições de agir buscando a solução do problema. Nessa busca, ele realiza ações mais imediatas, que produzem conhecimentos de natureza mais operacional. Nessas situações, há o predomínio do aspecto experimental do conhecimento. O aprendiz vai escolhendo, ou desenvolvendo estratégias para a solução sem a preocupação com a explicação de argumentos de natureza teórica que justifiquem a validade de sua resposta.

Em geral, as estratégias são criadas e postas em prova pela experimentação. Ela é aceita ou rejeitada depois da apreciação por parte do aluno. Uma situação de ação deve, então, permitir ao aluno julgar o resultado de sua ação. Não é o professor que apresenta a solução, ele pode fazer a devolução<sup>3</sup> para os alunos, porém são estes que devem ter a responsabilidade da resolução do problema.

## Fases de Formulação

Nessas fases, o aluno formula a solução encontrada buscando explicações para as suas ações. De acordo com Almouloud (2007), o aluno troca informações com uma ou várias pessoas. Os interlocutores são emissores e receptores, e trocam séries de mensagens escritas ou orais que estão redigidas em linguagem ingênua ou matemática segundo as possibilidades de cada emissor. Em geral, estas fases permitem que o aluno explicita as ferramentas utilizadas para resolver a situação-problema sujeitas em questão. Neste momento, pode surgir uma linguagem própria do aluno ou grupo, ou seja, termos, códigos ou símbolos que o grupo cria para comunicar-se entre si. O objetivo das fases de formulação é a troca de informações.

## Fases de validação

As fases de validação são aquelas em que o aluno utiliza alguns mecanismos de prova, já que as situações anteriores (ação e formulação) podem levá-lo a enveredar por um raciocínio equivocado. Assim sendo, far-se-á necessário, outro tipo de situação que venha expor este equívoco e que exija um raciocínio mais voltado para os "porquês", a certeza e a ausência de contradições. As fases de validação ser-

---

3 O ato de fazer a DEVOLUÇÃO (ato pelo qual o professor leva o aluno a aceitar a responsabilidade da situação de aprendizagem) é no qual se fundamenta o processo de ensino e aprendizagem idealizado por Brousseau.

vem tanto para garantir que a solução está correta ou não, isto é, o aluno elabora algum tipo de “prova” buscando a sua convicção.

Nas três fases descritas até agora, o aluno é o ator principal do processo de ensino e aprendizagem, ou seja, é ele quem age, formula e valida. É importante salientar que apesar dessas fases proporcionarem momentos de extrema importância na construção do conhecimento do aluno, elas podem deixar conhecimentos falsos, validados de forma incorreta, já que o aluno trabalha de forma mais livre e sem a interferência direta do professor. Logo, é necessário um outro tipo de fase: a institucionalização.

## **Fases de institucionalização**

Nas fases de institucionalização, ocorre uma intervenção direta do professor, visando estabelecer o caráter do objeto e a universalidade do conhecimento, bem como a correção de possíveis equívocos (definições erradas, demonstrações incorretas,...) que possam ter ocorrido nas fases anteriores. Segundo Maioli (2004), essas fases permitem ao aluno criar uma linguagem própria ou um conhecimento mais individualizado. No entanto, este conhecimento pode ser aceito, tanto pelo meio social, quanto pelo meio científico, extrapolando o contexto local em que foi gerado. Cabe, então, ao professor, selecionar os pontos essenciais que devem passar a constituir um saber formal, oficial, a ser incorporado como patrimônio cultural pronto para ser utilizado em novas ocasiões.

De acordo com Brousseau (1996b), as situações de ensino tradicionais são situações de institucionalização, porém, sem que o professor se ocupe da criação de fases adidáticas (ação, formulação e validação). Todavia, essas fases são extremamente interligadas de forma que não percebemos seus limites, ou seja, onde termina uma e começa a outra.

Nesse trabalho, a TSD contribuiu para o desenvolvimento de uma aula, por meio da proposição de atividades que permitiram aos alunos participantes vivenciarem as fases de ação, formulação e validação, com o professor, fazendo devoluções e propondo momentos de institucionalização, o que serviu de base para conceber e aplicar as atividades que foram elaboradas.

## **As atividades**

Começávamos inicialmente propondo uma atividade de familiarização com o programa, na qual destacávamos a diferença entre medida de comprimento e medida de ângulo e propúnhamos duas atividades com o objetivo de que os parti-

cipantes vivenciassem fases de ação. Foram as atividades: **Atividade 0**, **Atividade 1** e **Atividade 2**.

Figura 1 – Atividade 0, 1 e 2

**Atividade 0:** Execute o programa abaixo e responda:  
PD 90, PF 60, PE 90, PF 140, PE 90, PF 60, PE 90, PF 140 e DT.

- Qual o polígono encontrado? \_\_\_\_\_ Qual o seu perímetro? \_\_\_\_\_

**Atividade 1:** Escreva um programa cuja figura final seja um quadrado.

- Qual o valor de cada ângulo externo? \_\_\_\_\_
- Qual o valor da soma desses ângulos externos? \_\_\_\_\_

**Atividade 2:** Escreva um programa cuja figura final seja um triângulo equilátero.

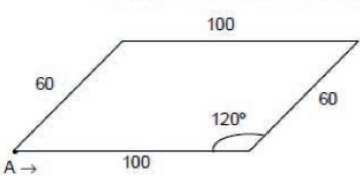
- Qual o valor de cada ângulo externo? \_\_\_\_\_
- Qual o valor da soma desses ângulos externos? \_\_\_\_\_

Durante essas atividades, detectamos que alguns alunos participantes não tinham construído a definição de ângulo externo de um polígono (subtraíam de  $360^\circ$  o ângulo interno); resolvemos fazer uma institucionalização local – retomamos a definição de ângulo externo – para garantir o sucesso nas atividades.

O objetivo das fases de formulação é a troca de informações. Na Figura 2, que segue (Atividade 3), exemplificamos uma das atividades que teve esse fim, utilizamos polígonos não regulares, com objetivo de aumentar o grau de generalidade do objeto que queríamos estudar (soma dos ângulos internos de um polígono convexo).

Figura 2 – Atividade 3

**Atividade 3:** Escreva o programa referente à figura abaixo, começando pelo ponto A e seguindo o sentido indicado.



▪ Qual o valor de cada ângulo externo? \_\_\_\_\_

▪ Qual o valor da soma desses ângulos externos? \_\_\_\_\_

As fases de validação servem tanto para garantir que a solução está correta ou não, isto é, o aluno elabora algum tipo de “prova” buscando a sua convicção. As atividades que seguem (Atividade 5 e Atividade 6) exemplificam essas fases, pois com a conjectura levantada (soma dos ângulos externos de um polígono convexo é  $360^\circ$ ), os participantes puderam testar a sua validade ao resolver novas situações-problema. A definição de polígono regular foi uma variável didática importante.

Figura 3 – Atividades 5 e 6

**POLÍGONO REGULAR**

Um polígono convexo é regular se, e somente se, tem todos os lados congruentes e todos os ângulos congruentes.

**Atividade 5:** Escreva um programa cuja figura final seja um hexágono regular.

- Quanto vale cada ângulo externo? \_\_\_\_\_

**Atividade 6:** Escreva um programa cuja figura final seja um octógono regular.

- Quanto vale cada ângulo externo? \_\_\_\_\_

Ressaltamos que quando elaboramos este conjunto de atividades, tínhamos em mente, institucionalizar que a soma dos ângulos externos de um polígono convexo vale  $360^\circ$ , porém foi possível institucionalizar a definição de ângulo externo de um polígono, os ângulos alternos e correspondentes em retas paralelas, dentre outros aspectos da Geometria.

Com relação ao que era esperado pelo professor e pelos alunos participantes, cabia aos participantes a responsabilidade de administrar sua relação com o conhecimento na fase adidática (ação, formulação e validação) e ao professor, a responsabilidade de coordenar as atividades fazendo devoluções na fase adidática e institucionalizando na fase didática, além de conduzir as discussões finais.

## Referências

- ALMOULOU, S. *Fundamentos da didática da matemática*. Curitiba: Ed. UFPR, 2007.
- BROUSSEAU, G. Fondaments et méthodes de La didactique dès matjématiques. *Recherches em Didactique dès Mathématiques*, v. 7, n. 2, p. 33-115, 1986.

BROUSSEAU, G. Fundaments e métodos da didáctica da Matemática. In: BRUN, J. (Org.). *Didáctica das Matemáticas*. Lisboa: Instituto Piaget, 1996a.

BROUSSEAU, G. Os diferentes papéis do professor. In: PARRA, C.; SAIZ, I. (Org.). *Didáctica da Matemática*. Porto Alegre: ARTMED, 1996b.

FREITAS, J. Situações didáticas. In: MACHADO, S. (Org.). *Educação matemática: uma introdução*. São Paulo: EDUC, 2002.

MAIOLI, M. O paralelogramo é um trapézio? In: ENCONTRO NACIONAL DE EDUCAÇÃO MATEMÁTICA ENEM, 5., 2004. Recife. *Anais...* Recife: ENEM, 2004.



# La théorie anthropologique: la praxéologie comme cadre d'analyse des pratiques institutionnelles et des manuels<sup>1</sup>

*Hamid Chaachoua*

## Introduction

Dans cet atelier nous ne présentons pas la Théorie Anthropologique du Didactique (désignée par la suite par TAD) compte tenu de l'abondante littérature la concernant : pour ne citer que les principales, nous renvoyons le lecteur à (Chevallard, 1992), (Bosch & Chevallard, 1999), (Chevallard, 1999a) et (Chevallard, 1999b). Cette théorie permet de modéliser, à travers le modèle praxéologique, les pratiques humaines dans différentes institutions et en particulier dans les institutions d'enseignement (paragraphe 2). Ensuite, nous présenterons le manuel dans différents travaux de recherche (paragraphe 3) et en particulier dans l'approche anthropologique (paragraphe 4).

## Modèle praxéologie et rapport au savoir

Comme le soulignent Bosch et Chevallard (Bosch & Chevallard, 1999), la notion du rapport au savoir (Chevallard<sup>2</sup>) inscrit la didactique dans le terrain de l'anthropologie de la connaissance (ou anthropologie cognitive). Ainsi :

« La connaissance – et le savoir comme une certaine forme d'organisation de connaissances – entre alors en scène avec la notion de rapport : un objet existe s'il existe un rapport à cet objet, c'est-à-dire si un sujet ou une institution le " (re)

---

1 Em se tratando de um texto em língua estrangeira, preservou-se a estrutura e normas técnicas adotadas no país de origem.

2 Chevallard (1989) et (1992).

connaît ” en tant qu’objet. Étant donné un objet (par exemple un objet de savoir) et une institution, la notion de rapport renvoie aux pratiques sociales qui se réalisent dans l’institution et qui mettent en jeu l’objet en question, soit donc à “ ce qui se fait dans l’institution avec cet objet ”. Connaître un objet c’est avoir à faire avec – et souvent avoir affaire à – cet objet.

Le savoir mathématique, en tant que forme particulière de connaissance, est donc le fruit de l’action humaine institutionnelle : c’est quelque chose qui se produit, s’utilise, s’enseigne ou, plus généralement, se transpose dans des institutions. Mais le mathématique reste encore un terme primitif, hypostase de certaines pratiques institutionnelles – les pratiques sociales à mathématiques. Ce qui fait défaut, c’est l’élaboration d’une méthode d’analyse des pratiques institutionnelles qui en permette la description et l’étude des conditions de réalisation. Les derniers développements de la théorisation viennent combler ce manque. La notion clé qui apparaît alors est celle d’organisation praxéologique ou praxéologie. » (Bosch & Chevallard, 1999, p. 85).

Ainsi, pour décrire le rapport institutionnel qui contraint le rapport personnel d’un sujet à un objet de savoir, la théorie propose le modèle de praxéologie:

le rapport institutionnel à un objet, pour une position institutionnelle donnée, est façonné et refaçonné par l’ensemble des tâches que doivent accomplir, par des techniques déterminées, les personnes occupant cette position. C’est ainsi l’accomplissement des différentes tâches que la personne se voit conduite à réaliser tout au long de sa vie dans les différentes institutions dont elle est le sujet successivement ou simultanément qui conduira à faire émerger son rapport personnel à l’objet considéré. (Bosch & Chevallard, 1999).

La théorie anthropologique du didactique considère que, *en dernière instance*, toute activité humaine consiste à *accomplir une tâche*  $t$  d’un certain *type*  $T$ , au moyen d’une *technique*  $\tau$ , justifié par une *technologie*  $\theta$  qui permet en même temps de la *penser*, voire de la *produire*, et qui a son tour est *justifiable* par une *théorie*  $\Theta$ .

En bref, elle part du postulat que toute activité humaine *met en œuvre* une organisation que Chevallard (1998) note  $[T/\tau/\theta/\Theta]$  et qu’il nomme *praxéologie*, ou *organisation praxéologique*.  $[T / \tau]$  étant la *pratique* – ou encore le *savoir-faire* ;  $[\theta / \Theta]$  le *logos* – ou encore le *savoir*.

On parle de *praxéologie mathématique* – ou d’organisation mathématique – lorsque les types de tâches  $T$  relèvent des mathématiques, de *praxéologie didac-*

tique – ou d'organisation didactique – lorsque les types de tâches *T* sont des types de tâches d'étude.

## **Le manuel scolaire dans les recherches**

Le manuel scolaire fait partie du paysage d'enseignement de plusieurs pays. Mais, sa production, ses fonctions et sa structure changent d'un pays à l'autre. Ainsi, dans certains pays, il y a un seul manuel officiel avec ou non obligation d'utilisation, alors que dans d'autres pays, il y a plusieurs manuels qui peuvent se différencier selon les choix des auteurs. La politique de choix du manuel varie d'un pays à l'autre, aux USA les enseignants choisissent eux même les manuels (Tolman et al. 1998) alors qu'aux Royaume Unis (Douglas et al., 2007) et en France le manuel est choisi et acheté par l'établissement.

L'analyse des manuels constitue une bonne entrée pour analyser les différents systèmes d'enseignement dans plusieurs travaux de recherches. Par exemple dans (Cabassut, 2005) on compare les manuels français et allemands à propos de la preuve, dans (Pang & Hwang, 2006) les auteurs font une analyse comparative des manuels de Corée et de Singapour à propos de la mesure et de la géométrie en cherchant à les caractériser par des similitudes et des différences : «The two kinds of textbooks were compared and contrasted as a part of our attempts to find out what would be the main characteristics, including similarities and differences.» (Pang & Hwang, 2006, p. 311). Dans ces recherches, le manuel est considéré comme un outil d'analyse du chercheur. Mais d'autres travaux se sont intéressés à étudier les manuels en tant qu'objet, par exemple l'utilisation des manuels dans l'enseignement des mathématiques comme les travaux de Pepin et Haggarty (2001) qui ont étudié l'utilisation des manuels dans les classes en Angleterre, en France et en Allemagne.

Dans ces recherches les analyses faites utilisent des méthodologies plus ou moins explicites et considèrent le manuel comme une entrée pour comprendre ou comparer des institutions différentes.

Cependant, dans la plupart des cas, ils sont une traduction d'une directive institutionnelle, exprimée souvent sous forme de programme, selon une interprétation des auteurs. ils sont donc un résultat d'une transposition didactique (Chevallard, 1985, 1992) des textes des programmes. Comme Neyret (1995), nous considérons les livres scolaires comme des produits d'institutions transpositives. Celles-ci peuvent être des personnes particulières ou des groupes de personnes chargées par des autorités de rédiger le manuel. L'analyse des manuels constitue un objet

riche pour plusieurs thèmes d'étude, et il est important de prendre en compte le contexte institutionnel dans lequel les manuels sont produits. Ces analyses utilisent des méthodologies plus ou moins explicites et s'appuyant sur un ou plusieurs cadres théoriques.

Compte tenu de l'importance de l'institution pour la production des manuels, nous proposons de centrer notre contribution sur l'analyse des manuels dans l'approche anthropologique.

## **L'analyse des manuels dans l'étude des rapports institutionnels**

Pour déterminer le rapport institutionnel, on peut procéder à l'analyse des programmes, des manuels et/ou des observations dans une classe sous les contraintes relatives à son fonctionnement interne.

Dans les programmes, l'institution définit les objets à enseigner, les attentes en termes d'exigences et de recommandations, ainsi que les finalités et les enjeux d'enseignement. Mais les programmes seuls ne permettent pas de définir complètement le rapport institutionnel à un objet. Mensouri (1994, p. 44) en avance deux raisons:

La première est que les programmes ne constituent pas un texte de savoir, mais seulement un discours sur un hypothétique texte de savoir[...]. La deuxième raison est que, même en disposant d'un certain texte de savoir, toutes les pratiques à propos des objets de savoir figurant dans ce texte ne peuvent pas être citées.

Pour accéder à ce rapport institutionnel, l'analyse des manuels est nécessaire, et complémentaire de l'analyse des programmes. En particulier, lorsque l'accès au fonctionnement effectif dans une classe n'est pas nécessaire, ou n'est pas accessible, Assude (1996, p. 50) a considéré un manuel comme un texte de savoir, en supposant que : " le texte du savoir est assez représentatif d'une « moyenne pondérée à plusieurs contraintes » du rapport institutionnel aux objets de savoir mathématiques présents dans les différents systèmes didactiques qui réalisent effectivement ce texte de savoir."

La même position a été prise par Mensouri (1994, p. 46) à propos des manuels: "Mais les manuels constituent aussi une réalisation effective et «objectivée» des enseignements donnés en classe. Réalisation soumise au regard et au jugement public, et qui se veut représentative de la réalité de classe. Cette objectivation réside

dans la normalisation des fonctionnements différenciés liés essentiellement à l'intervention du sujet psychologique, toutes les autres contraintes de fonctionnement étant prises en considération. Nous pouvons dire que cette objectivation est une objectivation de l'enseignement par mise à l'écart de l'apprentissage. Les manuels sont ainsi un lieu privilégié où le chercheur peut accéder à un fonctionnement objectif du savoir dans l'institution didactique."

Ceci nous conduit à reprendre une hypothèse de travail 1 adoptée dans (Chaachoua, 1997): *Le rapport institutionnel peut être approché par l'analyse des programmes et des manuels.*

Dans plusieurs travaux de recherche, le recours à l'analyse des manuels est devenu une entrée incontournable pour comprendre le fonctionnement ou pour caractériser l'état du système à un instant donné. Cependant, cette analyse doit prendre en compte certains éléments du contexte institutionnel pour l'étude du rapport institutionnel.

## **Méthodologie de l'analyse des manuels**

Le recours à l'analyse des manuels reste l'entrée principale dans la TAD. Bien entendu, le corpus de données peut être complété par d'autres documents comme les programmes, revues, documents pédagogiques, etc. Dans ces travaux, le chercheur procède à un choix de manuels et adopte une méthodologie d'analyse en fonction des questions qu'il se pose. Nous présentons ci-dessous des éléments qui précisent les caractéristiques du manuel, le contexte de sa production et une caractérisation du rapport institutionnel.

## **Le moment de l'édition**

Nous considérons le système d'enseignement comme un système dynamique dont chaque programme définit un état. C'est un état de référence pour le fonctionnement du système.

## **La représentativité**

Dans les pays où il y a plusieurs manuels comme le cas en France, il est important de procéder à choix d'un ou plusieurs manuels qui sont les plus utilisés par les enseignants.

## La structure

L'étude de la structure du manuel nous renseigne sur la place accordée aux activités, la présence ou non des exercices résolus et les commentaires éventuels des auteurs. Elle nous renseigne sur les choix pédagogiques des auteurs.

Les exercices résolus et les commentaires des auteurs nous renseignent sur ce qu'on attend des élèves ou des enseignants lorsqu'il s'agit du livre du professeur.

## Analyse écologique

L'analyse écologique d'un objet de savoir s'organise autour de deux notions : *l'habitat* qui désigne les lieux de vie et l'environnement conceptuel de cet objet de savoir et *la niche* qui désigne la fonction de cet objet dans le système des objets avec lesquels il interagit. Certains travaux se sont appuyés sur l'articulation de ces deux notions pour l'analyse écologique des manuels.

## Analyse praxéologique

Bosch et Chevallard (1999) présentent le concept de praxéologie pour mieux caractériser le rapport institutionnel :

«Ce qui fait défaut, c'est l'élaboration d'une méthode d'analyse des pratiques institutionnelles qui en permette la description et l'étude des conditions de réalisation. Les derniers développements de la théorisation viennent combler ce manque. La notion clé qui apparaît alors est celle d'*organisation praxéologique* ou *praxéologie*». (Bosch et Chevallard, 1999, p. 85).

D'où l'hypothèse de travail 2 :

*L'étude du rapport institutionnel peut être effectuée par l'analyse praxéologique.*

La mise en œuvre de cette approche pour l'analyse des manuels, tel qu'ils sont structurés actuellement, s'organise souvent de la façon suivante.

- *Identification des types de tâches* : on analyse les activités présentes dans les différentes parties du chapitre. Les exemples et les activités du cours (présentés sous forme de travaux pratiques ou des exercices résolus) permettent de repérer les types de tâches importants pour l'institution. La partie «exercice» permet de repérer l'ensemble des types de tâche. Il faut noter qu'à cette étape, le chercheur procède à des regroupements de tâches en type de tâches comme le souligne Artaud (2005) que « la notion de type de tâches a pour principale fonction dans

l'analyse de permettre le groupement de tâches jugées suffisamment proches, la taille des groupes dépendant à la fois de la réalité modélisée, de l'institution dans laquelle on se place et du travail mené. ».

- *Identificação das técnicas* : après l'identification des types de tâche, on procède à caractériser les techniques permettant de les accomplir en s'appuyant sur l'analyse des exercices résolus.
- *Identificação das tecnologias* : on construit les technologies à partir de l'analyse des commentaires des auteurs, de la partie cours et éventuellement de l'analyse du livre du professeur.

### Exemple de l'atelier

Nous illustrerons par un exemple de mise en œuvre sur un chapitre des équations extrait d'un manuel brésilien.

Figura 1- L'équation du second degré extrait d'un manuel brésilien

Na prática:

$$x(x + 20) = 1.500$$

$$x^2 + 20x - 1.500 = 0$$

que é uma equação do tipo  $ax^2 + bx + c = 0$  com  $a, b$  e  $c \in \mathbb{R}$  e  $a \neq 0$ .

As equações de segundo grau podem ser:

- incompletas
- completas

Veremos a seguir como resolvê-las.

**Resolução de equações incompletas do segundo grau**

**Primeiro tipo:**  $ax^2 = 0$  [ $a \neq 0$ ;  $b = 0$ ;  $c = 0$ ],  $a \in \mathbb{R}$ ]

Para resolver esse tipo de equação, dividem-se ambos os membros por "a", obtendo-se:

$$ax^2 : a = 0 : a$$

$$x^2 = 0 \rightarrow x = \pm\sqrt{0} \quad \begin{cases} x' = +\sqrt{0} = 0 \\ x'' = -\sqrt{0} = 0 \end{cases}$$

Logo:

$$ax^2 = 0 \rightarrow S = \{0, 0\} \rightarrow S = \{0\}$$

**Exemplo**

Resolva:  $-13x^2 = -52$

Dividem-se ambos os membros por (-13):

Fonte: BOSQUILHA, A. *Minimanual compacto de matemática: teoria e prática - ensino fundamental*. 2ª ed. rev. São Paulo: Rideel, 2003. p. 214).

## Références

- ARTAUD, M. La TAD comme théorie pour la formation des professeurs. *Actes du 1<sup>o</sup> congrès international sur la Théorie Anthropologique du Didactique*, Jaen, Espagne. (à paraître). 2005.
- ASSUDE, T. De l'écologie et de l'économie d'un système didactique: une étude de cas. *Recherche en Didactique des Mathématiques*, 16/1, p. 47-72. 1996.
- BOSCH, M.; CHEVALLARD, Y. La sensibilité de l'activité mathématique aux ostensifs. Objet d'étude et problématique. *Recherche en Didactique des Mathématiques*, 19/1, p. 77-124. 1999.
- CABASSUT, R. Argumentation and proof in examples taken from French and German textbooks, *Cerme 4*, paper accepted in the group "argumentation and proof", on line at <http://cerme4.crm.es/Papers%20definitius/4/wg4listofpapers.htm>. 2005. Accès en: 15 de jul. 2014.
- CHAACHOUA, H. Fonctions du dessin dans l'enseignement de la géométrie dans l'espace. Etude d'un cas: *la vie des problèmes de construction et rapports des enseignants à ces problèmes*. Thèse de doctorat, Université Joseph Fourier, Grenoble. 1997.
- CHEVALLARD, Y. La transposition didactique - du savoir savant au savoir enseigné. Grenoble : La Pensée Sauvage. 1985.
- CHEVALLARD, Y. Le concept de rapport au savoir. Rapport personnel, rapport institutionnel, rapport officiel. Séminaire de Didactique des Mathématiques et de l'informatique, 108, p. 211-236. 1989.
- CHEVALLARD, Y. Concepts fondamentaux de la didactique: Perspectives apportées par une approche anthropologique. *Recherches en Didactique des Mathématiques*, 12/1, p. 73-112. 1992.
- CHEVALLARD, Y. L'analyse des pratiques enseignantes en théorie anthropologique du didactique. 19 (2), p. 221-266. 1999a.
- CHEVALLARD, Y. Ostensifs et sensibilité aux ostensifs dans l'activité mathématique. *Recherches en Didactique des Mathématiques*, 19/1, p. 79-119. 1999b.
- DOUGLAS, P.; NEWTON, L. *Could elementary mathematics textbooks help give attention to reasons in the classroom?* ESM 64 1 January 2007.
- MENSOURI, D. (1994). *Essai de délimitation en termes de problématiques des effets de contrat et de transposition: le cas des relations entre droites et équations dans les classes de Seconde et de Première*. Thèse de doctorat, université Joseph Fourier, Grenoble. 1994.
- NEYRET, R. (1995). *Contraintes et déterminations des processus de formation des enseignants*. Thèse de doctorat, Université Joseph Fourier, Grenoble. 1995.
- PANG, J. S.; HWANG, H. M. *A comparative analysis of elementary mathematics textbooks of Korea and Singapore*. Proceedings of the 30th Conference of the



International group for the Psychology of mathematics Education. Vol. 1, p. 311. Prague, Czech Republic. 2006.

PEPIN, B.; HAGGARTY, L. Mathematics textbooks and their use in English, French and German classrooms: a way to understand teaching and learning cultures. *Zentralblatt für Didaktik der Mathematik* 33(5): p. 158-175. 2001.

TOLMAN, M.; HARDY, G.; SUDWEEKS, R. 'Current science textbook use in the United States', *Science and the Children*, May, p. 22-45 & 44. 1998.



## **PARTE II**

### **FORMAÇÃO DE PROFESSORES, DIDÁTICA, COGNIÇÃO E AS CIÊNCIAS**



# La biologie et sa didactique: recherche et formation des enseignants<sup>1</sup>

*Pierre Clément*

## Introduction

Une première partie montre comment les connaissances scientifiques se renouvellent vite dans le domaine de la biologie. Le paradigme déterministe, linéaire et causal, est de plus en plus supplanté par le paradigme de l'émergence. Par exemple, en génétique, l'épigénétique prend de plus en plus d'importance, insistant sur les interactions entre gènes et environnement et rendant réductionniste, idéologiquement dangereuse car innéiste et fataliste, le simple déterminisme de nos phénotypes humains par nos seuls gènes. Alors que les recherches en Didactique de la Biologie ont longtemps privilégié l'analyse des conceptions des apprenants, ce concept même a besoin d'être défini plus précisément, et mis en relation avec des notions complémentaires : représentations, conceptions situées, représentations sociales, systèmes de conceptions. C'est à la clarification de ces définitions que s'attache la seconde partie. La troisième partie montre l'intérêt d'analyser les conceptions en tant qu'interactions possibles entre connaissances, valeurs et pratiques sociales (le modèle KVP). Les trois pôles de ce modèle sont définis, en particulier celui des valeurs. Est aussi défini le concept de « Délai de Transposition Didactique » (DTD), et sont clarifiées les relations entre science et morale. La dernière partie présente un exemple de recherche sur les conceptions que les enseignants ont de l'évolution dans 30 pays. Cette recherche prolonge celle qui avait été engagée dans le cadre du projet européen Biohead-Citizen. Elle met en évidence des différences très importantes entre pays, y compris si on ne compare entre eux que les enseignants catholiques de ces pays, ou que les

---

<sup>1</sup> Em se tratando de um texto em língua estrangeira, preservou-se a estrutura e normas técnicas adotadas no país de origem.

enseignants protestants. Elle illustre les notions définies précédemment, ainsi que l'importance des interactions KVP, pour conclure que les enseignants ont à prendre conscience de cette complexité, chez eux comme chez leurs élèves.

## Le renouvellement rapide des connaissances en biologie

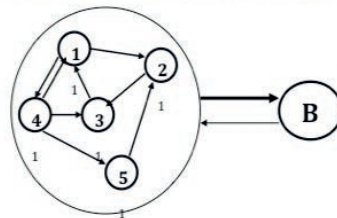
La biologie est un domaine où les connaissances scientifiques stabilisées sont souvent complétées, voire remises en cause, par de nouveaux paradigmes. Par exemple le projet international de recherche sur le génome humain prévoyait initialement, dans les années 1980, que le génome humain contiendrait 100 000 à 150 000 gènes. Le séquençage de l'ADN humain (2001, 2004) a montré qu'il en contient à peine plus de 20 000, environ autant que la souris ou d'autres animaux et bien moins que la rose ou le riz. L'ère du « tout génétique » (Atlan 1999) a ainsi fait place à de nouvelles recherches sur l'épigénétique (Wu & Morris 2001, Morange 2005), focalisées sur les interactions entre le génome et son environnement (Lewontin 2003, Jacquard & Kahn 2001). La notion même de déterminisme est largement remise en cause dans la biologie d'aujourd'hui, au profit de modèles de types darwiniens qui s'étendent jusqu'aux niveaux cellulaires et moléculaires (Kupiec 2008, 2009). D'autres exemples du renouveau des connaissances biologiques peuvent être pris dans d'autres domaines de la biologie, pour le fonctionnement cérébral, les techniques de procréation, les cellules souches, la complexité des questions écologiques, environnementales ou de santé. Comment ce renouvellement est-il introduit dans le système éducatif (programmes, manuels scolaires, formation des enseignants, ...) ?

Figura 1- En biologie, deux paradigmes relatifs à la recherche de causalité

### Analytic Approach of Determinism



### Emergence: Systemic Approach of Determinism



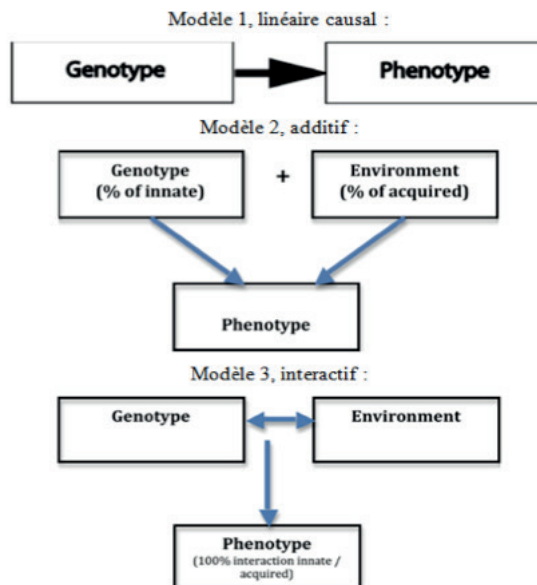
De façon générale, parmi les deux paradigmes qui structurent la recherche de causalité en biologie (Figure 1), c'est surtout le premier qui a été jusqu'ici dominant, alors qu'il est de plus en plus contesté par rapport au second, qui explique un phénomène émergent par rapport à un ensemble d'interactions, dans une perspective systémique.

L'approche déterministe classique est linéaire et causale, réduisant un effet à une cause simple. Par exemple 1 gène → 1 protéine ; 1 microbe → 1 maladie ; 1 stimulus → 1 réponse.

Or cette approche réductionniste est dangereuse, non seulement parce qu'elle est incomplète et que le plus souvent elle est alors scientifiquement inexacte ; mais aussi parce qu'elle est porteuse d'implicites fatalistes, de déterminismes dont nous serions prisonniers sans pouvoir nous en échapper.

C'est ce simplisme qui est aussi à l'origine du succès d'explications simplistes mais malheureusement souvent populaires, selon lesquelles les traits de notre personnalité, de notre caractères, seraient simplement la conséquence de l'agencement astral lors de notre naissance (astrologie), ou de la forme des lignes de notre main (chiromancie) ou encore de notre visage (morpho-psychologie, ou encore d'un programme génétique dans notre ADN, qui n'est pas sans rappeler le programme divin de certaines religions, selon lesquelles tout ce qui se passe était prévu, programmé par Dieu.

Figura 2 - Les trois modèles pour expliquer les liens entre génotype et phénotype (d'après Forissier & Clément, 2003; Clément & Castéra, 2013)



La figure 2 présente par exemple les trois types d'explication des liens entre génotype et phénotypes que nous avons pu mettre en évidence dans les conceptions d'enseignants de biologie comme dans les manuels de biologie de plusieurs pays (Forissier & Clément, 2003 ; Clément & Castéra, 2013). Le modèle 1, linéaire et causal, est souvent le plus présent. Mais l'influence de l'environnement est parfois reconnue, et il est alors fait allusion à un pourcentage de déterminisme génétique (« la part de l'inné ») et un pourcentage de déterminisme environnemental (« la part de l'acquis ») : c'est un modèle additif qui est scientifiquement faux, puisque gènes et environnement sont toujours en INTERACTION, ce que représente de façon simplifiée le modèle 3, interactif, dans la figure 2. Cette interaction fait que les deux, aussi bien les gènes que l'environnement, sont à 100 % nécessaires pour qu'émerge le moindre phénotype (Jacquard, 1972 ; Stewart, 1993 ; Atlan, 1999; Lewontin, 2003; Jacquard & Kahn, 2001). Et les récents séquençages de l'ADN humain, ainsi que bien d'autres découvertes en génétique et biologie moléculaire, sont à l'origine d'une nouvelle branche de la génétique, qui est en plein essor, qui étudie l'épigénétique (Wu & Morris, 2001 ; Morange, 2005), c'est à dire l'interaction entre les gènes et leur environnement.

Ce renouvellement des connaissances scientifiques dans le domaine de la génétique est aussi porteur d'un renouvellement des valeurs liées à la biologie, longtemps considérée comme limitée à des contraintes inéluctables : le modèle causal linéaire induit des valeurs fatalistes, car on ne pourrait rien faire contre son déterminisme génétique, alors que le modèle interactif est plus complexe et montre que les gènes ne gouvernent pas seuls, et qu'on peut aussi influencer l'environnement qui interagit avec eux. Je reviendrai plus longuement sur ces interactions entre connaissances scientifiques, valeurs et pratiques sociales (le modèle KVP).

La biologie est en effet un domaine qui est en prise directe sur des questions socialement vives (Simonneaux 2013). Par exemple des questions citoyennes relatives à l'égalité entre tous les êtres humains, aussi différents soient-ils (débats sociaux actuels sur le genre, les races humaines, l'homosexualité, ...). Mais aussi des questions sur la préservation de notre environnement, de nos ressources, sur les OGM (organismes génétiquement modifiés), sur la FIV (Fécondation in



Vitro) et autres techniques de procréation, sur l'agriculture et la qualité de notre alimentation, etc.

Par ailleurs, le regain des thèses créationnistes conteste de plus en plus l'enseignement de l'évolution (IAP, 2006). Comment ces questions sont-elles prises en compte, ou ignorées, dans nos systèmes éducatifs ? Je reviendrai plus longuement sur ce thème de l'évolution dans la dernière partie du présent article. Mais auparavant, je vais définir les concepts de didactique de biologie qui fondent les recherches que nous développons en Didactique de la Biologie, et qui intéressent aussi les enseignants et les formateurs d'enseignants.

## **Conceptions, représentations sociales, systèmes de conceptions**

Nombre de recherches en didactique de la biologie ont porté sur l'identification des conceptions des apprenants, souvent appelées « représentations » (Giordan & de Vecchi, 1987 ; Astolfi et al., 1997). Elles se sont depuis étendues à l'étude des conceptions des enseignants et d'autres acteurs du système éducatif (Giordan et al., 2004 ; Carvalho et al., 2008). En 2009, Reinders Duit a compilé une liste de milliers de références bibliographiques sur les conceptions d'étudiants et d'enseignants (Bibliography STCSE: Students' and Teachers' Conceptions and Science Education). Et cette liste, déjà largement incomplète quand on y cherche par exemple ses propres travaux d'avant 2009, pourrait être largement augmentée aujourd'hui.

Cependant, le vocabulaire utilisé dans ces travaux est loin d'être unifié. Par exemple, plusieurs utilisent par exemple le terme « misconceptions » avec lequel je ne suis pas d'accord, car il juge une conception comme scientifiquement vraie ou fautive, alors que l'objectif d'un didacticien dans son travail sur les conceptions n'est pas de les juger, mais de les analyser, de les comprendre pour identifier les obstacles aux apprentissages dont elles témoignent, et ensuite les stratégies pédagogiques qui les prennent en compte. Autre exemple : jusqu'à quel point les conceptions des didacticiens caractérisent-elles ou non ce que la psychologie sociale et les sciences cognitives nomment « représentations sociales » ?

J'ai donc été amené à définir plus précisément l'ensemble de ces termes (Clément 2010 : les lignes qui suivent en présentent plusieurs extraits)

Tableau 1 - Définitions : conceptions situées, conceptions, représentations sociales et systèmes de conceptions

	au niveau individuel	au niveau collectif
Conceptions situées	Le contenu de la réponse d'une personne à une question précise dans une situation précise.	Le contenu convergent des réponses de plusieurs personnes placées dans la même situation précise.
Conceptions	Les cohérences dégagées par le chercheur à partir des réponses d'une personne placée dans plusieurs situations relatives à un thème donné (conceptions individuelles sur ce thème).	Les cohérences dégagées par le chercheur à partir des conceptions individuelles sur un même thème, identifiées chez plusieurs personnes (groupe social) (conceptions collectives = représentations collectives, ou représentations sociales).
Systèmes de conceptions	Ensemble de conceptions (représentations sociales) corrélées entre elles. Elles peuvent aussi être liées à des caractéristiques individuelles comme les opinions sur le plan social, religieux ou politique.	

Le tableau 1 résume les définitions de divers termes caractérisant différents types de conceptions, en sachant que, dans une recherche en didactique des sciences, les conceptions sont toujours relatives à un thème précis, qui est souvent un objectif d'enseignement. On parle donc des conceptions d'une personne, ou d'un groupe de personnes, sur ce thème.

Dans un travail précédent (Clément 1994), j'avais repris les arguments de différents chercheurs en didactique pour préférer le terme conceptions au terme représentations. La polysémie de ce dernier est plus importante dans le cadre de nos recherches : représentations théâtrales, représentations graphiques, images mentales. Ce dernier point, en particulier, concernant les «représentations mentales», s'inscrit dans un débat toujours vif au sein des sciences cognitives entre les «représentationnistes» et leurs adversaires. Pour les premiers, les représentations mentales seraient un reflet de propriétés du monde qui seraient extérieures à nous, alors que les seconds insistent sur le fait que ces propriétés sont construites

par nous. Comme je l'indiquais en conclusion de cet article, nos conceptions se construisent par l'interaction entre nous et le monde qui nous entoure. Elles sont «énactées» pour reprendre l'expression proposée par Varéla (1989). C'est cette dimension de construction qui est essentielle dans les recherches des didacticiens et qui donc nous pousse à préférer le terme de conceptions à celui de représentations. Cependant, le succès international du syntagme «représentations sociales», proposé par la psychologie sociale (depuis Moscovici 1961) et sur lequel je reviens plus loin, explique que les didacticiens continuent à s'y référer : mais dans une perspective qui mérite d'être précisée.

### **Conceptions situées**

Quand, dans une situation précise relative à un thème scientifique, une personne réagit d'une façon précise, le chercheur tente d'interpréter sa réaction par rapport à ses conceptions : mais celles-ci dépendent en partie de la situation proposée et peuvent être différentes dans une autre situation, exprimant, pour chaque situation, des conceptions situées. Par exemple mes conceptions sur les mouvements relatifs de la terre et du soleil vont évoluer que je plante ma tente ou que je pense au décalage horaire. Un exemple classique est l'anatomie du tube digestif (Clément 1991, 1994, 2003a, 2003b) : le même étudiant, à trois minutes d'intervalle, peut faire un premier schéma où l'intestin débouche dans la vessie quand il représente le trajet d'un litre d'eau dans son corps, puis un second schéma où l'intestin débouche à l'extérieur par l'anus quand il représente le trajet d'une bague en or avalée accidentellement.

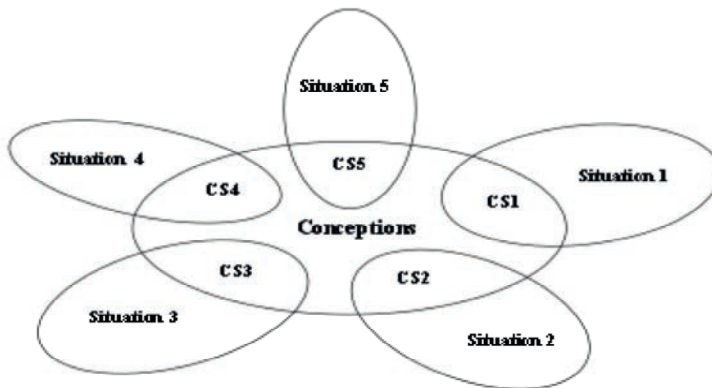
Plusieurs personnes, placées dans la même situation, pourront répondre de la même façon, exprimant le même type de conception située. Par exemple, le pourcentage d'élèves, étudiants ou enseignants de telle discipline, dessinant une tuyauterie continue entre l'intestin et la vessie pour le trajet d'un litre d'eau dans leur corps, est stable (et souvent assez élevé) sur plusieurs années et donc quasiment prévisible (Clément 2003a).

### **Des conceptions situées aux conceptions (figure 3)**

Un chercheur ne doit donc pas prétendre connaître les conceptions d'une personne sur un thème à partir d'une seule situation de recueil de données, que celle-ci soit une situation de TP, ou de résolution de problème, ou une partie d'entretien ou de débat, ou encore la réponse à une question au sein d'un questionnaire. L'en-

tretien peut, à cet égard, être tout aussi inducteur qu'un questionnaire (Blanchet & Gotman 1998). La solution est de multiplier les situations de recueil de données.

Figure 3 - Schéma des liens entre les conceptions sur un thème donné et cinq conceptions situées (CS1 à CS5 ici) sur ce thème.



Car une conception située (Clément 1999) n'est pas uniquement produite par la situation, elle révèle toujours une partie des conceptions de la personne interrogée, la partie qui peut s'exprimer dans la situation proposée. Les convergences, ou divergences, entre les observations d'une même personne placée dans différentes situations permettent d'en inférer sa ou ses conceptions sur le thème étudié. Ainsi un chercheur devra placer la personne dont il souhaite analyser les conceptions, dans plusieurs situations : plusieurs questions plus ou moins redondantes ou très différentes sur le même thème, au sein d'un questionnaire, ou au cours d'un entretien, ou en croisant différentes techniques : observations comportementales, entretien, questionnaire.

Les conceptions qui en émergent ne sont pas toujours cohérentes entre elles ; l'exemple cité ci-dessus de l'anatomie du tube digestif l'illustre clairement. Le chercheur a à interpréter l'ensemble.

L'enseignant, quant à lui, a pour objectif d'aider l'apprenant à mettre de l'ordre dans ses conceptions, à les structurer, les réorganiser, en y intégrant au mieux les connaissances scientifiques qui sont l'objet de l'enseignement sur ce thème. L'objectif n'est pas seulement que l'apprenant engrange quelque part dans sa tête des connaissances scientifiques : à quoi leur serviront-elles s'il ne sait les mobiliser qu'en situation académique (contrôle des connaissances, examens) ? Il faut aussi

qu'il apprenne à lier ces connaissances scientifiques aux diverses pratiques de la vie quotidienne ou professionnelle dans lesquelles la mobilisation de ces connaissances serait utile.

Savoir identifier des conceptions, et comprendre leurs liens et/ou leur indépendance par rapport à diverses situations, est un objectif important des recherches en didactique des sciences.

### **Des conceptions aux représentations sociales**

Le tableau 1 indique que, quand des conceptions sont partagées par un groupe social, elles correspondent à des représentations sociales (Moscovici 1961, 1984, Jodelet 1984), que Durkheim (1889) avait appelé des «représentations collectives». Les sociologues définissent un groupe social comme un ensemble d'individus unis par au moins une caractéristique commune (culturelle, historique, ethnique, religieuse, etc.), ayant un sentiment d'appartenance, et reconnu par la société (Durkheim, cité par Muchielli 2000). On peut ainsi définir des groupes en fonction du genre, de la religion, de catégories socioprofessionnelles, etc.

Les scientifiques forment une de ces catégories, et partagent certaines représentations sociales : que ce soit certaines valeurs qui fondent ce qui est ou non scientifique, nous y reviendrons, ou encore les critères valorisés dans la carrière d'un chercheur scientifique. En revanche, au sein même du monde scientifique, il y a des groupes les plus divers, qui peuvent ne pas comprendre le langage des autres tant les connaissances scientifiques actuelles sont spécialisées. Ainsi les rotiférologues (spécialistes des Rotifères, petits animaux planctoniques) forment-ils un groupe social, qui se réunit tous les deux ans dans un des pays du monde. Chacun de ces chercheurs se sent aussi appartenir au groupe social des zoologues ou des écologues, tous étant des biologistes, au sein des chercheurs scientifiques.

De tels emboîtements de groupes sociaux se retrouvent dans bien d'autres domaines, qu'il s'agisse du monde des fonctionnaires, des sportifs ou des artistes.

Les connaissances scientifiques étant ce qui est produit par la communauté scientifique, il semble logique de les considérer comme des conceptions partagées par un groupe social de scientifiques, donc comme des représentations sociales.

Travailler sur les représentations sociales nécessite de travailler sur les conceptions de personnes représentatives d'un groupe social (Moscovici 1961 par exemple), ou sur un nombre assez élevé de personnes au sein desquelles pourront être identifiés des groupes sociaux. C'est ce que nous avons fait dans le cadre du

projet de recherche Biohead-Citizen (Biology, Health and Environmental Education for better Citizenship) pour analyser les conceptions d'enseignants de 19 pays sur des thèmes bien précis. Nous avons pour cela utilisé des analyses multivariées mises au point en écologie à partir de données abondantes, et dont nous avons montré l'intérêt pour analyser les réponses à un questionnaire (Munoz & Clément 2007, Munoz et al., 2009). Nous avons recueilli les réponses de 7050 enseignants dans les 19 pays concernés, à partir d'un long questionnaire (144 questions) que nous avons mis plus de deux ans à élaborer, en nous fondant sur des recherches précédentes, puis en réalisant des entretiens, un test pilote dans la plupart des pays, etc. (Clément & Carvalho 2007). Certains de ces résultats ont été publiés, par exemple sur le thème de l'évolution (Clément & Quessada 2008, 2009). Ces recherches ont été ensuite étendues à d'autres pays, sous ma propre responsabilité, et je présenterai un exemple de ces résultats dans la dernière partie de cet article.

Une telle masse de données permet d'identifier des représentations sociales. Ainsi, une ACP (Analyse en Composantes Principales) réalisée sur les enseignants d'un pays ou d'un ensemble de pays permet de voir les convergences des réponses à plusieurs questions relatives au même thème, quand plusieurs personnes répondent de façon cohérente à plusieurs questions, par exemple sur le créationnisme ou l'évolution. L'ACP visualise aussi les divergences au sein de l'échantillon quand par exemple certains enseignants interrogés présentent une tendance conceptionnelle créationniste alors que, pour le même ensemble de questions, d'autres présentent une forte tendance évolutionniste.

Cette analyse multivariée permet donc de passer de conceptions situées (réponses à une question) à des conceptions individuelles (réponses à un ensemble de questions complémentaires sur le thème) puis à des conceptions collectives quand il y a des convergences entre les conceptions individuelles, conceptions collectives que nous pouvons nommer des représentations sociales dès lors que nous avons défini le ou les groupes caractérisés par elles. La même ACP permet d'identifier ces groupes. Une analyse complémentaire (interclasse) permet alors de maximiser et identifier les différences entre les groupes, tandis qu'un test complémentaire (par randomisation de type Monte Carlo) permet de voir si ces différences sont ou non significatives.

Ainsi, par exemple, nous avons mis en évidence des représentations sociales sur l'évolution très différentes d'un pays à un autre, alors que, au sein du même pays, il n'y a le plus souvent pas de différences entre les différentes religions (catholiques, protestants ou orthodoxes), ou très peu (Clément & Quessada 2008, 2009).

Nos résultats les plus récents (2013 et 2014) ont révélé quelques exceptions, au Brésil, en Afrique de Sud et en Corée du Sud : dans chacun de ces trois pays, les protestants (majoritairement de la mouvance évangéliste) sont significativement plus créationnistes que leurs collègues d'autres religions (Seo & Clément, 2014 ; Staers et al, 2014 ; Clément, 2014c). Dans un autre travail, nous avons identifié un effet du genre, les représentations sociales des enseignantes sur la génétique humaine différant de celles de leurs collègues hommes (en étant notamment moins sexistes : Castéra & Clément 2009a).

### **Des représentations sociales aux systèmes de conceptions**

Quand des conceptions ou des représentations sociales portant sur des thèmes différents, plus ou moins voisins, convergent, nous parlons de systèmes de conceptions.

Astolfi & Péterfalvi (1993) avaient qualifié de «nœud d'obstacles» les convergences entre plusieurs conceptions qui pouvaient être des obstacles convergents à certains apprentissages. Ainsi, quand j'ai défini l'obstacle épistémologique de la perméabilité d'une paroi, à la suite de mes travaux cités ci-dessus sur la conception «tuyauterie continue» entre l'intestin et la vessie, j'ai ensuite retrouvé le même obstacle pour la membrane cellulaire (Clément et al. 1983, Clément 2007). J'ai alors défini une catégorie d'obstacles (nommée, faute de mieux «obstacles psychologiques»: Clément 2003b) pour montrer que l'obstacle épistémologique de la perméabilité d'une paroi avait des racines plus profondes et plus générales que la seule paroi de l'intestin ou des capillaires sanguins. Dès 1991, je faisais référence au «moi-peau» de Kaes, pour évoquer cette limitante plus ou moins ouverte qui nous caractérise. Mais la perméabilité d'une surface limitante renvoie aussi à la l'ouverture / fermeture de tout espace privé (chambre, appartement, jardin, voiture), à l'ouverture / fermeture des frontières (nationales, de l'espace Shoengen), et jusqu'au trou dans la couche d'ozone protectrice ! Il y a bien là un croisement entre des conceptions scientifiques et des dimensions autres, croisement qui peut caractériser un système de conceptions. J'ai récemment écrit un article en forme de dialogue avec Jean-Pierre Astolfi, analysant les convergences et différences des notions proposées par chacun de nous deux (Clément, 2014a).

La notion de système de conceptions a surtout été fondée par les recherches du projet Biohead-Citizen. Nous avons par exemple mis en évidence des convergences entre les représentations sociales sur la génétique humaine et celles sur l'évolution (Clément et al. 2008), les enseignants les plus créationnistes étant en même temps

les plus innéistes (et réciproquement). Ou encore entre les conceptions sur la génétique humaine des enseignants de 14 pays et leurs opinions sur le plan politique, religieux et social (Castéra & Clément 2009b). Les plus innéistes s'opposent aux moins innéistes non seulement sur l'innéisme, en partie lié à des positions plutôt sexistes et même xénophobes, mais aussi en fonction de convictions personnelles : un plus grand degré de croyance en Dieu et de pratique religieuse, politiquement pour un pouvoir fort qui mette de l'ordre, contre l'immigration, anti-laïques, et faisant une plus grande confiance aux structures privées que publiques pour l'école, les systèmes de santé, et la retraite. Ainsi les conceptions sur un thème comme la génétique humaine peuvent être fortement liées à des convictions dans les domaines politique, religieux, économique et social, en un système de conceptions. Celui-ci est loin de se limiter à un domaine de connaissances scientifiques (plus ou moins actualisées) : il intègre des valeurs et des pratiques sociales. C'est à l'interaction entre ces différents pôles que va être consacrée la partie qui suit.

## **Les conceptions en tant qu'interactions entre connaissances, valeurs et pratiques sociales**

Les conceptions relatives à un thème scientifique peuvent être analysées de plusieurs façons, avec des perspectives diverses. Généralement, en didactique des sciences, ce sera pour analyser des obstacles aux apprentissages de ce thème (synthèses dans Astolfi et al. 1997; Clément 2003b) ou pour évaluer les éventuels changements conceptuels après une séquence d'enseignement. Or ces changements s'avèrent souvent plus faciles pour l'acquisition de nouvelles connaissances scientifiques que pour l'évolution d'opinions relevant d'autres domaines (Simonneaux 1995, Abou Tayeh 2003, Kochkar 2007). Cela ne veut pas dire que l'acquisition de nouvelles connaissances scientifiques soit chose aisée : les obstacles épistémologiques (et aussi didactiques<sup>2</sup>) à leur acquisition restent essentiels à identifier et à prendre en compte pour qu'un enseignement soit efficace. Cela veut dire que certaines connaissances sont appuyées sur des valeurs et pratiques sociales qui peuvent freiner leur renouvellement. C'est aussi vrai dans l'histoire des sciences que dans l'évolution des conceptions de tout individu.

---

2 Les obstacles didactiques correspondent à des conceptions introduites par l'enseignement, et qui freinent ou empêchent l'acquisition de certaines connaissances scientifiques (Clément 2003b). Alors que les obstacles épistémologiques correspondent à des conceptions forgées dans la vie quotidienne, qui freinent ou empêchent l'acquisition de certaines connaissances scientifiques (Bachelard 1938).



C'est pour identifier les implicites qui étayent des connaissances qui devraient être renouvelées, que nous utilisons le modèle KVP : analyser les conceptions comme de possibles interactions entre trois pôles : les connaissances scientifiques (K comme Knowledge en anglais), les valeurs (V) et les pratiques sociales (P) (Figure 4, Clément 2004, 2006, 2010).

Figure 4 - Les conceptions (C) peuvent être analysées en tant qu'interactions entre connaissances scientifiques (K), valeurs (V) et pratiques sociales (P)

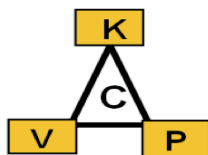
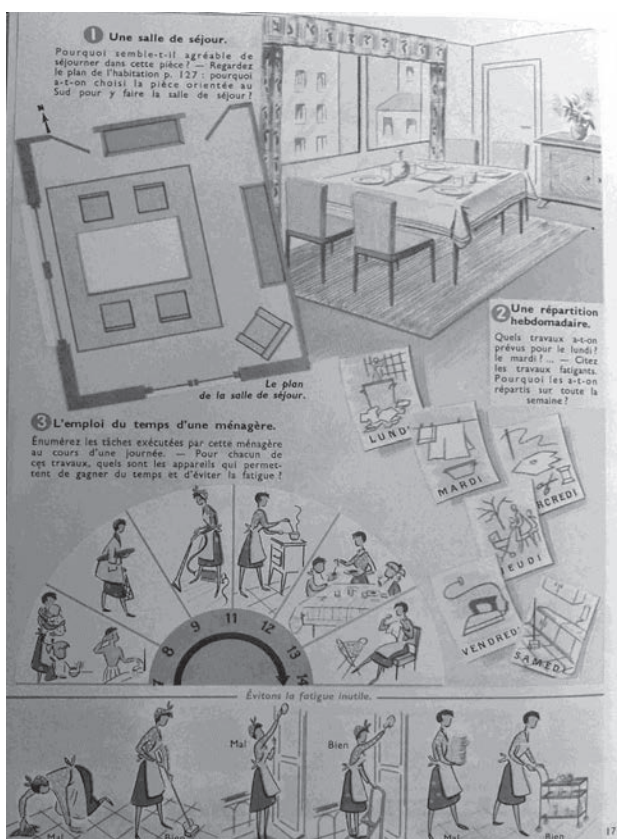


Figure 5 - Extrait du manuel scolaire «Sciences appliquées» (classe de fin d'études, Ecoles rurales de filles), Classiques Hachettes, 1959, page 174. (l'original est en couleurs)



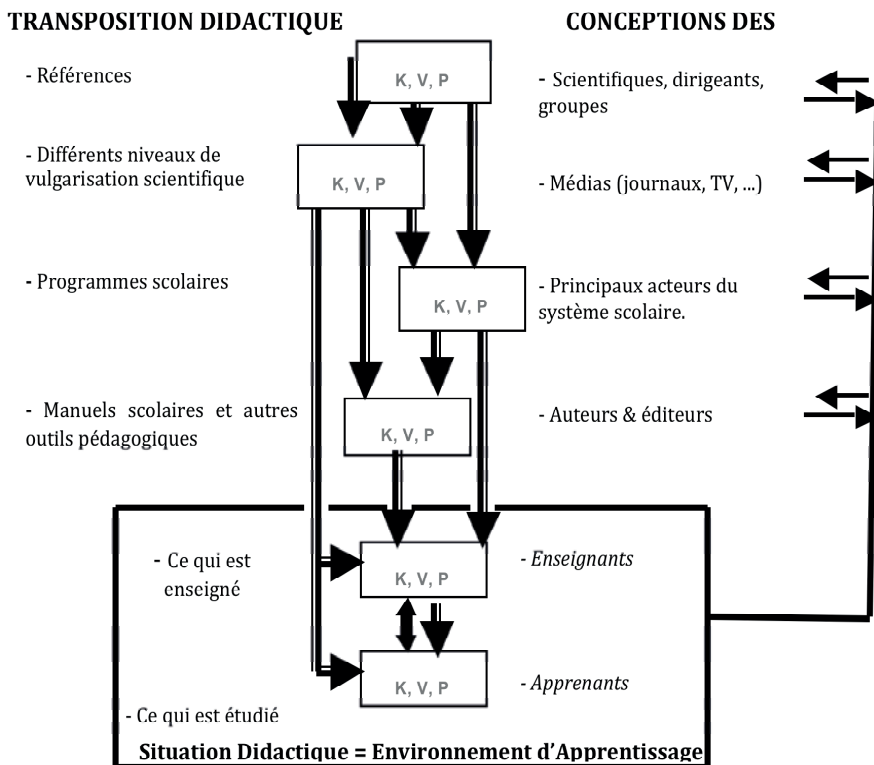
La figure 5 reproduit une des pages d'un manuel de «Sciences appliquées» publié en 1959 pour les écoles rurales de filles. Dans ce manuel, la moitié des pages se retrouve dans le manuel équivalent pour écoles rurales de garçons, tandis que les «sciences appliquées» ne sont pas les mêmes dans l'autre moitié des deux manuels. Celui pour garçons regorge d'informations scientifiques et techniques sur les voitures, les tracteurs et les travaux agricoles demandant une certaine force. Celui pour les filles expose en détail les connaissances scientifiques et techniques utiles pour les tâches féminines dans les fermes, ou pour assurer le ménage de la maison, jusqu'à des conseils très pratiques comme ceux reproduits sur la figure 5. Le lien entre sciences, techniques et pratiques sociales (lien KP) est donc très clair. Les connaissances scientifiques et techniques (K) sont présentées pour être utiles par rapport aux pratiques sociales de l'époque (P). Mais ce qui saute aux yeux, un demi-siècle après la publication de ce manuel (utilisé jusqu'en 1966), ce sont ses valeurs implicites (V), a posteriori clairement sexistes. Il serait fort heureusement impossible de publier un tel manuel scolaire aujourd'hui en France, même si des dérives de genre sont encore décelables, par exemple dans des manuels actuels de mathématiques (Brugeille & Cromer 2008) ou de biologie (Quessada et al. 2008).

Cette image (figure 5) illustre bien les interactions KVP dans les conceptions exprimées par ces manuels scolaires. Les valeurs sont sans doute plus faciles à identifier avec du recul, qu'il soit historique comme dans ce cas, ou qu'il soit géographique comme dans les recherches contrastives menées dans 19 pays par le projet Biohead-Citizen, les 19 équipes de recherche ayant choisi comme contexte théorique le modèle KVP (Carvalho & Clément 2007 ; Carvalho et al., 2008 ; Caravita et al 2008).

Ces possibles interactions KVP peuvent être analysées chez tous les acteurs du système éducatif, aux différents stades de la transposition didactique, qui ne se limitent pas aux trois stades définis par Chevallard (1985), comme l'illustre la figure 6 (Clément 2010).

Précisons ce que nous entendons par chacun des trois pôles K, V et P.

Figure 6 - Schéma associant les étapes de la transposition didactique et les conceptions de leurs différents acteurs (d'après Clément 2010)



### Le pôle K: connaissances scientifiques

Il s'agit des connaissances scientifiques identifiables dans toute conception sur un thème scientifique. Elles renvoient à ce qui a été publié plus ou moins récemment dans des revues reconnues par la communauté scientifique.

C'est le pôle classique de référence en didactique des sciences, qui se décline dans le schéma initial de la transposition didactique proposé par Verret (1975) puis Chevallard (1985), pour aller du savoir savant au savoir à enseigner puis au savoir enseigné. La figure 6 propose un schéma actualisé de la transposition, où le savoir est remplacé par les interactions KVP qui caractérisent les conceptions des acteurs à chaque étape de la transposition. Celles-ci sont plus nombreuses que les trois étapes sus-mentionnées : les différents types de médiatisation des sciences, ou encore les manuels scolaires, sont des étapes essentielles de promotion et de reformatage de certaines connaissances scientifiques publiées.

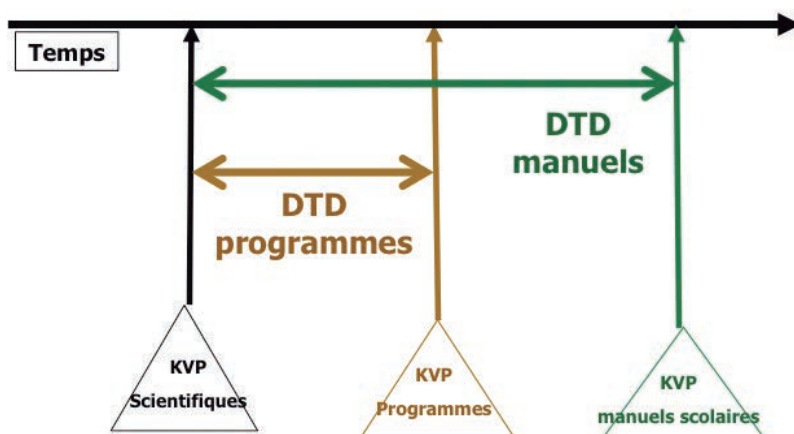
Une analyse contrastive de la façon dont se développent et s'enseignent ces connaissances scientifiques permet de mettre en situation ce pôle K par rapport au contexte social, dans une perspective «Sciences et Sociétés». Soit en comparant aujourd'hui plusieurs pays (comme dans la recherche Biohead-Citizen) pour identifier des différences entre les connaissances scientifiques qui y sont enseignées et mettre ces différences en lien avec les caractéristiques socioculturelles de chaque pays. Soit dans une perspective diachronique, afin de comparer plusieurs époques historiques dans un même pays.

Un nouveau concept aide à l'analyse de ces interactions KVP : le DTD (Dé-lai de la Transposition Didactique, ou Didactic Transposition Delay : Quessada & Clément, 2007). Le DTD mesure la durée qui sépare la publication scientifique d'un résultat important de recherche, et son introduction dans les programmes (DTDp) et dans les manuels scolaires (DTDm). Il est court quand le contexte sociopolitique voit un intérêt à l'introduction de ces connaissances dans le système scolaire (par exemple en France les dernières découvertes sur les origines de l'espèce humaine lors de la 3<sup>ème</sup> République, laïque). A contrario, il est long quand les pouvoirs dominants n'ont pas intérêt à l'introduction de ces connaissances à l'école (par exemple la théorie darwinienne de l'évolution jusqu'à la fin du XXe siècle). Dans la figure 7, le DTD est plus long pour les manuels scolaires que pour les programmes, ce qui est souvent le cas ; mais le renouvellement des connaissances est parfois plus rapide dans un manuel scolaire que dans le programme (Clément, 2014b).

L'intérêt du DTD est de tenir compte du renouvellement des connaissances scientifiques pour ne mesurer que l'inertie de l'introduction des nouvelles connaissances dans les programmes et manuels, inertie due aux valeurs et pratiques sociales dominantes à chaque époque.

Ce délai s'analyse par une approche historique. Mais il peut aussi être observé par des analyses comparatives actuelles. Par exemple, quand, en génétique le paradigme du «tout-génétique» (Atlan 1999) est remplacé par celui de l'épigénétique (Morange 2005), ce changement est introduit avec des délais plus ou moins longs selon les pays, et est accepté plus ou moins vite par les enseignants de ces pays (Castéra et al., 2008 ; Castéra & Clément, 2009a, 2009b ; Clément & Castéra, 2010, 2013 ; Clément, 2014b).

Figure 7 - Le Délai de Transposition Didactique (DTD) (modifié d'après Quessada & Clément 2007)



### Le pôle P (pratiques sociales)

Ce pôle a été introduit par Martinand (1986, 2000) comme référence importante de la transposition didactique, en plus des connaissances à enseigner et en lien avec elles. Nombre de formations sont professionnalisantes, dès le secondaire puis dans les Grandes Ecoles, les I.U.T., I.U.F.M., Facultés de Médecine ou autres formations universitaires de plus en plus ciblées vers des pratiques professionnelles. Les connaissances scientifiques enseignées sont donc resituées par rapport aux pratiques visées, qui elles-mêmes sont un objectif de l'enseignement (formation d'ingénieurs, de médecins, d'agronomes, d'enseignants, etc.).

En plus de sa fonction en tant que référence de la transposition didactique, le pôle P renvoie aux pratiques des acteurs dont les conceptions sont analysées. Pratiques professionnelles, mais aussi pratiques citoyennes ainsi que toute pratique sociale.

Les connaissances scientifiques d'un chercheur, par exemple, sont formatées par ses pratiques de recherche, tant au niveau des technologies auxquelles il a accès, qu'au niveau des références bibliographiques qu'il cite et qui influencent ses recherches (on peut souvent reconnaître l'auteur d'une publication en ne regardant que la liste de ses références bibliographiques à la fin d'un article : le présent texte en est une illustration !).

Les connaissances scientifiques d'un enseignant dépendent aussi de ses pratiques, de son goût pour les médias ou les nouvelles technologies, de son plaisir à herboriser ou rechercher des fossiles quand il enseigne les SVT, etc.

On pourrait ainsi décliner les pratiques de tous les acteurs du système éducatif (acteurs en partie listés dans la figure 6) pour analyser jusqu'à quel point elles contribuent à structurer leurs connaissances scientifiques (interactions KP).

Mais la plupart des pratiques sociales sont sous-tendues par des valeurs. Qu'il s'agisse du rapport à la nature ou aux tâches ménagères, ou encore des pratiques religieuses ou politiques, chaque personne fait des choix qui reflètent son système de valeurs. Les valeurs interagissent clairement avec les pratiques sociales (interactions VP), mais interagissent-elles aussi avec les connaissances scientifiques de chacun (interactions KV) ? C'est la question qui sous-tend plusieurs recherches, de façon explicite dans le cas de celles développées dans le cadre du projet Biohead-Citizen, de façon plus implicite dans le cas de l'analyse des controverses liées à des questions socialement vives (Simonneaux 2002, 2004, 2013, Legardez & Simonneaux 2006, Molinatti 2007).

### **Le pôle V: valeurs, systèmes de valeurs**

C'est le pôle le plus nouveau du modèle KVP. Que mettons-nous derrière le terme «valeurs» ? La publication d'une enquête, sous forme d'un ouvrage, «La France à travers ses valeurs» (Bréchon & Tchernia, 2009), a fait la une du quotidien Le Monde le 25 avril 2009, sous le titre : «Egalité, tolérance, travail, bonheur : les nouvelles valeurs des Français» (Courtois, 2009). Les valeurs que les Français jugent les plus importantes sont (dans l'ordre, % de très ou assez important) : la famille (97%), le travail, les amis et relations, les loisirs, la religion, la politique (38%). Ce volet français d'une enquête européenne menée tous les 9 ans depuis 1981 permet d'identifier certaines évolutions des mentalités des Français. Par exemple la xénophobie a baissé de 1999 à 2008 (Cautrès & Belot, 2009) et «en 2008, la demande d'égalité devient plus importante que celle de liberté» (Magni Breton, 2009). Ce type d'enquête permet d'approcher ce qu'on entend par valeurs, mais nous n'avons pas trouvé de définition précise du terme dans cet ouvrage.

Les philosophes des sciences font souvent référence aux valeurs (par exemple : Lecourt 1990, Perru 2008), mais aussi la didactique des sciences, dans des perspectives curriculaires (Dodson 2004) ou de façon plus générale (Clément, 2013b) avec par exemple un ouvrage récent «The Re-Emergence of Values in Science Edu-

cation» (Corrigan, Dillon & Gunstone, 2007) ; sans parler bien sûr des recherches déjà citées qui se fondent sur le modèle KVP. Cependant, autant le mot «valeurs» est utilisé (y compris pour les valeurs boursières), autant sa définition n'est généralement pas précisée. Tentons de le faire.

Nous reprendrons une définition de base des « valeurs » : «ce qui fonde le jugement». Donc ce qui peut être retrouvé à la base des opinions, des croyances, des idéologies, des positions philosophiques, morales ou éthiques mais aussi de la science elle même.

Précisons cette définition dans quelques domaines qui nous concernent.

### (1) Valeurs de la science

C'est aussi au nom de valeurs (juger du valide et du non valide) que le chercheur scientifique qualifie ou disqualifie certaines conceptions. La science recherche sa vérité à travers une rationalité de la preuve, de la démonstration, de l'honnêteté qui accepte les verdicts expérimentaux, qui rejette les fraudes, ...: autant de valeurs !

Elle cultive aussi les valeurs de modestie, d'esprit sans cesse critique, d'acceptation des limites de validité de ses affirmations.

Ces valeurs fondent le jugement de ce qui est scientifiquement valide ou non dans un contexte précis : dans tel domaine, aujourd'hui, avec quelles limites de validité.

Ces jugements sont portés par les scientifiques eux-mêmes, dans un fonctionnement éminemment social : interaction avec le pôle P des pratiques sociales de la communauté scientifique.

Toute connaissance scientifique publiée dans une revue scientifique peut ainsi être analysée dans ses interactions avec les pratiques sociales et les valeurs des chercheurs (pôles K, V et P), souvent en interaction avec les connaissances, valeurs et pratiques de la revue scientifique (Clément 1997).

### (2) Idéologies (des) scientifiques

Deux niveaux d'analyse peuvent être distingués.

Le premier se focalise sur les idéologies que peuvent partager certains scientifiques et qui sont identifiables dans leurs propres publications. L'exemple de la «science nazie» en est une caricature extrême. La fraude de Cyril Burt, qui a inventé des résultats sur des vrais jumeaux séparés, en est un autre exemple, tout comme le lyssenkisme en URSS. Mais les fraudes scientifiques, qui défrayent volontiers la chronique a posteriori, ne représentent que la partie émergée de l'iceberg. La partie

immergée est plus insidieuse, faisant par exemple le succès du «tout-génétique» pendant des années dans les recherches en génétique (voire encore aujourd'hui !), ainsi que dans leur enseignement ou leur médiatisation (Clément et al 1981, Rumelhard 1986, Gould 1993, Atlan 1999).

C'est ainsi que peut être approché le second niveau d'analyse. « L'idéologie scientifique est une croyance qui louche du côté d'une science déjà instituée, dont elle reconnaît le prestige et dont elle cherche à imiter le style. » (Canguilhem, 1977, p.44). Dans son ouvrage « Idéologie et rationalité dans l'histoire des sciences de la vie », Canguilhem a ainsi débusqué des idéologies au sein même des sciences de la vie : par exemple le réductionnisme. Le déterminisme biologique (et en particulier génétique, avec notamment la notion de programme génétique : Castéra et al., 2008), est aujourd'hui fortement remis en question (Atlan & Bousquet, 1994 ; Atlan, 1999 ; Kupiec & Sonigo, 2001 ; Jacquard & Kahn, 2001 ; Kupiec, 2008). Il apparaît de plus en plus comme une idéologie au sein des sciences de la vie. Les valeurs qui fondent les idéologies déterministes relèvent du fatalisme, de la soumission à ceux qui seraient de naissance les plus forts ou les plus intelligents, ou de la conviction de ces derniers qu'ils seraient supérieurs aux autres. Les valeurs inverses sont tout simplement celles qui s'expriment dans la Déclaration Universelle des Droits de l'Homme et du Citoyen : l'égalité en droit de tous les êtres humains, quelles que soient leurs différences.

L'objectif de la science est, au nom de ses propres valeurs, de se débarrasser des idéologies qui souvent la polluent plus ou moins durablement<sup>3</sup>. Par exemple il doit être clair que différence ne signifie pas inégalité. Le premier terme est scientifique, le second ressort de jugements moraux. Nous touchons ici du doigt l'articulation entre science et morale, qui en principe sont des domaines séparés (Figure 8).

Notons auparavant que, pour de nombreux auteurs, il y a « un cœur de valeurs universelles » qui fondent la philosophie morale ; celle-ci « trace constamment les bornes de l'inacceptable, de l'injustifiable, de l'intolérable, ... » (Canto-Sperber, 2006)

### (3) Science, religion, morale : quelles frontières et quels chevauchements ?

En réfléchissant sur les problèmes posés par le regain du créationnisme, Gould (1997, 2000) proposait de clarifier, dès l'enseignement scolaire, les domaines respectifs de la science et de la religion, avec l'objectif du NOMA (Non Overlapping

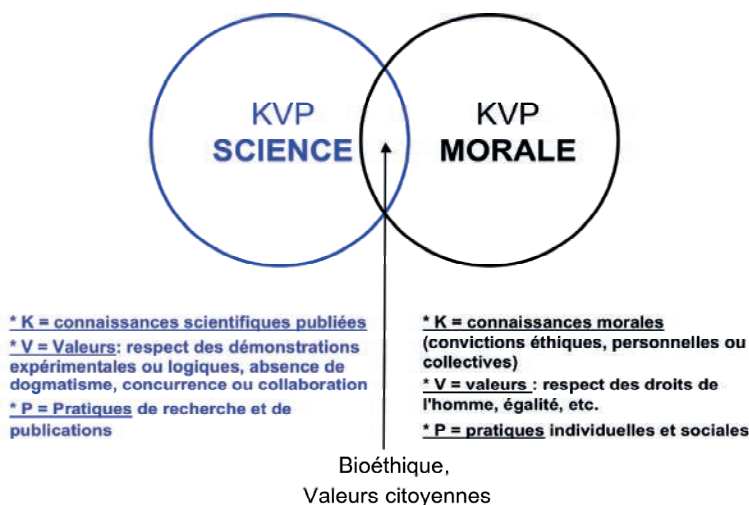
---

3 Il peut aussi s'agir de complaisance par rapport aux bailleurs de fonds. La "valeur fric" (V) n'est pas sans incidence sur les pratiques des chercheurs (P), et parfois sur le contenu de ce qu'ils publient (K).



MAgisteria). Cette perspective mérite d'être reprise non seulement pour l'enseignement de l'évolution, mais aussi d'autres thèmes scientifiques. Elle gagne aussi à être élargie à la morale, dont la religion n'est qu'une des facettes. La figure 8 illustre cet élargissement, en résumant les contenus des trois pôles K, V et P de la Science et ceux de la Morale.

Figure 8 - Rapports entre Science et Morale



Se trouve ainsi posée la question du chevauchement entre ces deux champs. Les valeurs qui fondent les jugements autres que scientifiques (la morale en l'occurrence, mais il y en a d'autres, au niveau esthétique, affectif, etc.) interfèrent-elles sur la connaissance scientifique (qui se fonde sur ses valeurs propres) ?

La réponse est bien évidemment non, en particulier quand on pense aux rapports tumultueux entre science et religion (l'affaire Galilée hier, le créationnisme aujourd'hui). En France, en particulier, l'ancrage de la laïcité montre notre attachement au non empiètement de la religion sur la politique ni sur la science.

Cependant, le non empiètement total n'est pas aussi simple. D'une part parce que les scientifiques eux-mêmes ont leurs propres valeurs qui fondent leurs convictions parfois même dans le domaine scientifique : nous l'avons précisé plus haut. Mais surtout, d'autre part, parce que les scientifiques eux-mêmes ont pris conscience des enjeux sociaux de leurs recherches et sont demandeurs de normes

morales pour décider des limites de ce qu'ils sont en droit de faire. Ce sont par exemple les divers Comités d'éthique qui ont vu le jour dans nombre de pays.

Mais c'est aussi au nom de valeurs citoyennes et scientifiques que des chercheurs ont critiqué les idéologies non scientifiques présentes au sein même de certains discours scientifiques. C'est au nom de valeurs citoyennes que Beckwith et les chercheurs de «Science for the people» ont lutté contre le projet américain de détecter systématiquement le chromosome Y surnuméraire chez tous les nouveaux-nés (Clément et al. 1980), et c'est au nom de valeurs citoyennes que certaines recherches ont été menées sur ce chromosome XYY pour montrer que ses effets jusque là admis étaient largement imaginaires. C'est au nom de valeurs scientifiques que Canguilhem (1965, 1977) a inlassablement traqué les idéologies présentes dans les sciences de la vie, et que Rumelhard (1986 et travaux suivants) a fait de même pour l'enseignement de ces sciences.

L'objectif des lignes qui précèdent était de préciser des définitions, mais aussi de montrer l'intérêt d'analyser les conceptions des divers acteurs du système éducatif, d'identifier en quoi elles dépendent du contexte socioculturel de chaque pays, ou de caractéristiques propres à des groupes sociaux (pouvant alors être qualifiées de représentations sociales).

La dernière partie de cet article illustre ce qui précède en présentant très brièvement quelques-uns des résultats obtenus quant aux conceptions d'enseignants sur l'évolution dans 30 pays.

## **Un exemple de recherche sur les conceptions que les enseignants ont de l'évolution dans 30 pays.**

Les résultats de cette synthèse récente sont sous presse (Clément 2014c, in Education & Sociétés), et j'en présente ici certains extraits.

### **Introduction et question de recherche**

Le 21 Juin 2006, l'InterAcademy Panel (IAP) publia un texte sur l'enseignement de l'évolution, au nom des Académies de Sciences de 68 pays : "We, the undersigned Academies of Sciences, have learned that in various parts of the world, within science courses taught in certain public systems of education, scientific evidence, data, and testable theories about the origins and evolution of life on Earth are being concealed, denied, or confused with theories not testable by science" (IAP, 2006).

C'est aux Etats-Unis que les remous suscités par ces questions ont commencé à avoir un écho médiatique important, avec le procès du Little Rock en décembre 1981 (Gould, 1983; Lecourt, 1992), suivi de rebondissements récurrents dans plusieurs Etats américains (Forrest & Gross, 2004 ; Numbers, 2006 ; Picq 2007, Arnould 2007). Les débats se sont ensuite étendus en Europe (Graebisch & Schiermeier, 2006 ; Baudouin & Brosseau, 2008, 2013 ; Clément & Quessada, 2009), avec quelques tentatives de relancer des thèses créationnistes autour de l'intelligent design (tentatives largement critiquées par les scientifiques : voir par exemple Lecointre et al., 2009, Lecointre, 2012 ; Baudouin & Brosseau, 2008, 2013), et surtout avec une offensive créationniste musulmane : l'ouvrage de Keskas (1994) avait déjà beaucoup circulé en France, mais c'est la diffusion massive du lourd et très luxueux « Atlas de la Création » (tome 1 : Yahya, 2008) qui a mis le feu aux poudres : il a été envoyé gratuitement aux établissements scolaires et universitaires dans plusieurs pays. En France, la réaction du Ministère de l'Education Nationale a été immédiate, avec l'interdiction de mettre cet Atlas dans la bibliothèque de ces établissements, et l'organisation d'un Colloque national réunissant des enseignants de biologie et de philosophie de toutes les académies françaises, autour de conférences et débats animés par des spécialistes de l'évolution<sup>4</sup>. D'autres colloques et ouvrages ont vu le jour, autour de l'année Darwin (2009), analysant en particulier les problèmes de l'enseignement scolaire de l'évolution (citons, parmi bien d'autres : Jones & Reiss, 2007; Coquidé & Tirard, 2008 ; Fortin 2009 ; Lecointre et al 2009 ; Lecointre 2012).

En France, en plus de groupes religieux minoritaires mais actifs, comme les Témoins de Jéhovah<sup>5</sup> ou certains évangélistes, ce sont surtout certains élèves de la mouvance musulmane qui ont parfois exprimé un rejet de l'enseignement de l'évolution (Fortin, 2009 ; Clément et al., 2009).

L'ensemble de ces débats a été l'occasion de discuter des relations entre science et religion, avec notamment les ouvrages coordonnés par Maurines (2010) et par Portier, Veuille et Willaime (2011).

Une posture classique assigne deux registres distincts aux discours scientifiques et religieux. Elle est bien résumée par le fameux NOMA (Non Overlapping Magisteria) formulé par Gould : « Le magistère de la Science » et « le magistère de la Religion » (Gould, 1997, 2000). Je l'ai présenté plus haut en introduisant la figure 8.

---

4 Colloque « Enseigner l'Evolution » 13 et 14 novembre 2008, Paris (CSI et Collège de France)

5 Clément (2002) a effectué une analyse critique d'un texte créationniste diffusé par les Témoins de Jéhovah.

Un axe essentiel de mes recherches est d'analyser les conceptions de divers acteurs du système éducatif (depuis les universitaires jusqu'aux élèves et étudiants), conceptions relatives à divers thèmes scientifiques (principalement dans des domaines de biologie, santé et environnement), comme des possibles interactions entre trois pôles KVP que j'ai longuement présentés ci-dessus (Figure 4).

Les valeurs citoyennes d'un enseignant peuvent correspondre à celles exprimées par la déclaration universelle des droits de l'homme et du citoyen. Elles sont par exemple opposées à l'intolérance, que ce soit l'intolérance de ceux qui affirment qu'on ne peut pas croire en Dieu si on est scientifique évolutionniste (voir par exemple Dawkins, 2006) ; ou l'intolérance de ceux (par exemple les fondamentalistes religieux chrétiens ou musulmans) pour qui la croyance en un Dieu Créateur serait incompatible avec l'acceptation des connaissances scientifiques sur l'évolution.

En d'autres termes, plutôt que d'affirmer que « il n'y a pas de dialogue qui puisse être utile entre le discours scientifique et le discours religieux » (Baudouin & Brosseau 2013, p.47), il me semble plus important de constater d'une part que c'est plus complexe, et d'autre part que nombre de chercheurs croyants et pratiquants sont en même temps clairement évolutionnistes, respectueux des connaissances scientifiques telles qu'elles se construisent dans la communauté scientifique.

Le meilleur exemple de ces chercheurs me semble être Dobzansky qui, au sein même de son célèbre article "Nothing in biology makes sense except in the light of evolution", explicite : "I am a creationist and an evolutionist. Evolution is God's, or Nature's, method of Creation." (1973 : page 127). Plusieurs scientifiques ont exprimé des positions voisines, un des plus connus étant le paléontologue Teilhard de Chardin (1956), mais aussi, plus récemment, des philosophes catholiques français tels qu'Arnould (2007) ou Perru (2010). Dans les pays arabes, certains intellectuels musulmans ont également tenté de concilier évolutionnisme et créationnisme (cités dans Yassin & Bastide, 2011, ou dans Clément, 2013a). Par exemple, dès 1887, El Gissr a écrit que l'Islam peut admettre la théorie de l'évolution si finalement tous ses processus sont attribués à Dieu en tant que « moteur de l'évolution et de ses lois » (Clément, 2013a).

Peu d'enquêtes internationales ont analysé le degré d'acceptation de l'évolution biologique. Les plus connues se fondent sur un petit nombre de questions sur ce thème (au sein d'un large questionnaire), parfois une seule, limitée à une acceptation ou un refus des thèses évolutionnistes, sans possibilité d'expression de positions consensuelles telles que celle de Dobzansky citée ci-dessus. Elles ont jusqu'ici porté sur un large public dans plusieurs pays (Miller, Scott & Okamoto,

2006 ; Hassan, 2007 repris par Hameed, 2008 ; The Pew Forum on Religion and Public Life, 2013).

Notre propre recherche se différencie de ces enquêtes internationales sur plusieurs points: dans notre questionnaire, plusieurs questions portent sur l'évolution, et certaines d'entre elles ne se limitent pas à un choix entre le pôle le plus évolutionniste et le pôle le plus créationniste, introduisant aussi la possibilité de choisir une conception consensuelle à la fois évolutionniste et créationniste (telle que l'a formulée Dobzansky, 1973). De plus nous interrogeons uniquement des catégories précises d'enseignants de façon à avoir des échantillons assez similaires dans chaque pays, permettant des comparaisons internationales. Les enseignants sont des acteurs clés du système éducatif. Or comment peuvent-ils enseigner l'évolution s'ils ne sont pas convaincus que ces connaissances sont compatibles avec leurs propres pratiques et convictions religieuses ? Aroua a analysé ce malaise chez des enseignants tunisiens, suggérant qu'une approche épistémologique peut être une solution pour le dépasser (Aroua, 2006, 2008, Aroua et al., 2009).

La recherche présentée ici se situe uniquement au niveau des conceptions d'enseignants dans trente pays, et se limite à une seule question de recherche : leurs conceptions sur l'évolution diffèrent-elles en fonction de leur religion ?

## **Méthodologie**

Notre recherche, menée dans 30 pays, a démarré dans 18 pays avec le projet BIOHEAD-Citizen (Clément & Carvalho, 2007, Carvalho, Clément, Bogner & Caravita, 2008). J'ai ensuite organisé le recueil de nouvelles données, de 2010 à 2013, dans 12 autres pays.

### **Le questionnaire**

Le questionnaire utilisé a été validé en 2004-2006 (Clément & Carvalho, 2007; Carvalho et al., 2008). Il a d'abord été construit et amélioré pendant deux ans, à partir de recherches préalables incluant des entretiens, et à partir de l'analyse de réponses, obtenues dans divers pays, à un questionnaire pilote plus long. Les versions de références étaient en anglais et en français ; il a été traduit ensuite dans la langue de chaque pays avec de grandes précautions (traductions parallèles, puis rétro-traductions). La permanence des réponses par la même personne après un délai supérieur à un mois a également été testée : n'ont été conservées que les questions assurant cette permanence.

Le questionnaire contient des questions relatives à six thèmes. Dans le questionnaire rempli dans 30 pays, quatre questions portent sur l'évolution biologique. Dans le présent travail, nous présenterons plus en détail les réponses à la question A64 :

A64. Avec laquelle de ces quatre propositions êtes-vous le plus en accord? (Cochez seulement une réponse)

- Il est certain que l'origine de la vie est le résultat de phénomènes naturels.
- L'origine de la vie peut être expliquée par des phénomènes naturels sans avoir besoin de l'hypothèse que Dieu a créé la vie.
- L'origine de la vie peut être expliquée par des phénomènes naturels qui sont sous le contrôle de Dieu.
- Il est certain que Dieu a créé la vie

Nous verrons que les réponses à cette question A64 sont très significativement corrélées aux réponses à la question A62, de formulation pourtant fort différente :

A62. Dans la liste suivante, cocher les trois expressions qui sont le plus associées à l'origine de l'espèce humaine.

- |                                      |   |  |
|--------------------------------------|---|--|
| <input type="checkbox"/> Adam et Ève | <input type="checkbox"/> Australopithèque | <input type="checkbox"/> Création            |
| <input type="checkbox"/> Évolution   | <input type="checkbox"/> Dieu             | <input type="checkbox"/> Sélection naturelle |

Les deux autres questions sur l'évolution (A33 et A44) portent sur le finalisme : l'évolution est-elle orientée vers l'émergence de l'espèce humaine ?

Une seconde partie du même questionnaire comportait 11 autres questions sur l'évolution biologique, portant aussi sur les connaissances des enseignants par rapport aux processus évolutifs ; mais elle n'a pas été utilisée dans cinq des trente pays. Nous n'en tiendrons compte qu'exceptionnellement dans le présent travail.

Enfin, 17 questions ont permis d'avoir des informations personnelles sur chaque enseignant interrogé : âge, sexe, etc., mais aussi leurs opinions politiques ou religieuses.

### ***L'échantillon et le recueil de données***

Dans chaque pays, nous avons interrogé des échantillons similaires d'enseignants, afin de garantir une comparaison rigoureuse entre pays : un tiers de

l'échantillon correspond à des enseignants du Primaire, un tiers à des enseignants du Secondaire en Biologie et le dernier tiers à des enseignants du Secondaire en Langue du pays. Au sein de chaque tiers, la moitié d'entre eux sont des enseignants en service, et l'autre moitié sont des futurs enseignants en fin de formation (total = 10 651 enseignants interrogés : tableau 2). Le nombre d'enseignants ayant des diplômes en biologie (colonne 3) est un peu plus important que le nombre d'enseignants de biologie, car certains enseignants du Primaire ont de tels diplômes.

Tableau 2 – Les effectifs interrogés dans chacun des 30 pays

	Pays	Total	Dont biologistes	% Agnost.	% Catho.	% Prot.	% Ortho	% Musulm	% Autres	% NR	PIB par habitant (en \$)
AU	Australie	201	49	25,9	25,9	28,9	1,0	0,0	10,9	7,5	66 984 (2011)
BF	Burkina Faso	296	110	2,4	45,6	18,6	0,0	24,7	1,7	7,1	670 (2011)
BR	Brésil 402		177	5,5	61,7	12,7	0,0	0,2	16,2	3,7	12 917 (2011)
CM	Cameroun	523	267	7,5	47,0	28,9	0,2	3,4	8,2	4,8	1 142 (2012)
CY	Chypre	322	66	4,0	9,0	1,2	77,3	0,0	0,9	7,5	18 430 (2007)
DE	Allemagne	365	131	13,4	44,7	31,8	0,0	0,3	1,1	8,8	36 620 (2007)
DK	Danemark	259	111	44,8	1,9	34,4	0,0	3,5	5,0	10,4	63 003 (2011)
DZ	Algérie	223	88	1,3	0,0	0,0	0,0	91,9	0,0	6,7	3 030 (2007)
EE	Estonie	182	108	43,4	7,7	14,8	2,2	0,5	8,2	23,1	11 410 (2007)
ES	Espagne	318	138	56,0	29,9	0,3	0,9	0,3	4,7	7,9	28 976 (2012)
FI	Finlande	306	121	15,0	1,0	66,3	2,9	0,0	2,0	12,7	40 650 (2007)
FR	France	732	319	50,5	38,1	1,9	0,3	1,5	2,7	4,9	36 550 (2007)
GA	Gabon	269	87	0,4	48,0	29,7	1,5	3,0	14,5	3,0	10 908 (2012)
GB	Gde Bretagne	154	142	33,1	11,0	33,8	0,6	0,0	12,3	9,1	40 180 (2007)
GE	Géorgie	296	117	0,0	0,0	0,0	100,0	0,0	0,0	0,0	3 098 (2011)
HU	Hongrie	334	112	15,3	46,4	16,2	0,0	0,0	6,0	16,2	10 950 (2007)
IT	Italie	559	150	12,3	78,7	0,5	0,0	0,0	1,8	6,6	32 020 (2007)
KR	Corée du Sud	306	105	41,2	9,2	16,0	0,0	0,0	27,1*	6,5	23 837 (2013)
LB	Liban	722	261	0,4	21,1	0,4	8,3	65,0	0,3	4,6	5 490 (2007)
LT	Lituanie	316	98	4,1	89,9	0,6	0,3	0,0	0,9	4,1	7 870 (2007)
MA	Maroc	330	186	0,6	0,0	0,0	0,0	97,3	0,3	1,8	1 900 (2007)
MT	Malte	198	48	0,5	96,5	1,0	0,0	0,0	1,5	0,5	13 610 (2007)
PL	Pologne	311	99	1,9	94,2	0,6	0,0	0,0	0,0	3,2	8 190 (2007)
PT	Portugal	350	111	9,4	76,3	7,4	0,0	0,0	1,4	5,4	18 100 (2007)
RO	Romania	273	127	7,3	8,1	7,0	71,1	0,0	5,9	0,7	4 850 (2007)
RS	Serbie	314	107	6,4	1,9	0,0	87,6	0,0	4,1	0,0	6 267 (2011)
SE	Suède	377	147	37,1	1,6	38,7	2,9	0,8	7,2	11,7	54 879 (2012)
SN	Sénégal	324	120	0,9	8,3	0,0	0,0	89,2	0,0	1,5	750 (2007)
TN	Tunisie	753	326	1,9	0,0	0,0	0,0	96,0	0,3	1,9	2 970 (2007)
ZA	Afrique du Sud	336	152	5,1	19,3	28,9	0,0	5,7	33,0**	8,0	6 847 (2013)
Total	30	10651	4180	15,3	25,8	11,9	11,9	23,1	5,9	6,0	

Les biologistes sont les enseignants de biologie + les enseignants du Primaire ayant des diplômes de biologie.

Agnost=Agnostiques + Athées ; Catho=Catholiques ; Prot=Protestants ; Ortho=Orthodoxes ; Musulm=Musulmans ; Autres = Autres religions ; NR =Absence de réponse.

\* ces 27,1% incluent 24,5% de bouddhistes ;

\*\* ces 30,0% incluent 10,7%=Hindouistes, 8,9%=Zionistes, 6,0%=Religions africaines traditionnalistes.

Le PIB par habitant est indiqué pour l'année durant laquelle a été effectué le recueil de données (sources = Le Bilan du Monde. Paris : Le Monde, éditions 2008, 2012, 2013 & 2014).

Dans certains pays, l'échantillon est plus fourni pour tester des hypothèses complémentaires : par exemple en France pour comparer deux Régions (Rhône-Alpes et Languedoc-Roussillon : aucune différence significative n'a été observée entre ces deux Régions). Dans les petits pays (Chypre, Estonie, ...), l'échantillon est un peu moins fourni. Dans les pays les plus grands, nous nous sommes limités à une Région, par exemple la Bavière pour l'Allemagne.

Le PIB par habitant (indiqué pour l'année durant laquelle ces données ont été recueillies) est très variable selon le pays, variant dans un rapport de 1 (Burkina Faso : 670 \$) à 100 (Australie : près de 67 000 \$).

Les pays ont été choisis en particulier pour illustrer une diversité de religions de leurs enseignants. Cette diversité est indiquée dans le tableau 1. Selon les pays, la majorité des enseignants interrogés est catholique (Malte, Pologne, Italie, Portugal, Brésil), orthodoxe (Géorgie, Serbie, Chypre, Roumanie), protestante (Finlande) ou musulmane (Maroc, Tunisie, Algérie, Sénégal, Liban), voire agnostique ou athée (Espagne, France). Dans les autres pays, les religions sont plus diverses, avec parfois des dominantes. Ces situations de mélange sont particulièrement intéressantes pour comparer les religions au sein d'un même pays.

Les données les plus récentes (en cours de publication) sur la Corée du Sud et l'Afrique du Sud ont permis d'avoir un modeste début d'information sur les réponses d'enseignants appartenant à des religions minoritaires (je présenterai juste l'exemple des bouddhistes en Corée du Sud).

Une attention particulière a été portée à l'anonymat total lors du recueil des réponses. Elles ont toutes été obtenues en présence du chercheur, soit à l'issue d'un cours de formation, soit dans des établissements scolaires, les questionnaires étant



immédiatement collectés et mêlés à d'autres déjà remplis. Les questionnaires qui comportaient plus de 5% de questions sans réponse ont ensuite été éliminés (les enseignants en étaient avertis au préalable, et peu de questionnaires ont ainsi été éliminés). Les données ont été rentrées sur un tableau Excel dans chaque pays, puis centralisées à Lyon où nous les avons analysées avec l'aide de statisticiens (François Munoz et Charline Laurent), en utilisant le logiciel « R » pour les analyses multivariées (présentées dans Munoz, Bogner, Clément & Carvalho, 2009, et dans Castéra & Clément, 2014).

### **Comparaison des 30 pays à partir des quatre questions sur l'évolution**

Une analyse multivariées permet de discriminer les 30 pays en fonction des réponses des enseignants aux quatre questions sur l'évolution. Elle montre que les réponses sont très corrélées pour les quatre questions, en particulier les questions A64 et A62, qui sont pourtant assez différentes dans leur formulation. Dans les 25 pays où les enseignants ont répondu à un plus grand nombre de questions sur l'évolution, il y a une convergence parfaite entre les réponses à la question A64 sur l'origine de la vie, et les réponses à la question B28 sur l'origine de l'espèce humaine. Cette convergence des conceptions situées résultant de chacune de ces questions permet de conclure que nous analysons les conceptions des enseignants sur l'évolution, conceptions plus ou moins créationnistes.

Pour identifier s'il s'agit de représentations sociales, nous cherchons à voir si ces conceptions varient en fonction de groupes sociaux identifiés. Le premier type de groupes sociaux est caractérisé par la nationalité des enseignants. Le résultat obtenu montre que les conceptions varient très significativement d'un pays à un autre : ils s'agit donc de représentations sociales liées à l'appartenance nationale de chaque enseignant, appartenance caractérisée par un grand nombre de paramètres : culturels, linguistiques, sociaux, politiques, religieux, etc.

Les différences entre pays sont faciles à identifier sur l'histogramme de la figure 9, regroupant par pays les réponses des enseignants à la question A64 sur l'origine de la vie.

Figure 9 - Réponses des 10 651 enseignants, groupées par pays, à la question: A64 - Avec laquelle de ces quatre propositions êtes-vous le plus en accord? (Cochez seulement une réponse)



- Il est certain que l'origine de la vie est le résultat de phénomènes naturels. (gris pâle)
- L'origine de la vie peut être expliquée par des phénomènes naturels sans avoir besoin de l'hypothèse que Dieu a créé la vie. (gris foncé)

- L'origine de la vie peut être expliquée par des phénomènes naturels qui sont sous le contrôle de Dieu.
- (blanc)
- Il est certain que Dieu a créé la vie. (noir)

La question sur l'origine de la vie (Figure 9) permet de distinguer trois types de conceptions / représentations sociales :

- Une conception uniquement évolutionniste. Elle correspond aux deux premiers items proposés, se référant tous les deux à un registre uniquement scientifique, le second avec une formulation plus tolérante puisqu'il mentionne Dieu, même si c'est pour indiquer que l'explication évolutionniste n'a pas besoin de l'hypothèse Dieu ; le premier paraissant en contraste plus catégorique, plus dogmatique dans sa formulation. Le pourcentage d'enseignants ayant indiqué une conception uniquement évolutionniste varie énormément d'un pays à l'autre, atteignant 80% et plus dans les trois pays européens du nord, en France, en Espagne, ainsi qu'en Corée du Sud, mais étant inférieur à 5% au Sénégal, Maroc et Algérie ainsi qu'au Liban. Dans chaque pays l'item 1 a été coché au moins autant de fois que le 2, avec parfois 2/3 d'item 1 et 1/3 d'item 2 : nous ne commenterons pas plus ces derniers chiffres, nous concentrant ici sur la dimension évolutionniste et / ou créationniste des réponses des enseignants.
- A l'opposé, une conception radicalement créationniste, correspondant à l'item 4, se réfère à un registre uniquement religieux. Sa fréquence varie autant que la précédente d'un pays à un autre, allant de moins de 2% en Estonie ou en France à plus de 80% au Maroc ou en Algérie. Elle voisine ou dépasse largement 50% des réponses dans 10 pays, qui ont tous comme particularité d'avoir un PIB/hab très faible (Tableau 1) : les 8 pays africains ou moyen-oriental de notre échantillon, que la majorité des enseignants y soit chrétienne (Cameroun, Gabon) ou musulmane (Sénégal, Maroc, Algérie, Tunisie) ou encore mixte (Burkina Faso, Liban), mais aussi deux pays européens (Roumanie et Géorgie).
- Entre ces deux conceptions opposées, une troisième possibilité était proposée, l'item 3, qui est à la fois évolutionniste et créationniste, se référant à la fois à un registre scientifique et à un registre religieux. Cet item a été coché par les enseignants qui ne voyaient pas de contradiction entre l'explication scientifique de l'évolution biologique d'une part, et leur foi de l'autre, à condition de penser que les processus évolutifs sont sous le contrôle de Dieu. Cet item a été choisi

si presque autant de fois que le précédent, et nettement plus dans 18 pays, par exemple à Malte (57% vs 25%), à Chypre (45% vs 27%), en Pologne (51% vs 30%) ou encore au Brésil (40% vs 33%), en Australie (36% vs 13%) et même en France (8% vs 2%).

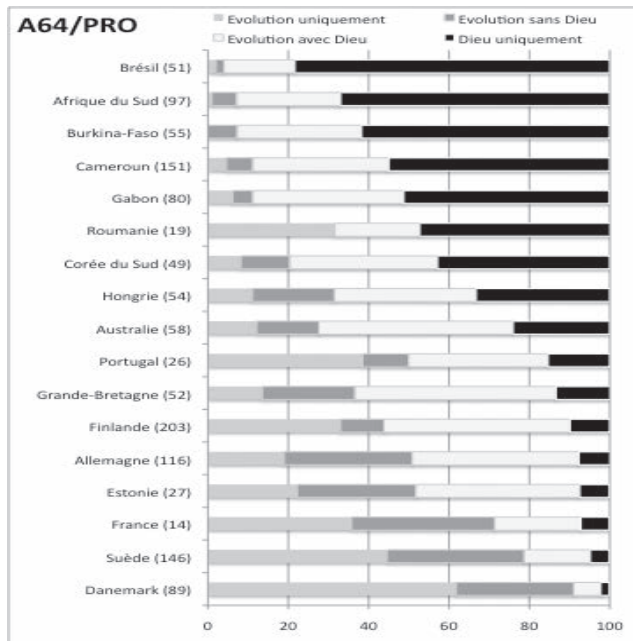
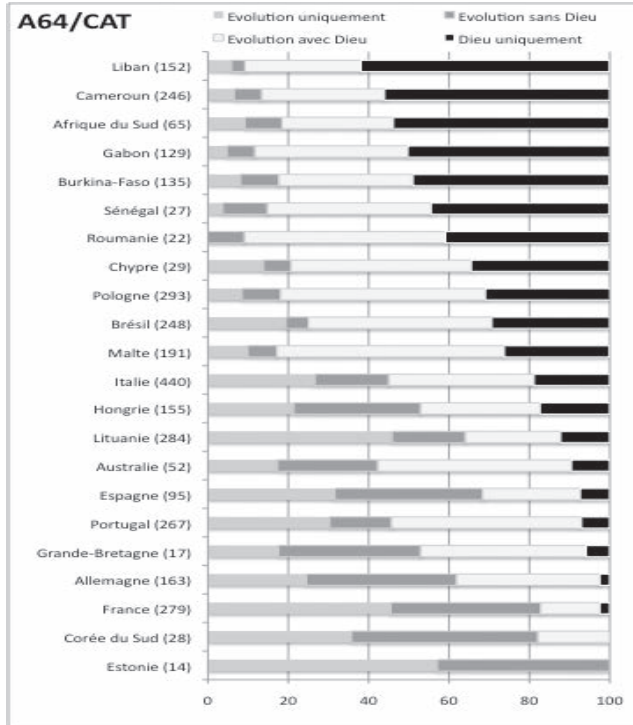
En bref, les conceptions plus ou moins créationnistes des enseignants quant à l'origine de la vie varient fortement d'un pays à un autre. Les opinions les plus créationnistes s'observent dans des pays où le PIB/hab est le plus faible. Cet « effet pays » est très significatif. Selon le contexte socioéconomique et culturel de leur pays, les enseignants sont plus ou moins évolutionnistes, ou plus ou moins créationnistes et finalistes, quelle que soit leur religion.

Ce contexte national spécifique comprend le niveau économique, les programmes scolaires, et bien d'autres paramètres tels que l'histoire politique et culturelle de chaque pays. Parmi ces paramètres figurent les religions, qui sont caractéristiques de chaque pays (tableau 1) : mais les conceptions des enseignants varient-elles en fonction de leur religion, indépendamment de l'effet pays que nous venons de mettre en évidence ?

Pour différencier les effets respectifs des religions et des pays nous avons comparé les réponses des enseignants d'une même religion en les groupant par pays.

### **Comparaison entre pays pour des enseignants de la même religion**

Figure 10 – Réponses des enseignants de même religion, groupées par pays, à la question A64 (origine de la vie : voir son libellé dans la légende de la Figure 2)



N'ont été retenus que les échantillons > 10. Le nombre d'enseignants de chaque échantillon est indiqué à côté du nom du pays.

A64/CAT = uniquement les enseignants catholiques dans chaque pays

A64/PRO = uniquement les enseignants protestants dans chaque pays

La Figure 10 illustre que les enseignants qui se sont déclarés d'une même religion ont des conceptions extrêmement variées d'un pays à un autre. Cette Figure 10 concerne les réponses à la question sur les origines de la vie (question A64), mais les mêmes différences s'observent dans les réponses aux autres questions relatives au thème de l'évolution. Dans chacun des deux graphes de la Figure 10, plusieurs pays sont absents : quand le nombre d'enseignants interrogés ayant déclaré cette religion est inférieur à 10.

Ainsi, pour les seuls enseignants catholiques, le pourcentage de réponses créationnistes radicales (l'item 4 de la question A64) est de 0% en Estonie ou en Corée du Sud, 2% en France ou en Allemagne (Bavière), mais est > 50% au Gabon, en Afrique du Sud ou au Cameroun, et 62% au Liban (ces catholiques libanais sont surtout maronites ou grecs catholiques). Il y a donc des variations très importantes d'un pays à un autre alors que tous ces enseignants se revendiquent de la même religion catholique universelle, reconnaissant l'autorité du même pape. Il est aussi intéressant de remarquer que dans 17 des 23 pays où il y a des enseignants catholiques dans nos échantillons, le pourcentage de réponses créationnistes radicales à la question sur l'origine de la vie est nettement inférieur au pourcentage de réponses qui sont à la fois créationnistes et évolutionnistes (item 3 de la question A64). Ce dernier pourcentage reste fort (entre 28% et 41%) dans les six autres pays où sont majoritaires les réponses créationnistes radicales à cette question.

Chez les enseignants protestants interrogés, la fourchette des pourcentages de créationnistes radicaux est plus large encore, allant de 2% au Danemark à 78% au Brésil. Cette diversité traduit l'hétérogénéité du monde protestant. Dans les pays européens, les calvinistes (en France) ou les luthériens (Danemark, Suède, Allemagne, Finlande) ne sont qu'exceptionnellement créationnistes radicaux, alors que dans les pays africains de notre échantillon, ainsi qu'au Brésil (voir El-Hani & Sepulveda, 2010) ou en Corée du Sud, la grande majorité des enseignants qui se sont déclarés protestants appartiennent à la mouvance évangéliste, sous diverses dénominations (baptistes, pentecôtistes, etc.). Il est ici aussi intéressant de constater que le pourcentage de réponses à la fois créationnistes et évolutionnistes est plus

important que celui de réponses créationnistes radicales dans 10 des 17 pays, et reste élevé (entre 18% et 38%) dans les 7 autres pays.

Au total, le fait de croire en Dieu n'induit pas automatiquement des conceptions créationnistes radicales puisque, pour chaque religion, la proportion de ces conceptions varie très fortement d'un pays à un autre. En d'autres termes, l'effet pays apparaît plus déterminant que l'effet religion. Nous aboutissons aux mêmes conclusions si nous comparons uniquement les enseignants orthodoxes, ou encore les musulmans.

Par ailleurs, quand les échantillons d'enseignants permettent de comparer plusieurs religions au sein d'un même pays, il n'y a en général pas de différence significative, avec quelques exceptions cependant : au Brésil, comme en Corée du Sud et en Afrique du Sud, les protestants sont significativement plus créationnistes que leurs collègues d'autres religions. Pour les protestants de ces pays, qui sont fondamentalistes, de la mouvance évangélique, il y a donc un effet religion qui est plus important que l'effet pays, définissant des représentations sociales créationnistes transnationales.

Les résultats qui viennent d'être succinctement présentés ne représentent qu'une petite portion des résultats obtenus à partir des analyses que nous avons effectuées sur l'ensemble de nos données. D'autres effets ont été mis en évidence, par exemple la diminution très significative du pourcentage de conceptions créationnistes chez les enseignants qui ont suivi la formation universitaire la plus longue, quelle que soit la discipline de cette formation. Il serait cependant naïf d'en conclure qu'il suffirait d'augmenter la durée de formation des enseignants pour qu'ils soient plus évolutionnistes.

En effet, les conceptions que nous avons analysées sur l'évolution sont aussi fortement corrélées à d'autres conceptions liées à d'autres thèmes de notre questionnaire (lien très significatif entre créationnisme, sexisme, homophobie, anthropocentrisme, ...). Elles sont aussi très fortement liées au degré de pratique religieuse, quelle que soit la religion, ainsi qu'à des positions politiques (créationnisme corrélé avec le refus de séparation entre religion et politique, ou entre science et religion, ou encore pour un pouvoir politique fort, etc.). Nous identifions ainsi des liens KVP très nets, qui caractérisent des systèmes de conceptions, eux-mêmes en lien significatif avec le PIB par habitant dans chaque pays.

En conclusion, soulignons qu'il est important que chaque enseignant prenne en compte la complexité des interactions fréquentes entre K, V et P. Les conceptions de leurs élèves sur l'évolution ne sont pas ancrées que dans les connaissances

scientifiques que l'école tente de transmettre, mais aussi dans des valeurs et pratiques sociales de leur vie quotidienne.

La formation des enseignants doit leur permettre de prendre conscience de cette complexité, d'analyser leurs propres conceptions, l'articulation entre leurs connaissances scientifiques et leurs propres valeurs et pratiques sociales, pour qu'ils puissent ensuite permettre à leurs élèves de faire de même.

Enseigner les seules connaissances scientifiques sur l'évolution n'y suffira sans doute pas. Il est important que soit aussi enseignée la nature de la science, la différence entre le domaine scientifique et le domaine religieux ou encore celui de la morale. Nourrir l'approche scientifique d'une démarche épistémologique est alors indispensable.

Identifier ses propres valeurs et pratiques sociales est un premier stade. Le stade suivant est de comprendre que l'éducation scientifique a aussi comme objectif de transmettre des valeurs et des pratiques sociales plus citoyennes.

## Références citées

ABOU TAYEH, P. *La Biologie entre opinions et connaissances: Conceptions d'enseignants et d'étudiants libanais sur le cerveau et son épigénèse, et sur d'autres déterminismes génétiques / épigénétiques*. Thèse Doctorat Université Lyon 1. 2003.

ARNOULD, J. *Dieu versus Darwin*. Les créationnistes vont-ils triompher de la science? Paris : Albin Michel. 2007.

AROUA, S. *Dispositif didactique pour l'enseignement de l'évolution du vivant, Débat en classe pour l'enseignement de la théorie de l'évolution du vivant en Tunisie*. Thèse de l'ENS de Cachan et de l'ISEFC de Tunis. 2006.

AROUA, S. *Enseignement de l'évolution et contexte socioculturel, le cas de la Tunisie*. In Coquidé, M. & Tirard, S. (Eds.) : *L'évolution du vivant. Un enseignement à risque ?*, Paris : Vuibert, adapt-snes, 2008. p. 137-152.

AROUA, S.; COQUIDÉ, M.; ABBES, S. *Overcoming the effect of the socio-cultural context: Impact of teaching evolution in Tunisia*. *Evolution: Education and Outreach*, 2(3): 474-478. 2009.

ASTOLFI, J.; PETERFALVI, B. *Obstacles et construction de situations didactiques en sciences expérimentales*. *Aster*, 16, p. 103-141. 1993.

ASTOLFI, J. et al. *Mots clés de la didactique des sciences*. Bruxelles: De Boeck. 1997.

ATLAN, H. *La fin du «tout génétique»*. Paris: INRA. 1999.

ATLAN, H.; BOUSQUET, C. *Entre savoir et opinion*. Paris : Le Seuil. 1994.

BACHELARD, G. *La formation de l'esprit scientifique*. Paris : Vrin. 1938.



- BAUDOUIN, C.; BROSSEAU, O. *Les créationnismes. Une menace pour la société française ?* Paris : Editions Syllepses. 2008.
- BAUDOUIN, C.; BROSSEAU, O. *Enquête sur les créationnismes. Réseaux, stratégies et objectifs politiques.* Paris : Belin, Pour la Science. 2013.
- BLANCHET, A.; GOTMAN. *L'entretien.* Paris : ed. 128. 1998.
- BRECHON, P.; TCHERNIA, J. *La France à travers ses valeurs.* Paris : La Documentation française. 2009.
- BRUGEILLE, C.; CROMER, S. *Comment promouvoir l'égalité des sexes par les manuels scolaires ?* Paris: UNESCO. Disponible en: <<http://unesdoc.unesco.org/images/0015/001588/158897f.pdf>>. 2008. Accès en: 9 de jan. 2014.
- CANGUILHEM, G. *La connaissance de la vie.* Paris : Librairie philosophique J. Vrin. 1965.
- CANGUILHEM, G. *Idéologie et rationalité dans l'histoire des sciences de la vie.* Paris : Librairie philosophique J. Vrin. 1977.
- CANTO-SPERBER. *Des valeurs universelles.* Sciences Humaines, Caravita, S., Valente, A, Luzzi, D., Pace, P., Khalil, I., Berthou, G., Valanides, N., Kozan-Naumescu, A., Clément, P. (2008). Construction and validation of textbook analysis grids for ecology and environmental education. *Science Education International*, 19, 2, 2006. p. 97-116.
- CARAVITA, S. C. S.; DI BLASIO, P.; SALMIVALLI, C. *Unique and Interactive Effects of Empathy and Social Status on Involvement in Bullying.* *Social Development*, 18 (1), 2008. P. 140 – 163.
- CARVALHO, G.; CLÉMENT, .P. *Construction and validation of the instruments to compare teachers' conceptions and school textbooks of 19 countries – The European Biohead-Citizen project.* Actes Colloque AREF (Actualité de la Recherche en Education et en Formation), Strasbourg, 383, 2007. (12 pp.)
- CARVALHO, G., et al. *BIOHEAD-Citizen: Biology, Health and Environmental Education for better Citizenship, Final Report.* Brussels : FP6, Priority 7, Project N° CITC-CT-2004-506015. 2008.
- CASTÉRA, J.; CLÉMENT, P. *A gender effect related to teachers' conceptions on biological gender differences. A survey in 14 countries.* Proceedings ERIDOB 2008, submitted to J. of Biological Education. 2009a.
- CASTERA, J.; CLEMENT, P. *Les conceptions d'enseignants de 14 pays sur le déterminisme génétique de certaines performances et comportements humains.* Sixièmes Journées scientifiques de l'ARDIST, Nantes, in press, 2009b. 13 pp.
- CASTERA, J.; CLEMENT, P. *Interaction entre connaissances et valeurs dans les conceptions d'enseignants français sur le déterminisme génétique de comportements humains.* *Recherches en Didactiques des Sciences et Techniques*, 1 : 229-246. 2010.

CASTÉRA, J.; CLÉMENT, P. *Teachers' conceptions about genetic determinism of human behaviour: a survey in 23 Countries*. Science & Education, 23 (2), 417-443. Disponível em: <<http://hal.archives-ouvertes.fr/hal-01024280>>. 2014. Acesso em: 15 de jul. 2014.

CASTERA, J.; et al. *Genetic Determinism in school textbooks: A comparative study conducted among 16 countries*. Science Education International, 19 (2), 2008. p. 163-184.

CAUTRES, B.; BELOT, C. *Plus fiers d'être français mais moins xénophobes*. La tolérance progresse. Le Monde, 199984 (25 avril 2009), 2009. p.17.

CHEVALLARD, Y. *La transposition didactique: du savoir savant au savoir enseigné*. Grenoble: La pensée sauvage. 1985.

CLEMENT, P. *Sur la persistance d'une conception: la tuyauterie continue digestion-excrétion*. Aster, 13, 1991. p. 133-155.

CLEMENT, P. *Représentations, conceptions, connaissances*. In Giordan A., Girault Y. (éd.), Clément P., Conceptions et connaissances. Berne: Peter Lang. 1994.

CLEMENT, P. *Cerveaux d'hommes et de femmes: l'idéologie était déjà dans la revue Nature*. Actes JIES (Journées internationales sur l'éducation scientifique, Chamonix ; A.Giordan, J. L. Martinand, D. Raichvarg ed.; Univ.Paris Sud), 19, p. 267-272. 1997.

CLÉMENT, P. *Situated conceptions*. Theory and methodology. From the collection of data (on the brain) to the analyse of conceptions. In Méheut M. & Rebmann G.(éd), Fourth European Science Education Summerschool : Theory, Methodology and Results of Research in Science Education. U.Paris: ESERA, SOCRATES, p. 298-315. 1999.

CLEMENT, P. *Situated conceptions and obstacles*. The example of digestion / excretion. in D.Psilos et al, Science Education Research in the Knowledge-Based Society, Kluwer Academic Publishers, p. 89-98. 2003a.

CLEMENT, P. *Didactique de la Biologie: les obstacles aux apprentissages*. In G. Simoes de Carvalho et al (éd), Saberes e praticas na formação de professores e educadores. FCT Min. da Ciancia e do Ensino Superior (Portugal), 2003b. p. 139-154.

CLEMENT, P. *Science et idéologie: exemples en didactique et épistémologie de la biologie*. Actes du Colloque Sciences, médias et société. ENS-LSH, 2004. p. 53-69. Disponível em : < <http://sciences-medias.ens-lsh.fr>>. Acesso em: 22 de abr. 2014.

CLÉMENT, P. *Didactic Transposition and the KVP Model: Conceptions as Interactions Between Scientific Knowledge, Values and Social Practices*. Proceedings Summer School ESERA, IEC, Univ. Minho (Portugal), 2006. p. 9-18.

CLEMENT, P. *Conceptions, Representations Sociales et Modele KVP*. Skholê (Univ. de Provence, IUFM), 16, 2010. p. 55-70. Disponível em: <<http://hal.archives-ouvertes.fr/hal-01024972>>. Acesso em: 22 de dez. 2013.

CLEMENT P. *Teachers' Conceptions of Evolution in Some Muslim Countries*. Public Understanding of Science ('The public understanding of evolution

in the Muslim World')- Published online before print August 13, 2013, doi: 10.1177/0963662513494549. 2013a. Disponible em: <<http://hal.archives-ouvertes.fr/hal-01024550>>. Acesso em: 22 de dez. 2013.

CLÉMENT, P. *Values in Science and in Science Education*. In Abrougui M. et al., *Science & Technology Education for Development, Citizenship and Social Justice (IOSTE-14)*, Journal INEDP, v. 1, n. 1. 2013b. Disponible em: <<http://www.inedp.org/?conference=iosteXV&schedConf=Thematic&schedConf=Thematic&page=search&op=authors>>. Disponible em: <<http://hal.archives-ouvertes.fr/hal-01026100>>. Acesso em: 22 de dez. 2013.

CLEMENT, P. *Recherches en Didactique de la Biologie sur les conceptions et obstacles*. Dialogue avec Jean-Pierre Astolfi. RDST (Recherches en Didactique des Sciences et des Techniques), 9, 2014a. p. 129-156.

CLEMENT, P. *Le délai de transposition didactique dans les livres du professeur*. Quelques exemples en SVT classe de 3ème. Skholê (ESPE Aix-Marseille), 18, 1, 2014b. p. 109-120. Disponible em: <<http://hal.archives-ouvertes.fr/hal-01024279>>. Acesso em: 22 de jun. 2014.

CLEMENT, P. *Les conceptions créationnistes d'enseignants dans 30 pays*. Varient-elles en fonction de leur religion ? Education & Sociétés, sous presse. 2014c.

CLÉMENT, P. *Creationism, Science and Religion: A Survey of Teachers' Conceptions in 30 countries*. IOSTE Borneo 2014, in press. 2014d.

CLEMENT, P.; BLAES, N.; LUCIANI, A. *Le mythe tenace du «chromosome du crime», encore appelé «chromosome de l'agressivité»*. Raison Présente, 54, 1981. p.109-127.

CLÉMENT, P.; CARVALHO, G. *Biology, Health and Environmental Education for better Citizenship: teachers' conceptions and textbook analysis in 19 countries*. WCCES XIII (World Council of Comparative Education Societies), Sarajevo, CD-Rom, 2007. 15 pp.

CLÉMENT, P.; CASTÉRA, J. *Human Genetics in Biology Textbooks: Multiple Representations and Didactic Transposition Delay*. in the D. Treagust symposium, ESERA 2013 (Cyprus).

CLEMENT, P., DRAMISINO, J.; ESTEVES, F. *Creationist Conceptions in 14 Countries*. How to Teach Evolution to French Students Coming from Immigration? Communication au Colloque BioEd 2009, Evolution in action, Christchurch (New Zealand), 2009. p. 12-15. Disponible em: <<http://hal.archives-ouvertes.fr/hal-01025488>>. Acesso em: 22 de jan. 2014.

CLEMENT, P., et al. *Conceptions d'enseignants et futurs enseignants français et de six pays de la francophonie sur quelques questions vives de biologie (Algérie, Burkina Faso, France, Liban, Maroc, Sénégal, Tunisie)*. In I. Khalil, *Enjeux dans la rénovation de l'éducation à l'environnement et à la biologie*, Alexandrie : presses Université Senghor, 2008. 28p.

- CLEMENT, P.; QUESSADA, M. *Les convictions créationnistes et/ou évolutionnistes d'enseignants de biologie: une étude comparative dans 19 pays*. Natures Sciences Sociétés, 16, 2008. p. 154-158.
- CLEMENT, P.; QUESSADA, M. *Creationist Beliefs in Europe*. Science, 324, 26 June 2009: 1644. Disponible em: <<http://hal.archives-ouvertes.fr/hal-01024980>>. Acesso em: 16 de fev. 2013.
- CLEMENT P.; SERVERIN J.; LUCIANI A. *Les représentations en biologie et les objectifs de la pédagogie: digérer ou régurgiter ? Actes cinquièmes Journées internationales sur l'Éducation scientifique, J.I.E.S., 5, 1983. p. 453-460.*
- COQUIDE, M.; TIRARD, S. (Eds.) *L'évolution du vivant. Un enseignement à risque ?*, Paris: Vuibert, adapt-snes, 2009.
- CORRIGAN, D.; DILLON, J.; GUNSTONE, R. *The Re-Emergence of Values in Science Education*. Rotterdam: Sense Publishers. 2007.
- COURTOIS, G. *Egalité, tolérance, travail, bonheur: les nouvelles valeurs des français*. Le Monde, 199984 (25 avril 2009), 2009. p.1.
- DAWKINS, R. *The God Delusion*. New York: Houghton Mifflin Company. Trad. française (2008) Pour en finir avec Dieu. Paris : Robert Laffont. 2006.
- DOBZHANSKY, T. *Nothing in biology makes sense except in light of evolution*. American Biology Teacher, 35, 1973. p. 125-129.
- DODSON, D. *Going beyond STS: towards a curriculum for sociopolitical action*. The Science Education Review, 3 (1), 2004. p.2-7.
- DURKHEIM, E. *Représentations individuelles et représentations collectives*. Revue de Métaphysique et de Morale, 6, 1889. Disponible sur : <[http://classiques.uqac.ca/classiques/Durkheim\\_emile/Socio\\_et\\_philo/ch\\_1\\_representations/representations.html](http://classiques.uqac.ca/classiques/Durkheim_emile/Socio_et_philo/ch_1_representations/representations.html)>. Acesso em: 15 de mar. 2013.
- EL-HANI, C.; SEPULVEDA, C. *The Relationship Between Science and Religion in the Education of Protestant Biology Preservice Teachers in a Brazilian University*. Cultural Studies of Science Education, 5(1): 2010. p. 103-125.
- FORISSIER, T.; CLÉMENT, P. *Teaching "biological identity" as genome / environmental interactions*. Journal of Biological Education, 37, 2, 2003. p. 85-91.
- FORREST, B.; GROSS, P. *Creationism's Trojan Horse. The Wedge of Intelligent Design*. Oxford University Press. 2004.
- FORTIN, C. *La théorie de l'évolution: réception et enjeux d'éducation*. In G. Lecointre (éd.), Guide critique de l'évolution. Paris : Belin, 2009. p. 162-177.
- GIORDAN, A., GIRAULT, Y.; CLEMENT, P. *Conceptions et connaissances*. Bern, Paris : Peter Lang. 2004.

- GIORDAN, A.; DE VECCHI, G. *Les origines du savoir: des conceptions des apprenants aux concepts scientifiques*. Neuchâtel-Paris: Delachaux & Niestlé. 1987.
- GOULD, S. *La mal-mesure de l'homme*. Paris : Ramsay (re-éd. Coll. Poche). 1993.
- GOULD, S. *Non-overlapping Magisteria*. *Natural History*, 106, 1997. p.16-22.
- GOULD, S. *Et Dieu dit: que Darwin soit*. Paris : Seuil. 2000.
- GRAEBSCHE, A.; SCHIERMEIER, Q. *Anti-evolutionists raise their profile in Europe*. *Nature*, 444, 2006. p.406-407
- HAMEED, S. *Bracing for Islamic Creationism*. *Science*, 322, 1637-1638. 2008.
- HASSAN, R. *On being religious: Patterns of religious commitment in Muslim societies*. *The Muslim World*, 97: 2007. p.437-478.
- IAP (INTERACADEMY PANEL) (2006) *IAP statement on the teaching of evolution*. 21 June. Available at <<http://www.interacademies.net/Object.File/Master/6/150/Evolution%20statement.pdf>>. Acesso em: 16 de fev. 2013.
- JACQUARD, A. *Eloge de la différence*. Paris: Le Seuil. 1972.
- JACQUARD, A.; KAHN, A. *L'avenir n'est pas écrit*. Paris: Bayard. 2001.
- JODELET, D. *Représentation sociale: phénomènes, concept et théorie*. In Moscovici S. (éd.), *Psychologie sociale*. Paris: PUF fondamental, re- éd 1998, 1984. p. 361-382.
- JONES, L.; REISS, M. (Eds.) *Teaching about Scientific Origins*. Taking account of Creationism. Berne : Peter Lang. 2007.
- KESKAS, M. *La théorie de Darwin: Le hasard impossible*. Paris, France: Le Figuiier. 1994.
- KOCHKAR, M. *Les déterminismes biologiques*. Analyse des conceptions et des changements conceptuels consécutifs à un enseignement sur l'épigenèse cérébrale chez des enseignants et des apprenants tunisiens. Thèse Doctorat Université Lyon 1 & ISEFC - Université de Tunis. 2007.
- KUPIEC, J. *L'origine des individus*. Paris : Fayard. 2008.
- KUPIEC, J.; SONIGO, P. *Ni Dieu, ni gène*. Paris: Seuil. 2000.
- KUPIEC, J. *Le hasard au coeur de la vie*. Les gènes jouent-ils aux dés ? [Chance at the heart of life: Genes do they play at dice?]. *La Recherche*, 434, 2009. p. 51-53.
- LECOINTRE, G. *Les sciences face aux créationnismes*. Ré-expliciter le contrat méthodologique des chercheurs. Versailles : éditions Quæ. 2012.
- LECOINTRE, G. (éd.) *Guide critique de l'évolution*. Paris : Belin. 2009.
- LECOURT, D. *Contre la peur*. De la science à l'éthique, une aventure infinie Paris : Hachette. 1990.
- LECOURT, D. *L'Amérique entre la Bible et Darwin*. Paris : P.U.F. 1992.

- LEGARDEZ, A.; SIMONNEAUX, L. *L'École à l'épreuve de l'actualité, Enseigner les questions vives*. Paris : ESF (Pédagogies). 2006.
- LEWONTIN, R. *La triple hélice*. Les gènes, l'organisme, l'environnement. Paris : Seuil. 2003.
- MAGUNI BRETON, R. (2009). *En 2008, la demande d'égalité devient plus importante que celle de liberté*. Le Monde, 199984 (25 avril 2009), 2009. p. 17.
- MARTINAND, J. *Connaître et transformer la matière*. Berne : Peter Lang. 1986.
- MARTINAND, J. *Pratique de référence et problématique de la référence curriculaire*. In A.Terrisse (Ed), *Didactique des disciplines, les références au savoir*. Bruxelles De Boeck Université, 2000. p. 17-24.
- MAURINES, L. (Ed.) *Sciences & Religions. Quelles vérités ? Quel dialogue ?* Paris : Vuibert. 2010.
- MILLER, D.; SCOTT, E.; OKAMOTO, S. *Public acceptance of evolution*. Science, 313, 5788, 2006. p. 765-766.
- MOLINATTI, G. *Médiation des sciences du cerveau – Approche didactique et communicationnelle de rencontres entre neuroscientifiques et lycéens*. Thèse doctorat Muséum National d'Histoire Naturelle. 2007.
- MORANGE, M. *Quelle place pour l'épigénétique ?* Medecine/Science, 21, 2005. p. 367-369.
- MOSCOVICI, S. *La psychanalyse, son image et son public*. Paris, P.U.F. (nouvelle édition, P.U.F., 1976). 1961.
- MOSCOVICI, S. *Psychologie sociale*. Paris: PUF fondamental, re- éd 1998. 1984.
- MUCCHIELLI, L. *Durkheim: le père de la sociologie moderne*. In Cabin P. et Dortier J-F. (éd.), *La sociologie – Histoire et idées*. Auxerre : Sciences humaines. 2000.
- MUNOZ, F. & CLEMENT, P. *Des méthodes statistiques originales pour analyser les conceptions d'enseignants de plusieurs pays à partir d'un questionnaire sur des questions vives*. Actes Colloque AREF (Actualité de la Recherche en Education et en Formation), Strasbourg, 470. 2007. 12 p.
- MUNOZ, F.; et al. *Teachers' conceptions of nature and environment in 16 countries*. Journal of Environmental Psychology, 29: 2009. p. 407-413.
- NUMBERS, R. *The Creationists*. From Scientific Creationism to Intelligent Design. First Harvard University Press paperback edition. 2006.
- PERRU, O. *Epistémologie et valeurs: actualiser la démarche de Bergson pour faire croître l'être humain*. Communication au 15<sup>e</sup> Congrès AMSE, Marrakech, juin 2008.
- PERRU, O. *La Création sans le Créationnisme ?* Paris : Éditions Kimé. 2010.
- PICQ, P. *Lucy et l'obscurantisme*. Paris : Odile Jacob. 2007.

- PORTIER, P.; VEUILLE, M.; ET WILLAIME, J. (Eds.) *Théorie de l'évolution et religions*. Paris : Riveneuve éditions. 2011.
- QUESSADA, M.; CLEMENT, P. *An epistemological approach to French curricula on human origin during the 19th & 20th centuries*. *Science & Education*, 16 (9-10): 2007. p. 991-1006.
- QUESSADA, M.; et al. *Human evolution in science textbooks from twelve different countries*. *Science Education International*, 19, 2, 2008. p. 147-162.
- RUMELHARD, G. *La génétique et ses représentations dans l'enseignement*. Berne: Peter Lang. 1986.
- SEO, H.-A. & CLÉMENT, P. *Teachers' views on evolution: religion matters in South Korea*. IOSTE Borneo 2014 (in press). 2014.
- SIMONNEAUX, L. *Les biotechnologies de la reproduction animale chez les bovins: approche didactique et muséologique*, Thèse de doctorat, Université Lyon 1. 1995.
- SIMONNEAUX, L. *Analysis of classroom debating strategies in the field of biotechnology*, *Journal of Biological Education*, 37, 1, 2002. p. 9-12.
- SIMONNEAUX, L. *Classroom debates on Biotechnology*, *Themes in Education*, 5, 1, 2004. p. 31-52.
- SIMONNEAUX, L. *Questions Socialement Vives and Socio-Scientific Issues: New Trends of Research to Meet the Training Needs of Post-Modern Society*. In C.Bruguère, TIBERGHIEN, A., CLEMENT, P. (eds.), *Topics and Trends in Current Science Education*, Springer, 2013. p. 37-54.
- STEARNS, M., CLÉMENT, P., JAMES, A., DEMPSTER, E. (2014). *In South Africa, teachers conceptions of evolution vary according to their religion*. In *Proceedings IOSTE Borneo 2014 (in press)*. 2014.
- STEWART, J. *Au delà de l'inné et de l'acquis*. *Intellectica*, 1993. 16: 151-174.
- TEILAHRD de CHARDIN, P. *Le groupe zoologique humain*. Paris : Albin Michel. 1956.
- The Pew Forum on Religion and Public Life *The world's Muslims: Religion, Politics and Society*. Washington, D.C.: The Pew Research Center. 2013. <http://www.pewforum.org/Muslim/the-worlds-muslims-religion-politics-society.aspx>. Acesso em 14/08/2013.
- VARÉLA, F. *Autonomie et connaissance*. Essai sur le Vivant. Paris : Seuil. 1989.
- VERRET, M. *Le temps des études*. Librairie Honoré Champion, Paris. 1975.
- WU, C.; MORRIS, J. *Genes, genetics, and epigenetics: A correspondence*. *Science*, 293, 1103-1105. 2001.
- YAHYA, H. *Atlas de la Création*, Volume 1. Istanbul : éd. Global. 2008.

YASSIN, A.; BASTIDE, H. *La théorie de l'évolution et son enseignement dans le monde musulman: le cas de l'Égypte*. In Portier, P., Veuille, M. et Willaime, J.-P. (Eds.). *Théorie de l'évolution et religions*. Paris : Riveneuve éditions. 2011. p. 213-224.



# Competencias profesionales del profesor para el desarrollo y evaluación de competencias<sup>1</sup>

*Vicenç Font*

## Introducción

La tendencia a una convergencia internacional en el diseño de los planes de estudio universitarios han impulsado un conjunto de reformas, en diferentes países, en las que domina un modelo que se organiza por competencias profesionales generales y específicas, de acuerdo con la terminología del proyecto Tuning (González y Wagenaar, 2003) – proyecto que se inició en Europa y después se ha extendido a América Latina. En este proyecto se clasifica las competencias de la enseñanza universitaria en genéricas (compartidas por cualquier enseñanza universitaria) y específicas (propias de cada ámbito disciplinario).

Para el caso de la formación de profesores, la clasificación de las competencias en genéricas y específicas ha sido usada en las propuestas curriculares de diversos países y también en las propuestas de competencias profesionales realizadas por algunos investigadores. Por ejemplo, en Font, Giménez, Zorrilla, Larios, Dehesa, Aubanell y Benseny (2012) se propone una lista de competencias genéricas y específicas para la formación inicial de profesores de matemáticas.

Asumiendo como punto de partida esta clasificación, las preguntas que hay que hacerse para la formación de profesores es: ¿Cuáles son estas competencias profesionales? ¿Cómo se desarrollan y evalúan?

Las preguntas anteriores no se deben responder sin tener en cuenta que en muchos países hay un nuevo elemento que hace el cuadro mucho más complejo, nos referimos a la tendencia internacional de organizar los currículos de la en-

---

<sup>1</sup> Em se tratando de um texto em língua estrangeira, preservou-se a estrutura e normas técnicas adotadas no país de origem.

señanza no universitaria (primaria, secundaria y bachillerato) también por competencias, donde se consideran competencias más específicas como la competencia matemática, o la científica, y otras más generales o transversales como la competencia comunicativa o la social y ciudadana. Por ejemplo, en España en la educación primaria se considera la competencia matemática y la competencia científica se formula como competencia en el conocimiento e interacción con el mundo físico. En el bachillerato, además de la competencia de conocimiento e interacción con el mundo físico, se considera la competencia en investigación.

Un currículum de secundaria en el que las competencias tienen un papel fundamental es un currículum muy ambicioso ya que desarrollar y evaluar competencias es una tarea compleja, que exige al profesor una formación profesional muy calificada.

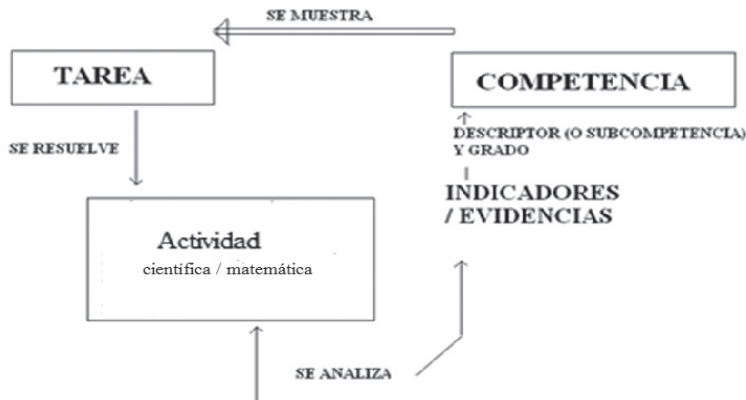
Esta incorporación de las competencias al currículo no universitario conlleva la siguiente pregunta: ¿cómo conseguir que los profesores tengan las competencias profesionales que les permitan el desarrollo y la evaluación de las competencias científicas (matemáticas) señaladas en el currículo? Esta última pregunta permite reformular las dos primeras de la siguiente manera: ¿Cuáles son las competencias profesionales que permiten a los profesores desarrollar y evaluar las competencias científicas (matemáticas), prescritas en el currículo? ¿Cómo desarrollarlas y evaluarlas?

Se trata de preguntas a las que no es fácil dar respuesta por diferentes razones, siendo una de ellas las diferentes conceptualizaciones que se hace del término competencia. Otra es la existencia de un "territorio compartido" con otros términos usados para describir la actividad científica (matemática): prácticas, procesos, actividad, etc.; o bien con otros de tipo psicopedagógico como capacidad, habilidad, destreza, objetivo, etc.

## **Competencias profesionales para desarrollar y evaluar competencias**

Para poder evaluar y desarrollar competencias hay que proponer tareas a los alumnos. El esquema de la figura 1 pone de manifiesto las principales competencias profesionales que debe tener el profesor para evaluar competencias a partir de las respuestas de los alumnos a las tareas que se les han propuesto.

Figura 1 - El desarrollo de las habilidades profesionales para evaluar las habilidades



En esta figura se pone de manifiesto que para evaluar competencias es necesario tener una lista de competencias y subcompetencias con grados de desarrollo y descriptores asociados a estos niveles. Normalmente son proporcionados por los documentos curriculares elaborados por la administración. Otro elemento que se observa es el papel que juega la competencia disciplinar (científica/matemática) tanto en el diseño de las tareas como en su resolución. El tercer aspecto que destaca es que los profesores deben tener competencia en el análisis de la actividad científica/matemática para poder encontrar evidencias de los descriptores que permiten asignar grados de desarrollo a la competencia que se quiere evaluar o desarrollar.

Los diferentes aspectos que se observan en la figura 1 presentan problemas. Por ejemplo, la competencia disciplinar en el caso de maestros de primaria muchas veces no se puede asegurar. Tampoco se pueda asegurar que el currículo ofrezca niveles de desarrollo y descriptores, y si lo hacen tampoco se puede asegurar que sean claros para el profesorado. Por último, el análisis de la actividad matemática conlleva una pregunta que en las didácticas de cada disciplina no tiene de momento respuesta consensuada: ¿Cómo describir/analizar la actividad científica (matemática) de la respuesta del alumno?

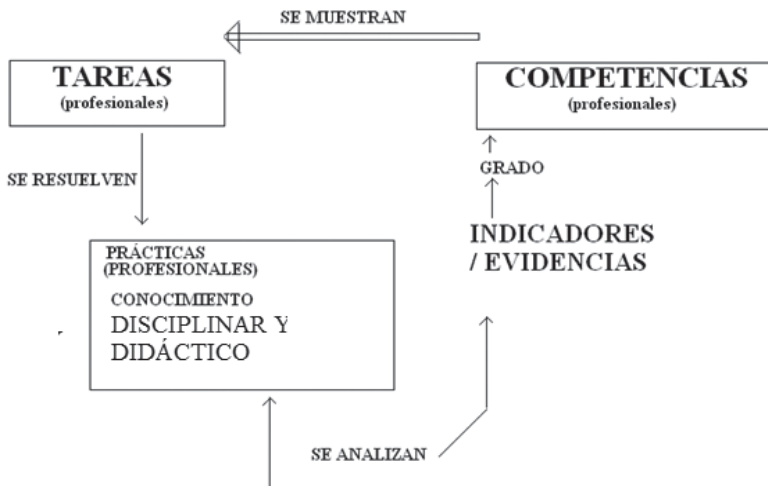
La competencia en análisis didáctico aparece como una competencia clave del profesorado. Una manera de caracterizar dicha competencia es la siguiente: Diseñar, aplicar y valorar secuencias de aprendizaje propias y de otros, mediante técnicas de análisis didáctico y criterios de calidad, para establecer ciclos de planificación, implementación, valoración y plantear propuestas de mejora.

## Desarrollo y evaluación de competencias profesionales

En el caso de la formación de profesores el esquema de la figura 1 se convierte en el de la figura 2.

De acuerdo con este esquema, nos interesa analizar las prácticas de los profesores para resolver las tareas profesionales propuestas, y el conocimiento matemático-didáctico activado en ellas, para encontrar indicadores que justifiquen la asignación de grados de desarrollo de la competencia profesional que se pretende evaluar.

Figura 2 - La evaluación examinados por los niveles de desarrollo de competencias profesionales



## Referencias

FONT, V. et al. *Competencias del profesor y competencias del profesor de matemáticas: Una propuesta*. En V. Font, J. Giménez, V. Larios y J. Zorrilla (Eds.), *Competencias del profesor de matemáticas de secundaria y bachillerato*. Barcelona: Publicaciones de la Universitat de Barcelona, 2012. p. 61-70.

GONZÁLEZ, J., WAGENAAR, R. *Tuning Educational Structures in Europe*. Informe Final – Proyecto Piloto, Fase 1, Bilbao: Universidad de Deusto, 2003.

# Difficultés d'enseignants débutants dans la mise en œuvre de démarches d'investigation etude de cas en physique<sup>1</sup>

*Jean-Claude Guillaud*

## Introduction

La recherche à laquelle se réfère ce texte a été menée dans le cadre du projet européen S-TEAM, centré sur les Enseignements Scientifiques Fondés sur l'Investigation (Grangeat 2011). L'étude à laquelle nous avons été associés concernait plus spécifiquement les enseignants débutants en sciences physiques et chimiques (SPC), en Sciences de la Vie et de la Terre (SVT) et en mathématiques, au collège.

Le premier volet, consacré aux représentations de ces enseignants a permis de mettre au jour deux tendances fortes pour les sciences expérimentales (SPC et SVT), qui nous ont semblées relativement contradictoires :

- sur le plan épistémologique, un inductivisme fort qui s'oppose à la logique hypothético-déductive mise en avant par les promoteurs des démarches d'investigation (DI) ;
- sur le plan didactique, en revanche, une attitude positive à l'égard de ces démarches avec toutefois des réticences par rapport à la prise en compte des erreurs des élèves et la gestion de la complexité inhérente à ces démarches (Triquet, Guillaud & Gandit 2012).

L'étude que nous présentons ici avait pour objet de mettre au jour les difficultés rencontrées par ces mêmes enseignants lors de la mise en œuvre de démarches

---

<sup>1</sup> Em se tratando de um texto em língua estrangeira, preservou-se a estrutura e normas técnicas adotadas no país de origem.

d'investigation, en lien notamment avec leurs représentations. C'est à certaines de ces difficultés – en tant que freins à la pratique des DI – que nous consacrons notre article. Nous tentons ici de caractériser les formes par lesquelles elles s'expriment, les événements déclencheurs et les principales incidences, de façon à pouvoir disposer en formation de grille de lecture et d'aides ciblées pour pallier ces difficultés.

## Cadre de la recherche

Les travaux portant sur la mise en œuvre d'une investigation scientifique en classe (Johnsua & Dupin, 1993; Nott & Wellington, 1996; Leach & Paulsen 1999 ; Bomchill & Darley 1998, Coquidé et al. 1999, Windschitl, 2003) ont montré que la démarche proposée aux élèves était le plus souvent formelle, linéaire et relativement stéréotypée. Les auteurs notent aussi qu'elle renvoie le plus souvent à une approche empirique et inductive, présentant peu de rapport avec un véritable travail de recherche. Enfin, ils mettent en avant une implication relativement limitée des élèves. D'une part, ceux-ci ne sont que rarement associés à l'élaboration de la problématique (problèmes et hypothèses), d'autre part ils apparaissent cantonnés à des tâches d'exécution de protocoles largement définis par l'enseignant.

Ces constats déjà anciens demandent à être revisités au regard du cadre nouveau des démarches d'investigation. Si, la mise en œuvre de pratiques d'investigation est demeurée limitée, un temps, à des dispositifs très particuliers, elle est aujourd'hui mise en avant de façon explicite en France dans les instructions officielles pour le collège (2008), mais aussi dans les programmes de sciences expérimentales au lycée. C'est ici, comme le soulignent Mathé, Méheut & De Hosson (2008), le modèle « hypothético-déductif » du chercheur qui constitue la référence première. Une incitation forte à la prise de responsabilité des élèves est en outre désormais inscrite dans les textes.

La question qui nous anime est alors de savoir dans quelle mesure les élèves se saisissent de la marge d'action qui est leur est offerte et surtout comment, dès lors, l'enseignant se positionne, en particulier pour parvenir à garder le cap qu'il s'est fixé. Dans les séances étudiées, les jeunes enseignants se trouvent ainsi confrontés à des événements imprévus qui les conduisent à reprendre la main sur la situation, et, ce faisant, à sortir de la démarche d'investigation.

Le cadre retenu pour notre analyse est celui défini par Sensévy et Mercier (2007) qui abordent l'action didactique comme une action conjointe, postulant que l'action du professeur et celle de l'élève sont interdépendantes. L'idée forte

sur laquelle nous appuyons est que l'enseignant ne peut agir qu'en tenant compte strictement de l'action des élèves, et réciproquement. En arrière plan, les concepts de contrat et de milieu didactiques (Brousseau, 1988) donnent un cadre pour l'analyse des dynamiques en jeu dans les situations de classe.

Nous avons fait le choix pour cette recherche de nous placer dans le cadre de l'étude de *pratiques ordinaires* au sens où les chercheurs n'interviennent ni dans l'élaboration, ni dans la réalisation des séances. Elle porte sur une séance mise en œuvre par un enseignant stagiaire en collège<sup>2</sup>, s'inscrivant, selon lui, dans une DI. Nous nous intéressons ici à une séance de physique. L'exemple présenté ici est extrait de situations filmées (de physique et de Sciences de la vie et de la Terre), retranscrites, puis analysées avec une grille commune centrées sur les interactions enseignant-élèves, mise en perspectives avec le contexte didactique de chaque séance (objectifs, situations, contrat, milieu).

On assiste au cours de la séance de physique à un coup de force radical : les interventions de l'enseignant ont raison de la résistance des élève et c'est une institutionnalisation contrainte qui se met en place, scellant par là même une double rupture avec l'esprit des DI, à la fois épistémologique et didactique.

## **Séance de Sciences physiques: un coup de force pour mettre fin à la résistance des élèves**

Le but de la séance, d'une durée de 1h30 est d'instituer en classe de 5<sup>ème</sup> (grade 7) un premier modèle de la vision des objets et de non visibilité de la lumière. Les élèves ont à résoudre un véritable problème théorique (interprétation d'un phénomène), à propos duquel les élèves peuvent formuler des hypothèses sur la base de leurs conceptions, et non pas seulement des prévisions. De ce point de vue, si l'on suit Mathé *et al.* (2008), le problème de ce cas là apparaît plus adapté au développement d'une démarche d'investigation de type « hypothético-déductive ».

### **Une double contextualisation source de difficultés**

L'enseignant propose de contextualiser l'apprentissage dans deux situations :

- une première, celle du « musée » : « Au cours de la visite d'un musée, Alexandre a fait tomber sa lampe de poche allumée dans une pièce noire. Pour retrouver

---

2 élèves de 11 à 15 ans

sa lampe il regarde par le trou de la serrure de différentes pièces pour voir s'il voit de la lumière. Retrouvera-t-il la lampe de cette façon ? ». Cette situation permet d'ancrer la réflexion dans une situation familière dans le but de motiver les élèves.

- la seconde (la « boîte noire ») va servir de support aux élèves pour formuler des hypothèses et expérimenter en vue de les tester. Elle est sensée représenter, modéliser la première. Une boîte de ramettes de papier, dont l'intérieur est peint en noir, est percée d'un trou (diamètre = 2 cm) sur une des faces latérales. Une lampe de poche allumée éclairant la face supérieure est posée à l'intérieur de la boîte. Question : « Est-ce que l'on pourra voir quelque chose dans la boîte ? Pourquoi ? »
- « Le Professeur (P) : (...) et bien c'est un peu l'expérience que l'on va faire aujourd'hui. Je vais vous représenter la pièce toute noire par un carton (il prend une boîte de ramettes de papier), *et pour le trou de la serrure on a un trou* (il passe un doigt par le trou) *et puis j'ai ma lampe de poche (...)* Et là c'est ma lampe de poche que je vais perdre dedans. *La lampe de poche je vais la mettre par là* (il la met dans la boîte) *Et la question ça va être de savoir si on peut voir quelque chose dans la boîte ?* ». Il distribue alors un document que les élèves doivent compléter en travaillant par quatre. Ils doivent répondre à la question « *Est-ce que l'on pourra voir quelque chose dans la boîte ? Pourquoi ?* » et compléter le schéma ci-dessous.

Cette « modélisation » de la pièce noire du musée par une « boîte noire » n'est pas discutée ni travaillée avec et par les élèves. L'utilisation par l'enseignant de deux situations semble être la conséquence de la compréhension que les enseignants ont du cadrage d'une démarche d'investigation : la « situation problème » sur laquelle s'appuie la démarche doit être une situation proche du vécu de l'élève<sup>3</sup>.

Cette double contextualisation du problème introduit donc de la complexité, complexité liée à la richesse empirique du milieu didactique. Un entretien que nous avons mené avec l'enseignant montre que le milieu didactique n'a pas fait l'objet

---

3 Mathé, Méheut et de Hosson (2008) notent que, sur le corpus de 26 fiches de démarches d'investigation qu'elles analysent, 21 présentent des contextualisations dont les situations de départ sortent du cadre scolaire classique (8/26 font référence à la vie quotidienne, 13/26 à des personnages et/ou des situations imaginaires).



d'une analyse préalable. Les conséquences liées à ce milieu didactique complexe ne sont donc pas anticipées et vont avoir des répercussions tant dans l'organisation et la gestion de la classe par l'enseignant que sur les apprentissages.

Un point important à considérer est que les paramètres dont dépend l'observation dans chacune des situations ne sont pas identiques. Or la recherche et la détermination de ces paramètres auraient permis à l'enseignant d'identifier que les deux situations n'étaient pas équivalentes.

En effet quand on regarde par le trou de la serrure, si la lampe de poche est dans le champ d'observation de l'œil, la probabilité est très grande pour que cette lampe diffuse de la lumière en direction de l'œil de l'observateur. Dans le cadre de cette situation il est donc évident pour les élèves que regarder par le trou de la serrure est une méthode sûre et efficace pour retrouver la lampe de poche allumée. Dans la vie quotidienne<sup>4</sup> quand une lampe est allumée et qu'on la regarde, on la voit. En revanche pour la boîte noire, dans la mesure où l'œil n'est pas collé au trou aucune lumière ne peut arriver à l'œil de l'observateur (et donc l'observateur affirmer qu'il voit quelque chose). Il ne verra donc rien : il verra le trou noir. Seuls les élèves sachant que la lumière est invisible et qu'une surface noire ne diffuse pas la lumière peuvent anticiper que l'on ne verra rien en regardant *le* trou (et non *par* le trou).

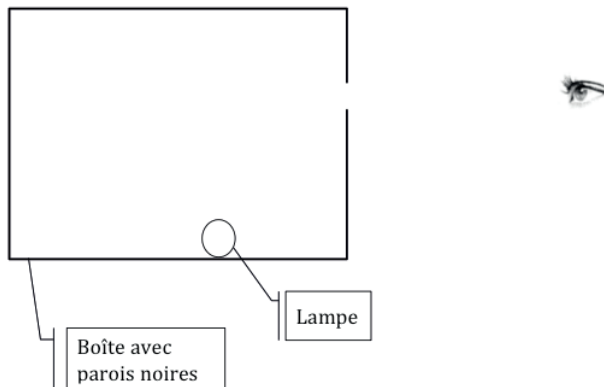
## **Les élèves s'inscrivent dans la situation du musée et résistent aux attentes de l'enseignant**

Les fragments de dialogue ci-dessous correspondent à la mise en commun des hypothèses faites par les différents groupes : ils montrent que, quand les élèves formulent leurs hypothèses, ils répondent à la question et complètent le schéma en se référant pratiquement exclusivement à la situation du musée et non à la situation de la boîte noire à propos de laquelle ils sont interrogés.

---

4 A l'âge de 10-12 ans (avant ou après l'enseignement d'optique) la majorité des enfants n'emploient le mot *lumière* que pour désigner la source ou un endroit fortement éclairé (ce qui correspond au sens du mot "lumière" dans le langage quotidien), alors que dans le savoir de référence, la lumière est une entité distincte de sa source et de l'objet éclairé.

Figura 1 – Visualização do observado ao olhar pela fechadura porta um ambiente com uma lâmpada e caixas pretas



« E : On la (la lampe) verra car elle envoie de la lumière et dans le noir on voit la lumière de la lampe, sinon les lampes ne serviraient à rien. »

« P : Alors ce groupe là propose : (il lit) oui on verra la lumière car dans un endroit obscur, dès qu'il y a un tout petit peu de luminosité (inaudible)

(...)

E : heeeuu Si la pièce elle est noire et qu'il y a la lampe dedans qu'il fasse jour ou pas dehors et bien on verra quand même la lumière à l'intérieur.

(...)

E : Si on colle notre œil à la serrure on la verra quand même. Mais si on se met plus loin...

(...)

E : et bien on verra quand même. Au lieu que le trou de la serrure soit complètement noir et bien il sera un peu éclairé.

(...)

E : la luminosité ça attire le regard donc la luminosité elle va sortir par le trou et on va la voir.

E : la pupille elle distingue la luminosité, dans le noir dès qu'il y a de la lumière on l'a distingue.

P : (Autre transparent il lit) Nous voyons la lumière car elle occupe tout l'espace de la pièce et donc sort par le trou.

P : (...) Ensuite... si on colle l'œil ou qu'on se met à 50 cm comme je suis on verra la lumière ?

Plusieurs élèves : oui ! »

Pour tester leurs hypothèses les élèves veulent approcher l'œil du trou de la boîte noire (comme pour regarder par le trou d'une serrure), ce que l'enseignant accepte. Tous les élèves, excepté un, affirment alors voir de la lumière dans la boîte. L'enseignant affirme lui ne rien voir.

« E : oui moi je vois, elle est magnifique votre lumière.

P : (s'adressant à un élève) est ce que tu vois quelque chose ?

E : oui moi je vois je suis désolée

P : oui c'est normal tu vois la lampe mais au fond de la boîte à part la lampe tu vois quelque chose ?

E : oui on voit les rayons... je vois le noir éclairé...

P : mmmm retourne à ta place

E : monsieur je peux essayer de mettre mon nez dans le trou pour voir ?

P : non... J'ai dit on s'approche pas, t'es trop près là ! Est-ce que tu vois quelque chose comme ça ?

E : ba je suis myope alors... non... ah on la voit !

P : Mais non on l'a voit pas... retourne à ta place...

(...)

P : Bon, résultat de l'expérience qu'est qu'on a vu ?

Plusieurs élèves : de la lumière !

P : Est-ce que tu as vraiment vu de la lumière ?

E : Oui ça marche on voyait de la lumière,

P : Regardez là où l'œil était placé on voit rien du tout. Qui veut venir pour vérifier ?

(...)

P : Tiens Justine viens là, alors est-ce que tu vois quelque chose ?

E : oui je vois quelque chose !!

P : rrrrrroooo bon allez retourne à ta place.

(...)

P : oui ? T'as vraiment vu toute la boîte éclairée ? là comme ça ? Toute toute éclairée par une lampe de poche ?

E : oui

(...)

E : ah ouai on voit de la lumière !!

P : et toi tu vois quelque chose ?

E : non

P : ah merci !<sup>5</sup>

E : non on voit rien du tout... Bah non on voit rien...

P : ok, effectivement on voit rien du tout.

(...)

E : Monsieur dans la vraie vie quand on allume une lampe de poche on la voit. »

En fin de séance, de nombreux élèves restent convaincus qu'ils voient la lumière : ils disent avec insistance voir de la lumière par le trou de la boîte noire, alors que l'enseignant affirme ne rien voir. L'enseignant veut alors faire noter la conclusion : « On ne voit pas la lumière. Seuls les objets peuvent être vus. Pour être vus les objets doivent envoyer de la lumière dans l'œil ». La conclusion est également constituée d'un schéma montrant les rôles respectifs de la source de lumière, des objets et de l'œil. Unanimes, les élèves « résistent » et affirment : « Mais on voit la lumière ! »

## Le passage à la « monstration » pour convaincre les élèves

Au moment de l'institutionnalisation, les élèves, en contestant l'idée que l'on ne puisse pas voir la lumière, mettent l'enseignant en difficulté : il va alors abandonner la démarche (d'investigation) initiale et opérer un « coup de force » de nature épistémologique. En effet l'enseignant avait prévu, après avoir observé que l'on voyait rien par le trou (il paraît noir), de poursuivre l'investigation et de faire formuler de nouvelles hypothèses en demandant aux élèves de proposer des expériences permettant de voir quelque chose dans la boîte. Mais devant l'insistance des élèves à nier la non visibilité de la lumière, l'enseignant change brutalement de mode de fonctionnement quant à la nature de la démarche mise en œuvre. Il passe d'une démarche, qui jusque-là était hypothético-déductive, à une démarche que l'on peut qualifier d'*inductiviste* afin, comme il l'affirme trois fois, de « vous convaincre que l'on ne voit pas la lumière »<sup>6</sup>. Tout repose sur une *monstration* (Johnsua & Dupin, 1993), l'enseignant vise à convaincre ses élèves d'une interprétation de la physique, en montrant un événement typique d'un phénomène et en lui donnant une explication théorique. Un laser est rapidement sorti et les élèves doivent constater (l'enseignant insiste) qu'ils ne voient pas la lumière *de profil*, quelques minutes plus tard,

5 Quand un élève affirme ne rien voir (et c'est le seul) l'enseignant le remercie...

6 « P : Bon... pour vous convaincre que l'on ne voit pas la lumière. Bon alors regardez ! Pour vous convaincre que l'on ne voit pas la lumière, j'ai... pour vous convaincre tous que l'on ne voit pas la lumière, j'ai un laser. Le laser, il envoie, il va envoyer de la lumière rouge. Est-ce que vous voyez de la lumière là ? (Il montre l'espace devant le laser) Le laser il envoie de la lumière comme ça (il mime le déplacement de la lumière). Est-ce que vous voyez de la lumière ? »

il institutionnalise la non visibilité de la lumière et une interprétation de la vision. A partir du moment où l'on sort de l'investigation la résistance des élèves tombe, ils acceptent sans contester de noter la conclusion.

## Conclusion

Dans cette séance, on observe ainsi une double rupture, à la fois didactique et épistémologique, qui détermine - du même coup - une « sortie » de la démarche d'investigation. Didactique parce que le positionnement socioconstructiviste installé au départ fait place soudainement à une posture transmissive, voire monstrative, de la part de l'enseignant. Epistémologique aussi puisque l'approche hypothético-déductive prise à l'origine comme référence se voit déconsidérée et remplacée par une approche dogmatique pour laquelle la connaissance visée l'emporte sur les résultats de l'expérimentation.

Deux arguments sont souvent évoqués pour expliquer ces ruptures: la complexité inhérente aux démarches d'investigation et le facteur temps qui serait nécessairement long.

La dimension « complexité » des DI est, dans le cas présent, à reconsidérer dans la mesure où, comme nous l'avons montré, celle-ci est surtout la conséquence des choix de l'enseignant. C'est là une complexité secondaire, artéfactuelle, sans but, subie, qui s'impose et non pas une complexité anticipée, assumée et construite, entendue au sens épistémologique ; cette complexité correspondant à une situation qui ne se livre pas d'emblée, résiste et donne du sens à l'investigation.

L'excuse du temps - qui serait nécessairement long pour les DI - est également à examiner de près. En premier lieu, rien ne leur impose de s'inscrire pleinement, pour chaque séance, dans toutes les phases d'une démarche d'investigation. Comme il y a des moments « a-didactique » dans la théorie des situations de Brousseau, on doit concevoir qu'il peut y avoir des moments « d'investigation » sur seulement l'une ou plusieurs phases du canevas proposé en France dans le programme du collège<sup>7</sup>. Mais dès lors, sur ces moments d'immersion dans la DI, il convient de

---

7 Canevas d'une séquence d'investigation (BO n°6 Hors série - 28 août 2008)

- *Choix d'une situation problème ;*
- *Appropriation du problème par les élèves ;*
- *Formulation de conjectures, d'hypothèses explicatives, de protocoles possibles ;*
- *Investigation ou résolution du problème par les élèves;*
- *Échanges argumentés autour des propositions élaborées;*
- *Acquisition et structuration des connaissances ;*

« jouer » pleinement le jeu et de l'assumer en y consacrant notamment le temps didactique nécessaire.

Ces observations invitent alors à recentrer la formation des enseignants à propos des démarches fondées sur l'investigation sur deux points.

- Le premier concerne le nécessaire travail de clarification des termes du contrat didactique en jeu dans les situations didactiques liées aux démarches d'investigation, et ce de façon, à lever les ambiguïtés et confusions que nous avons pointées.

- Le second se rapporte à la conception didactique d'une séance d'investigation dont on a vu qu'elle ne peut faire l'impasse sur l'analyse préalable (Cf. Annexe).

Différents temps et contrats didactiques sont ainsi appelés à se superposer et c'est peut-être là que se situe ici la principale difficulté pour l'enseignant. Sur la question du temps c'est d'autant plus vrai que le temps d'enseignement doit s'articuler avec le temps des apprentissages lequel est ici de durée très variable, selon qu'il renvoie à des savoirs notionnels, épistémologiques (des savoirs sur la démarche) ou encore des savoir faire liés à des habilités techniques. Et en aucun cas la mise en œuvre d'une seule DI ne saurait suffire.

C'est pourquoi, notre recherche a trouvé un prolongement dans un nouveau projet européen<sup>8</sup> qui a pour objet l'évaluation dans les DI. Plus précisément il s'agit de repérer en quoi et comment l'évaluation sommative peut constituer un élément de pilotage non seulement des objectifs mais aussi de la mise en œuvre de la DI.

### **Annexe : Points de repère pour élaborer une démarche fondée sur l'investigation<sup>9</sup>**

#### **Situation expérimentale:**

Dans cette phase de présentation,

- il s'agit de mettre en perspective les activités qui seront proposées aux élèves ;
- se déroule un des moments importants de la dévolution de la situation à l'élève ;
- l'enseignant assure la « mise en scène » de la présentation devant la classe.

Quelle est l'expérience ou la situation envisagée ?

---

- *Mobilisation des connaissances.* »

lequel, en outre, ne peut, être appréhendé comme un cadre prédéterminé, linéaire et figé.

8 L'évaluation dans les démarches d'investigation au collège, Projet européen « ASSIST-ME » (Resp : J. Dolin 2012-2016)

9 Guillaud J.-C. (2014) Quatre démarches d'investigations courtes. In Merlot C. et Morge L. (Coord.) *Réduire les difficultés de mise en œuvre des professeurs lors de l'investigation scientifique.* À paraître.

Quelle mise en scène pour la situation et la question? (Situation montrée ? Situation évoquée ? Expérience réalisée par l'enseignant ? Par un élève ? Par les élèves ? ...)

### **Anticipations argumentées:**

Cette phase d'action

- constitue le moment privilégié de la mise en activité intellectuelle de l'élève ;
- permet la mise en œuvre des connaissances scientifiques disponibles et des conceptions ;
- vise la formulation d'hypothèses élaborées dans le cadre du problème à résoudre ;
- amène chaque élève (ou groupe d'élèves) à expliciter par écrit ses (leurs) hypothèses.

Quelle est la consigne ? (« Quel est le résultat... ? », « Comment expliquer... ? », « Comment faire... ? », « Comment prouver...? », « Comment ça marche ? », « Quelle(s) hypothèse(s)... ? », ...)

Le travail est-il individuel et/ou par groupe ?

Quelle est la forme de la production écrite ? (Brouillon, affiche, transparent, ...)

**Remarque :** L'enseignant veille à ne pas induire la réponse correcte ni à corriger des erreurs éventuelles.

### **Discussion des hypothèses :**

- Préalablement à cette discussion, il est nécessaire de permettre et d'organiser la mise en commun des hypothèses qui seront soumises à la discussion et à l'expérience.

Comment les productions sont-elles communiquées à la classe ? (Réponses lues, réponses comptabilisées, productions affichées, ...)

Comment sont elles catégorisées par l'enseignant ?

- Au cours du débat, l'enseignant fait ressortir les points d'accord et de désaccord, la cohérence ou l'absence de cohérence, les éventuelles contradictions mais ne donne aucun indice quant aux arguments correspondant à la réponse correcte.

Comment l'enseignant organise-t-il le débat ? A quelle catégorie d'élèves va-t-il donner la parole en premier ? Comment les propositions sont-elles discutées ? Est-il envisagé d'éliminer les hypothèses qui ne résistent pas au débat ?

Expérimentation en vue de tester les hypothèses :

Quelle est la place de l'expérience ? Comment et par qui va-t-elle être réalisée ? (Expérience test ? Expérience professeur ? Expérience élève ? Expérience construite par les élèves ? ...)

Institutionnalisation et renforcement :

- Les connaissances construites sont décontextualisées ;
- Elles sont reconnues comme savoirs utilisables dans un ensemble de situations bien déterminé (domaine de validité).

Quel est le savoir mobilisé ? Quel est le savoir construit ? Comment est-il présenté aux élèves ? Sous quelle(s) forme(s) ? Est-il prévu un retour sur les hypothèses ?

Quel est le domaine de validité de ce savoir ?

Quel renforcement ? A propos de quelle(s) situation(s) ?

## Bibliographie

BROUSSEAU, G. *La théorie des Situations Didactiques*. Grenoble : La Pensée Sauvage. 1998.

BOMCHILL, S.; DARLEY, B. *L'enseignement des sciences expérimentales est-il vraiment inductiviste ?*. Aster, 26, p. 86-108. 1998.

COQUIDÉ, M.; BOURGEOIS-VICTOR, P.; DESBEAUX-SALVIAT, B. *Résistance du réel dans les pratiques expérimentales*. Aster, 27, p. 57-77. 1999.

GRANGEAT, M. *Les démarches d'investigation dans l'enseignement scientifique: Pratiques de classe, travail collectif enseignant, acquisitions des élèves*. Lyon : INRP. 2011.

GUILLAUD, J. Quatre démarches d'investigations courtes. In Merlot C. et Morge L. (Coord.) *Réduire les difficultés de mise en œuvre des professeurs lors de l'investigation scientifique*. À paraître. 2014.

JOHSUA, S.; DUPIN, J. *Introduction à la didactique des sciences et des mathématiques*. Paris : Presses Universitaires de France. 1993.

LEARCH, J.; PAULSEN, A. Introduction. In: J. Leach & A. Paulsen (Ed.), *Practical Work in Science Education – Recent Research Studies* (p. 17-18). Dordrecht, Kluwer. 1999.

NOTT, M.; WELLINGTON, J. Probing teachers' views of the nature of science: How should we do it and where should we be looking? In: G. Welford, J. Osborne, & P. Scott



(Eds.), *Research in Science Education in Europe* (p 283-295). Falmer Press: London. 1996.

MATHÉ, S.; MÉHEUT, M.; De HOSSON, C. *Démarche d'investigation au collège: quels enjeux ?* Didaskalia, 32, p. 41-76. 2008. Programmes Collège (2008) BO spécial n°6 MEN.

SENSEVY, G.; MERCIER A. Agir ensemble: l'action didactique conjointe. In: G. Sensévy & A. Mercier (dir.), *Agir ensemble : éléments de théorisation de l'action conjointe du professeur et des élèves* (p. 187-211). Rennes : Presses Universitaires de Rennes (PUR). 2007.

TRIQUET, E.; GANDIT, M.; GUILLAUD, J. Démarches scientifiques, démarches d'investigation en sciences expérimentales et en mathématiques: évolution des représentations des enseignants débutants de l'IUFM à l'issue de la formation. In B. Calmette (Coord.), *Démarche d'investigation : références, représentations, pratiques et formation* (p. 84-109), Paris : l'Harmattan, coll. « Pratiques en formation ». 2012.

WINDSCHITLI, M. Inquiry projects in science teacher education: what can investigative experience reveal about teacher thinking and eventual classroom practice? *Science Education*, 87, 1, p. 121-143. 2003.



# L'Épistémologie et l'histoire des sciences et des techniques et formation professionnelle: le cas des futurs enseignants de sciences<sup>1</sup>

Muriel Guedj

## Introduction

Si l'intégration des Sciences Humaines et Sociales (SHS) par le biais de l'Épistémologie, l'Histoire des Sciences et des Techniques (EHST) ne constitue pas un fait nouveau dans le domaine de la formation des enseignants de sciences, la généralisation d'une pratique effective n'est toujours pas d'actualité et rares sont les enseignants qui abordent ces aspects dans le cadre d'un enseignement disciplinaire scientifique. Alors que la question des enjeux assignés à cette intégration a évolué au cours du temps,<sup>2</sup> il n'en demeure pas moins que la situation actuelle ne permet pas la mise en œuvre d'une réelle dynamique dans le domaine.

Dans ce cadre, il est intéressant de constater que des institutions, dont les missions résident notamment dans l'amélioration des formations professionnelles scientifiques, mobilisent, voire généralisent des enseignements de SHS. C'est ainsi que certaines écoles d'ingénieurs et les facultés de médecine ont engagé des réflexions quant à la nature des enjeux professionnels attachés à l'exercice du métier ; réflexions qui se sont traduites par la mise en place de modules spécifiques aux SHS dans les parcours professionnalisant scientifiques. La construction de ces modules, les objectifs visés, les liens entretenus avec les disciplines scientifiques sont autant d'éléments dont l'analyse doit pouvoir nourrir la réflexion dans le domaine

---

1 Em se tratando de um texto em língua estrangeira, preservou-se a estrutura e normas técnicas adotadas no país de origem.

2 Danielle FAUQUE *La "longue marche" de l'enseignement de l'histoire des sciences et des techniques*, TRE-MA, n°26, octobre 2006, pp. 35-49.

de la formation des enseignants scientifiques. L'analyse qu'il convient de mener sur la professionnalité des enseignants de sciences expérimentales pour une meilleure intégration de l'EHST se trouve au cœur de cette réflexion. La première partie de cette communication est consacrée à l'établissement d'un état des lieux permettant d'appréhender la place actuellement accordée par les Instructions Officielles à l'EHST dans les programmes scolaires, les concours d'enseignement et la formation des enseignants de sciences physiques. Cet état des lieux s'attache à distinguer les insertions factuelles ou anecdotiques, des approches plus méthodologiques. En mettant l'accent sur des objectifs trop généraux, peu en prise avec les programmes, il permet de justifier une situation caractérisée par un foisonnement et une extrême dispersion des propositions d'enseignements qui restent peu lisibles au sein des communautés concernées.

C'est aux choix opérés par des écoles d'ingénieurs et dans les facultés de médecine que la seconde partie s'intéresse. Quels arguments sont-ils mobilisés pour légitimer ces choix? Il s'agit en particulier de repérer les enjeux associés à l'insertion d'EHST avec pour horizon, la mise en évidence des objectifs et des enjeux concernés par les SHS au sein de ces institutions.

La troisième partie évoquera les débats qui animent actuellement la communauté des didacticiens des sciences au sujet de la professionnalité des enseignants de sciences expérimentales. Elle s'attachera à la mise en évidence d'éventuels éléments analogues, sorte de dénominateurs communs à l'ensemble des parcours scientifiques professionnalisant : il s'agit d'une façon d'identifier le caractère professionnel attaché à un enseignement scientifique alors que les disciplines enseignées diffèrent. Un programme de recherche en cours<sup>3</sup>, qui se consacre à la place de l'EHST dans le cadre d'un enseignement de l'énergie, permettra d'illustrer le propos.

## **Épistémologie, Histoire des sciences et des techniques, programmes scolaires et formation des enseignants: un rapide état des lieux**

Si l'introduction d'éléments d'EHST dans les programmes de sciences physiques du secondaire ainsi que dans le cadre de la formation des enseignants n'apparaît

---

<sup>3</sup> Le programme intitulé "*Le concept d'énergie de son histoire à son enseignement*" vise à proposer un enseignement rénové de l'énergie. L'un des volets de la recherche s'intéresse à l'introduction de l'EHST dans le cadre de la formation des enseignants de sciences physiques. Cet aspect est détaillé dans la dernière partie de cet article. Le projet est soutenu par le Réseau des Maisons de Sciences de l'Homme.

pas comme étant une problématique nouvelle, il semble néanmoins que l'affichage de ces éléments ne soit pas toujours très lisible et que des questions demeurent :

Quels éléments d'EHST sont-ils introduits dans les programmes, quels domaines sont-ils concernés par cette introduction? Outre la question des contenus se pose celle des méthodes ; quelle histoire est-elle proposée et quelle épistémologie associée? Quelle place l'EHST occupe-t-elle dans le cadre de la formation des enseignants? Finalement, de manière plus générale, quels sont les enjeux assignés à l'EHST dans les textes officiels?

Au collège<sup>4</sup>, c'est dans le cadre de l'introduction commune des programmes de sciences et technologie<sup>5</sup> pour lesquels l'accent est mis sur la nécessité d'une représentation globale et cohérente du monde, que les éléments d'EHST sont introduits : «La perspective historique donne une vision cohérente des sciences et des techniques et de leur développement conjoint. Elle permet de présenter les connaissances scientifiques comme une construction humaine progressive et non comme un ensemble de vérités révélées. Elle éclaire par des exemples le caractère réciproque des interactions entre sciences et techniques.»<sup>6</sup> Cette dimension humaniste, présentée dans le préambule en complément de l'introduction générale des programmes, vise à engager les enseignants vers «[...] une ouverture en direction de l'histoire des sciences et de l'actualité scientifique»<sup>7</sup>. Il s'agit de montrer que la science est une construction qu'elle a une histoire et que les repères pouvant être apportés par cette approche contribuent à une meilleure compréhension de la science actuelle.

La même dynamique préside au préambule du cycle terminal du second cycle<sup>8</sup> avec l'idée selon laquelle la science procède d'une construction humaine, culturellement située. Outre la contribution à la construction des connaissances scientifiques, ces éléments soulignent des aspects plus méthodologiques associés notamment au questionnement ; ils invitent à se pencher sur les controverses et les erreurs qui jalonnent les constructions scientifiques et à l'esprit critique néces-

---

4 Arrêté du 9 juillet 2008.

5 Cette introduction commune concerne les enseignements de mathématiques, de physique-chimie, de sciences de la vie et de la Terre et de technologie.

6 A noter que le socle commun de connaissances et de compétences complète cette introduction en illustrant ces liens disciplinaires à l'aide d'exemples mettant en jeu plusieurs disciplines scientifiques. Bulletin officiel Spécial n°6, 28 août 2008.

7 Ibid.

8 Bulletin officiel spécial n°9, du 30 septembre 2010.

saire à la résolution d'une grande diversité de problèmes. Cependant, force est de constater que très peu de déclinaisons dans les programmes concernent explicitement des éléments d'histoire des sciences. La conséquence immédiate réside dans l'impossibilité pour les enseignants de se saisir de ces aspects pourtant largement développés dans les préambules qui coiffent les programmes. Ce premier constat constitue un obstacle évident au développement de l'EHST, il se poursuit lorsque l'on porte son regard vers la formation des enseignants.

Le référentiel des compétences professionnelles des métiers du professorat et de l'éducation<sup>9</sup> retient dans la liste de compétences «Connaitre de manière approfondie sa discipline ou ses domaines d'enseignement. En situer les repères fondamentaux, les enjeux épistémologiques et les problèmes didactiques» Comment la dimension relative à l'épistémologie est-elle effectivement prise en compte dans le cadre extrêmement contraint de la formation des enseignants qui, outre la formation professionnelle, doit permettre la réussite au concours d'enseignement? Une amorce de réponse se situe dans les contenus mêmes de ces concours ; c'est ainsi que l'épreuve sur dossier pour les sciences physiques<sup>10</sup> qui consiste en une analyse de documents pédagogiques précise : «L'épreuve permet au candidat de montrer sa culture disciplinaire et professionnelle, sa connaissance des contenus d'enseignement et des programmes de physique-chimie, sa réflexion sur l'histoire et les finalités de cette discipline ainsi que ses relations avec les autres.»<sup>11</sup> Comment le candidat peut-il s'emparer de cette orientation alors que les programmes présentent des intentions générales sans proposition spécifique? De la même manière comment les formateurs peuvent-ils donner corps à des intentions d'ensemble qui ne prennent appui sur aucun thème ou méthode précis?

Ainsi, alors que les instructions affichent clairement des orientations en faveur de l'EHST, le fait de maintenir ces dernières dans des paragraphes généraux sans proposition de déclinaison dans les contenus des programmes, laisse totalement à la charge de l'enseignant l'appropriation de ces aspects. Ajouté à cela le cadre contraint des programmes, l'absence d'accompagnement et une place restreinte dédiée à des questions d'ordre historique dans les écrits des concours d'enseigne-

---

9 Le référentiel de compétences des enseignants. BO du 25 juillet 2013.

10 Le programme de la session 2013 est reconduit pour la session 2014 exceptionnelle (publié le 25 janvier 2013)

11 Concours externe du CAPES et CAFEP - CAPES Section sciences physiques et chimiques- Session 2013.

ment<sup>12</sup>, constituent autant d'éléments qui contribuent à laisser de côté l'EHST. Ainsi, sans propositions ni cadrage précis, chacun va se saisir de ces incitations en fonction de ses connaissances, ses représentations ou sa propre sensibilité. Il en résulte une grande diversité d'orientations, des propositions morcelées et finalement peu lisibles en tant qu'offre de formation. Reste également le sentiment qu'une réponse aussi modeste soit elle à une commande aussi floue, constitue davantage un bonus qu'un réel apport à un apprentissage fondamental.

Comment, dans un tel contexte pour lequel le domaine de la formation des enseignants apparaît comme étant foisonnant et peu structuré, se saisir du lien entretenu ou à promouvoir entre EHST et dimension professionnelle?

Afin de mieux appréhender cette difficulté, il a semblé pertinent de sortir du cadre strict de la formation des enseignants scientifiques pour examiner des domaines qui présentent une certaine proximité en terme d'enjeux associés à l'insertion, si ce n'est de l'EHST, du moins des Sciences Humaines et Sociales (SHS). Ainsi deux exemples illustrant ces insertions devraient permettre de mieux comprendre les intentions attachées à un enseignement de SHS pour une formation professionnelle scientifique.

Le premier exemple concerne la Commission des Titres d'Ingénieur qui constitue l'organe de référence pour les écoles d'ingénieur alors que le second exemple illustre la place désormais accordée aux SHS dans les études de médecine. Comment les enseignements sont-ils intégrés, quels objectifs sont-ils définis, quels arguments sont-ils mobilisés pour justifier des choix opérés sont autant de questions qui devraient permettre d'éclairer la formation des enseignants. Il ne s'agit pas de transposer à ce dernier domaine, les dispositifs élaborés pour d'autres formations professionnelles et disciplinaires mais plutôt d'interroger la place de l'EHST compte tenues des spécificités professionnelles des enseignants de sciences.

Dans ce contexte, il est apparu essentiel que ces éléments ne pouvaient réellement servir de base à une réflexion, que si la notion de professionnalité des en-

---

12 Questions demeurant factuelles (dates particulières, connaissances des prix Nobel, nom de physicien associée à une loi, une découverte et période correspondante.) Pour exemple, <http://www.education.gouv.fr/cid58441/sujets-des-capes-2012.html> (Site consulté le 23/02/2014) : "Galiléo Galilèi, dit Galilée(1564-1642) était un physicien et un astronome italien. Donner très succinctement deux éléments du contenus de son travail scientifique. "

"L'étude quantitative des phénomènes de diffraction s'appuie sur le principe Huygens-Fresnel. Ce principe est-il le fruit d'un travail concerté entre Christian Huygens et Augustin Fresnel?" Voir le sujet de la composition de chimie avec applications <http://www.education.gouv.fr/cid66145/sujets-rapports-des-capes-2013.html> (site consulté le 23/02/2014)

seignants de sciences était elle-même précisée. De fait, si la professionnalité se décline selon un cahier des charges évoqué plus haut, les spécificités attachées à la profession d'enseignants de sciences sont moins faciles à saisir. À ce titre il a semblé fondamental de tenter, si ce n'est d'établir une typologie, du moins de mettre en avant les éléments saillants permettant de caractériser les disciplines scientifiques expérimentales. Cet aspect nous a conduit à examiner les recherches actuellement conduites dans le domaine ; quelles orientations sont elles prises, quels sont les enjeux associés à ces approches?

## Regarder «à côté»: La commission des titres d'ingénieurs et les SHS

La Commission des Titres d'Ingénieur (CTI) est un organisme qui a notamment pour mission l'évaluation des formations d'ingénieur, le développement de la qualité des formations ainsi que l'accréditation des écoles qui décernent un titre d'ingénieur. La CTI «s'assure de la qualité des formations d'ingénieur et de leur adaptation permanente au contexte européen et international, académique et professionnel, et en apporte la garantie»<sup>13</sup>. Alors qu'un document mis à la disposition des écoles présente avec détail l'articulation qu'il convient de donner aux formations, il semble intéressant d'analyser ce texte d'un point de vue des discours qui structurent la formation, la rend cohérente et d'examiner plus en détail les spécificités qui la caractérisent. La partie «Références et Orientations» du document de la CTI servira de base à l'analyse<sup>14</sup>. Ainsi, le document présente un état des lieux et une évaluation des formations dispensées, les liens qu'il convient d'établir avec les stages, ainsi qu'un volet *Analyse et perspective* permettant d'appréhender le contexte d'ensemble. Concernant ce dernier élément, la CTI souligne que c'est une tendance à l'accélération qui en constitue la caractéristique essentielle, indiquant que les changements sont plus importants ces dernières années que lors des précédentes décennies.

Quatre éléments témoignent plus particulièrement de ces mouvements :

Le premier concerne les voies d'obtention du diplôme qui présentent désormais une plus grande disparité. De fait, si la voie étudiante reste stable, la voie de l'apprentissage, par le biais de l'ouverture de formations dans le domaine, progresse le plus alors que la formation continue diminue. Ce dernier aspect s'expliquant par le peu de succès obtenu par la validation des acquis de l'expérience. Le

---

13 Document disponible sur le site de la CTI <<http://www.cti-commission.fr/Missions-de-la-CTI>>.

14 Voir l'onglet Habilitation des formations d'ingénieurs / procédures et documents sur le site de la CTI <<http://www.cti-commission.fr/Missions-de-la-CTI>>.



second point concerne une plus grande diversité dans la typologie des diplômés. Si plus de femmes sont effectivement diplômées et représentent désormais environ 25% des diplômés, cette représentativité révèle une grande diversité selon les écoles. Ainsi, elles sont 50% dans les écoles d'agronomie, de chimie ou de biologie, mais ce nombre devient inférieur à 10% lorsque ce sont les écoles de mécanique, informatique qui sont concernées. Un autre facteur significatif des changements réside dans le taux d'étudiants étrangers passés de 7,6 à 13,4% en 5 ans, faisant de cette augmentation la plus importante dans l'enseignement supérieur. Enfin, l'ouverture à l'international (double diplôme, densification des réseaux d'échanges, création de diplôme en partenariat, implantation d'écoles à l'étranger) caractérise désormais les écoles davantage en réseau et influe sur le métier.<sup>15</sup>

Compte tenu de ce contexte mouvant, il fallait adapter la formation et l'ajuster à de nouvelles dynamiques. C'est ainsi que l'analyse des besoins des entreprises et le réajustement des programmes qui doit en résulter, se structure en fonction de compétences attendues. Cette démarche, qualifiée de démarche «compétences» présente l'avantage d'inventorier les objectifs visés; il s'agit cependant d'une démarche novatrice dont l'évaluation est à peine engagée. Afin de mieux cerner la situation des ingénieurs diplômés dans les écoles françaises<sup>16</sup> la démarche prend appui sur enquête socioprofessionnelle menée auprès de 47000 ingénieurs. L'enquête propose d'évaluer un ensemble de neuf compétences permettant d'identifier et hiérarchiser les éléments jugés importants pour l'exercice du métier, Pour exemples, les «Connaissance et compréhension d'un large champ de sciences fondamentales» et «Aptitude à mobiliser les connaissances de la spécialité» font partie de cet ensemble et l'enquête montre qu'elles sont identifiées comme des compétences jugées essentielles pour le métier d'ingénieur. Les ingénieurs sont invités à répondre par *important*, *neutre* ou *peu important* pour qualifier chacune de ces compétences. Une question concernant la place estimée de ces compétences dans la formation constitue une indication supplémentaire. Les résultats de l'enquête fournissent ainsi un panorama instantané du contexte professionnel tel qu'il est perçu par ses propres acteurs.

Les réponses mettent en évidence un univers professionnel assez homogène quant aux priorités que sont «les savoirs scientifiques et techniques et outils de

---

15 Pour ces aspects voir la partie A&P Bilan des habilitations des écoles d'ingénieurs, A&P.C.2 Les grandes tendances, *Evolution du diplôme des ingénieurs, La typologie des diplômés*, pp. 16 -18.

16 Ibid.

l'ingénieur» accentué pour les plus jeunes, par «la capacité à s'intégrer dans une organisation, à l'animer la faire évoluer» et à «prendre en compte des enjeux industriels économiques et professionnels». Tous en revanche s'accordent pour réserver une place limitée aux valeurs sociétales (exemple du développement durable) et à l'éthique.

Compte tenu de cette enquête et du contexte professionnel mobile évoqué précédemment, les objectifs affichés pour les SHS sont à définir précisément. Le choix est fait d'une insertion intitulée «Dimension humaine, économique et sociale» dont l'objectif est moins la culture générale de l'ingénieur que la participation à la professionnalité de celui-ci. Sur quels éléments repose cette assertion et comment la formation se structure-t-elle pour répondre à cette orientation?

Les évolutions rapides des sociétés, la diversification et l'internationalisation des activités conduisent à réinterroger le rôle et la place de l'ingénieur. Conscient des enjeux et des responsabilités inhérentes à sa fonction, c'est un rôle d'interface entre les techniques et les usages sociaux que l'ingénieur doit désormais tenir. En outre les SHS doivent permettre une meilleure connaissance de l'entreprise et faciliter l'interaction dans les rapports professionnels. Ce contexte complexe, conduit à considérer les SHS comme un vecteur facilitant l'«adaptation» aux réalités socio-professionnelles tout en permettant une «émancipation» des individus avec des éléments de culture qui dépassent le contexte strict de la profession. Un équilibre doit être trouvé entre «adaptation» et «émancipation». Ainsi, un trop grand déplacement vers l'adaptation pourrait conduire à une instrumentalisation des savoirs en réduisant ces derniers à des techniques de management, alors qu'à l'inverse, la seule émancipation pourrait produire une généralisation des savoirs trop éloignés des préoccupations des ingénieurs.

De fait, développer une ouverture personnelle et élaborer un projet professionnel, acquérir des savoirs et savoir-faire nécessaires à l'exercice du métier (notamment lors de la prise en compte de problèmes complexes), comprendre la société et savoir situer sa place et son rôle d'ingénieur, constituent trois objectifs nécessaires à cet équilibre entre adaptation et émancipation.

Par ailleurs, si ces orientations sont effectivement prises en compte, cette condition n'est pas suffisante et il convient de préciser que les disciplines SHS ne sont pas émancipatrices ou adaptatrices en tant que telles; c'est la manière dont elles sont enseignées qui doit permettre aux ingénieurs de «penser et d'agir» (exemple de l'économie qui peut être présentée comme un ensemble d'outils techniques ou bien abordée comme une compréhension globale des échanges)

Enfin, et cet aspect résonnera dans le cadre des autres types de formation, il s'avère nécessaire dans ce nouveau contexte lié aux compétences structurant la formation de développer des travaux de recherche. Ces travaux menés au sein des écoles d'ingénieurs, doivent permettre de mieux identifier les savoirs, activités, environnements socioprofessionnels et enjeux sociétaux qui caractérisent aujourd'hui la profession d'ingénieur. Cette question est à peine ébauchée par la CTI.

## Facultés de médecine et SHS

La question de l'implication des SHS dans les parcours professionnels scientifiques concerne d'autres domaines que les seules écoles d'ingénieur. C'est le cas des études de médecine qui entretiennent un rapport particulier avec les SHS dont il paraît tout aussi intéressant de pointer les spécificités que les points de convergence avec les préconisations repérées dans le cadre de la CTI.

Le *Manuel*<sup>17</sup> qui constitue un ouvrage pluridisciplinaire destiné à accompagner l'enseignement de sciences humaines et sociales au sein de la formation médicale et des formations en santé servira de base à la comparaison et à l'analyse. Il convient ici de préciser que cet ouvrage, contrairement au texte de la CTI examiné dans la partie précédente, ne présente aucun caractère officiel.

L'ouvrage s'adresse aux étudiants et à tous ceux qui s'engagent dans les métiers du soin ou qui s'intéressent aux questions épistémologiques, éthiques et sociales impliquées par la médecine contemporaine. «Les SHS peuvent-elles aider les futurs médecins dans l'exercice de leur métier? » est la question centrale dont se saisit le *Manuel*.

Le premier élément commun aux formations, concerne le changement de contexte; comme cela a été précédemment évoqué pour les écoles d'ingénieurs, les mouvements qui touchent au contexte d'ensemble sont des éléments déterminant pour comprendre que l'exercice de la médecine a changé. C'est ainsi que Jean-Marc Mouillie et Tzvetan Todorov (respectivement auteurs de l'introduction et de la préface) pointent une tension de plus en plus forte entre d'une part, des avancées scientifiques et technologiques d'envergure (indispensables pour améliorer le diagnostic, la thérapie, la compréhension d'un mécanisme biologique...) et d'autre part, une médecine qui se doit de prendre en compte la spécificité du

---

17 Bonah, C., Haxaire, C., Mouillie, J.M., Penchaud, A., L., Visier, L. (dir.) Médecine, santé et sciences humaines. Manuel du Collège des enseignants de SHS en médecine et santé, Paris, Les Belles Lettres, 2011.

patient et qui, de manière générale, doit être attentive à ses propres finalités. Entre un pôle scientifique et humain, le «médecin pourrait bien avoir 2 têtes». C'est ainsi que Michel Serres cité dans l'introduction de Mouillie traduit cette sorte de double identité indispensable à l'exercice d'une médecine pleine et entière. C'est cette identité autour de laquelle se structure aujourd'hui la professionnalité du médecin. De fait, si une situation professionnelle courante pour un médecin implique des connaissances disciplinaires rigoureuses, la prise en charge du patient compte tenu des spécificités de ce dernier, et les réponses à porter à des demandes sociétales diverses (avis en tant qu'experts des tribunaux, médecine du travail ) font également parties des prérogatives attachées à la mission professionnelle.

Ainsi, le travail du médecin ne peut se réduire à un travail strictement scientifique, à une prestation technique, réduisant par là même le patient à un objet manipulé. Ce n'est pas un «ingénieur du corps»<sup>18</sup> (il serait sans doute plus précis d'indiquer qu'il n'est pas un «mécanicien du corps» compte tenu de la diversité des approches développées au sein des écoles d'ingénieur!) Pour que les deux têtes puissent coexister de manière équilibrée, la pratique de la médecine ne peut se passer d'une réflexion non scientifique (ou non exclusivement scientifique), qui interroge ses orientations, ses finalités, ses responsabilités. L'accent est mis sur le fait que les éléments de SHS ne sont pas là comme éléments de culture scientifique mais qu'ils doivent permettre d'interroger le cœur de la médecine en favorisant des rencontres pluridisciplinaires (dimension éthique, référence à la littérature, histoire de la médecine...)

Pour l'enseignement, plutôt qu'une transmission de savoirs, il s'agit davantage de donner des repères (historiques, juridiques et conceptuels), de faire une introduction aux problèmes, de sensibiliser au questionnement. Ces objectifs très proches de ceux évoqués pour les écoles d'ingénieurs résultent d'une même problématique pour laquelle les SHS sont mobilisées afin de répondre à un changement de contexte caractérisé dans les deux cas par une tension entre un pôle de connaissances scientifiques indispensables à l'exercice des métiers et la prise en compte de spécificités qui leur sont attachées.

Dans ce cadre, il apparaît clairement que la place allouée aux SHS ne peut se réduire à l'apport de connaissances factuelles mais que c'est davantage la manière de saisir les problématiques diverses, afin de construire du sens autour de ces pro-

---

18 L'expression citée par Todorov est de Rony Brauman (Médecin humanitaire, ancien président de Médecins sans frontières).

blématiques et d'appréhender les caractéristiques propres aux métiers qui sont mis en avant.

La diversité des thèmes abordés dans le Manuel ne permet pas de rendre compte ici de l'ensemble des orientations prises pour approcher au plus près les objectifs pointés ci-dessus. Toutefois, afin d'illustrer nos propos, nous avons fait le choix de présenter succinctement deux études de cas développées dans le Manuel. La première intitulée *Nature de la médecine*

met l'accent sur le statut de la médecine; cette dernière est-elle science ou bien art? La question qui peut sembler décalée, peu pertinente dans le contexte codifié et structuré d'une médecine légitimée par la recherche scientifique, renvoie pourtant directement à la pratique médicale. De fait, si considérer la médecine comme une science apparaît être une condition nécessaire, cette condition est jugée insuffisante. Ainsi, la science médicale permet d'expliquer et de prévoir les phénomènes observés, elle constitue le fondement des savoirs et des savoirs faire techniques relatifs aux soins que le médecin doit dispenser. Elle garantit la légitimité des pratiques thérapeutiques en reconnaissant le statut académique et social du médecin qui, de part son parcours au sein de la faculté, se démarque de praticiens tournés vers des pratiques alternatives. Pourtant, la science médicale se distingue des savoirs scientifiques avec la prise en compte de spécificités relatives à l'objet d'étude. Maël Lemoine qui signe cette étude souligne l'originalité des savoirs qui introduisent la notion de valeur dans les énoncés. Il rappelle qu'un énoncé médical est à la fois descriptif conformément à tout énoncé scientifique, et également prescriptif puisqu'il est porteur de recommandations indiquant «ce qui vaut ou ne vaut pas d'être tenté»<sup>19</sup>. Le caractère prescriptif n'apparaît cependant pas comme étant une contradiction avec la nature scientifique des énoncés, il engage à une réflexion plus fine et plus élaborée des méthodes à l'œuvre dans le cadre d'une pratique qui se doit d'interroger les connaissances médicales et leur validité alors que l'objet d'étude associe fait et valeur, objectivité et subjectivité. La prise en compte de ces éléments engage l'auteur à revendiquer l'existence d'une science médicale : «[...] le développement, la sophistication méthodologique et surtout les résultats de la recherche, rendent impossible ou du moins très biaisée, l'affirmation qu'il n'existe pas de science médicale»

La deuxième étude de cas concerne l'éthique, et en particulier la nécessité dans des contextes sociétaux désormais plus ouverts, plus informés mais également

---

19 La Manuel ref [p. 53].

plus complexes, de distinguer l'éthique de la morale. Ainsi, là où la morale apparaît comme étant prescriptive, fondée sur des obligations et des impératifs, l'éthique engage à une mise à distance plus réflexive. La diversité des problèmes générés dans des sociétés multiculturelles ne trouve pas de réponses indiscutables et préalablement établies alors qu'une approche de la morale fondée sur des dogmes, des codes, et en prise avec une culture traditionnelle bien identifiée suppose des réponses précises à des situations anticipées. Bien que la morale ne puisse se réduire à des valeurs indiscutables et finalement ne pas se distinguer aisément de l'éthique, Jean Marc Mouillie auteur de l'article, invite à interroger cette différence. Se référer à des valeurs établies ou bien adapter son attitude face à certaines d'entre elles qui déroutent, questionnent voire font défaut constituent deux attitudes intéressantes à analyser dans le cadre d'une pratique médicale même si la distinction entre ces attitudes n'est pas nette. Rappelant que ce qu'une morale affirme peut être rejetée par une autre, l'auteur engage à dépasser les conflits pour «construire des accords raisonnables entre individus n'ayant pas les mêmes références morales». La problématique de l'excision constitue une illustration au propos. Pourtant porteur d'une valeur symbolique forte l'excision est un acte que le médecin ne pratiquera pas, alors qu'il tentera de modifier la demande du patient ce qui nécessite d'engager une discussion constructive pour laquelle le médecin devra avoir une compréhension suffisamment précise de la situation lui permettant de se décentrer de son point de vue personnel, et d'être à même de présenter plusieurs points de vue permettant de conduire la discussion de manière efficace.

## **Professionnalité des enseignants en sciences expérimentales: De nouveaux contextes pour l'enseignement**

Les deux études précédentes concernant les écoles d'ingénieurs et les facultés de médecine avaient pointé l'importance et les rapides mutations des contextes d'exercice conduisant à de nécessaires adaptations pour les formations professionnelles. Sans véritable surprise, c'est un constat identique qui est établi dans le domaine de l'enseignement. Ainsi, le *Plaidoyer pour un enseignement moderne*<sup>20</sup> présenté par Andreas Schleicher, responsable des questions éducatives auprès de l'OCDE, témoigne d'une situation critique pour laquelle l'école d'aujourd'hui doit

---

20 Document disponible sur le site: <<http://www.oecd.org/fr/general/plaidoyerpourunenseignementmoderne.htm>>. Site consulté le 16/09/2013.

opérer des mutations afin d'être en phase avec une société qui a subi des changements profonds. Cette fois encore, c'est bien la rapidité de l'évolution des contextes dans lesquels les professionnels doivent intervenir qui retient l'attention. Ainsi, pour Schleicher la mission première de l'école est moins de préparer l'élève à un métier socialement prédéterminé, qu'à le préparer à des emplois et à des technologies qui n'existent pas encore. Dans un tel cadre, l'enseignement dit traditionnel est nécessairement bousculé. Il s'agit plus d'être en mesure d'accéder et de discriminer les informations pertinentes, de les analyser de manière critique que d'apprendre «par cœur» des notions désormais accessibles à tous. «Aujourd'hui, l'enseignement s'apparente bien plus à un mode de pensée fondé sur la créativité, le raisonnement critique, la résolution de problèmes et la prise de décision. Il tient également à des méthodes de travail, notamment la communication et la collaboration, et à des outils de travail, y compris la capacité de reconnaître et d'exploiter le potentiel des nouvelles technologies, mais aussi d'éviter leurs écueils.»<sup>21</sup>

Finalement, ce sont les thèmes développés précédemment pour la formation des ingénieurs et des médecins qui sont également soulignés ici ; l'accent étant mis sur le rapport au savoir pour lequel les connaissances disciplinaires prennent leur sens en tant que telles, mais également parce qu'elles sont au service de l'analyse critique et de l'innovation.

## Professionnalité des enseignants de sciences expérimentales

Qu'est ce qui caractérise la dimension professionnelle d'un enseignant en sciences expérimentales<sup>22</sup>, autrement dit quelles sont les spécificités attachées à ces disciplines qui témoignent de cette dimension? Répondre à la question des enjeux associés à la place de l'EHST dans les parcours professionnalisant scientifiques nécessite de déterminer ces spécificités. C'est à cet examen qu'ont procédé les chercheurs du domaine, didacticiens des sciences expérimentales, avec pour ambition de mieux identifier les pratiques des enseignants de sciences, d'interroger la construction de ces pratiques et finalement de proposer des aménagements

---

21 <<http://www.oecd.org/fr/general/plaidoyerpourunenseignementmoderne.htm>>. Site consulté le 16/09/2013.

22 Si cette étude concerne davantage les enseignants de sciences physiques, il n'en demeure pas moins que beaucoup des aspects liés à la professionnalité sont partagés par les enseignants de sciences expérimentales. C'est le cas en particulier de cette partie.

en vue d'améliorer la professionnalité. Les travaux constitués d'étude de cas sont consignés dans un numéro dédié de la revue ASTER<sup>23</sup>.

Dans le numéro de synthèse qu'elles consacrent à ces questions, Claudine Larcher et Patricia Schneeberger pointent un changement d'orientation dans les recherches. Ainsi, après le développement de travaux principalement centrés sur les pratiques, et les conditions qui favorisent les ruptures avec des pratiques jugées inadaptées (d'un enseignement frontal à un enseignement constructiviste par exemple), les orientations actuelles portent davantage sur la diversité des modalités d'intervention offertes aux enseignants alors que des outils provenant de différentes disciplines sont mobilisés à ces fins (par exemple l'ergonomie, la notion de geste professionnel, la linguistique).

Ainsi, l'analyse des gestes professionnels et des pratiques langagières permettent de mieux identifier les types d'interaction dans la classe et renseignent sur la construction des savoirs et des modèles : comment le problème est-il construit? Quel statut est-il donné à l'argumentation, à l'expérience, à la confrontation des hypothèses à celle des résultats...?

Ces études qui visent à identifier les gestes professionnels permettant d'orienter les enseignants vers une construction des apprentissages scientifiques sont basées sur la comparaison de pratiques. Ainsi, dans le cadre d'un travail en classe de cinquième<sup>24</sup> concernant une thématique nouvelle qui met en jeu des notions préalablement abordées de manière autonome<sup>25</sup>, les enseignants sont invités à conduire un débat permettant l'introduction puis la construction d'un modèle. Une auto-confrontation leur permet ensuite de justifier les choix opérés durant la conduite de ce débat de classe. Ainsi, sans qu'une typologie des gestes professionnels ne soit ici établie, quelques grandes orientations, significatives des postures des enseignants, se détachent assez nettement.

La première orientation met clairement en évidence l'intention de l'enseignant de développer des compétences transversales telles que, présenter et justifier son point de vue, connaître et mobiliser des enjeux sociétaux. Si ces compétences participent à l'éducation du futur citoyen, le risque associé à un débat peu orienté

---

23 Larcher, C., Schneeberger, P. (coord.) Professionnalité des enseignants en sciences expérimentales, ASTER n° 45, 2007.

24 La classe de cinquième correspond en France à un enseignement dispensé pour des élèves de 12 à 13 ans.

25 Schneeberger, P., Robisson, P., Liger-Martin, J., Darley, B., Conduire un débat pour faire construire des connaissances de sciences, Ref [8], pp. 39-65.



réside dans l'absence de véritable structuration des savoirs condition *sine qua non* à l'élaboration d'un modèle cohérent.

La seconde posture se caractérise par l'orientation que donne l'enseignant aux réponses des élèves de manière à mettre en cohérence ces propositions avec le modèle attendu, au risque d'interférer sur la construction du modèle et que ce dernier échappe aux élèves.

La troisième orientation met l'accent sur le développement de l'argumentation et la nécessaire reformulation des avis exprimés. À partir d'une critique de choix différents des leurs, les élèves sont tenus de formuler des propositions argumentées afin de justifier leur point de vue. L'enseignant doit ainsi développer des compétences permettant d'animer le débat sans se l'approprier, de permettre la construction d'un modèle cohérent qui tienne compte des diverses propositions, de permettre à chacun de progresser dans la réflexion critique quitte à délaisser certaines hypothèses.

Ces compétences se traduisent pour l'enseignant par autant de gestes professionnels qui lui permettent d'ajuster sa position, d'évaluer le processus de construction des savoirs, d'identifier les obstacles à la construction d'un modèle. Par ailleurs, elles sont révélatrices d'une posture propre à l'enseignant : «[...] le rôle du professeur dans la définition et sa position quant au degré d'autonomie dévolue aux élèves, amènent à considérer ses gestes professionnels selon le paradigme dans lequel il se place. Ceci conduit à percevoir dans les gestes de l'enseignant, outre une dimension pédagogique et didactique, le reflet de sa position épistémologique»<sup>26</sup>

Les résultats obtenus mettent l'accent sur deux points importants. D'une part, ils étayent l'approche intuitive selon laquelle les gestes professionnels sont déterminés par la posture épistémologique de l'enseignant et d'autre part ces travaux soulignent le lien direct entre les gestes professionnels et la construction des apprentissages.

Ces résultats résonnent particulièrement avec les analyses précédentes concernant les études de médecine et d'ingénieur. Dans les deux cas, l'introduction des SHS constitue une réponse aux questions d'adaptabilité à un milieu professionnel mouvant avec pour les ingénieurs la confrontation à une plus grande diversité d'acteurs et des problématiques complexes alors que c'est une tension plus forte entre avancées scientifiques (et technologiques) et spécificités du patient qui caractérise le difficile équilibre auquel se confronte sans cesse le médecin. Rapportée au

---

26 Ibid., p. 43.

métier d'enseignant, la question du contexte s'avère essentielle, elle intervient notamment dans les relations aux savoirs, relations plurielles et changeantes comme en témoigne Andreas Schleicher dans le discours évoqué plus haut et qui incite vivement à développer l'esprit critique, seule solution selon lui dans un contexte pour lequel chacun accède instantanément à toutes sortes d'informations sans qu'aucune hiérarchie entre les données ne soit établie. Désormais, Il s'agit plus d'organiser de manière critique les données pour innover que de maîtriser des savoirs factuels qui restent toutefois des éléments indispensables à l'apprentissage d'une discipline scolaire. Se retrouve ici la tension évoquée plus haut entre discipline scientifique et spécificités des contextes.

Si l'expression «penser pour agir» évoquée dans les écoles d'ingénieurs traduit l'intérêt pour les SHS dans le cadre d'une meilleure connaissance des contextes, élément déterminant pour être en mesure de réagir dans toute sorte de situations, l'accent est également mis, dans les écoles de médecine, sur la nécessité de développer une meilleure connaissance de la discipline scientifique. Cette fois encore, il s'agit moins d'accumuler les données factuelles que d'aborder l'épistémologie de la discipline : «interroger ses présupposés, ses modes de pensées, ses représentations, montrer que ses objets sont des constructions culturelles et normatives»<sup>27</sup>, sont autant d'éléments qui éclaire la discipline sous un jour nouveau, permettent de l'interroger, de la situer par rapport à d'autres disciplines, de l'insérer dans un contexte culturel. Cette approche épistémologique de la discipline est considérée comme un élément déterminant qui doit conduire le professionnel à agir de manière plus adaptée. Transposée au métier d'enseignant, cette approche fait écho ; elle se traduit, conformément aux préconisations adoptées dans les écoles d'ingénieurs et les facultés de médecine, par la proposition d'introduire des éléments d'épistémologie dans la formation des enseignants afin d'influer les pratiques enseignantes autrement qu'en apportant des éléments de culture «en plus». Entre «adaptation» et «émancipation» pour reprendre les expressions employées pour positionner les enseignements de SHS introduits dans les écoles d'ingénieurs, entre problématique professionnelle et culture générale avec pour écueil l'instrumentalisation des savoirs ou au contraire la mise à distance entre enseignement et préoccupation professionnelle, les SHS doivent se situer en évitant ces positions extrêmes.

---

27 Ref [6], Introduction.

## Etude de cas: Enseigner l'énergie

C'est dans cette dynamique que s'inscrit le programme de recherche suivant qui vise à introduire des éléments d'EHST dans le cadre de la formation des enseignants de sciences physiques. Le programme intitulé «Le concept d'énergie de son histoire à son enseignement» s'articule autour de deux grands domaines participant de manière complémentaire à la structuration d'un troisième domaine dédié à l'enseignement de l'énergie. Dans son ensemble le programme vise à élucider le concept d'énergie et à proposer des éléments pour un enseignement rénové. A cet égard la recherche privilégie une entrée par la formation des enseignants de sciences physiques, condition *sine qua non* à un enseignement effectivement revisité.

Le premier domaine qui consiste en une étude historique et épistémologique du concept et analyse de la manière dont le concept traverse les moments de rupture qui caractérisent la physique du début du XX<sup>ème</sup> siècle. Il s'agit en particulier d'examiner comment les fonctions et propriétés de l'énergie (caractère unificateur, invariance etc.) se comportent avec l'avènement de domaines nouveaux (relativité et mécanique quantique). Le deuxième domaine d'étude concerne la diffusion du concept d'énergie dans d'autres champs disciplinaires que son domaine d'émergence, disciplines scientifiques ou non (chimie, biologie, géologie, psychologie, économie et arts). La question est de savoir comment et pourquoi le concept d'énergie a été importé : quête de légitimité scientifique, besoin théorique, facilité d'usage du principe ? Plus encore il s'agit de connaître les usages et les pratiques développées dans un cadre disciplinaire nouveau. Le concept est-il redéfini, ou bien au contraire les fonctions et propriétés qui le définissent sont-elles conservées ?

Ces deux approches doivent venir enrichir la partie dédiée à l'enseignement de l'énergie en participant à l'élucidation du concept et en apportant un éclairage particulier sur les usages et les pratiques à l'œuvre.

Concernant l'enseignement du concept, force est de constater que celui-ci est jugé de la part des enseignants et des chercheurs du domaine comme étant morcelé, formel et dogmatique. Lemeignan et Weil-Barais<sup>28</sup> traduisent parfaitement cet état de fait : « Il semble [l'enseignement de l'énergie] se réduire à l'exposé de relations mathématiques définitives de grandeurs physiques, sans que soit justifiée la nécessité de procéder à des élaborations conceptuelles (...) Les connaissances sont

---

28 Lemeignan, G. et Weil-Barais, A. Construire des concepts en physique. Hachette, Paris, 1993.

énoncées de manière dogmatiques et décontextualisées. L'expérience n'est le plus souvent qu'un prétexte pour illustrer démontrer ou appliquer une relation »<sup>29</sup> Ainsi, le concept apparait comme abstrait et difficile à définir alors que paradoxalement, il est régulièrement mobilisé dans le langage naturel, ne cesse de traverser les débats de sociétés et qu'il constitue un concept omniprésent dans les programmes scolaires<sup>30</sup> tant d'un point de vue de l'éducation scientifique que de l'éducation citoyenne. L'étude des conceptions attachées au concept (Watts, Trumper, Robardet & Guillaud)<sup>31</sup> témoigne d'erreurs fréquentes et tenaces y compris après un apprentissage traditionnel (Trumper 1990) alors que les principales stratégies d'enseignement proposées se heurtent à des obstacles tels la mise en place de dispositifs précis mais complexes<sup>32</sup>, des choix didactiques sujet à controverse<sup>33 34</sup> et les propres conceptions des enseignants qui témoignent d'un malaise résultant d'un concept insuffisamment maîtrisé.

Ces divers éléments concernant les conceptions des enseignants relatives à l'énergie et à son apprentissage, incitent à mener une réflexion plus approfondie sur ce qui fait obstacle à la mise en œuvre d'un enseignement convaincant et conduit à porter notre attention sur la formation des enseignants. Une première étape à ce travail réside nécessairement dans la clarification du concept, de son principe de conservation et des concepts connexes (notamment travail, force, chaleur). Cela engage à la mise en place d'un travail réflexif d'ordre épistémologique

---

29 Ibid. préciser la page

30 Thème de convergence du collège, le concept est véritablement introduit dans les programmes de troisième, il structure les programmes de première et demeure très présent dans les programmes Terminale y compris sur les questions sociétales.

31 Watts, D. Some alternative views of energy. *Physics Education*, 18, 213-217, 1983.

Trumper, R. Being Constructive: An Alternative Approach to the Teaching of the Energy Concept, Part one. *International Journal of Science Education*, 12, 343-354, 1990.

Robardet, G. et Guillaud, J.-C. *Eléments d'épistémologie et de didactique des sciences physiques*. Publication de l'IUFM de Grenoble, 1995.

32 Voir par exemple Lemeignan & Weil-Barais (1993), Robardet & Guillaud (1995) ainsi que les documents d'accompagnement pour la classe de première (Programmes 2001) qui introduisent une méthode consistant à définir des relations sémantiques entre objet avant d'aborder toute conceptualisation.

33 Voir par exemple les travaux de Duit (1987) et Millar (2005) qui proposent d'introduire dans un premier temps comme étant une substance quasi matérielle. Duit, R. (1987). Should energy be introduced as something quasi-material? *International Journal of Science Education*, 9, 139-145. Millar (2005) Teaching about energy. Department of educational studies, research paper 2005/11, published online

34 Duit, R. Should energy be introduced as something quasi-material? *International Journal of Science Education*, 9, 139-145, 1987.

Millar, R. Teaching about energy. Department of educational studies, research paper 2005/11, published online, 2005.

sur le concept d'énergie afin de favoriser l'appropriation du concept. Plus précisément, il s'agit de rendre compte des propriétés et du statut du principe en renvoyant au contexte d'émergence, aux problèmes théoriques (questions relatives à la dissipation d'énergie ou bien à la nature de la chaleur), aux situations expérimentales (la question de l'augmentation de la rentabilité des machines), au formalisme mathématique (l'expression analytique de la chaleur comme nécessité pour exprimer le bilan lors d'un cycle d'opérations de Carnot) et également au contexte philosophique, la période étant l'objet de nombreux débats à propos des concepts fondateurs de la physique<sup>35</sup>.

Ces diverses étapes qui prennent appui sur l'EHST s'avèrent indispensables pour les enseignants et la formation doit se structurer en articulant l'ensemble des caractéristiques du concept (propriétés, fonction) en évitant le piège d'une histoire et d'une épistémologie du concept trop complexes et trop détaillées. Comme précédemment pour les écoles d'ingénieurs et les facultés de médecine, le choix a été fait d'introduire l'EHST pour construire du sens grâce à des apports accessibles et en prise avec la pratique professionnelle. Ainsi et sans qu'il ne soit possible ici d'en détailler les contenus, la formation se structure selon trois points, trois questions abordées successivement.

#### *D'où vient le concept d'énergie ?*

L'étude de cette question vise à remettre en cause la vision selon laquelle le concept d'énergie, avec la signification que nous lui attribuons aujourd'hui, aurait toujours été disponible pour les scientifiques. Le but de la formation est ici non seulement de faire prendre conscience aux enseignants que ce concept, dans son acception scientifique actuelle, ne s'est stabilisé en physique qu'au milieu du XIXe siècle, mais aussi de leur fournir des éléments pour comprendre pourquoi il s'est stabilisé à ce moment et comment s'est opéré ce processus de stabilisation. Cette approche permet en particulier de travailler l'idée de simultanéité attachée à une émergence ainsi que la nécessité d'explicitier les contextes scientifiques et culturels.

#### *Qu'est ce que l'énergie ?*

Pour que les enseignants puissent pleinement saisir la signification du concept d'énergie, il convient dans la formation de leur préciser l'ensemble des caractéristiques de ce concept, plutôt que de l'introduire en le réduisant au principe de la conservation de l'énergie. Lors du traitement de cette question, il nous semble

---

35 Freuler, L. (1995). Les tendances majeures de la philosophie autour de 1900, in Les savants et l'épistémologie vers la fin du XIXe siècle, éd. Marco Panza et Jean-Claude Pont, Paris, Albert Blanchard, p. 1-15.

également opportun de discuter les conceptions erronées des élèves qui peuvent constituer des obstacles à l'apprentissage du concept.

*À quoi sert le concept d'énergie ?*

Afin que les enseignants comprennent et puissent justifier auprès de leurs élèves l'omniprésence du concept d'énergie dans les programmes, la formation devra clarifier les différentes fonctions que ce concept permet de remplir dans l'activité scientifique. Cette orientation permet notamment d'explicitier les contextes scientifiques technologiques et de travailler le statut de l'expérience ainsi que celui attaché à la mesure.

Finalement une telle formation vise en premier lieu la contextualisation ; il convient de donner du sens à un concept abstrait et polymorphe. Il s'agit également de discuter la notion de preuve, le rôle de l'expérience dans la construction théorique, la nature des concepts en jeux et leur statut. Compte tenu de ces éléments, il est nécessaire de repenser les pratiques, par exemple la capacité à clarifier les problèmes, à interroger la construction des contenus et leur insertion dans les programmes scolaires.

On retrouve ici les principaux objectifs visés par les écoles d'ingénieurs et les facultés de médecine: «penser pour agir» avec un «agir» le plus adéquat possible, celui déterminant le geste professionnel le mieux adapté à une situation donnée. Ingénieurs, médecins et enseignants présentent ici des problématiques similaires.

L'épistémologie l'histoire des sciences et des techniques peuvent-elles aider les futurs enseignants de sciences dans l'exercice de leur métier? L'étude précédente a montré qu'elles le devraient en questionnant les objets et les méthodes à l'œuvre, dans l'exercice courant de la profession et non en apportant des savoirs factuels disjoints des pratiques. C'est bien dans cette dynamique que sont engagées certaines écoles d'ingénieurs et que les sciences humaines et sociales sont introduites dans les études de médecine. Il reste à penser les modalités pour la mise en place et l'évaluation de ces insertions qui visent à toucher la professionnalité.

## Références

DANIELLE, F. La «longue marche» de l'enseignement de l'histoire des sciences et des techniques, *TREMA*, n°26, octobre 2006, pp. 35-49.

Arrêté du 9 juillet 2008.

Bulletin officiel spécial n°9, du 30 septembre 2010.

Le référentiel de compétences des enseignants. BO du 25 juillet 2013.

Document disponible sur le site de la CTI <http://www.cti-commission.fr/Missions-de-la-CTI>.

BONAH, C.; HAXAIRE, C.; MOULILLIE, J. M; PENCHAUD, A.; L., VISIER, L. (dir.)  
*Médecine, santé et sciences humaines*. Manuel du Collège des enseignants de SHS en médecine et santé, Paris, Les Belles Lettres, 2011.

Document disponible sur le site: <http://www.oecd.org/fr/general/plaidoyerpourunenseignementmoderne.htm>. Site consulté le 16/09/2013.





# Desenho de tarefas para o desenvolvimento da cognição e metacognição matemática

*Tânia Cristina Rocha Silva Gusmão*

## Introdução

O desenho e a análise de tarefas na educação matemática, atualmente, estão recebendo uma atenção especial em nível internacional. O que os estudantes aprendem está intimamente relacionado às tarefas que oferecemos a eles, entretanto, não basta propor um trabalho com elas é preciso, entre outras coisas, direcionar a atenção dos estudantes para o desenvolvimento e aquisição de conceitos e desenhá-las considerando a forma como esses deveriam adquirir seus conhecimentos. Neste texto, pretendemos apresentar alguns estudos que têm como princípio o desenvolvimento de experiências de aprendizagem que se destina, entre outros aspectos, a promover o desenvolvimento de conceitos, da cognição e metacognição matemática por meio do desenho de tarefas.

## Sobre as tarefas

Quando se fala do termo tarefas matemáticas remetemos nosso pensamento a uma acepção das velhas práticas de atividades obrigatórias impostas pelo professor na sala de aula, as velhas listas de exercícios, às atividades de revisão, de fixação de conteúdos, as que requerem treino, memorização e aplicação de fórmulas, as que valorizam os resultados finais em detrimento do processo, as que requerem, normalmente, uma única resposta e que ademais sejam resolvidas seguindo um único modelo, o do professor ou o do livro. (POCHULU, et al., 2013)

Atualmente, as novas tendências em Educação Matemática destacam o uso de recursos metodológicos e de estratégias inovadoras com vistas à melhoria do Ensino e da Aprendizagem de Matemática, e nesse contexto se encontram as tarefas.

Concretamente, algumas pesquisas no âmbito internacional recuperam o termo tarefas, ressignificando-o e atribuindo-lhe grande importância para a construção de conhecimentos. Em especial, destacamos os trabalhos mais recentes apresentados no 12th International Congress of Mathematical Education (ICME 12; Seul, Coreia, 2012), no VII Congreso Iberoamericano de Educación Matemática (VII CIBEM, Montevideo, Uruguay, 2013) e no 22th International Commission on Mathematical Instruction (ICMI Study 22, Oxford, UK, 2013).

Em uma nova aceção de tarefas, elas são concebidas como: contextos e situações diversificadas de sequências pensadas e planejadas pelo professor com o intuito de colaborar para uma adequada aprendizagem dos estudantes (POCHU-LU, et al., 2013); atividades cruciais para conduzir/modelar a atividade matemática colocada em prática (GODINO, 2013)

[...] um conjunto de atividades pensadas e desenhadas pelo professor cujo objetivo é desenvolver e avaliar destrezas cognitivas e metacognitivas dos estudantes, em relação a determinado conteúdo matemático, por meio da aprendizagem significativa de conceitos e do desenvolvimento da aprendizagem científica. (GUSMÃO, 2009, p. 2)

Segundo Stein e Smith (2009), os seguimentos das atividades da sala de aula dedicada ao desenvolvimento de uma ideia matemática particular; são fatores-chave no desenvolvimento de experiências didáticas ricas, que ajudam os professores a ensinar e formam a base para os alunos aprender. (DOYLE, 1988, apud VALE, 2014)

Nesse contexto, há de se destacar que embora, hoje, haja toda uma ressignificação do que vem a ser tarefas, essa temática não é nova já que muitos teóricos na Área de Educação Matemática sempre as tiveram como um elemento central em suas pesquisas, como bem observa Godino (2013, p. 2):

[...] o assunto não pode ser considerado como algo novo porque o projeto e a análise de tarefas tem sido fundamental em várias abordagens teóricas, como, por exemplo, na teoria das situações didáticas (TSD, Brousseau, 1998), teoria antropológica do didático (Chevallard, 1999) a abordagem Ontosemiótica de conhecimento e a instrução matemática (EOS, Godino, Batanero e Fonte, 2007), ou no âmbito da 'educação matemática realista' (Van den Heuvel-Panhuizen e Wijers, 2005). A abordagem metodológica da didática da engenharia (Artigue, 2011), baseado no TSD e mais geralmente a pesquisa baseada no projeto (IBD, Kelly, Lesh e Baek, 2008), concede um papel essencial

para a seleção e análise da tarefas como ponto de partida de processos de ensino e aprendizagem da matemática. A metodologia de aprendizagem baseada em projetos (Batanero e Diaz, 2011; 2004) MacGillivray e Pereira - Mendoza, 2011) é outra iniciativa no mesmo sentido como o projeto e a análise de tarefas, neste caso para a educação estatística.<sup>1</sup>

O certo é que as tarefas matemáticas fazem parte da rotina da sala de aula, do processo de ensino e de aprendizagem e costumam ter diversas finalidades indo desde o treino de aplicação de fórmulas a construção de novos conceitos.

O que os estudantes aprendem está intimamente relacionado às tarefas que oferecemos a eles. (HIEBERT; WEARNE, 1997) Nesse sentido, as tarefas devem ser muito bem planejadas e deixar claro as intenções educativas que se espera alcançar. Na perspectiva de uma educação matemática que favoreça a autonomia da aprendizagem dos estudantes, as tarefas são um meio de ajudá-los a desenvolver a percepção das relações que os conteúdos da Matemática podem ter uns com os outros dentro dessa própria disciplina, com os conhecimentos prévios que ele possui e com conteúdos de outras áreas de conhecimento. A riqueza de uma tarefa bem planejada e com fins educativos contribui para a melhoria do ensino e auxilia o professor a perceber o alcance de suas ações no desenvolvimento da cognição e metacognição matemática de seus alunos.

A metacognição pode ser entendida como o conhecimento que uma pessoa tem acerca de seus próprios processos e produtos cognitivos. Tanto a cognição como a metacognição emergem das experiências que uma pessoa vai adquirindo em vários contextos como, por exemplo, com as tarefas matemáticas que realizam em sala de aula. (GUSMÃO; CAJARAVILLE; FONT; GODINO, 2014)<sup>2</sup>

---

1 [...] el tema no se puede considerar como algo novedoso ya que el diseño y análisis de tareas viene siendo central en diversos enfoques teóricos como, por ejemplo, en la Teoría de Situaciones Didácticas (TSD, Brousseau, 1998), en la Teoría Antropológica de lo Didáctico (Chevallard, 1999), en el Enfoque Ontosemiótico del conocimiento y la instrucción matemática (EOS, Godino, Batanero y Font, 2007), o en el marco de la 'Educación Matemática Realista' (Van den Heuvel-Panhuizen y Wijers, 2005). El enfoque metodológico de la *ingeniería didáctica* (Artigue, 2011), basada en la TSD, y de manera más general las *investigaciones basadas en el diseño* (IBD, Kelly, Lesh y Baek, 2008), conceden un papel esencial a la selección y el análisis de las situaciones-problemas/tareas como punto de partida de los procesos de enseñanza y aprendizaje de las matemáticas. La metodología de aprendizaje basado en proyectos (Batanero y Diaz, 2004; 2011; MacGillivray y Pereira- Mendoza, 2011) constituye otra iniciativa en la misma dirección que el diseño y análisis de tareas, en este caso para la educación estadística. (GODINO, 2013, p. 2, tradução nossa)

2 A metacognição pode sofrer influência de contextos diversos e, nesse sentido, podemos dizer ainda que é "un conocimiento teórico-práctico-social, que acompaña a la cognición (interaccionando ambos con-

Quando uma pessoa pensa ativamente sobre o que está fazendo ao realizar uma tarefa intelectualmente exigente, desafiadora e é capaz de exercer controle sobre seus próprios processos cognitivos, ela está exercendo habilidades metacognitivas e essas habilidades fazem do indivíduo um usuário hábil do conhecimento, consciente de que é necessário organizar previamente de alguma maneira a conduta que colocará em prática. (CRESPO, 1993; GONZÁLEZ, 1997, apud GUSMÃO, 2006) Para Brown (1987), as habilidades metacognitivas são os “mecanismos autorreguladores” que emprega uma pessoa durante a tentativa de resolver problemas.

As tarefas que normalmente levam ao desenvolvimento da cognição e metacognição requerem de processos de generalização e levam os estudantes a se expressarem livremente, fugindo de respostas estereotipadas.

Tarefas que mais provavelmente envolvem estratégias metacognitivas são aquelas que exigem generalização [...] e que visam coordenar as tarefas individuais porque elas forçam a pessoa a refletir e experimentar e auto-regulação. Portanto, avaliar a metacognição é fundamental escolher trabalhos que exigem a intervenção de processos conscientes. Pensamentos e ações normalmente conscientes são: 1) envolvidos em uma ação não-automatizadas; (2) envolvidos nas tarefas em que indivíduos têm de fazer escolhas e decidir sobre se uma nova tarefa requer o uso de um paradigma anterior; e (3) que ocorrem em situações em que não vale a abordagem usual, porque não há uma forma que funcione como uma interrupção temporária de comportamento e pensamento.<sup>3</sup>

Nesse contexto, ainda, é necessário considerar que o trabalho com tarefas para ser efetivo é preciso direcionar a atenção dos estudantes no desenvolvimento e aquisição de conceitos e desenhá-las considerando a forma como os alunos deveriam adquirir esses conceitos e ter, entre outras, as seguintes características: não ser rotineiras e proporcionar condições ótimas para o desenvolvimento cognitivo (CHRIS-

---

tinuamente, sin que se pueda considerar que uno determina al otro de manera mecánica), pudiendo ser desarrollado y/o incrementado al mismo tiempo que el conocimiento cognitivo es desarrollado, y como tal es resultado de las exigencias de la conducta social efectiva y satisfactoria y que además, se usa y se cambia bajo constricciones contextuales.”. (GUSMÃO et al., 2014, p. 260)

- 3 Las tareas que más probablemente implican estrategias metacognitivas son las que requieren generalización [...] y las que obligan a coordinar tareas individuales porque fuerzan a que la persona reflexione, ensaye y autorregule. Por tanto, para evaluar la metacognición hay que elegir tareas que requieran la intervención de procesos conscientes. Los pensamientos y acciones típicamente conscientes son: 1) los implicados en una acción no automatizada; 2) los implicados en tareas en que los sujetos tienen que hacer elecciones y enjuiciamientos sobre si una tarea nueva requiere la utilización de un paradigma previo; y 3) los que se dan en situaciones en que no vale la estrategia habitual, porque se produce una interrupción más o menos momentánea de la conducta y del pensamiento. (BORKOWSKI, 1985 apud MAYOR et al., 1993, p. 147, tradução nossa)

TIANSEN; WALTHER, 1986); ser desafiantes, mas não em excesso, estando ao alcance dos alunos (SCHOENFELD, 1985; GUBERMAN; LEIKIN, 2013); serem autênticas, fomentar a colaboração e serem entreteridas. (FREDERICKS; BLUMENFELD; PARIS, 2004)

As tarefas podem ser classificadas em abertas e fechadas, admitir uma única ou múltiplas respostas, apresentar níveis de raciocínio e de exigências diferentes e requerer maior ou menor esforço cognitivo.

As tarefas denominadas fechadas são aquelas relacionadas à primeira aceção aqui mencionada, normalmente exigem um baixo nível de desempenho cognitivo dos alunos e uma única resposta. São exemplos de tarefas fechadas: arme e efetue determinada conta; um retângulo tem lado 5 cm e o outro 7 cm, qual a sua área?

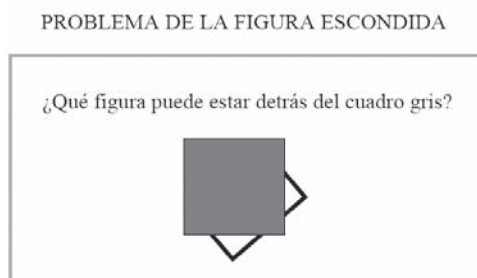
O professor deve ter o cuidado para que no contexto das tarefas fechadas, o seu papel não se reduza a um simples avaliador/corretor de procedimentos certos ou errados.

As tarefas de tipo abertas se enquadram na segunda aceção, admitem múltiplas respostas e múltiplas representações, possibilitam uma maior interação e comunicação em classe, exigem maior desempenho cognitivo, desafiam os alunos a buscar/criar estratégias para solucionar o problema, dão espaço para a subjetividade, cria um ambiente propício para o desenvolvimento da autonomia, do autoconhecimento e, portanto, da metacogção. (ZASLAVSKY, 2008; SWAN, 2008; GUSMÃO, 2006)

O papel do professor, no contexto das tarefas abertas, é de uma pessoa que constantemente está levantando questões, estimulando a discussão, proporcionando aos alunos a reflexão necessária para que percebam a relação, quando existe, entre conceitos e entre outras áreas de conhecimento.

Um exemplo desse tipo de tarefas pode ser ilustrado com o seguinte problema de Gusmão (2006):

Figura 1 - Problema de “la figura escondida”



Outro exemplo, nesse caso, proposto por Sullivan e Clarke (1992) seria: um retângulo tem 30 unidades de perímetro. Qual poderia ser a sua área? Para estes autores os bons problemas e aqui estendemos as boas tarefas são aquelas consideradas abertas e que implicam múltiplas respostas corretas.

Zaslavsky (1995) em seus estudos apresenta-nos uma proposta de como transformar um problema com uma única solução em um problema aberto, com múltiplas soluções.

## **Sobre o desenho de tarefas**

O desenho de tarefas matemática se refere ao processo de elaboração, criação e preparação de situações matemáticas a serem aplicadas em sala de aula e o redesenho de tarefas, faz referência ao processo de adaptação, adequação e ajustes das mesmas. (POCHULU, et al., 2013, p. 2)

Alguns dos critérios apresentados por Pochulu e outros (2013) para o desenho e redesenho de tarefas são: (a) Propor tarefas abertas, isto é, que admitam mais de um caminho para solucioná-las; (b) Não fornecer nos enunciados das tarefas possíveis maneiras de resolvê-las; (c) Se as tarefas estiverem inseridas no contexto vivenciado pelos alunos, que estes sejam relevantes, não decorativos; (d) Evitar informações desnecessárias; (e) Solicitar as justificativas e explicações dos alunos da escolha dos passos realizados; (f) Que o uso de novos recursos sejam necessários para resolver as tarefas.

## **Nossa experiência com o desenho e redesenho de tarefas**

Nossa experiência trabalhando com futuros professores e professoras em exercício, visando, por em prática, a metodologia do desenho de tarefas para o desenvolvimento de conceitos matemáticos e, como consequência, da cognição e da metacognição tem apontado para a grande dificuldade que se tem no processo de criação ou desenho de tarefas. Ambos, professores e futuros professores, e aqui me incluo, somos frutos de uma formação em que a nossa prática se reduz/reduziu a simplesmente dar respostas. Tudo vem pronto é só responder. Não estamos acostumados a criar, a desenhar tarefas, ainda mais quando se tratam de perguntas abertas ou que admitem múltiplas respostas e múltiplas representações. O pouco que temos conseguido é trabalhar na esfera do redesenho, adaptando-as aos contextos de interesses ou fazendo pequenas modificações em seus elementos,

ainda sim com dificuldades. No entanto, consideramos que há um balanço positivo quando o trabalho com essa metodologia tem provocado reflexões e aprendizagem na formação matemática desses professores que passam a reconhecer a importância do papel das tarefas e a necessidade de mais estudos sobre os domínios da matemática básica. Nesse contexto, acreditamos que será o contato ativo e prolongado com tarefas significativas e diversificadas (STEIN; SMITH, 2009); que ajudará professores e futuros professores no desenho e redesenho de novas tarefas para a melhoria da educação matemática que receberam.

Temos investido em práticas de intervenção pedagógica por acreditar que professores necessitam experienciar na prática aquilo que não tiveram oportunidade quando eram estudantes. Para os processos de intervenção, temos previamente desenhado sequências de ensino visando o desenvolvimento de conceitos e, portanto, da cognição e metacognição matemática. Concretamente fazemos as seguintes aproximações:

- **Seleção do conteúdo** - Seleccionamos o conteúdo a ser trabalhado com base em um teste diagnóstico para saber as reais e urgentes necessidades dos professores. Normalmente, as necessidades estão vinculadas as suas maiores carências em termos de conteúdo disciplinar ou didático. Ou querem que realizemos com eles uma experiência para que aprendam melhor um conteúdo ou para que ensinam didaticamente melhor determinado conteúdo. Esta seleção de conteúdos é feita muito antes do processo de intervenção;
- **Planejamento** - O planejamento ocorre após a seleção dos conteúdos e também bem antes da intervenção. Procuramos tomar o cuidado de levar em conta os estudos científicos atuais na área, selecionando as leituras e as atividades que queremos adaptar ou redesenhar ou até mesmo para servir de inspiração para criação de outras. É uma etapa que envolve, sobretudo, tempo, muito estudo e reflexão sobre a forma como determinado conteúdo/conceito poderia ser apresentado pelo professor a seus alunos e sobre os possíveis erros e dificuldades que poderiam apresentar;
- **Desenho/criação** - Essa é uma etapa demorada, pois o processo de desenho/criação de uma tarefa requer muitas vezes de sucessivas reescritas, de idas e voltas. Temos a preocupação de que o desenho se torne o mais acessível possível, sem exigir formalização ao princípio, para que sintam a matemática, cuidando da linguagem e da apresentação, cuidando, sobretudo, dos elementos para que seja considerada uma boa tarefa, ou seja, autêntica, interessante, divertida, va-

riada, desafiadora (mas ao alcance do resolutor) e que na medida do possível as respondam sem precisar da ajuda;

- **Aplicação/intervenção com professores e futuros professores** - estando com as tarefas desenhadas partimos para o processo de intervenção com professores e futuros professores. Essa etapa tem acontecido em vários momentos:
  - **Contextualização da tarefa** - se dá com uma provocação ou com um disparador que pode ser uma série de perguntas para iniciar um diálogo/debate, a contação de uma história (fictícia ou real) ou, por exemplo, a leitura de uma notícia de jornal, que servirá como pano de fundo (e contexto) para explorar os conhecimentos prévios e fazer refletir, emergir e/ou relacionar as ideias e os conceitos presentes em cada tarefa;
  - **Realização da tarefa** - momento individual ou em grupo, em que se colocam em prática os pré-requisitos para fazer as relações necessárias com o novo, permitindo resolver com êxito a tarefa. Espera-se que nessa etapa a tarefa cumpra o papel de gerar o conflito cognitivo (no sentido de Piaget) para que encontrem a solução por si só.
  - **Feedback** - após a realização da tarefa abre-se o debate encorajando a participação de todos, visando avaliar a aprendizagem por meio da mesma, explorando os caminhos seguidos, debatendo os pontos que geraram dúvidas ou não ficaram claros, estimulando a expressar os entendimentos que tiveram. Nessa etapa espera-se que haja manifestação de certo domínio do conceito/conteúdo trabalhado.
  - **Formulação dos objetivos da tarefa** - depois de passado pelos três momentos anteriores solicitamos que professores e futuros professores formulem os objetivos para cada tarefa realizada. Tem sido muito significativo esse momento dado que uma vez realizada, compreendida e dominada a tarefa os participantes terão claro de quais objetivos se trataram e quais conteúdos implicaram. Nossa intenção é que esses professores descubram por si mesmos de que conteúdo se tratava e quais eram as metas educativas pretendidas.
  - **Redesenho/novos desenhos da tarefa** - o objetivo dessa etapa é melhorar as tarefas, reescrevendo-as ou modificando-as totalmente a fim de que elas alcancem o fim pretendido, a aprendizagem. Os redesenhos saem após sucessivas reescritas do problema e têm acontecido normalmente por meio de um processo de adequação ou pequenas modificações e são raros os momentos de criação de novos desenhos, ainda mais quando se trata de formular perguntas abertas. Professores e futuros professores reconhecem suas dificul-



dades nessa etapa e têm reclamado do tempo gasto na reelaboração e nos estudos acerca dos conhecimentos básicos e avançados sobre a Matemática.

- **Professores e futuros professores aplicam as tarefas com seus alunos** - esse é um momento em que os professores (acompanhados dos futuros professores) podem por fim colocar em prática o trabalho em que participaram e testar o efeito das tarefas. É um momento que tem enriquecido o desenho das tarefas visando melhorá-las. Particularmente, tem sido um momento prazeroso para os professores quando percebem o engajamento dos alunos nos trabalhos e ficam tomados pela surpresa quando percebem a rapidez com que muitos alunos resolvem os problemas.
- **Redesenho** - Após o trabalho realizado com professores e futuros professores revemos nossos planos reajustando as atividades com vistas a uma nova aplicação e melhoria dos desenhos para alcançar uma melhor aprendizagem da Matemática.

Concluimos, corroborando com Simon (1997), Steinbring (1998) e Ochoviet (2013), que a escolha das tarefas e a maneira como as conduzimos em classe, fazendo com que os alunos se aproximem delas e provocando o debate, é que fará a diferença para alcançar as intenções educativas e a qualidade da matemática em sala de aula.

## Referências

BROWN, A. Metacognition, executive control, self-regulation, and other more mysterious mechanisms. In: WEINERT, F.; KLOWE, R. (Ed.). *Metacognition, Motivation and Understanding*. Hillsdale, New Jersey: Lawrence Erlbaum Associates, Publishers. 1987. p. 65-116.

CHRISTIANSEN, B.; WALTHER, G. Tarefa e actividade. In: CHRISTIANSEN, B.; WALTHER, G. *Perspectives on mathematics education*. Dordrecht: D. Reidel, 1986. p. 243-307. Disponível em: <<http://www.educ.fc.ul.pt/docentes/jponte/sd/mestrado-bibliografia.htm>> Acesso em: 10 dez 2013.

FREDERICKS, J.; BLUMENFELD, P.; PARIS, A. School engagement: Potential of the concept, state of the evidence. *Review of Educational Research*, v. 74, p. 59-109, 2004.

GODINO, J. D. *Diseño y análisis de tareas para el desarrollo del conocimiento didáctico-matemático de profesores*. Disponível em: <<http://www.jvdiesproyco.es/documentos/ACTAS/1%20Ponencia%201.pdf>>. Recuperado el: 28 de dez. 2013.

GONZÁLEZ, F. *Procesos cognitivos y metacognitivos que activan los estudiantes universitarios venezolanos cuando resuelven problemas matemáticos*. 1997. 551 f. Tesis (Doctoral en Educación) – Universidad de Carabobo, Carabobo, Venezuela, 1997.

GUBERMAN, R., LEIKIN, R. Interesting and difficult mathematical problems: changing teacher's views by employing multiple-solution tasks. *Journal of Mathematics Teacher Education*, v. 16, n. 1, p. 33-56, 2013.

GUSMÃO, T.C.R.S. *Sequências didáticas para o aumento da cognição e metacognição matemática de estudantes dos anos iniciais do ensino fundamental*. Vitória da Conquista, Ba: Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia (UESB), 2009. Projeto de Pesquisa.

GUSMÃO, T. *Los procesos metacognitivos en la comprensión de las prácticas de los estudiantes cuando resuelven problemas matemáticos: una perspectiva ontossemiótica*. 2006. 366p. Tese (Doutorado em Didáctica de las Matemáticas) – Faculdade de Ciências da Educação, Universidade de Santiago de Compostela, Espanha, 2006.

GUSMÃO, T. C. R. S. et. al. El Caso Victor: dificultades metacognitivas en la resolución de problema. *Bolema*, Rio Claro, SP, v. 28, n. 48, p. 255-275, abr. 2014. DOI: <<http://dx.doi.org/10.1590/1980-4415v28n48a13>>. Acesso em: 15 abr. 2014.

HIEBERT, J.; WEARNE, D. Instructional tasks, classroom discourse and student learning in second grade arithmetic. *American Educational Research Journal*, v. 30, n. 2, p. 393-425, 1997.

MAYOR, J.; SUENGAS, A.; GONZÁLEZ, J. *Estrategias Metacognitivas*. Aprender a aprender y aprender a pensar. Madrid: Síntesis Psicología, 1993.

OCHOVIE, C. La formación en didáctica-práctica en el profesorado de matemática en el Uruguay. *Revista Binacional Brasil Argentina: diálogo entre as ciências*, v. 2, n. 2, p. 9-23, 2013. Disponível em: <<http://periodicos.uesb.br/index.php/rbba/article/view/2781/2467>>. Recuperado el: 15 jul. 2014.

POCHULU, M. FONT, V.; RODRIGUEZ M. Criterios de diseño de tareas para favorecer el análisis didáctico en la formación de profesores. In: CIBEM, 7., 2013. Montevideo. *Actas...* Montevideo: Uruguay, 2013.

ICMI STUDY, 22., 2013. Oxford, UK. *Proceedings...* Oxford, UK: Department of Education/ University of Oxford, 2013. p. 433-441. Disponível em: <[http://hal.archives-ouvertes.fr/docs/00/83/74/88/PDF/ICMI\\_STudy\\_22\\_proceedings\\_2013-FINAL\\_V2.pdf](http://hal.archives-ouvertes.fr/docs/00/83/74/88/PDF/ICMI_STudy_22_proceedings_2013-FINAL_V2.pdf)>. Acesso em: 01 dez. 2014.

SIMON, A. Developing new models of mathematics teaching: An imperative for research on mathematics teacher development. In: FENNEMA, E.; SCOTT-NELSON, B. (Ed.). *Mathematics teachers in transition*. Mahwah, NJ: Lawrence Erlbaum Associates, 1997. p. 55-66.

SCHOENFELD, A. H. *Mathematical problem solving*. London: Academic Press Inc. (London) Ltd, 1985.

- STEINBRING, H. Elements of epistemological knowledge for mathematics teachers. *Journal of Mathematics Teacher Education*, v. 1, n. 2, p. 157-189, 1998.
- STEIN, M.; SMITH, M. Tarefas Matemáticas como quadro para a reflexão. *Educação e Matemática*, n. 105. p. 22-28, 2009.
- SULLIVAN, P. & CLARKE, D. Problem Solving with Conventional Mathematics Content: Responses of Pupils to Open Mathematical Tasks. *Mathematics Education Research Journal*, v. 4, n. 1, p. 42-60, 1992.
- SWAN, M. *The design of multiple representation tasks to foster conceptual development*. Nottingham: Shell Centre University of Nottingham England, 2008, Disponível em: <<http://tsg.icme11.org/document/get/289>>. Acesso em: 20 nov. 2013.
- VALE, I. *Tarefas Desafiantes e Criativas*. Viana do Castelo, Portugal: Escola Superior de Educação do Instituto Politécnico de Viana do Castelo, 2014. Disponível em: <<http://www2.rc.unesp.br/gterp/sites/default/files/artigos/isabel.pdf>>. Acesso em: 2 maio 2014.
- ZASLAVSKY, O. *Attention to similarities and differences: a fundamental principle for task design and implementation in mathematics education*, 2008. Disponível em: <<http://tsg.icme11.org/document/get/290>>. Acesso em: 9 nov. 2012.
- ZASLAVSKY, O. *AQUEOUS TWO-PHASE PARTITIONING: Physical Chemistry and Bioanalytical Applications*, Boris Y. Zaslavsky, ed., Marcel Dekker, NY, 1995.



# A linguagem e a representação de conceitos matemáticos

Márcia Azevedo Campos

Sandra Magina

Luiz Márcio Farias

## Introdução

Em um recente estudo de mestrado em educação matemática, que tratou da aprendizagem da álgebra com alunos do 7º. ano do Ensino Fundamental em uma escola da rede pública, foi possível perceber os entraves no processo de apreensão conceitual desses alunos. O primeiro deles se refere à linguagem matemática e aos objetos que esta faz uso, sua representação e sua significação. Nesse sentido, e buscando entender as origens e os possíveis caminhos para a solução destes entraves, interessamos em estudar a Teoria dos Registros de Representação Semiótica (TRRS) de Raymond Duval (2004, 2009, 2011) que nos deu o aporte teórico e também metodológico. O objetivo foi identificar as possíveis representações semióticas dos alunos na resolução de problemas algébricos, apresentados em linguagem natural e algébrica e analisá-los no campo da educação matemática. Dessa forma, fez-se necessário uma discussão prévia sobre a Semiótica, uma vez que a linguagem é um signo linguístico importante na comunicação humana. E essa é a discussão teórica que apresentaremos neste artigo. No estudo, observamos *semioses*, como indicativo de potencialidades semióticas e identificamos ganhos de apropriação da linguagem algébrica (simbólica) nas produções dos alunos.

As experiências vivenciadas com a prática docente e as vivências com o ensino e a aprendizagem de matemática nos fizeram perceber que os alunos apresentam dificuldades na interpretação dos problemas algébricos que exigem uma tradução da linguagem corrente para a linguagem simbólica. E este pode ser esse um dos causadores da relação não muito amigável dos estudantes com a Matemática.

A partir dessas observações e pelas inquietações geradas, na perspectiva de trazer uma proposta de superação ou que pudesse amenizar tais dificuldades, o nosso interesse em pesquisar tais problemas aumentou significativamente. Surgiu, então, a necessidade de realizar um estudo mais detalhado e investigativo do desenvolvimento cognitivo desses alunos. São as dificuldades cognitivas de significação e abstração, além dos entraves da compreensão das estruturas da linguagem própria da álgebra, que conta com uma simbologia muito própria.

## As Representações Semióticas na Matemática

A Matemática é carregada de símbolos e estes podem representar objetos matemáticos tais como um número, uma equação, função, um ponto, um círculo. Constantemente nos deparamos com o problema dos seus objetos serem acessíveis apenas através de suas representações. Assim, para evocá-lo, o sujeito tem necessidade de recorrer a uma representação. Para Duval (2009) só há conhecimento quando o indivíduo consegue evocar esse objeto dissociado da sua representação.

O termo “representação” tem, às vezes, seu significado de certa forma distorcido dentro da própria Matemática. Ele é comumente utilizado na sua forma verbal, assumindo o significado de “simbolizar”.

O fato dos objetos só serem reconhecidos na Matemática pela sua representação, faz com que não haja uma dissociação do objeto e da sua representação. Nessa perspectiva de estudar as representações dos objetos matemáticos, Duval se interessou pelo estudo de representações semióticas desses objetos. Segundo ele,

[...] a apreensão dos objetos matemáticos pode ser apenas uma apreensão conceitual e, de outro lado, só por meio de representações semióticas é que uma atividade sobre objetos matemáticos é possível. (DUVAL, 2009, p. 38)

Mas o que é uma representação semiótica? Henriques, Attie e Farias (2007) fazem este questionamento num estudo desenvolvido sobre as Integrais Múltiplas. E utilizando das referências teóricas da didática francesa afirmam:

[...] é uma representação construída a partir da mobilização de um sistema de sinais. Sua significação é determinada, de um lado, pela sua forma no sistema semiótico, e de outro lado, pela referência do objeto representado. (HENRIQUES; ATTIE; FARIAS, 2007, p. 68)

Existem diferentes formas de representar o objeto matemático. Um mesmo objeto matemático pode ser representando em diferentes registros dentro de uma mesma representação. As expressões algébricas são exemplo de elementos característicos das atividades cognitivas ligadas ao registro de representação semiótica. Podemos representar uma mesma expressão tanto no registro da linguagem natural<sup>1</sup> como no registro da linguagem algébrica.

No entanto, sabemos que os alunos apresentam dificuldades em representar estes objetos e também na mudança de uma para outra representação. De acordo com Duval (2009), é importante compreender o funcionamento de representações semióticas. A nossa hipótese é que a falta de compreensão do funcionamento das representações semióticas no conteúdo álgebra dificulta a compreensão da Matemática.

## A Semiótica, os signos e a linguagem matemática

A palavra semiótica tem origem do termo grego *semeion* (ou *semeiotiké*) que significa signo. No dicionário Aurélio encontramos uma definição para semiologia (2011) como a “ciência geral dos signos, dos sistemas de significação”. E por signo entendemos aquilo que representa algo para alguém, que ocupa o lugar de um objeto como uma imagem mental que o indivíduo faz deste objeto ao interpretá-lo.

Somos seres sociais, imersos numa cultura onde a linguagem é uma das principais formas de comunicação e de significação às coisas que nos rodeia. Concorrendo com Lúcia Santaella (2002), entendemos a Semiótica como o campo que estuda os fenômenos culturais por meio dos signos, mais precisamente, por meio de sistemas de significação. Seu surgimento, enquanto área definida de estudo, remonta ao início do século XX, apresentando duas origens paralelas: uma na Europa, por meio do filósofo e linguista suíço Ferdinand de Saussure, a outra nos Estados Unidos, através do pesquisador Charles Peirce. São as ideias e visões desse último que aparece mais fortemente na TRRS de Duval.

Para Charles Sanders Peirce (2000, p. 46): “um signo, ou *representâmen*, é aquilo que, sob certo aspecto ou modo, representa algo para alguém.” Peirce (2000) estabelece uma tricotomia estudando o signo como uma entidade composta pelo significante (o suporte material), pelo significado (a imagem mental) e pelo refe-

---

<sup>1</sup> Para este estudo as expressões língua natural e linguagem natural serão utilizadas para referir à língua materna, aquela que o indivíduo utiliza para se comunicar oralmente.

rente (o objeto real ou imaginário a que o signo faz alusão). Entendemos então a Semiótica como a ciência dos signos,<sup>2</sup> ou semiologia dos processos de significação, sob toda forma de manifestação, lingüística ou não.

Como forma social de comunicação, a linguagem é um signo linguístico importante na comunicação humana que tem significante (imagem, som) e significado (ideia mental de uma palavra). Nesse contexto, e de uma forma mais abrangente, podemos assumir a Semiótica como uma ciência que investiga todas as linguagens possíveis, definição dada por Santaella.

Apesar de não trazer uma definição única para a Semiótica, Duval (2009) chama semiósis a apreensão ou produção de uma representação semiótica. O termo foi introduzido por Charles Sanders Peirce para designar o processo de significação. Duval (2009) toma esse termo e explica que a compreensão do papel da semiósis no funcionamento cognitivo e na forma como se dá a apreensão conceitual de um objeto, que chama de noésis, está relacionada com a variedade dos tipos de signos que podem ser utilizados. E para ele os signos utilizados na Matemática são tratados como representações semióticas, já que os signos não são objetos, eles apenas os representam.

Como vimos compreender a Semiótica, faz-se necessário recorrer ao estudo da TRRS de Duval (2004, 2009, 2011) por causa dos aspectos cognitivos que estão diretamente relacionados à teoria e à aprendizagem Matemática, e, dessa forma, ao nosso estudo.

Em nossa pesquisa, pretendíamos identificar e analisar as representações apresentadas pelos alunos nos anos finais do Ensino Fundamental, no caso o 7º ano, em relação à aprendizagem e significação dos conceitos da Álgebra Elementar. Além disso, pretendíamos entender, do ponto de vista do aluno, a passagem de um registro de representação para outro.

No ensino e na aprendizagem da Matemática nos deparamos muitas vezes com o problema dos objetos matemáticos só serem reconhecidos pela sua representação.

Em seguida, discutiremos a relação da Matemática com a Semiótica, onde a abstração as torna bastante próximas, e a contribuição que a Semiótica pode dar para a compreensão dos objetos matemáticos.

---

2 Expressão usada por Lúcia Santaella (2002) para se referir à Semiótica.



## Os Registros de Representação Semiótica e a aprendizagem matemática

A TRRS de Duval vem sendo bastante difundida no campo da educação matemática dentre os pesquisadores que concentram seus estudos na aprendizagem da Matemática, uma vez que esta teoria concentra seus aspectos cognitivos inerentes a essa apreensão. Nesse processo, a linguagem mostra-se um importante instrumento de comunicação e justificação de resultados. E é a linguagem matemática que serve para representar e comunicar os processos relativos à atividade matemática subjacente aos conteúdos ensinados em sala de aula.

Dessa forma, entendemos que a cognição está diretamente relacionada ao processo de aquisição do conhecimento e envolve o pensamento, a linguagem, a memória, o raciocínio, todos os fatores necessários ao desenvolvimento intelectual.

Na perspectiva de Duval (2009), entender o que é cognição faz-se necessário ao trabalhar com situações de aprendizagens, como testes e intervenções.

O uso da TRRS para fundamentar o nosso estudo se deu por objetivarmos a identificação de como se dá a passagem da linguagem natural para a linguagem algébrica. Além disso, objetivamos também investigar as dificuldades dos alunos em compreender os conceitos iniciais de álgebra e atribuir-lhes significados, através de uma abordagem cognitiva, descrevendo o funcionamento cognitivo do pensamento do aluno, nessas situações de apreensão dos conceitos algébricos.

Entendemos que em qualquer estudo em torno dos fenômenos relativos à aquisição de conhecimento é necessário recorrer à noção de representação. Duval (2004) afirma que não há como um sujeito mobilizar qualquer conhecimento sem realizar uma atividade de representação.

A matemática apresenta os seus conceitos, ideias, relações e propriedades através da escrita, recheada de gráficos, tabelas, esquemas, com o auxílio das representações. Os objetos matemáticos precisam de um sistema de representação que lhes permitam serem acessados. E as representações são instrumentos utilizados para evocar ou para tornar presente esse objeto, veiculando um tipo de informação capaz de gerar uma ideia sobre o que este representa.

De acordo com Duval (2004), a noção de representação torna-se fundamental para qualquer estudo psicológico que investigue a aquisição de conhecimento e de como se processam as transformações de representações. O autor distingue três tipos de representação presentes no cenário da investigação psicológica que são particulares a um sistema de signos e podem tomar significações diferentes

para cada sujeito que as utiliza. São eles: a representação mental que, de acordo com os estudos de Piaget, caracteriza a noção de representação como 'evocação de objetos ausentes'; a representação computacional, caracterizada pela execução automática de uma determinada tarefa, e as representações semióticas, definidas como as 'produções constituídas pelo emprego de regras de sinais' (DURVAL, 2004, p. 15) E os diferentes tipos de sistemas de representações semióticas utilizados em matemática foram designados por Duval como um 'registro'.

As representações semióticas constituem uma importante ferramenta teórica de pesquisa para se compreender o processo de funcionamento cognitivo da apreensão conceitual, de raciocínio e de compreensão de enunciados na Matemática. Compreender as dificuldades apresentadas pelos alunos nesse processo implica mobilizar sistemas cognitivos que expliquem tais dificuldades.

Para Duval (2009) a articulação de diferentes registros de representação para um mesmo objeto matemático pode ajudar nessa compreensão. Um desses sistemas são os Registros de Representação Semiótica.

As representações semióticas utilizadas em Matemática são classificadas por Duval (2004), em quatro tipos de registros distintos: escrita em língua natural, sistema de escrita algébrica, figuras geométricas e gráficos cartesianos. O termo Registro de Representação Semiótica é usado para indicar esses diferentes tipos de representação.

Nesse sentido Duval (1993, p. 39) define ainda,

[...] um **registro de representação** como um sistema semiótico que tem funções cognitivas fundamentais no processo de aprendizagem consciente, e **representações semióticas** como produções constituídas pelo uso de diferentes símbolos pertencendo a um sistema de representação que tem condições próprias de significado e de funcionamento.

A Matemática utiliza diversas representações semióticas, que são elementos cognitivos importantes para a aprendizagem. No entanto, há situações em que os sujeitos confundem os objetos matemáticos com suas representações. Assim, limitam apenas às representações semióticas daquela situação e acabam não reconhecendo o mesmo objeto quando representado de outra forma.

Duval defende a possibilidade de diferentes registros de representação para um mesmo objeto, sem que este perca a sua referência, mas alerta para o fato de que,

[...] não se pode ter compreensão em matemática, se nós não distinguimos um objeto de sua representação. É essencial jamais confundir

os objetos matemáticos, como os números, as funções, as retas, etc, com suas representações, quer dizer, as escrituras decimais ou fracionárias, os símbolos, os gráficos, os traçados de figura... porque um mesmo objeto matemático pode ser dado através de representações muito diferentes. (DUVAL, 2009, p. 14)

Nesses dizeres de Duval, uma mesma função, por exemplo, pode ser representada por argumentos da linguagem natural que a exprima, por uma expressão algébrica que a defina ou ainda, de forma não discursiva, através de um gráfico cartesiano ou uma tabela. Todas representam o mesmo objeto matemático função, porém num registro de representação diferente. No entanto, o aluno enxerga em cada representação uma nova função.

Nesse entendimento, a Matemática se enriquece de possibilidades de representação dos seus objetos, permitindo a escolha da melhor e mais adequada representação do que se pretende trabalhar. É a construção do conhecimento ocorrendo através de uma melhor compreensão do objeto matemático.

Ainda sobre a discussão de como se dá a aprendizagem em Matemática, a apreensão dos seus conceitos e a designação de seus objetos, Duval (2011) coloca que, “em matemática uma representação semiótica só é interessante à medida que ela pode ser transformada em outra representação, e não em função do objeto que ela representa”. (DUVAL, 2011, p. 52)

Dessa forma, entendemos que um registro pode dar origem a outro e essa capacidade de mobilização dos registros deve promover a aquisição do conhecimento pelo aluno.

Pode ser fácil para um aluno reconhecer o número 2 e, no entanto, tornar difícil reconhecê-lo num registro diferente, como em  $5^0 + 1$ , apesar de estarem no mesmo sistema semiótico de representação. Duval (2009, 2011) afirma que, a possibilidade de representar um mesmo objeto matemático de diversas formas pressupõe a existência de diferentes representações semióticas e possibilita a escolha da melhor e mais adequada ao que se pretende trabalhar.

Uma das grandes contribuições de Duval para a aprendizagem, e também para o ensino da Matemática está em apontar a restrição de se usar apenas um registro semiótico para representar um mesmo objeto matemático. Duval (2011, p. 50) afirma que, para fazer o aluno entrar no funcionamento do pensamento matemático, é necessário que ele tome consciência do papel central das operações matemáticas e cognitivas de colocar em correspondência elementos dos respectivos conteúdos de duas representações semióticas distintas.

## As considerações

Investigamos alunos do 7º. ano do Ensino Fundamental de uma escola da Rede Pública Estadual, onde aplicamos uma intervenção que foi elaborada com conteúdos de álgebra elementar, na forma de situações-problemas em linguagem natural e em linguagem algébrica, de acordo com o que prevê o currículo e a teoria de Duval sobre a introdução dos conteúdos de álgebra elementar no Ensino Fundamental. Pretendíamos verificar a passagem da linguagem natural para a linguagem algébrica, os tratamentos e as conversões necessárias a essa passagem, as representações semióticas utilizadas e a forma como o aluno atribuía significados aos conteúdos algébricos.

É possível afirmar que a TRRS, segundo Raymond Duval (2004, 2009, 2011), difere das outras 'teorias' por considerar a importância da mobilização de diferentes registros de representação, para compreensão de um objeto de conhecimento matemático. Outra particularidade dessa teoria é que considera como representações semióticas as frases em linguagem natural ou as equações e não simplesmente um traço ou um símbolo isolado, como as letras, as palavras ou os algarismos. (DUVAL, 2011)

Os resultados apontaram um efeito positivo da nossa intervenção no sentido de produção de representações semióticas, na atribuição de significados aos símbolos utilizados pela matemática e com uma maior familiaridade com esses objetos. Manipular letras para a criação dos códigos tornou o trabalho manipulativo com as equações mais familiar a esses alunos. O protocolo destacado na Figura 1 ilustra bem esse fato.

Figura 1 - Atividade de decodificação produzida pelo Sujeito S18GE da pesquisa

**Problema:**

Para o lanche da turma do vôlei os jogadores fizeram uma "vaquinha" e compraram 30 salgados e 10 litros de refrigerantes em embalagens de 2,5 litros cada. Gastaram no total 74 reais. Se cada salgado custou 2 reais, quanto custou cada embalagem de refrigerante?

Nº Salgados: B  
Nº refrigerante: S  
Preço salgados: M  
Total da conta: T

10 = 4 litros

$$\boxed{B \cdot M + S \cdot R = T}$$
$$30 \times 2 + 4 \times R = 74$$
$$60 + 4 \times R = 74$$
$$64 + R = 74$$

Cada refrigerante  $\rightarrow R = 10$  Reais

64  
+10  
74

Fonte: Dados da pesquisa de Mestrado. Campos (2015).

O protocolo da Figura 1 traz uma atividade de decodificar (resolver o problema) onde percebemos representações semióticas do tipo frases em linguagem natural, equações, letras e algarismos significados, e não simplesmente símbolos isolados. Acreditamos que essa atividade foi possível devido à nossa intervenção onde trabalhamos com a produção de representações semióticas para os problemas matemáticos como forma de significá-los e assim tornar mais fácil o seu entendimento. O que não é excludente, uma vez que identificamos também nos protocolos de pesquisa dificuldades na linguagem, na atribuição de significados às letras e nas próprias operações matemáticas, como foi o caso destacado, ação que eles consideram mais fácil, provavelmente por já terem vivenciado algum algoritmo de resolução de problemas.

Podemos concluir, a partir desse estudo, que o caminho percorrido pela semiótica até os trabalhos de Raymond Duval, permitiu compreender um pouco mais sobre o processo de construção do campo de conhecimento Matemática (considerado como ciência, por alguns autores). E assim esperamos que o nosso estudo possa contribuir para futuros estudos, por acreditarmos que ainda há muito a ser explorado, não só no campo da educação matemática, como também em outras áreas do conhecimento.

## Referências

CAMPOS, M. A. *Construindo significados para o x do problema*. 2015. 167 f. Dissertação (Mestrado em Educação Matemática) - Universidade Estadual de Santa Cruz, Ilhéus, 2015.

DUVAL, R. Registres de représentation sémiotique et fonctionnement cognitif de la pensée. *Annales de Didactiques et de Sciences Cognitives*, Strasbourg, v. 5, p. 35-65, 1993.

DUVAL, R. *Semiósis e pensamento humano: Registros semióticos e aprendizagens intelectuais*. Tradução de Lênio Fernandes Levy e Marisa Rosâni Abreu da Silveira. São Paulo: Livraria da Física, 2009. (Fascículo I).

DUVAL, R. *Semiosis y pensamiento humano: registros semióticos y aprendizajes intelectuales*. Santiago de Cali: Peter Lang, 2004.

DUVAL, R. *Ver e ensinar a matemática de outra forma: entrar no modo matemático de pensar os registros de representações semióticas*. Organização de Tânia M. M. Campos. Tradução de Marlene Alves Dias. São Paulo: PROEM, 2011.

FERREIRA, A. B. H. *Semiologia*, 2011. Disponível em: <<http://www.dicionariodoaurelio.com>>. Acesso em: 12 nov. 2014.

HENRIQUES, A.; ATTIE, J. P.; FARIAS, L. M. Referências Teóricas da didática francesa: análise didática visando o ensino de integrais múltiplas com o auxílio do software Maple. *Educação Matemática em pesquisa*, São Paulo, v. 9, n. 1, p. 51-81, 2007.

PEIRCE, C. S. *Semiótica*. 3. ed. São Paulo: Perspectiva, 2000.

SANTAELLA, L. *Semiótica aplicada*. São Paulo: Thomson, 2002.

# O ensino de álgebra nos anos iniciais do ensino fundamental

Ana Virginia de Almeida Luna

## Apresentação

Este artigo tem como propósito discutir sobre o ensino de álgebra nos anos iniciais do Ensino Fundamental. Para tanto, apresento a relevância da relação entre o ensino da aritmética e da álgebra desde o início da escolaridade. Além disso, sugiro que a inclusão de propostas de atividades para a prática pedagógica, constitua objeto de estudo em espaços de formação inicial e continuada para professores que ensinam Matemática nos anos iniciais de escolaridade.

## O ensino de álgebra nos anos iniciais do Ensino Fundamental

Diferentes problemas aritméticos, como, por exemplo, a multiplicação por quatro, pode ser relacionado apenas como uma tabela de dados numéricos ( $1 \times 4 = 4$ ;  $2 \times 4 = 8$ ;  $3 \times 4 = 12$ ;  $4 \times 4 = 16$ ). No entanto, pode, também, expressar uma relação algébrica funcional, por exemplo, na seguinte situação-problema, *Quantos pneus tem em um quadriciclo? E em dois quadriciclos? E em três quadriciclos?*. Nesse caso, o processo de resolução pode envolver a multiplicação por quatro, mas pode ser representado por uma notação típica para função,  $f(x) = 4 \cdot x$ , ou ainda, com uma linguagem funcional mais informal, traduzindo de forma mais literal os termos,  *$n^\circ$  de pneus =  $4 \times n^\circ$  de quadriciclos*. Neste sentido, estudos como o de Lins e Gimenez (1997), de Kieran (2004) e Schliemann, Carraher e Brizuela (2007) evidenciam a importância do desenvolvimento do pensamento algébrico desde os anos iniciais, relacionando o pensamento aritmético com o algébrico. Esses pesquisadores discutem o desenvolvimento do ensino de aritmética e de álgebra de modo simultâneo, estando um implicado no outro.

Ao considerar que essa discussão já é apresentada em documentos oficiais (NATIONAL COUNCIL OF TEACHER OF MATHEMAIS, 2008; BRASIL, 2000) e pela literatura da educação matemática, neste estudo, ao discutir sobre o ensino de álgebra nos anos iniciais do Ensino Fundamental, busco socializar os resultados de uma pesquisa desenvolvida pelo grupo de estudo que atuo como pesquisadora. No Núcleo de Estudos em educação matemática de Feira de Santana (NEEMFS), pesquisei em relação ao que é apresentado em documentos oficiais e na literatura sobre práticas pedagógicas envolvendo a álgebra desde o início da escolaridade. (LUNA; SOUZA, 2013) A prática pedagógica aqui diz respeito a uma modalidade social, como um condutor cultural. (BERNSTEIN, 2003)

Na prática pedagógica no espaço escolar, são produzidos textos por professores e alunos. Entendo o texto como qualquer representação pedagógica, falada, escrita, visual, espacial ou expressa na postura ou na vestimenta. (BERNSTEIN, 2003) Com isso, o texto não é apenas associado à escrita, mas a qualquer ato comunicativo, a saber: um olhar, um gesto, uma forma de expressão. (LUNA; BARBOSA; MORGAN, 2011)

Em situações da prática pedagógica, por exemplo, quando o texto sobre álgebra é deslocado por um professor para a sala de aula, a partir de propostas de documentos curriculares oficiais ou de um espaço de formação continuada, esses textos que circulam na sala são sempre constituídos por processos de recontextualização. (LUNA; SOUZA, 2013)

No processo de recontextualização, alguns textos são selecionados em detrimento de outros e são conduzidos de um campo recontextualizador (espaços de formação), com questões e relações sociais específicas, para um campo de reprodução (sala de aula), também, com suas especificidades. Esse processo de transformação provoca mudanças no texto deslocado em relação a outros textos, a outras práticas e situações do novo contexto. Simultaneamente, há um reposicionamento e uma refocalização do texto. (BERNSTEIN, 2003) Nesse processo, o texto sofre uma série de mudanças para adequar-se ao novo contexto (campo) no qual é inserido.

Bernstein (2000), apresenta dois tipos de campos recontextualizadores, a saber, o Campo Recontextualizador Oficial (CRO) e o Campo Recontextualizador Pedagógico (CRP). No CRO, a transformação dos textos é realizada no âmbito oficial, pelo Estado (secretarias de educação). Já no caso do CRP, os agentes da transformação são as autoridades educacionais nas instâncias de nível superior, por meio de publicações em periódicos especializados e em espaços de formação de professores.



## O campo recontextualizador oficial e o ensino de álgebra nos primeiros anos da escolaridade

Nessa seção, apresento, inicialmente, o resultado do estudo de Luna e Souza (2013), envolvendo o Referencial Curricular Nacional da Educação Infantil (BRASIL, 1998a), que foi produzido com o intuito contribuir para o planejamento, desenvolvimento e avaliação de práticas educativas, além de contribuir com a construção de propostas pedagógicas feitas em resposta às necessidades das crianças de Educação Infantil.

Luna e Souza (2013) analisaram, também, os Parâmetros Curriculares Nacionais do Ensino Fundamental do 2º ao 5º ano (BRASIL, 1997), os quais apresentam o objetivo de estabelecer uma referência curricular e apoiar a revisão e/ou elaboração da proposta curricular para crianças dos anos iniciais do Ensino Fundamental.

Além disso, foram analisados o documento *Elementos conceituais e metodológicos para a definição dos direitos de aprendizagem e desenvolvimento do ciclo de alfabetização (1º, 2º e 3º anos) do Ensino Fundamental* (BRASIL, 2000) e os *Princípios e Normas para a Matemática Escolar* (NCTM, 2008), elaborado pelo National Council of Teachers of Mathematics (NCTM), nos Estados Unidos, que apresenta orientações para todos os responsáveis pelas decisões tomadas envolvendo a educação matemática dos alunos da Educação Infantil ao Ensino Médio.

Analisando os documentos oficiais de orientação curricular para os anos iniciais, o Referencial Curricular Nacional da Educação Infantil (BRASIL, 1998a) e os Parâmetros Curriculares Nacionais (BRASIL, 1997), não foi identificada nenhuma referência ao estudo de álgebra. Apenas nos Parâmetros Curriculares Nacionais para os anos finais do Ensino Fundamental (BRASIL, 1998b) é que pode ser encontrada uma menção ao estudo da álgebra por meio da orientação de sua introdução curricular desde os anos iniciais.

Por outro lado, o National Council of Teacher of Mathemais (2008) traz algumas normas para o ensino da álgebra, para cada etapa da escolaridade, bem como objetivos diferenciados que deverão ser contemplados para o alcance dessas normas, sugerindo a integração entre os conhecimentos algébricos, a geometria e a análise de dados e estatística, a saber: a compreensão de padrões, relações e funções; a representação e análise de situações e estruturas matemáticas usando símbolos algébricos; a utilização de modelos matemáticos para representar e compreender relações quantitativas; a análise da variação em diversos contextos.

O documento *Elementos conceituais e metodológicos para a definição dos direitos de aprendizagem e desenvolvimento do ciclo de alfabetização (1º, 2º e 3º anos) do Ensino Fundamental* (BRASIL, 2000), elaborado com o intuito de divulgar orientações para que as práticas educativas, tendo como propósito assegurar a cada estudante do Ensino Fundamental o direito à apropriação, ampliação e consolidação de conhecimentos imprescindíveis para sua formação integral e cidadã. Neste documento a inclusão do pensamento algébrico se caracteriza como direito de aprendizagem desde o ciclo de alfabetização, a fim de que o aluno compreenda padrões e relações, a partir de diferentes contextos, assegurando a alfabetização e o letramento matemático. Conforme esse documento, tais garantias devem assegurar a compreensão e reconhecimento dos padrões, o estabelecimento de critérios para agrupar, classificar e ordenar objetos, o reconhecimento da variabilidade de valores das grandezas e operações e a possibilidade da produção de padrões. (LUNA; SOUZA, 2013)

Com isso, os documentos oficiais consultados por Luna e Souza (2013), direcionam a uma compreensão da álgebra para além da manipulação de símbolos. Desta forma, para que os estudantes possam compreender os conceitos algébricos, devem estar imersos nas análises e utilização desses conceitos, desde o início da escolaridade.

## **O campo de recontextualizador pedagógico e o ensino de álgebra primeiros anos da escolaridade**

Nesta seção apresento resultados da pesquisa de Luna e Souza (2013), desenvolvida, inicialmente, a partir do estudo de anais dos quatro últimos Seminários Internacionais de Pesquisas em Educação Matemática (SIPEM), o qual é organizado pela Sociedade Brasileira de Educação Matemática (SBEM), com periodicidade trienal. Este evento tem como objetivo SIPEM divulgar as pesquisas de brasileiros e estrangeiros, especialmente no âmbito da Educação Matemática, proporcionando aos pesquisadores a possibilidade de tomar conhecimento das investigações que estão sendo realizadas em diferentes instituições. A pesquisa foi realizada mediante a leitura de todos os artigos publicados pelo grupo de trabalho dos anos iniciais (GT1), do II ao V SIPEM, ressaltamos que no I SIPEM não houve a publicação de anais. No que concerne ao levantamento bibliográfico, realizamos uma busca de livros publicados no Brasil e em outros países, a partir de um levantamento de autores com publicações ou citados em periódicos disponíveis pela Capes com estudos envolvendo o ensino de álgebra.

No levantamento dos anais dos quatro SIPEM, foi identificada apenas uma pesquisa relacionada com o estudo de álgebra nos anos iniciais do Ensino Fundamental, intitulado “Uma proposta de distinção entre problemas aritméticos e algébricos”. (SÁ; FOSSA, 2003) Esse artigo teve o intuito de apresentar uma distinção e as relações entre problemas aritméticos e problemas algébricos, além de analisar a influência do fato de um problema aditivo ser considerado aritmético ou algébrico conforme o seu grau de dificuldade. Para tanto, são considerados problemas envolvendo diferentes ideias, como, por exemplo, no campo aditivo, as ideias de transformação, sendo que em cada ideia são apresentados problemas com a pergunta envolvendo uma incógnita diferente, nos problemas de transformação (estado inicial +/- transformação = estado final), ora para encontrar o estado inicial, ora a transformação, ora o estado final.

No que se refere ao levantamento bibliográfico, foram localizados diversos estudos envolvendo a álgebra escolar. No entanto, apenas dois envolvendo o ensino de álgebra com foco específico nos anos iniciais do Ensino Fundamental. O de Schliemann, Carraher e Brizuela (2007) e o de Coxford e Shulte (1995), que no capítulo 8, apresenta o artigo de Thompson (1995) intitulado “O ensino de álgebra para a criança mais nova”, no qual são apresentadas propostas de atividades para o ensino de álgebra, considerando conceitos algébricos que crianças dos anos iniciais seriam capazes de entender. Para tanto, a autora utiliza materiais manipuláveis, representação pictórica e registros com a linguagem matemática com uso de lápis e papel.

O livro de Schliemann, Carraher e Brizuela (2007) foi o único que teve como foco exclusivo o ensino de álgebra para os anos iniciais. As pesquisadoras ressaltam a pouca articulação entre conhecimentos aritméticos e os algébricos, o que nos faz entender a importância da iniciação do pensamento algébrico desde os anos iniciais, oferecendo oportunidades para as crianças experienciarem a atividade algébrica. Para tanto, as autoras apresentam estudos empíricos, envolvendo a compreensão de equivalências, a resolução de equações, de operações aditivas como funções, o estudo de quantidades e proporções, funções e notações algébricas, além de estudos sobre notações das crianças ao resolverem problemas, com aproximações a produção algébrica.

Foi encontrado, também, o enfoque do trabalho de álgebra, nos anos iniciais, vinculado à resolução de situações-problema com a variação da incógnita em diferentes termos da operação, com o fim de promover o desenvolvimento do pensamento algébrico.

Portanto, muitas têm sido as discussões sobre que álgebra se deve ensinar na educação básica. Porém, ainda são poucos os estudos com foco no ensino de álgebra, enfatizando a importância da introdução desse estudo desde os primeiros anos de escolaridade. No entanto, vale ressaltar que a passagem da aritmética para a álgebra, não é elementar.

## **Possibilidades para o ensino de álgebra na prática pedagógica dos anos iniciais do Ensino Fundamental**

Os textos que são produzidos nos campos de recontextualização oficial e pedagógica podem ser deslocados para o campo de reprodução. No presente caso, o campo de reprodução consiste em salas de aula, com diferentes práticas pedagógicas. Apresentarei, nesta seção, um levantamento de possíveis atividades propostas nos documentos analisados (documentos oficiais, site e livro), que foram apresentadas em Luna e Souza (2013), a partir dos diferentes propósitos para o ensino de álgebra, as quais podem ser desenvolvidas em sala de aula.

Na presente seção as possibilidades de ações para prática pedagógica são apresentadas apenas de forma ilustrativa. Com isso, serão apresentadas apenas algumas atividades que podem ser realizadas no ciclo de alfabetização (1º ao 3º anos do Ensino Fundamental), denominação proposta nas diretrizes nacionais em discussão em nosso país (BRASIL, 2000), a título de exemplo.


De acordo com Luna e Souza (2013), ao considerar que o ensino de álgebra deve ser implementado desde o ciclo de alfabetização e, de acordo com o National Council of Teacher of Mathemais (2008) e Schliemann, Carraher e Brizuela (2007), entendendo a aritmética como uma parte da álgebra, desenvolver um trabalho com a aritmética algebricamente implica desenvolver atividades com enfoques diversos. Dentre esses enfoques, podemos citar: propor uma atividade envolvendo situações com a análise de números particulares a números generalizados; focar estruturas matemáticas comuns a um conjunto de algoritmos; e a introdução de variáveis e, também, a covariação em problemas verbais e escritos.

As atividades com foco nas relações de números particulares até números generalizados podem ser desenvolvidas por meio da investigação de regularidades para a identificação de padrões. (LUNA; SOUZA, 2013) Este tipo de atividade pode ser realizada não apenas com uso de números, mas com a análise de padrões a partir de figuras. Um exemplo de tarefas envolvendo imagens pode ser observado a seguir, na Figura 1, que apresenta uma atividade produzida a partir das investiga-

ções de Analúcia Schliemann, David Carraher e Bárbara Brizuela, disponível no site do Tufts Early Algebra Project (TERC), no qual esses pesquisadores são membros permanentes desde 1998, a saber:

Figura 1- Atividade com padrões

Observe a seqüência:



Como podemos representar essa seqüência utilizando letras?

ABB  
ABA  
AAB

Fonte: Atividade traduzida de The Terc (1998).

No que se refere às atividades com padrões numéricos, podem ser contempladas atividades como a apresentada a seguir:

Figura 2 - Atividade de contagem e regularidades numéricas

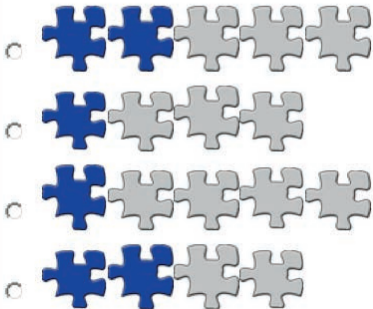
**A) Continue pintando seguido o segredo:**

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
31	32	33	34	35	36	37	38	39	40
41	42	43	44	45	46	47	48	49	50
51	52	53	54	55	56	57	58	59	60
61	62	63	64	65	66	67	68	69	70
71	72	73	74	75	76	77	78	79	80
81	82	83	84	85	86	87	88	89	90
91	92	93	94	95	96	97	98	99	100

Fonte: Adaptado de NCTM (2008).

Os padrões podem ser observados em sentenças matemáticas comuns a um conjunto de algoritmos e em sentenças matemáticas com a análise de representações apresentadas imagéticas, como pode ser observado a seguir, tendo como foco na correspondência entre uma determinada forma de representação pictórica e a sentença matemática, como pode ser observado a seguir:

Figura 3 - Atividade com padrões em sentenças matemáticas

<p>Abaixo encontramos algumas maneiras de obter o valor 2. Descubra o padrão e encontre a sentença de subtração que falta.</p> <p><math>7 - 5 = 2</math></p> <p><math>6 - 4 = 2</math></p> <p><input type="text"/></p> <p><math>4 - 2 = 2</math></p> <p><math>3 - 1 = 2</math></p>	<p>Qual das imagens mostra <math>2 + 3 = 5</math>?</p> 
--	--

Fonte: Atividades traduzidas e com pequenas adaptações de The Terc (1998).

Ainda, conforme Luna e Souza (2013), além de atividades como as mencionadas anteriormente, a resolução de problemas deve ser incluída nas práticas pedagógicas, a fim de que os alunos possam reconhecer que um mesmo problema pode ser resolvido com diferentes operações, especialmente quando o termo desconhecido na situação-problema não é o resultado final de uma determinada operação. A ilustração disso pode ser observada abaixo em alguns problemas propostos no estudo de Sá e Fossa (2003):

Agora, Marcus tem 10 balas. No recreio, ganhou 3 balas. Na saída, comprou 4 balas. Quantas balas ele tinha antes de chegar à escola?

Gostaria de saber quantas pessoas havia na corrida antes dos meninos e as meninas chegarem. Agora, tem 10 pessoas; chegaram 3 meninos, depois chegaram 4 meninas.

Na resolução de problemas, como os apresentados acima, os alunos não podem selecionar os dados para responder de formas diferentes, mas eles podem,

por exemplo, utilizar a adição completando o que falta para compor o total 10, como, por exemplo:  $3+4+///=10$  ou subtrair  $10-7=3$  e na resposta para as duas operações encontrar como resultado o 3. O desenvolvimento de relações sobre as operações, como essas, podem auxiliar na compreensão de situações algébricas, em que o foco não deve recair apenas no resultado. (LUNA; SOUZA, 2013)

## Conclusões

O propósito deste artigo foi discutir sobre o ensino de álgebra, nos anos iniciais do Ensino Fundamental, a partir de um estudo bibliográfico apresentado em Luna e Souza (2013). A discussão sobre o ensino de álgebra foi abordada considerando o campo recontextualizador oficial, com as orientações publicadas em documentos curriculares oficiais para o ensino da matemática; e, o campo recontextualizador pedagógico, a partir de livros (publicações nacionais e internacionais) com o enfoque no ensino da álgebra; e publicações de pesquisa em anais de um evento como um espaço de socialização de pesquisas, produzidas por estudiosos oriundos de instituições de nível superior.

Nos documentos curriculares oficiais é proposto que sejam criadas oportunidades para que o aluno desenvolva o pensamento algébrico, ampliando seus conhecimentos de forma contínua, sem rupturas entre os diferentes segmentos de ensino desde os primeiros anos da escolaridade. Para tanto, devem ser desenvolvidas atividades envolvendo a pré-álgebra, sendo ampliada gradativamente ao longo da escolaridade, para uma compreensão mais estrutural da álgebra.

No que se refere ao campo recontextualizador pedagógico, a discussão apresentada envolveu a compreensão de que a aritmética é uma parte da álgebra, e que, para se desenvolver um trabalho com a aritmética algebricamente, é preciso desenvolver atividades com enfoques diversos. Para tanto, sugeri algumas possibilidades para ações na prática pedagógica.

Face ao exposto, podemos observar que o tema apresentado neste artigo sugere a relevância do desenvolvimento de futuras pesquisas com a inclusão de propostas de atividades para a prática pedagógica, envolvendo o ensino de álgebra, como objeto de estudo em espaços de formação inicial e continuada para professores que ensinam matemática nos anos iniciais de escolaridade.

## Referências

- BERNSTEIN, B. *Class, codes and control: the structuring of pedagogic discourse*. Londres: Routledge; Taylor & Francis Group, 2003.
- BERNSTEIN, B. *Pedagogy, symbolic control and identity: theory, research, critique*. Lanham: Rowman & Littlefield Publishers, 2000.
- BRASIL. Ministério da Educação e do Desporto. Secretaria de Educação Fundamental. *Parâmetros Curriculares Nacionais (1ª a 4ª série): matemática*. Brasília: MEC/SEF, 1997.
- BRASIL. Ministério da Educação e do Desporto. *Referencial curricular nacional para a educação infantil*. Brasília: MEC/SEF, 1998a.
- BRASIL. Secretaria de Educação Fundamental. *Parâmetros Curriculares Nacionais: Matemática/Secretaria de Educação Fundamental*. Brasília: MEC/SEF, 1998b.
- BRASIL. Ministério da Educação. Secretaria de Educação Básica. *Elementos conceituais e metodológicos para definição dos direitos de aprendizagem e desenvolvimento do ciclo de alfabetização (1º, 2º e 3º anos) do ensino fundamental: Matemática*. Brasília: MEC/SEB, 2000.
- COXFORD, A. F.; SHULTE, A. P. (Org). *As ideias da álgebra*. São Paulo: Atual, 1995. p. 23-37.
- COXFORD, A.; SHULTE, A. (Org). *As ideias da álgebra*. São Paulo: Atual, 1995.
- KIERAN, C. Algebraic thinking in the early grades: What is it? *The Mathematics Educator*, v. 8, n. 1, p. 139-151, 2004.
- LINS, R.; GIMENEZ, J. *Perspectivas em aritmética e álgebra para o século XXI*. Campinas, SP: Papirus, 1997.
- LUNA, A.; BARBOSA, J.; MORGAN, C. Mathematical Modelling and Pedagogical Recontextualisation of In-Service Teachers. In: INTERNACIONAL CONFERENCE ON THE TEACHING OF MATHEMATICAL MODELLING AND APPLICATIONS - ICTMA, 15., 2011, Australian. *Anais...* Australian: Australian Catholic University, 2011. (1 CD-ROM).
- LUNA, A.; SOUZA, C. Discussões sobre o ensino de álgebra nos anos iniciais do Ensino Fundamental. *Educação Matemática Pesquisa*, v. 15, p. 817-835, 2013.
- NATIONAL COUNCIL OF TEACHER OF MATHEMATICS/ NCTM. *Princípios e Normas para a Matemática Escolar*. Tradução da Associação de Professores de Matemática (APM). Lisboa: Associação de Professores de Matemática e Instituto de Inovação Educacional, 2008. (Trabalho original publicado em 2000.).
- SÁ, P.; FOSSA, J. Uma Proposta de Distinção entre Problemas Aritméticos e Algébricos. In: SEMINÁRIO INTERNACIONAL DE PESQUISA EM EDUCAÇÃO MATEMÁTICA, 2., 2003, Santos. *Anais...* São Paulo: Sociedade Brasileira de Educação Matemática, 2003. 1 CD-ROM.



SCHLIEMANN, A.; CARRAHER, D.; BRIZUELA, B. *Bringing Out the Algebraic Character of Arithmetic: From Children's Ideas to Classroom Practice*. USA: Lawrence Erlbaum Associates, 2007.

THE TERC - TUFTS EARLY ALGEBRA PROJECT. *Since*, 1998. Dept. of Education, University Medford, USA. Disponível em: < <http://www.earlyalgebra.org> >. Acesso em: 8 maio 2013.

THOMPSON, F. O ensino de álgebra para crianças mais novas. In: COXFORD, A. F.; SHULTE, A. P. (Org). *As ideias da álgebra*. São Paulo: Atual, 1995. p. 79-88.



## **PARTE III**

# **TECNOLOGIAS DA INFORMAÇÃO E COMUNICAÇÃO A SERVIÇO DA EDUCAÇÃO (TICE), DIDÁTICA E OS JOGOS NA EDUCAÇÃO**



# Tecnologias e educação matemática: investigações, dispositivos, ferramentas, artefatos e interfaces para educação básica

*Saddo Ag Almouloud*

## Introdução

O objetivo do uso de Tecnologias de Informação e Comunicação (TIC) na educação é proporcionar ao aluno condições favoráveis à aquisição de conhecimentos e à superação das dificuldades de aprendizagem. Por isso, devem-se propor situações suscetíveis de evoluir e de fazer evoluir o aluno segundo uma dialética conveniente. Dentre elas, destacamos, a capacidade de trabalhar em grupo e assumir ações que necessitam de constante aprendizado. (BELLONI, 1999) Podemos notar uma valorização de ações que promovem um aprendizado também dos integrantes da equipe da qual estamos inseridos, ou seja, ações para a vivência do aprender a aprender colaborativamente.

As formas de organização e relacionamento da sociedade em que vivemos, nos mostram que, cada vez mais, novas habilidades e competências são solicitadas aos indivíduos que a compõe. Pretendemos, nesse estudo, discutir as relações entre os saberes desenvolvidos em ambientes tecnológicos de aprendizagem, mais especificamente, focar o debate em torno das seguintes questões: *Como os processos de aprendizagem se caracterizam nos ambientes tecnológicos? Quais são as alternativas metodológicas para investigarmos os processos de aprendizagem nesses ambientes?*

Nossa discussão será fundamentada (entre outras teorias da didática da matemática) na Teoria da Instrumentação de Rabardel (1995) cujos alguns elementos essenciais são: a noção de artefato, instrumento, instrumentalização e instrumentação.

## Ferramentas, artefatos e interfaces

Discutimos nesta seção a noção de artefato e instrumento de acordo com a teoria da instrumentação de Rabardel (1995). Para abordá-la iniciamos pela definição de seus entes primitivos: artefato, ferramenta e instrumento. De acordo com Rabardel (1995 apud TROUCHE, 2005, p. 93):

A palavra artefato designará um objeto técnico nu, independentemente de toda relação com um usuário (um artefato pode ser uma calculadora, uma notação, um compasso ou uma cesta). A palavra ferramenta designará um objeto técnico integrado ou suscetível de ser integrado por um usuário em seus gestos (escolares, profissionais ou cotidianos). A palavra instrumento designará uma entidade mista composta do objeto técnico e dos modos de utilização construídos pelo usuário.

Para este autor, os instrumentos têm dupla utilização nas atividades educativas, pois para os alunos, influenciam a construção do saber e os processos de conceitualização e para os professores são considerados como variáveis didáticas.

Segundo Salazar (2009, p. 63), a abordagem instrumental de Rabardel descreve as relações que existem entre o sujeito, o artefato e os esquemas de utilização. Para a autora, sujeito refere-se ao indivíduo ou grupo de indivíduos que desenvolve a ação e/ou é escolhido. Rabardel utiliza o termo esquema de utilização de acordo com Vergnaud (1996, p. 11) que define um esquema como, “[...] uma organização invariante de comportamentos para classes de situações”. Além disso, é necessário procurar nos esquemas os elementos cognitivos que permitem que a ação do sujeito seja operatória.

O artefato é um dispositivo que pode ser material – como, por exemplo, um lápis, um computador, entre outros objetos – ou simbólico, como por exemplo, uma figura, um gráfico, dentre outros, que são usados como meio da ação pelo sujeito. (SALAZAR, 2009)

Para Henriques (2006), a transformação de artefatos em instrumentos aparece então como o resultado de processos complexos que consideram o sujeito com suas competências cognitivas, o artefato e o objeto para o qual a ação é dirigida. Em nossa pesquisa, queremos transformar as tecnologias (artefatos) em instrumentos compostos de um artefato (material ou simbólico) produzidos pelo sujeito e por um ou mais esquemas de utilização associados, resultantes de uma construção própria do sujeito autônomo ou de uma apropriação de um sistema de utilização social. Para o autor a integração de tecnologias à atividade matemática

conduz à construção de esquemas de utilização, mais ou menos adaptados ou eficazes que são distribuídos em três categorias: esquemas de uso, esquemas de ação instrumentados e esquema de atividades coletivas instrumentadas.

Os esquemas de uso correspondem às atividades relativas à gestão de características e propriedades particulares do artefato. Os esquemas de ação instrumentados correspondem às atividades para as quais um artefato é um meio de realização. Os esquemas de atividades coletivas instrumentadas correspondem, respectivamente aos usos simultâneos ou conjuntos de um instrumento no contexto de atividades partilhadas ou coletivas. (RABARDEL, 1995, apud HENRIQUES, 2006)

Assim, para a análise de situações instrumentadas, Rabardel e Verillon (1995 apud HENRIQUES, 2006) desenvolveram um modelo chamado Situação da Atividade Instrumentada (SAI) em que modelam as ligações entre o sujeito e o objeto tratado a fim de evidenciar as interações existentes nesse tipo de atividade. Identificam além das interações diretas sujeito-objeto as interações sujeito-instrumento; instrumento-objeto e sujeito-objeto, mediadas pelo instrumento.

Para Verillon (1996 apud HENRIQUES, 2006) esse modelo permite analisar os processos que utilizam artefatos e explica as duas dimensões do processo de gênese instrumental: a instrumentação orientada versus a constituição de esquemas de utilização, e a instrumentalização que se refere à emergência de propriedades funcionais e estruturais do artefato.

A instrumentação refere-se à elaboração da relação [S-i] (sujeito-instrumento): o sujeito deve construir os esquemas, os procedimentos, as operações necessárias para utilizar o artefato. Ele pode, por exemplo, importar da situação de relações [S-i] construídas em outros contextos com outros artefatos ou, ao contrário, construir essas novas relações de maneira exploratória, ou ainda, elaborá-los por imitação. A instrumentalização refere-se a construção de relações [i-O] (instrumento-objeto). O sujeito atribui ao instrumento uma possibilidade de agir sobre O e constrói as propriedades funcionais que permitem a atualização desta possibilidade de ação. Esta ação pode eventualmente ser diferente daquela prevista na origem por quem concebeu o artefato. (VERILLON, 1996, apud HENRIQUES, 2006, p. 5)

Baseando-nos em Henriques (2006), o objeto O, é, por exemplo, um objeto da Geometria; o sujeito S é o professor em formação continuada e o instrumento I é advindo de alguma tecnologia: a modelagem para a instrumentação e instrumentalização descreverá a maneira que a presença do instrumento influi na construção

de uma relação sujeito-objeto que aparecerá em todas as situações nas quais a tecnologia estará disponível.

Ainda de acordo com o autor, para cumprir certas tarefas com ajuda de um instrumento é necessário desenvolver certas competências a respeito das técnicas instrumentadas (técnicas de utilização de novas ferramentas).

## **Importância das TIC na Educação Matemática**

As formas de organização e relacionamento da sociedade em que vivemos, nos mostram que, cada vez mais novas habilidades e competências são solicitadas aos indivíduos que a compõem. Dentre elas, destacamos, a capacidade de trabalhar em grupo e assumir ações que necessitam de constante aprendizado. (BELLONI, 1999) Podemos notar uma valorização de ações que promovem um aprendizado também dos integrantes da equipe na qual estamos inseridos, ou seja, ações para a vivência do aprender a aprender colaborativamente. No entanto, muito há para conhecer quanto aos processos de aprendizagem nos ambientes envolvendo as Tecnologias de Informação e Comunicação (TIC), no âmbito educacional.

O objetivo do uso de TIC na educação é proporcionar ao aluno condições favoráveis à aquisição de conhecimentos e superação de dificuldades de aprendizagem. Por isso, devem-se propor situações suscetíveis de evoluir e de fazer evoluir o aluno segundo uma dialética conveniente. A construção de tais situações depende da identificação de variáveis didáticas pertinentes sobre as quais poderemos organizar um salto informacional. (BROUSSEAU, 1986) O objetivo dessas situações é fazer evoluir as concepções errôneas dos alunos e fazer aparecer suas concepções espontâneas frente às situações envolvendo um dado conceito, em particular aqueles relacionados à Matemática.

Nesse sentido Kawasaki (2008, p. 47) afirmam que as tecnologias

[...] têm contribuído para a produção de um realismo, jamais visto, nos objetos matemáticos e são os recursos interpretativos – nesse caso, a tecnologia computacional – que definem essa nova forma de realismo. Objetos virtuais matemáticos em uma tela de computador nos dão a sensação de sua existência material, dada a possibilidade que temos de manipulá-los dinamicamente e continuamente. Assim, para esses autores, o impacto principal da introdução das TICs no sistema educacional é de caráter epistemológico e cognitivo.



Concordamos com Kawasaki (2008, p. 48), quando afirma que “a atividade humana mediada pelo computador altera de forma qualitativa a estrutura da atividade intelectual humana, reorganizando a memória, as formas com que passamos a armazenar a informação e com que organizamos a sua busca.”

Borba (2011, p. 2-3) buscando resposta para a questão: “como que um determinado software pode contribuir para que estudantes tentem chegar a uma justificativa matemática e façam a ligação entre a exploração indutiva e o desenvolvimento do raciocínio dedutivo?” afirma que:

[...] as possibilidades experimentais dessas mídias podem ser exploradas, podendo-se chegar a elaboração de conjecturas bem como a sua verificação. Desse modo, é possível estabelecer uma importante discussão acerca das possibilidades da inclusão de softwares no contexto educacional em seus diferentes níveis.

Para Borba (2011, p. 3), os *softwares* educacionais

[...] têm a capacidade de realçar o componente visual da matemática atribuindo um papel importante à visualização na educação matemática, pois ela alcança uma nova dimensão se for considerado o ambiente de aprendizagem com computadores como um particular coletivo pensante (Lévy, 1993), onde professores, alunos, mídia e conteúdos matemáticos residem juntos e, mais que isso, pensam juntos. Neste coletivo, a mídia adquire outro status, isto é, vai além de mostrar uma imagem. Mais especificamente, é possível dizer que o software torna-se ator no processo de fazer matemática.

O *software* dinâmico permite visualizar relações entre elementos de uma figura ou de um gráfico, propriedades matemáticas, que sem ele, poderiam ser difíceis de serem exploradas na resolução de problemas. Nesse sentido, Borba (2011, p. 3) identificou cinco particularidades do aspecto visual, em educação matemática, proporcionada pelas tecnologias computacionais:

- A visualização constitui um meio alternativo de acesso ao conhecimento matemático.
- A compreensão de conceitos matemáticos requer múltiplas representações, e representações visuais podem transformar o entendimento deles.

- Visualização e parte da atividade matemática e uma maneira de resolver problemas.
- Tecnologias com poderosas interfaces visuais estão presentes nas escolas, e a sua utilização para o ensino e aprendizagem da matemática exige a compreensão dos processos visuais.
- Se o conteúdo de matemática pode mudar devido aos computadores, [...] e claro neste ponto que a matemática nas escolas passarão por, pelo menos, algum tipo de mudança [...]. (BORBA; VILLAREAL, 2005, p. 96)

No cenário atual, os professores de matemática ficaram, na maioria, atrás de alunos em relação à utilização de TIC. Geralmente duas práticas coabitam em sala de aula: a prática do professor (que na classe não tem nenhuma necessidade de usar calculadora e internet, por exemplo) e a dos alunos (com implementação de procedimentos para fugir da matemática). É importante destacar que nenhuma tecnologia pode evitar o trabalho, a atenção, enfrentar a aprendizagem de conceitos difíceis, se queremos compreendê-los e os assimilá-los. Além disso, ver não é entender. Acesso à informação não é o grau zero do conhecimento.

A primeira experiência ou, digamos, a primeira observação é sempre um obstáculo para a cultura científica. Com efeito, esta primeira observação vem com um luxo de imagens; É pitoresca, concreta, natural, fácil. É preciso apenas descrevê-la e maravilhar-se. Acredita-se ter compreendido ela. De acordo com Bachelard (1996), o primeiro obstáculo é a primeira experiência, é a experiência colocada antes de tudo e acima da crítica.

A informação é externa ao sujeito. Refere-se a fatos, comentários e opiniões recolhidos sob a forma de palavras, imagens, sons. É possível armazená-la, divulgá-la. O conhecimento depende do sujeito e é pessoal. É o produto da reconstrução pelo sujeito (em função de sua história e do contexto) das informações que ele tenha coletado. O conhecimento é algo que é aprendido, que é adquirido. O saber é um conjunto estruturado de conhecimentos, com base em uma estrutura teórica. É uma construção que se baseia nos conhecimentos e transforma-os pela elaboração e uso de uma formalização teórica. As TIC fornecem acesso à informação, tratam a informação, mas elas só podem facilitar o acesso ao conhecimento em um processo de aprendizagem. Seu uso é indicado se elas fornecem “um plus” em comparação com outros ambientes de aprendizagem.

## Complexidade e custo do uso das TIC

Saber se as TIC são úteis numa determinada situação é uma habilidade crucial: tem de se tornar um tema central de aprendizagem ao longo da escolaridade.

As TIC são poderosas em animações de geometria, em cálculo (introdução ao cálculo de derivadas, de integral, problemas de otimização...), estatísticas (processamento de um grande número de dados), probabilidade (simulação), etc. Sua função de comunicação é essencial e subestimada. Para usar as TIC deve-se, no mínimo, ter um interesse para o problema em estudo. É necessário escolher uma ou mais ferramentas tecnológicas adaptadas ao problema e traduzi-lo para que o artefato tecnológico possa “mostrar algo” significativo. Além disso, é imprescindível analisar a produção do artefato escolhido para desenhar uma conjectura, formulá-la claramente, testar sua solidez e alterá-la se necessário.

A utilização eficaz das TIC leva necessariamente a repensar e reestruturar o conteúdo e os métodos de ensino: adicionar a um programa tradicional 'um pouco de TIC' condena a frustração e o fracasso. A manutenção do ensino tradicional polvilhado de um pouco de TIC fortalece a ineficácia das duas partes acopladas.

As TIC não são, de jeito nenhum, uma solução para as dificuldades do ensino tradicional de matemática. Elas lançam, pelo contrário, enormes desafios para os atores do sistema educativo. Sua própria lógica desestabiliza as lógicas de transmissão hierárquica do saber.

Elencamos alguns dos desafios que os professores enfrentam quanto ao uso das TIC na sua prática docente. Por meio das TIC os professores podem:

- passar de um trabalho individual a um trabalho colaborativo em grande escala, percorrendo vários estágios;
- usar atividades *on-line*, que eles adaptam em um ambiente tradicional;
- usar diversos *softwares* e projetor de vídeo para mostrar à classe propriedades e fazê-los pensar (geometria, estatísticas ou probabilidades), etc.;
- fazer os alunos trabalharem sobre um objeto de aprendizagem (*on-line*) para aprender o básico da matemática;
- fazer os alunos de uma classe trabalharem em um problema com um *software*, calculadoras e *sites*;
- fazer os alunos de várias classes distantes trabalharem sobre o mesmo problema usando uma plataforma virtual;
- participar da criação de recursos *on-line* (matemática para classes, atividades abertas, revistas *on-line*);

- passar de detentores e difusores de conhecimentos para o papel de orientador de equipes engajadas em uma ascensão na qual todo mundo dá o melhor de si mesmo.

Cada etapa envolve uma adaptação e novas formas de trabalho, cada vez mais profunda (e desestabilizante). A essas evoluções estão relacionados problemas para os quais devemos procurar respostas. Entre tantos, citamos os seguintes: a eficácia de novas formas de trabalhar está relacionada ao seu custo em tempo, trabalho, alterações psicológicas? Como avaliar o trabalho coletivo? Qual apoio institucional o professor recebe para facilitar essas adaptações profundas?

O uso das TIC nos processos de aprendizagem provoca mudanças de hábitos no aluno no que tange ao trabalho e aprendizagem de matemática. Eles passam de um interlocutor único (o professor) para vários interlocutores (*sites*, equipes de estudantes no mesmo trabalho, o professor em caso de dificuldade específica etc.). A aprendizagem nesses ambientes requer uma mobilização pessoal importante, muito mais do que em um ambiente tradicional. A informação abundante e de fácil acesso sofre uma falta frequente de tratamento (em oposição a que transmite o professor). O aluno descobre a dificuldade de tratar a informação que está à sua disposição (percurso rápido, eliminação de documentos inadequados, hierarquização dos documentos selecionados, tratamento profundo dos documentos essenciais para a questão a ser respondida).

O trabalho em ambiente tecnológico pode ser feito por grupos. Nesse caso, o aluno descobre a inteligência coletiva (que tem uma vida social e profissional). É para muitos um verdadeiro desequilíbrio, recebido com resistência e relutância. O desafio do professor, entre outros, é responder as seguintes questões: como trazer os alunos totalmente apoiados pelo sistema educativo a evoluir para uma autonomia cada vez maior? Como fazer-lhes aceitar a necessidade dessas alterações? Como passar de uma prática ilusória de “copiar e colar” para um trabalho real?

O uso das TIC nos processos de ensino e de aprendizagem é, também, um desafio comum aos professores e alunos. O papel de cada um dos atores é alterado profundamente pelo aparecimento de uma ferramenta externa, que se tornou central: a rede de alunos, classes, *sites* comunicando-se com os usuários por *sites* de internet. O professor distribui o conteúdo matemático ocasionalmente, ele ajuda os alunos, a pedido, a apreenderem os conceitos matemáticos. Os alunos não são mais meros consumidores da matemática do professor. Eles encontram os conteúdos em *sites* e procuram compreendê-los pelo estudo de documentos *on-line*,

dialogando com seus pares e o professor (que não aparece mais como o personagem central). Essa forma de trabalhar diminui o ritmo e o volume de conhecimentos abordados. Revela a diferença entre “tempo do professor” e “tempo do aluno”, mascarado em um ambiente tradicional. É uma fonte de ansiedade e resistência (não avançamos no “currículo”, por exemplo) para as duas partes. Neste contexto, precisamos repensar a avaliação e a organização das avaliações.

Precisamos vencer os problemas associados a essas evoluções comuns, cujas soluções podem ser alcançadas nas respostas das seguintes questões: como trazer professores e alunos para mudar as formas de trabalho ancoradas há décadas em suas mentes? Essas evoluções são realmente inevitáveis? A eficácia está assegurada? Para responder essas questões, a metodologia desenvolvida por um professor deve implicar várias interações como:

- sua compreensão do conceito a aprender e a compreensão do conceito esperado do aprendiz em um dado momento;
- a ideia do desenvolvimento cognitivo a “proporcionar” para aprender o conceito e aquela realmente desenvolvida nas atividades dos aprendizes;
- a epistemologia tal como ela é em um determinado momento e as modificações que devem ser feitas em função dos resultados das observações etc.

## Questões para o uso das TIC como instrumento pedagógico

As reflexões tecidas nas seções anteriores mostram que é necessário analisar as limitações e potencialidades das ferramentas tecnológicas. O professor, levando em consideração essa problemática, deve, antes de tudo, buscar respostas, entre outras, para as questões a seguir, sabendo que a análise didática das respostas o ajudará na construção e/ou escolha de situações-problema que atendam aos objetivos do ensino e de aprendizagem. Apresentamos algumas das questões cujas respostas devem ajudar na construção/escolha, análise *a priori*, experimentação de situações-problema envolvendo uso das TIC como instrumento didático-pedagógico:

- qual ambiente informático utilizar?
- o ambiente escolhido permite:
  - a construção de situações nas quais as variáveis são controláveis?
  - a identificação e a interpretação dos erros e as condições de seu aparecimento?
  - construir modelos dos processos errôneos dos alunos?

- construir situações didáticas nas quais esses processos seriam desequilibrados?
- alcançar os objetivos didáticos procurados pelo professor?
- o uso desse ambiente permitiria alcançar os objetivos didáticos fixados pelo professor?
- qual saber matemático ou conhecimento queremos ensinar? E como ensiná-lo?
- em relação às restrições e exigências da transposição informática quais:
  - entraves que *software* impõe ao usuário?
  - comportamentos ele induz e o ensino a aprendizagem que ele permite efetivamente?
  - impactos para os processos de ensino de aprendizagem e a transferência do conhecimento construído em sala de aula?
  - efeitos da transposição informática do saber matemático sobre o conhecimento construído pelo aluno na interação com o dispositivo informático?
- a respeito do tipo de ajuda oferecido pelo *software* e o papel do professor qual:
  - tipo de ajuda o *software* oferece ao aluno na resolução de problemas (mensagens, balanço etc.)?
  - a influência das características específicas do *software* e das variáveis didáticas das situações-problema<sup>1</sup>?
  - o papel do professor na construção de situações didáticas?
  - organização da classe o professor deve prever (tempo necessário, número de computadores, trabalho individual ou em grupo etc.)?
  - a influência do trabalho informático sobre o da matemática?

A aprendizagem da formulação e 'conceitualização' que possibilita a utilização das TIC no âmbito educacional é relevante quando as variáveis não matemáticas pouco influenciam o desenvolvimento das atividades do ensino e da aprendizagem.

Um ambiente tecnológico usado para fins educacionais não é acompanhado de todos os parâmetros didáticos, o ambiente pedagógico necessário ao ensino e à aprendizagem. No sistema didático saber-professor-aprendiz, as TIC influenciam

---

<sup>1</sup> Uma situação-problema é a escolha de questões abertas numa situação mais ou menos matematizada, envolvendo um campo de problemas colocando-se num ou vários quadros. A função principal de uma situação-problema é a utilização implícita depois explícita de novas ferramentas matemáticas, através de questões que o aluno se coloca no momento de sua pesquisa.

cada um dos três componentes: o saber matemática e o saber a ensinar, o professor e o ensino, e enfim, o aluno e sua aprendizagem. Para uma melhor eficácia do uso do computador em sala de aula, é necessário que o professor preveja fases coletivas e fases individuais, fases com o professor, fases de trabalho pessoal. As TIC introduzem também elementos que não proporcionam o ensino e a aprendizagem, e, além disso, trazem seus próprios obstáculos, em que elas podem revelar ou reforçar obstáculos e/ou provocar a interferência de obstáculos exteriores.

## Considerações Finais

As questões que relacionamos exigem formar um docente que use tecnologias para ensinar e que possa formar-se por meio de tecnologias. Elas exigem novas formas de relacionamentos e de organização, novas habilidades e competências são solicitadas aos indivíduos que a compõem. Dentre elas, destacamos a capacidade de trabalhar em grupo e assumir ações que necessitam de constante aprendizado, ou seja, ações para a vivência do aprender a aprender de maneira colaborativa e constante. No entanto, muito há para conhecer quanto aos processos de ensino e de aprendizagem em ambientes com TIC, presenciais ou a distância, principalmente, no âmbito educacional. Dessa forma, nosso grupo de pesquisa, já há algum tempo procura respostas para as seguintes questões: como os processos de aprendizagem se caracterizam em ambientes com TIC? Quais são as alternativas metodológicas para investigarmos os processos de aprendizagem nesses ambientes?

Em um ambiente de aprendizagem a distância, por exemplo, a comunicação não ocorre apenas de um professor para um estudante, pois a internet disponibiliza uma comunicação de um para muitos e, mais frequentemente, de muitos para muitos. Essas possibilidades já caracterizam algumas dificuldades enfrentadas por pesquisadores em sugerir procedimentos metodológicos para estudar processos de aprendizagem em ambientes computacionais.

## Referências

BACHELARD, G. *A formação do espírito científico: contribuição para uma psicanálise do conhecimento*. Tradução Esteia dos Santos Abreu. Rio de Janeiro: Contraponto, 1996. 316 p.

BELLONI, M. L. *Educação a distância*. Campinas, SP: Autores Associados, 1999.

- BORBA, M. C. *Educação matemática a distância online: balanço e perspectivas*. 2011. In: <[http://www.cimm.ucr.ac.cr/ocs/index.php/xiii\\_ciaem/xiii\\_ciaem/paper/viewfile/2853/1139](http://www.cimm.ucr.ac.cr/ocs/index.php/xiii_ciaem/xiii_ciaem/paper/viewfile/2853/1139)>. Acesso em: 21 ago. 2012.
- BORBA, M. C.; VILLARREAL, M. E. *Humans-with-media and the reorganization of mathematical thinking: information and communication technologies, modeling, experimentation and visualization*. New York: Springer, 2005. (Mathematics Education Library, 39).
- BROUSSEAU, G. *Fondements et méthodes de la Didactique des Mathématiques*. *Recherches en Didactique des Mathématiques*, Grenoble, v. 7, n. 2, p. 33-115, 1986.
- HENRIQUES, A. *Enseignement et L'apprentissage des Intégrales Multiples: Analyse Didactique Intégrant L'usage du Logiciel Maple*. 2006. Thèse (Didactique des mathématiques). Université Joseph Fourier - Grenoble I, Grenoble, França, 2006.
- KAWASAKI, T. F. *Tecnologias na sala de aula de matemática: resistência e mudanças na formação continuada de professores*. 2008. Tese (Doutorado em Educação Matemática) - UNESP, 2008 <<http://www.bibliotecadigital.ufmg.br/dspace/bitstream/1843/FAEC-84XH59/1/teresinhakawasakitese.pdf>>. Acesso em: 21 ago. 2012.
- RABARDEL, P. *Les hommes et les technologies: une approche cognitive des instruments contemporains*. Paris: Armand Colin, 1995.
- SALAZAR, J. V. F. *Gênese instrumental na interação com Cabri 3D: um estudo de transformações geométricas no espaço*. 2009. 319f. Tese (Doutorado em Educação Matemática) - Programa de Estudos Pós Graduados em Educação Matemática, Pontifícia Universidade Católica de São Paulo, São Paulo, 2009.
- TROUCHE, L. *A propos de l'apprentissage des limites de fonctions dans un "environnement calculatrice"*: Etude des rapports entre processus de conceptualisation e processus de instrumentalisation. 1996. Thèse (Didactique des mathématiques) - Université Montpellier II, Sciences et Techniques du Languedoc, Laboratoire Etude et Recherche sur l'Enseignement Scientifique, 1996.
- VERGNAUD, G. *A trama dos campos conceituais na construção dos conhecimentos*. *Revista do GEEMPA*, v 4, p. 9-19, jul. 1996.
- VÉRILLON, P. *La problématique de l'instrument: cadre pour penser l'enseignement du graphisme*. *Revue Graf & Tec de l' Universidade Federal de Santa Catarina*, Florianopolis, v. 1, n. 1, p. 57-78, 1996.
- VÉRILLON, P.; RABARDEL, P. *Cognition and artefacts: a contribution to the study of thought in relation to instrumented activity*. *European Journal of Psychology of Education*, v. 10, n. 1, p. 77-101, 1995.



# Estudo de relações em sala de aula com a Presença de Ambientes Computacionais de Aprendizagem – PERSAC

*Afonso Henriques*

## Introdução

O PERSAC é um projeto de pesquisa que consiste no estudo das relações que emergem em sala de aula com a presença de ambientes computacionais de aprendizagem – ACA / Software Educativo, desenvolvido com alguns professores das escolas da região de influência da Universidade Estadual de Santa Cruz (UESC) e seus respectivos alunos, em duas versões. A primeira financiada pela Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado da Bahia (Fapesb) decorrido no biênio 2008/2010, e a segunda pela UESC no biênio 2011/2013. Apresentamos, neste artigo, os resultados obtidos durante o desenvolvimento dos trabalhos desse projeto tanto na pesquisa interna quanto na externa.

O curso intitulado “Estudo e desenvolvimento de competências no ensino de integrais múltiplas e geometria analítica com intervenção de ambientes computacionais de aprendizagem (IMGA)”, que oferecemos neste mesmo evento apresentamos nas definições 2 e 3, os conceitos da pesquisa interna e externa que retomamos aqui na ordem 1 e 2 para situar o leitor sobre algumas passagens que levaram esses conceitos ao longo deste texto.

**Definição 1. A pesquisa interna** é uma sondagem realizada pelo pesquisador individualmente (ou por um grupo de pesquisadores), sem intervenção de sujeitos externos. Momento no qual o pesquisador (ou o grupo) procura compreender melhor o seu objeto de estudo. Ele conjectura, problematiza, formula hipóteses, questiona-se, define

o quadro teórico, os objetivos e descreve o percurso metodológico da sua pesquisa.

**Definição 2. A pesquisa externa** é uma sondagem que envolve sujeitos externos, como público-alvo. Momento, no qual o pesquisador (ou grupo) aplica os estudos desenvolvidos na pesquisa interna. Esta aplicação, teste ou experimentação pode ou não envolver seres humanos. A aplicação de uma sequência para o estudo de práticas efetivas de estudantes de uma instituição, por exemplo, é uma pesquisa externa.


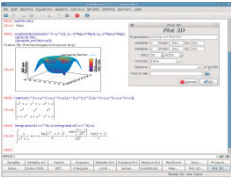
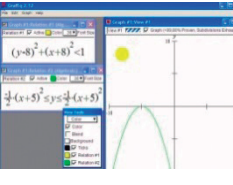
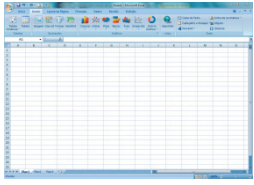
O PERSAC foi desenvolvido, rigorosamente, em dois tempos cobertos pelas duas definições. Esse projeto é inscrito nas iniciativas relativas à utilização das Tecnologias de Informação e Comunicação (TIC), em particular os ACA (*softwares* educativos), que vêm sendo desenvolvidos/utilizados nas universidades brasileiras nas últimas décadas. Como é sabido, vários grupos: Centro Virtual Interamericano de Cooperação Solidária para a Formação de Educadores - UNICAMP (NIED), Laboratório de Estudos Cognitivos - UFRGS (LEC), Programa de Pós-Graduação em Educação Matemática - UESC (PPGEM), Núcleo de Educação em Ciência, Matemática e Tecnologia - UFJF (NEC), Grupo de Pesquisa em Ensino e Aprendizagem da Matemática em Ambiente Computacional (GPEMAC) têm trabalhado nesta direção. Os resultados obtidos, por alguns grupos como o GPEMAC vêm mostrando que as dificuldades de utilização de recursos tecnológicos no ensino, em particular, da Matemática são muito grandes, na medida em que existem várias necessidades referentes à formação de professores capazes de utilizarem tais tecnologias com finalidades didáticas.

Nesse projeto, demos prosseguimento ao trabalho realizado em sua primeira versão, visando não só o estudo no âmbito da pesquisa interna, mas, principalmente na pesquisa externa. Esta com um olhar especial na formação inicial e continuada de professores da Educação Básica, relativamente à utilização dos recursos tecnológicos capazes de permitirem a transposição informática na relação sujeito objeto mediada pelo instrumento, contribuindo assim com a formação de professores-multiplicadores.

Com efeito, conjecturamos que é na transposição informática que se manifestam as grandes dificuldades dos professores, o que gerou a seguinte questão: quais são de fato as principais dificuldades dos professores? A partir da combinação de ações presenciais e a distância, cujo objetivo era contribuir com a utilização efetiva da informática que vem sendo implantada nas escolas públicas da Educação Bási-

ca, desenvolvemos sequências de ensino com modalidades didáticas apropriadas às condições tecnológicas de cada escola e a disponibilidade do professor. Pretendíamos com isso, fornecer condições para o professor construir conhecimentos nos quais as técnicas computacionais intervêm significativamente e, entender por que e como integrar as TIC em sua prática pedagógica, através do estudo e melhor compreensão das várias relações que permeiam o processo ensino/aprendizagem.

Esse estudo foi importante tanto na pesquisa interna como na externa, pois com o advento de qualquer novo material no processo de ensino/aprendizagem emerge uma potencial mudança nas relações existentes em sala de aula: relações entre professor e aluno; relações entre alunos, e ainda, as relações entre alunos e professores com os objetos de estudos por mediação do instrumento tecnológico. Nesse aspecto, a capacitação e a formação continuada de professores se fazem necessárias. Assim, julgamos importante a participação de professores da Educação Básica das escolas pública no projeto, onde as sequências que nos referimos foram organizadas com base nos recursos dos seguintes ambientes computacionais de aprendizagem:

Figura 1- Ilustração do GeoGebra	Figura 2 - Ilustração do Maxima	Figura 3 - Ilustração do GrafEq	Figura 4 - Ilustração do Excel
			

Sublinhamos que as pesquisas internas e externas desenvolvidas junto ao GPE-MAC passam necessariamente nos dois ambientes de aprendizagem (papel/lápis e computacional) cujas definições que retomamos aqui estão disponíveis na página do grupo<sup>1</sup> e no curso citado anteriormente.

**Definição 03.** Um ambiente **papel/lápis** “é um espaço usual de estudo constituído por ferramentas como: papel, lápis, caneta, borracha etc. O quadro, o piloto ou giz também se enquadram nesse ambiente”.

<sup>1</sup> <http://gpemac.wix.com/home/>

**Definição 04.** Um ambiente **computacional** é um espaço virtual de estudo constituído de ferramentas como: o computador, o *software*, a internet, a calculadora, etc.

Assim, utilização dos *softwares* ilustrados requer o desenvolvimento de esquemas em consonância com as técnicas instrumentais que permitem realizar as situações ou tarefas propostas. Na pesquisa interna, analisamos cada *software* visando destacar as potencialidades e entraves de cada um relativamente à organização praxeológica dos objetos matemáticos colocados em jogo. Neste contexto, optamos por seleccionar alguns tópicos matemáticos do Ensino Fundamental e Médio que poderiam ser trabalhados em sala de aula ou laboratório de informática utilizando esses *softwares*, a saber: geometria plana, polinômios, trigonometria, funções/equações/inequações e tratamento de informação. Esta seleção permitiu o desenvolvimento do projeto em micro equipes do GPEMAC que elaboraram sequências didáticas específicas com base nos tópicos apresentados e aplicaram nos respectivos níveis escolares.

As escolas que participaram desse projeto possuem laboratórios de informática equipados com os respectivos computadores. A maioria destes, não apresentam condições satisfatórias para o desenvolvimento de trabalhos com *softwares*. Muitas vezes a quantidade de computadores em funcionamento é insuficiente, o que impede a aplicação das sequências para todos os alunos de uma turma. Além disso, em nenhum dos laboratórios das escolas envolvidas havia *softwares* matemáticos previamente instalados. Isso, mais uma vez, ratifica as dificuldades apresentadas pelos professores, pela falta do uso contínuo nas instituições de ensino onde atuam. Mas, o que deve ser feito para motivar tal uso, já que o governo tem investido fortemente na inclusão digital?

Figura 4 - Ilustração de uma interface (Desktop) do sistema operacional Linux



Relativamente ao sistema operacional, sublinhamos que a plataforma que encontramos em todos os laboratórios consiste na tecnologia de Linux. Enquanto que a maioria dos *softwares* livres, tais como utilizados nessa pesquisa rodam com falhas, limitações nesse sistema, revelando assim, diversos entraves informáticos. Quando surge o questionamento do tipo: será que o governo tem se preocupado com isso quando investe na inclusão digital? Ou tal inclusão resume-se a digitação de textos, acesso à internet, acesso a redes sociais? Se sim, é apenas isto que se espera quando se trata da inclusão digital visando o ensino e aprendizagem da Matemática mediada pelo instrumento tecnológico?

## Revisão de Literatura/Fundamentação

Diversas pesquisas (BORBA; PENTEADO, 2002; GODOY, 2007; HENRIQUES, 2001; entre outros) vêm mostrando que muitas instituições da educação básica vêm sendo equipadas com laboratórios de informática, e que a inclusão digital é atualmente uma preocupação do Ministério da Educação. Com efeito, espera-se do professor a compreensão de que a utilização dos recursos tecnológicos é necessária e irreversível no atual contexto em que está inserido, sem perder de vista que o computador não irá substituí-lo, mas auxiliá-lo na tarefa de mediador e formador de cidadãos historicamente situados. Segundo Valente (1993, p. 3-4)

Os computadores podem ser usados para ensinar. A quantidade de programas educacionais e as diferentes modalidades de uso de computador mostram que esta tecnologia pode ser bastante útil no processo ensino/aprendizagem. E mais: para a implantação do computador na educação, são necessários quatro ingredientes: o computador; o software educativo; o professor capacitado para usar o computador como meio educacional e o aluno.

Consideramos que três dos quatro ingredientes necessários para a implantação efetiva do computador no processo ensino/aprendizagem, citados acima, já existem e estão consolidados a contento: os computadores existem nas escolas; os *softwares* educativos em grande número, e parte deles são acessíveis gratuitamente; o aluno, que nunca deixou de ser uma parte importante do processo, que em grande parte, utiliza o computador em seu cotidiano. Assim, concordando com o autor, ponderamos que o ingrediente que não está explicitamente presente é o professor capacitado para usar o computador como meio educacional. Salientamos contudo, que não entendemos essa expressão como um professor que não saiba utilizar o computador, mas sim, um profissional que, em grande parte dos casos, utiliza o

computador, porém não se sente seguro para utilizá-lo como recurso didático. Por outro lado, o aluno como parte integrante desse processo deve apropriar-se, de forma crítica, dos conhecimentos que os ambientes computacionais podem proporcionar, fazendo uso deles para compreender melhor, interpretar e transformar a realidade.

Em geral, o significado de uma teoria construída por um matemático pode vir de encontro com a transposição didática em meios informatizados, a qual Ballacheff (1991) chama de transposição informática, visando uma aprendizagem de forma dinâmica e significativa. Segundo Lagrange (2000), com o surgimento de diversos ambientes de aprendizagem é necessário implementar métodos e técnicas instrumentais que permitam ao aluno acessar essa transposição, possibilitando-lhe visualizar os resultados básicos enunciados como teorema ou conjectura.

Entendemos que a referida implementação necessita de um estudo aprofundado, tanto do objeto do saber visado, quanto da tecnologia que se pretende colocar em prática, uma vez que a utilização de um ambiente computacional (*software*) passa por um processo de instrumentação das suas ferramentas na realização das tarefas propostas aos alunos. O que implica na necessidade de conhecimentos sobre a maneira como uma ferramenta computacional pode transformar-se progressivamente em um instrumento de aprendizagem. Nesse aspecto, encontramos uma fundamentação na abordagem instrumental.

## **Abordagem Instrumental**

Proposta por Rabardel (1995), esta abordagem emerge de trabalhos em ergonomia cognitiva. A mesma refere-se à aprendizagem da utilização de ferramentas tecnológicas ou qualquer ferramenta que se apresente como instrumento didático.

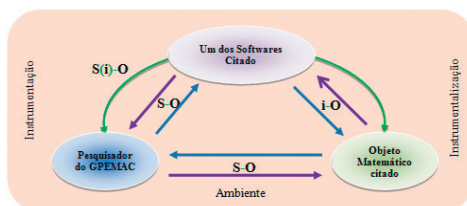
Para compreensão dos processos de apropriação do uso de ferramentas, Rabardel (1995 apud HENRIQUES; ATTIE; FARIAS, 2007) propôs essa teoria como uma abordagem de modelização didática, em que por essencial distingue ferramenta (artefato), que é fornecida ao sujeito, de instrumento, que é construído pelo mesmo na relação com a ferramenta. Essa construção denominada por Rabardel de gênese instrumental é um processo complexo aliado às características do artefato: suas potencialidades e suas limitações e as atividades do sujeito – seus conhecimentos, suas experiências anteriores e suas habilidades. A transformação de ferramentas em instrumentos articula o sujeito, com suas habilidades e competências cognitivas, com a ferramenta que tem suas características próprias e com o objeto para

o qual a ação é dirigida. Além disso, Rabardel (1995) e Verillon (1996) propõem o modelo Situações de Atividades Instrumentais (SAI), delineando as relações entre o sujeito e o objeto sobre o qual ele age. Nós designamos tal modelo como modelo teórico de referência que reproduzimos na Figura 5.

Figura 5 - Modelo SAI teórico de referência

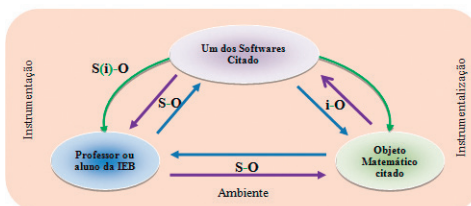


Figura 6 - Modelo SAI na Pesquisa Interna



Como já sublinhamos, o PERSAC desenvolveu-se em dois tempos. Assim, relativamente à análise e utilização da ferramenta (*Software*) no primeiro tempo, conforme a Figura 6, o sujeito S em um Pesquisador do GPENAC, o Instrumento i é um dos quatro *softwares* citados anteriormente e o Objeto O é um dos temas ou objetos Matemáticos citado também anteriormente. No primeiro tempo, cada pesquisador analisa um dos *softwares* citado, destaca as potencialidades e os entraves do *software* relativamente ao objeto O e descreve os esquemas de utilização e da ação instrumental e as técnicas de realização com suas relações possíveis com as técnicas correspondentes do ambiente papel/lápis.

Figura 7 - Modelo SAI na Pesquisa Externa



Na pesquisa externa, o sujeito é um professor ou aluno da Instituição de Educação Básica (IEB) – instituição de aplicação. A ferramenta é um *software* educativo (como o Maxima, o GeoGebra, o GrafEq ou o Excel) e o objeto de estudo é matemático citado anteriormente. O modelo SAI delinea tanto, no modelo teórico de referência, quanto nos modelos de pesquisa (interna e externa), as relações entre o sujeito e o objeto sobre o qual ele age. Esse modelo evidencia as múltiplas interações que intervêm nas atividades instrumentais, isto é, considera, além da interação sujeito-objeto [S-O], sujeito-instrumento [S-i] e o instrumento-objeto [i-O], a relação sujeito-objeto mediado pelo instrumento [S(i)-O]. Para Rabardel, a gênese instrumental tem duas dimensões: a instrumentação, que é a relação entre sujeito e instrumento, onde o sujeito constrói esquemas, procedimentos e operações para a utilização da ferramenta e, a instrumentalização, que diz respeito à relação instrumento-objeto, determinada pelas possibilidades que o sujeito atribui ao instrumento de agir sobre o objeto, construindo as propriedades funcionais da ação. Essas relações ocorrem, no entanto, numa determinada instituição em torno de objetos de saberes. Nesse aspecto, encontramos uma fundamentação na teoria antropológica do didático.

## **Teoria Antropológica do Didático (TAD)**

Desenvolvida por Chevallard (1992), o ponto de partida dessa teoria é que “tudo é objeto”. O autor distingue, no entanto, os tipos de objetos específicos: instituições (I), pessoas (X) e as posições que ocupam as pessoas nas instituições. Ocupando essas posições, as pessoas tornam-se sujeitos das instituições – sujeitos ativos que contribuem na existência das instituições. O conhecimento – e o saber, como forma particular de organização de conhecimento – entra em cena com a noção de relação entre estes elementos. Do ponto de vista dessa teoria, uma relação institucional (reconhecimento de um objeto do saber por uma instituição) é, diretamente ligada às atividades institucionais que são solicitadas aos alunos. Ela é, de certa maneira, caracterizada por diferentes tipos de exercícios que os alunos devem efetuar e por razões que justificam tais tipos de exercícios.

A relação institucional a um objeto é, nesse contexto, descrita por um conjunto de práticas sociais que funcionam numa instituição, envolvendo esse objeto do saber. É dessas relações que estudamos no PERSAC, visando à integração de um dado instrumento tecnológico na organização de Sequências Didáticas (SD) em torno dos objetos citados. Esta teoria considera estes objetos matemáticos, não como existentes em si, mas como entidades que emergem de sistemas de práticas existentes nas instituições.



Esses sistemas ou praxeologias são descritos em termos de tarefas específicas daquele objeto, das técnicas que permitem resolvê-los, e através dos discursos teórico-tecnológicos que servem para explicar e justificar as técnicas, constituindo o que Chevallard designa organização praxeológica completa, que pode ser desenvolvida segundo os dois modelos apresentados por Henriques (2013) conforme mostram as Figuras 8 e 9:

Figura 8 – Modelo praxeológico usual do livro didático e Figura 9 – Modelo praxeológico modelado do livro didático



Fonte: Henriques (2013).

Toda pesquisa interna imersa nessa teoria explora paralelamente as duas praxeologias, enquanto que a pesquisa externa é calcada integralmente sobre a praxeologia Modelada com bases na pesquisa interna que favorece a organização de sequência didática.

## Sequência didática


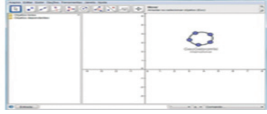
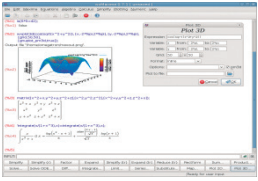
Entendendo uma Sequência Didática (SD) como um dos aspectos da Engenharia Didática<sup>2</sup> Henriques (2001, p. 61) apresenta a seguinte definição:


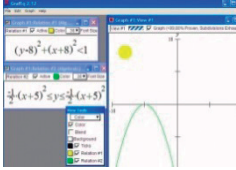
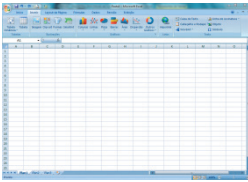
Uma **sequência didática** é um esquema experimental formado por situações, problemas ou tarefas, realizadas com um determinado fim, desenvolvido por sessões de aplicação a partir de um estudo preliminar [análise institucional] em torno de um objeto do saber e de uma análise matemática/didática, caracterizando os objetivos específicos de cada situação, problema ou tarefa [constituente de uma praxeologia].

2 A engenharia didática, vista como metodologia de pesquisa, caracteriza-se por um esquema experimental baseado em realizações didáticas em sala de aula, isto é, na concepção, na realização, na observação e na análise sequencial de atividades de ensino. (ARTIGUE, 1988)

As análises matemáticas/didáticas destacam as resoluções possíveis, a forma de controle e os resultados esperados bem como as variáveis didáticas de situações, pré-requisitos e competências. Vale sublinhar que as variáveis didáticas são conhecimentos ou noções próprias do objeto de estudo em questão, e estão à disposição do professor, permitindo a análise de situações envolvidas na investigação. As análises matemáticas/didáticas são, portanto, partes da análise *a priori* e se desenvolveram com base na praxeologia de referência. No caso do PERSAC, essa organização praxeológica consiste nas organizações dos objetos matemáticos citados mais acima, que favoreceram as sequências desenvolvidas por cada micro-equipe do GPEMAC considerando os *softwares* já citados que retomamos a seguir:

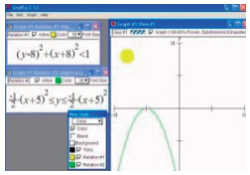
Tabela 1 - Microequipes do GPEMAC atuantes na organização e desenvolvimento de SD

<p><b>Microequipe 1</b></p> <p>Assunto: Geometria Plana - Pontos e Retas</p> <p>Software: GeoGebra</p> <p>Instituição de aplicação: Ensino Fundamental II</p> <p>Público-alvo: cinco professores da Educação Básica</p> <p>Instituição de aplicação: 7º ano do Ensino Fundamental II – EFII</p> <p>Público-alvo: uma turma do 7º ano do EFII</p> <p>Pesquisadora Responsável: Prof<sup>fa</sup>. Ms. Elisângela Silva Farias</p>	<p>Figura 10 - Ilustração do software utilizado</p> 
<p><b>Microequipe 2</b></p> <p>Assunto: Funções do 1º grau.</p> <p>Software: GeoGebra</p> <p>Instituição de aplicação: 2º ano do Ensino Médio</p> <p>Público-alvo: uma turma do 2º ano do Ensino Médio</p> <p>Pesquisadora Responsável: Prof<sup>fa</sup>. Ms. Geizane Lima da Silva</p>	<p>Figura 11 - Ilustração do software utilizado</p> 
<p><b>Microequipe 3</b></p> <p>Assunto: Polinômios</p> <p>Software: Maxima</p> <p>Instituição de aplicação: 8º ano do Ensino Fundamental II</p> <p>Público-alvo: uma turma do 8º ano do Ensino Fundamental II</p> <p>Pesquisadora Responsável: Prof<sup>fa</sup>. Ms. Liliane Xavier Neves</p>	<p>Figura 12 - Ilustração do software utilizado</p> 

<b>Microequipe 4</b>	Figura 13 - Ilustração do software utilizado 
Assunto: Trigonometria	
Software: GeoGebra	
Instituição de aplicação: 9º no do Ensino Fundamental	
Público-alvo: alunos 9º no do Ensino Fundamental	
Pesquisador Responsável: Eduardo Delcides Bernardes	
<b>Microequipe 5</b>	Figura 14 - Ilustração do software utilizado 
Assunto: Equações e Inequações	
Software: GrafEq	
Instituição de aplicação: Ensino Médio	
Público-alvo: professor de Ensino Médio	
Pesquisador Responsável: Prof. Dr. Afonso Henriques	
<b>Microequipe 6</b>	Figura 15 - Ilustração do software utilizado 
Assunto: Tratamento de Informação	
Software: Excel	
Instituição de aplicação: Ensino Médio	
Público-alvo: professores do Ensino Médio	
Pesquisadora Responsável: Camila Macedo Lima Nagamine	

Cada um desses grupos integrava, além do professor responsável, alunos de iniciação com bolsas, voluntário sem bolsa – Iniciação Científica Voluntária (ICV) – e de projetos de ensino com bolsa. No âmbito da pesquisa interna, a equipe constituída pelas seis microequipes, reunia-se duas vezes por semana, sendo a primeira reunião com objetivo principal de interação e discussões centradas nas análises realizadas durante a semana para cada microgrupo. A segunda reunião, designada seminários do GPEMAC, objetivava a apresentação individual dos estudantes do grupo. Os resultados obtidos no PERSAC tanto na primeira versão quanto na segunda, mostram que as dificuldades de utilização de Ambientes Computacionais de Aprendizagem (ACA) no ensino da Matemática persistem, e são relativamente grandes por falta de professores qualificados, capazes de utilizarem tais tecnologias com finalidades didáticas. Continuando com a ideia que consistia no estudo das relações disseminadas na primeira versão do PERSAC (Financiamento Fapesb), investimos não apenas na pesquisa interna, mas, principalmente na pesquisa externa, visando à formação inicial e continuada com foco nas principais dificuldades

dos professores quanto à transposição informática que ocorre na relação sujeito-objeto mediada pelo instrumento. A título de ilustração das análises e práticas efetivas dos professores apresentamos a seguir a sequência e sua aplicação de uma das microequipes do PERSAC.

<b>Microequipe 5</b>	<p>Figura 16 - Ilustração do software utilizado</p> 
Assunto: Equações e Inequações	
Software: GrafEq	
Instituição de aplicação: Ensino Médio	
Público-alvo: professor de Ensino Médio	
Pesquisador Responsável: Prof. Dr. Afonso Henriques	

Como se pode observar, esta equipe sob minha responsabilidade no PERSAC, interessou-se com o estudo das Equações e Inequações no registro gráfico utilizando o ACA GragEq. O GrafEq é um *software* Matemático que permite visualizar na sua interface na tela do computador, as **curvas** de equações, **regiões** de inequações e **gráficos** de funções de expressões conhecidas. Este *software* foi produzido pelo canadense Jeff Tupper, no Departamento de Ciências de Computação da Universidade de Toronto (Canadá). O *software* é baseado em sua tese *Graphing Equations with Generalized Interval Arithmetic*, de 1996, disponível em sua página pessoal.<sup>3</sup> O GrafEq vem sendo administrado pelo “*Pedagoguery*”,<sup>4</sup> utilizado em várias instituições de ensino no mundo. Esse *software* está disponível em alguns idiomas como: inglês, holandês, espanhol, francês, Português, indonésio, coreano e uma interface em japonês.<sup>5</sup> Uma vez adquirido e instalado no computador individual ou institucional (em ambos os casos com licença ou versão de teste), pode ser acessado com um clique sobre o seu ícone, obtendo-se inicialmente a interface da Figura 17.

3 <http://www.dgp.toronto.edu/people/mooncake/mooncake.html>

4 <http://www.peda.com/>

5 Fonte de informação: <http://www.peda.com/grafeq/>

Figura 17 - Interface inicial do software GrafEq



Com clique em continuar (no caso de versão de teste) o *software* estará pronto para receber instruções do usuário. Dentre as várias instituições de ensino no mundo evocadas acima, além da infinidade de trabalhos disponíveis na internet, destacam-se os artigos publicados em revistas, apresentados em eventos e disponíveis nos anais correspondentes, dos quais, podemos citar:

- <http://www.gregosetroianos.mat.br/softgrafeq.asp>
- <http://www.apm.pt/apm/revista/educ71/PontosVista.pdf> (Educação e Matemática nº 71 • Janeiro/Fevereiro de 2003)
- [http://w3.ufsm.br/ceem/eiemat/Anais/arquivos/RE/RE\\_Stremel\\_Jordana.pdf](http://w3.ufsm.br/ceem/eiemat/Anais/arquivos/RE/RE_Stremel_Jordana.pdf) (Estudo de Equações)
- [http://www.ufrgs.br/espmat/disciplinas/midias\\_digitais\\_II/modulo\\_III/recursos65.html](http://www.ufrgs.br/espmat/disciplinas/midias_digitais_II/modulo_III/recursos65.html) (Desenhando no Gráfico)
- [http://www.ufrgs.br/espmat/livros/livro1-matematica\\_escola.pdf](http://www.ufrgs.br/espmat/livros/livro1-matematica_escola.pdf) (A matemática na escola)

A maioria dos estudos abordados pelos pesquisadores nesses artigos no âmbito de Educação Matemática, coloca em evidência a aprendizagem de objetos matemáticos por mediação de tecnologia, em particular o *software* GrafEq na Educação Básica. Destacamos que a última referência, é um livro com 304 páginas, dois trabalhos: *Tecnologias Digitais na Sala de Aula para Aprendizagem de Conceitos de Geometria Analítica: manipulações no software GrafEq*, p. 177, Marcus e Basso, 2012 e *Geometria Analítica com o Software GrafEq*, p. 197, Goulart e Gravina, 2012 que abordam a tecnologia de GrafEq.

Na nossa pesquisa centramos os trabalhos no estudo de relações que podem emergir em sala de aulas quando as tecnologias chegam às escolas. Este é, por conseguinte, a proposta do PERSAC. Com efeito, o dispositivo da SD que analisamos,

foi preparado nessa perspectiva, envolvendo conteúdos estudados no Ensino Fundamental II assim como no primeiro ano do Ensino Médio, com dois professores de uma escola da região de influência da UESC.


Figura 18 - Dispositivo experimental aplicada

GPEMAC

UNIVERSIDADE ESTADUAL DE SANTA CRUZ – UESC

DEPARTAMENTO DE CIÊNCIAS EXATAS E TECNOLÓGICAS

Grupo de Pesquisa em Ensino e Aprendizagem da Matemática em Ambiente Computacional



---

**Dispositivo experimental para análise de práticas de professores no estudo de relações entre inequações e regiões planas, gráficos e funções de uma variável real, correspondentes.**

Este dispositivo apresenta as atividades da sequência que vamos trabalhar junto com vocês, constituído apenas por uma sessão de quatro atividades a serem realizadas em dois ambientes de aprendizagem (papel/lápis e computacional) em momentos diferentes. Durante a realização das atividades, favor descrever cada tarefa conforme solicitado.

Professores Pesquisadores: Equipe do Projeto PERSAC/UESC

Data: / /2013

Nome do Professor (opcional):

Em cada uma das tarefas use os conceitos correspondentes, descrevendo e justificando suas estratégias de resolução.

**SESSÃO 1 (no ambiente GrafEq)**

<b>T1.</b>	<p><b>Visualizar regiões planas a partir das inequações do tipo <math>y \geq a</math> e <math>x \leq b</math> usando GrafEq 2.12.</b></p> <p>(t1) Hachurar os quatro quadrantes formados pelos eixos coordenados do plano-xy. (t2) Produzir um documento Word para descrever a sub tarefa t1 com as respectivas inequações utilizadas, assim como as sub regiões correspondentes. (t3) Representar analiticamente o conjunto de cada sub região.</p>
<b>T2.</b>	<p><b>Visualizar sub regiões planas a partir das equações e inequações do tipo <math>y = a + x</math> e <math>(y \geq a + x</math> ou <math>y \leq b - x)</math>, respectivamente, usando o software GrafEq 2.12.</b></p> <p>(t1) Obter a visualização geométrica de <math>y = 1 - x</math> e <math>y = 2 - x</math> no plano-xy. (t2) Obter a visualização geométrica de <math>y \geq 1 - x</math> e de <math>y \leq 2 - x</math>. (t3) Utilizar o mesmo documento Word produzido na sub tarefa t1 de T1 e continuar a descrever as sub tarefas t1 e t2 de T2. Evidenciar analiticamente cada sub região.</p>
<b>T3.</b>	<p><b>Visualizar sub regiões planas a partir das inequações do tipo <math>y \geq ax^2</math> e <math>x \geq ay^2</math> usando o software GrafEq 2.12.</b></p> <p>(t1) Visualizar as equações <math>y \geq x^2</math> e <math>y \leq -x^2</math> no registro geométrico no plano-xy. (t2) Repita a sub tarefa t1 para as inequações <math>x \geq y^2</math> e <math>x \leq -y^2</math>. (t3) Utilizar o mesmo documento Word produzido na sub tarefa t1 de T1 e continuar com a descrição das sub tarefas t1 e t2 de T3. Evidenciar analiticamente cada sub região.</p>
<b>T4.</b>	<p><b>Visualizar sub regiões planas a partir das inequações do tipo <math>(x - a)^2 + (y - b)^2 \leq c</math> e <math>a \geq x^2 + y^2</math> usando o software GrafEq 2.12.</b></p> <p>(t1) Visualizar a inequação <math>(x - 2)^2 + (y - 2)^2 \leq 1</math> no registro geométrico no plano-xy. (t2) Visualizar a região simétrica da t1 em relação a origem de sistema de coordenadas e em relação ao eixo-x e ao eixo-y. (t3) Obtenha a região retangular de vértices determinados pelos centros das regiões obtidas em t1 e t2. (t4) Utilizar o mesmo documento Word produzido na sub tarefa t1 de T1 e continuar com a descrição das sub tarefas de T4. Evidenciar analiticamente o conjunto de cada sub região.</p>

---

Projeto de Pesquisa: PERSAC - UESC

Apresentamos a seguir apenas a análise de uma das tarefas propostas no referido dispositivo.

## Análise a priori

Segundo Henriques, Oliveira e Palmeira (2013) a análise *a priori* apresenta as condições, a caracterização dos objetivos específicos e das técnicas institucionais de realização de cada tarefa, colocando em evidência as variáveis didáticas, estratégias e soluções possíveis, resultados esperados, pré-requisitos e competências. Nos limitamos a apresentar neste capítulo os objetivos específicos, as técnicas de resolução e os resultados esperados da primeira tarefa do dispositivo que traz o seguinte enunciado:

T1.	<b>Visualizar regiões planas a partir das inequações do tipo <math>y \geq a</math> e <math>x \leq b</math> usando GrafEq 2.12 com.</b> (t1) Hachurar os quatro quadrantes formados pelos eixos coordenados do plano-xy. (t2) Produzir um documento Word para descrever a subtarefa t1 com as respectivas inequações utilizadas, assim como as sub-regiões correspondentes. (t3) Representar analiticamente o conjunto de cada sub-região.
-----	---

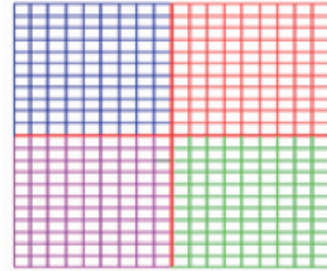
O **objetivo de T1**: visualizar, nos registros gráfico e algébrico, as sub-regiões correspondentes aos quatro quadrantes do sistema de coordenadas planas a partir das inequações do tipo  $y \geq 0$  e  $x \leq 0$  utilizando inicialmente as técnicas do ambiente papel/lápis e depois, as técnicas instrumentais do *software* GrafEq. Descrever os esquemas utilizados na realização da tarefa.

## Análise a priori de T1

Para realizar a subtarefa (t1) no ambiente papel/lápis é suficiente mobilizar as condições necessárias para que um par ordenado do plano-xy pertença a cada quadrante. Assim, para o sujeito hachurar o primeiro, o segundo, o terceiro e o quarto quadrantes deve, respectivamente, mobilizar as quatro representações analíticas (que nomeamos por  $Q_1$ ,  $Q_2$ ,  $Q_3$  e  $Q_4$ ) no registro algébrico:

Figura 19 – Hachurar regiões com noção cartesiana

$$\begin{aligned} Q_1 &= \{(x, y) \in \mathbb{R}^2 \therefore 0 \leq x, 0 \leq y\} \\ Q_2 &= \{(x, y) \in \mathbb{R}^2 \therefore 0 \geq x, 0 \leq y\} \\ Q_3 &= \{(x, y) \in \mathbb{R}^2 \therefore 0 \geq x, 0 \geq y\} \\ Q_4 &= \{(x, y) \in \mathbb{R}^2 \therefore 0 \leq x, 0 \geq y\} \end{aligned}$$



**Figura 19:** Hachurar regiões com noção cartesiana

Isso significa que, mesmo para o aluno que tenha mobilizado a noção de quadrantes, não basta pintar os quadrantes sem mobilizar/ou dar significado e/ou estabelecer relação entre a região que está hachurando com a representação analítica correspondente no registro algébrico. Se o procedimento que produz o significado mobiliza a noção cartesiana do plano, no âmbito da geometria analítica, então o hachuramento deve ser feito por meio de retas paralelas ou equivalentemente ortogonais aos eixos coordenados. Pois, com este procedimento, quer-se dizer que cada intersecção é um par ordenado  $(x, y)$  cujos componentes  $x$  e  $y$  satisfazem as condições impostas. Portanto, o hachuramento não pode ser feito aleatoriamente. Este processo encontra um sentido, não só na geometria analítica, mas também em outras noções, tal como de integrais simples ou múltiplas, por exemplo, quando encaramos uma região como do tipo  $R_x$  e/ou  $R_y$  para decidir sobre a escolha da ordem de integração. Se o procedimento que dá o significado mobiliza a noção polar, então o hachuramento deve ser feito por meio de semirretas emanadas do sistema de coordenadas que formam ângulos com o eixo- $x$  (positivo), o eixo polar.

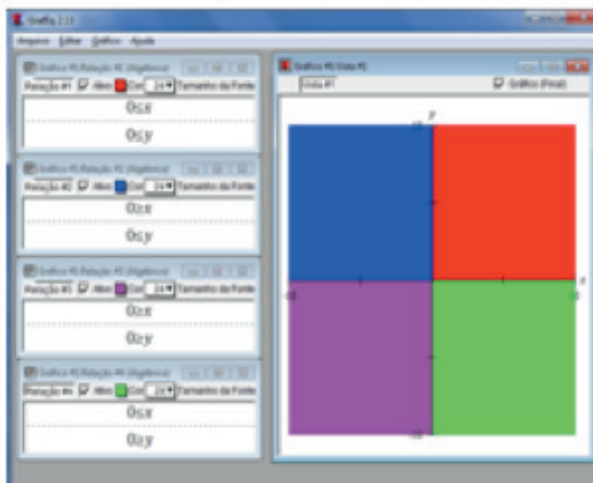
No ambiente computacional GrafEq, esta tarefa se torna mais divertida na medida em que o sujeito mobiliza outros recursos na relação com o objeto de conhecimento visado. Contudo, o sujeito perde o controle das noções ou sentidos mobilizados com as técnicas do ambiente papel/lápis descritas acima. Nesse ambiente, uma vez o GrafEq é ativado, nos deparamos com a interface tal como da Figura 20.



Figura 20 – Interface do GrafEq com duas janelas ativas (a de linha de comando e de paletas)



Figura 21 – Visualização dos quadrantes com cores diferentes



Entramos convenientemente com as inequações representadas no  $Q_i$  com  $i=1,2,3,4$ , visualizando assim, o resultado que apresentamos na Figura 21. O interessante nesta tarefa não é apenas a visualização de regiões, mas principalmente, a compreensão das relações existentes entre as representações colocadas em evidência nos dois registros (algébrico e gráfico).

## Aplicação da sequência didática

O Dispositivo Experimental (DE) (Figura 18), que compõe uma sessão da SD, no qual, neste capítulo, analisamos sua primeira tarefa, foi aplicado em dois encontros com professores de um colégio estadual do Ensino Médio no Município de Itabuna, tendo dois objetivos principais: (1) **Ensino** - servir como método introdutório de estudo de Equações e Inequações, motivando as relações possíveis entre registros de representação (2) **Pesquisa** - servir como instrumento para analisar as práticas efetivas dos professores em torno dos objetos de estudos visados (Equações e Inequações).

Os professores envolvidos aceitaram trabalhar no projeto PERSAC após conhecerem o projeto por meio das divulgações promovidas pelo GPETAC. No primeiro momento contou-se com a participação de três professores da referida escola que realizaram as tarefas propostas no DE utilizando apenas as técnicas do ambiente papel/lápis. Uma semana depois do primeiro encontro, os professores realizaram as mesmas tarefas da SD utilizando o ambiente computacional GrafEq, mas neste segundo encontro apenas dois dos três compareceram.

Os pesquisadores fizeram intervenções, no segundo encontro, na medida do possível, uma vez que os professores não tinham conhecimentos desse *software*, e nunca tinham ouvido falar sobre ele. A título de ilustração de suas práticas, apresentamos inicialmente os resultados obtidos com as suas práticas utilizando o ambiente papel/lápis.

## Análise a posteriori: as práticas dos professores no ambiente papel/lápis

Cada quadrante de cada Figura de 22 a 24 que apresenta os manuscritos dos professores foi reservado para o mesmo expor a sua resposta de T1, T2, T3 e T4 dos DE. Como podemos observar nesses manuscritos, os professores não demonstraram familiaridades com os tipos de tarefas propostos no DE. Nessa análise nos centramos apenas nas suas práticas sobre a tarefa 1.

Figura 22 - Práticas do Prof1 no ambiente papel/lápis

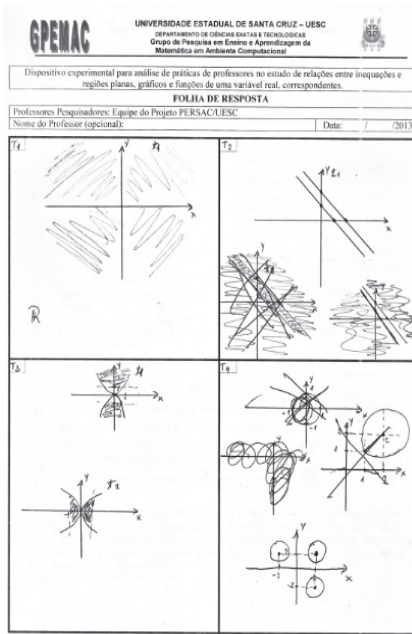


Figura 23 - Práticas do Prof2 no ambiente papel/lápis

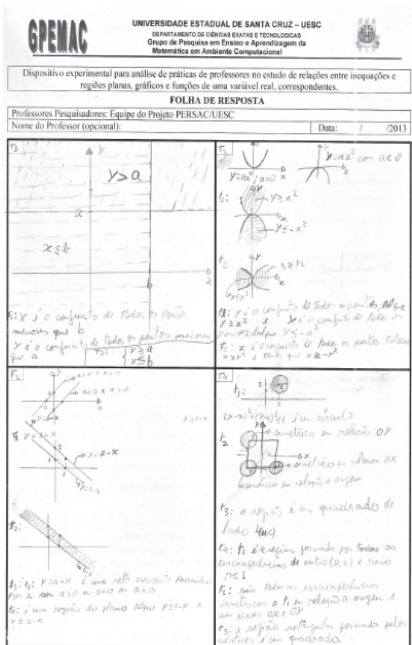
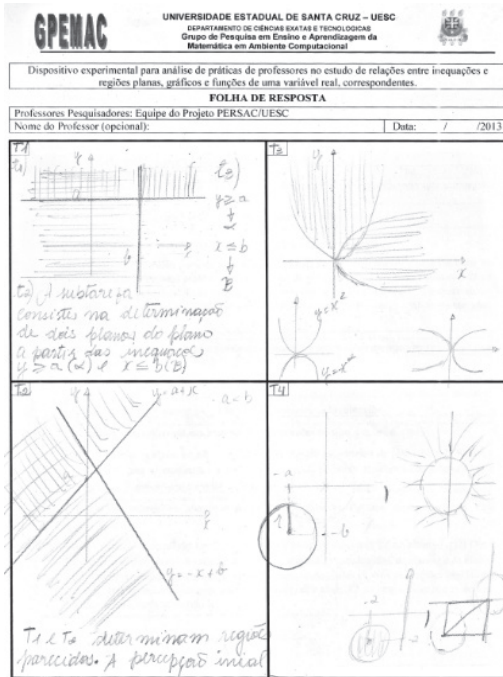


Figura 24 - Práticas do Prof3 no ambiente papel/lápis



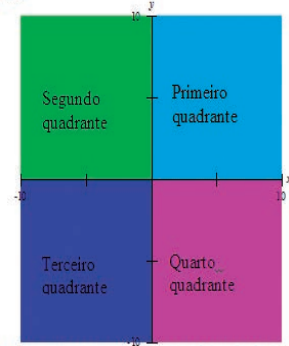
Fonte: Relatório do PERSAC (2014).

O professor 1 parece ter entendido a tarefa, contudo apresenta um hachuramento aleatoriamente para tentar solucionar a tarefa, e não informa a representação analítica de cada sub-região no registro algébrico. A ausência dessa informação acontece para os três professores. Os professores 2 e 3 foram um pouco mais laboriosos e problemáticos e, durante a discussão/diálogo com o pesquisador eles nem sabiam explicar com clareza o que estavam fazendo. As práticas dos professores no ambiente computacional ficaram mais próximas aos resultados que apresentamos na análise *a priori*, na medida em que o *software* favoreceu aos mesmos as possibilidades de potencializarem os conhecimentos que eles já possuíam na relação usual, mesmo com alguns vazios didáticos que, a nosso ver, foram preenchidos com a utilização desse ambiente. Os próprios professores afirmam isso em suas falas. As Figuras 25 e 26 trazem os resultados apresentados pelos dois professores que compareceram ao segundo encontro.

Figura 25 - Práticas do Prof1 no ambiente computaciona GrafEq

Descrição das tarefas:

t1:

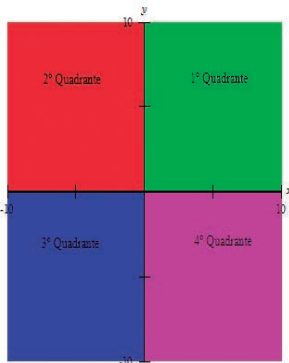


t2: os eixos coordenados  $xy$  foi subdividido em quatro sub-regiões denominadas quadrantes. No primeiro quadrante temos  $x \geq 0$  e  $y \geq 0$ , no segundo quadrante  $x \leq 0$  e  $y \geq 0$ , no terceiro  $x \leq 0$  e  $y \leq 0$  e finalmente no quarto quadrante  $x \geq 0$  e  $y \leq 0$

t3:

- 1º quadrante é a região  $\{(x,y) \in \mathbb{R}^2 / x \geq 0 \text{ e } y \geq 0\}$
- 2º quadrante é a região  $\{(x,y) \in \mathbb{R}^2 / x \leq 0 \text{ e } y \geq 0\}$
- 3º quadrante é a região  $\{(x,y) \in \mathbb{R}^2 / x \leq 0 \text{ e } y \leq 0\}$
- 4º quadrante é a região  $\{(x,y) \in \mathbb{R}^2 / x \geq 0 \text{ e } y \leq 0\}$

Figura 26 - Práticas do Prof2 no ambiente computaciona GrafEq



As inequações  $y \geq a$  e  $x \leq a$  dividem o plano em quatro regiões denominadas quadrantes, que podem ser representados analiticamente pelos conjuntos:

- $Q_1 = \{(x,y) \in \mathbb{R}^2 / y \geq 0, x \geq 0\}$
- $Q_2 = \{(x,y) \in \mathbb{R}^2 / y \geq 0, x \leq 0\}$
- $Q_3 = \{(x,y) \in \mathbb{R}^2 / y \leq 0, x \leq 0\}$
- $Q_4 = \{(x,y) \in \mathbb{R}^2 / y \leq 0, x \geq 0\}$

Como podemos notar, nesse ambiente, os professores tentaram ser mais expressivos apresentando os resultados nos dois registros (algébrico e gráfico), influenciados também pelas práticas anteriores (primeiro encontro) desenvolvidas por eles no ambiente papel/lápis. Esse aspecto confirma a importância de entrelaçar os dois ambientes nas práticas institucionais realizáveis em torno de objetos de saber como as equações e inequações.

## Considerações finais

Os experimentos que realizamos com os professores nesta última análise e com os seus alunos nas demais sequências aplicadas pelas microequipes mostram a persistência das dificuldades encontradas na primeira versão do projeto PERSAC. Isso se deve à falta da continuidade de qualificação de professores participantes na utilização desses recursos tecnológicos. Além disso, os cursos universitários voltados para a formação de professores para atuarem na Educação Básica, não disponibilizam nas suas grades curriculares disciplinas suficientes destinadas à utilização dos ambientes computacionais de aprendizagem na prática pedagógica do professor. Com objetivo de compreender melhor os fenômenos em questão, que emergem em sala de aula é necessário investirmos mais em pesquisas dessa natureza e fornecer aos professores meios de construção ou elaboração de esquemas de utilização de recursos tecnológicos no ensino da Matemática na Educação Básica.

## Referências

- BORBA, M.; PENTEADO, M. *Informática e Educação Matemática*. Belo Horizonte: Autêntica, 2002. 104 p. (Coleção Tendências em Educação Matemática).
- CHEVALLARD, Y. Concepts fondamentaux de la didactique : perspectives apportées par une approche anthropologique. *Recherches en Didactique des Mathématiques*, v. 12, n. 1, p. 73-112, 1992.
- GODOY JR, et al. (2007) *Molecular and phylogenetic characterization of a novel putative membrane transporter (SLC10A7), conserved in vertebrates and bacteria*. *Eur J Cell Biol* 86(8), p. 445-460.
- HENRIQUES, A. *Dinâmica dos elementos da geometria plana em ambiente computacional*. Ilhéus: Editus, 2001.
- HENRIQUES, A.; PALMEIRA, E.; OLIVEIRA, P. Extensão do teorema de Pitágoras em três dimensões: modelagem de edifícios por paralelepípedos usando CABRI 3D. XVI Encontro de Modelagem Computacional, In: ENCONTRO DE CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE MATERIAIS, ENCONTRO REGIONAL DE MATEMÁTICA APLICADA E COMPUTACIONAL, 4., 3., 2013. Ilhéus, Ba. *Anais...* Universidade Estadual de Santa Cruz (UESC), Ilhéus, Ba. 23, 25 out. 2013.
- HENRIQUES, A. Análise institucional e sequência didática: aplicação de conteúdos de Licenciatura em Matemática na Educação Básica. In: ENCONTRO BAIANO DE EDUCAÇÃO MATEMÁTICA, 15., 2013. Teixeira de Freitas, BA. *Anais...* Teixeira de Freitas, BA, 2013.

HENRIQUES, A.; ATTIE, J.; FARIAS, L. M. S. Referências teóricas da didática francesa: análise didática visando o estudo das integrais múltiplas com auxílio do software Maple. *Educação Matemática Pesquisa*, São Paulo, v. 9, n. 1, p. 51-81, 2007.

LAGRANGE, J.B. Etudier les mathématiques avec les calculs symboliques: quelle place pour les techniques.. In: GUIN D.; TROUCHE L. (Coord.). *Calculatrices symboliques transformer un outil en un instrument du travail mathématique: un problème didactique*. Grenoble: La pensée sauvage éditions, 2002. (Recherches en Didactique des Mathématiques).

RABARDEL, P. *Les hommes et les technologies, une approche cognitives des instruments contemporains*. Paris: Armand Colin, 1995.

VALENTE, J. A. *Computadores e conhecimento: representando a Educação*. Campinas, SP: Unicamp, 1993.

VERILLON, P. La problématique de l'enseignement: un cadre pour penser l'enseignement du graphisme, *Revue GRAF & TEC*, Santa Catarina, v. 0, n. 0, p. 57-78, 1996.





# Plataforma de colaboração *on-line* em inovações no Ensino de Ciências e Biologia: divulgação de sequências didáticas<sup>1</sup>

*Ana Paula Miranda Guimarães*

*Alessandro Sousa*

*Ayane de Souza Paiva*

*Rosiléia Oliveira de Almeida*

## Introdução

A plataforma colaborativa *on-line* Bioemrede é uma ferramenta voltada para construção/adaptação e disseminação colaborativa de inovações educacionais, em forma de Sequências Didáticas (SDs), sobre temas variados do Ensino de Ciências e Biologia. Não há dúvidas de que – em muitos países, dentre eles o Brasil – é grande a lacuna entre os avanços alcançados pela pesquisa educacional e o que, de fato, é posto em prática nas escolas da educação básica. Dessa forma, a proposta de trabalho insere-se em ações do grupo Colaboração em Pesquisa e Prática em Educação Científica (CoPPEC), que tem buscado enfrentar a lacuna pesquisa-prática. Essa plataforma tem permitido disseminar e multiplicar os resultados de pesquisa do grupo, gerando uma nova dinâmica de colaboração com professores, de todo o Brasil, externos ao grupo, construindo, assim, uma rede de escolas envolvidas na pesquisa colaborativa e disseminação de inovações educacionais nas áreas de Ensino de Ciências e Biologia. Essa rede é formada com a contribuição dos profissionais interessados, utilizando as SDs; descrevendo as adaptações feitas à

---

<sup>1</sup> Agradecimentos à Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado da Bahia (Fapesb), que viabilizou o suporte financeiro para o desenvolvimento do projeto de pesquisa intitulado “Plataforma de colaboração online em inovações no ensino de Ciências e Biologia: desenvolvimento e investigação do trabalho colaborativo” através do edital 12/2012.

realidade de sua escola e sala de aula e/ou inserindo comentários, cooperando, assim, para a construção colaborativa do conhecimento. A plataforma visa contribuir para a disseminação de uma cultura de pesquisa sobre o cotidiano da sala de aula. Até o momento há seis SDs inseridas e uma adaptação. O esperado é que tal ferramenta possa chegar a muitos professores da Educação Básica e que tais inovações educacionais possam contribuir para o aperfeiçoamento do Ensino de Ciências.

As pesquisas educacionais têm demonstrado, nos últimos anos, um aumento significativo tanto no número de trabalhos quanto na diversificação dos objetos de pesquisa. No entanto, os variados estudos quase nunca chegam aos maiores interessados, os professores da educação básica. As pesquisas em ensino, em geral, mesmo acontecendo na sala de aula real, tendem a se tornar muito distantes dela. Isso acontece porque o pesquisador é, muitas vezes, externo ao ambiente escolar investigado. Ao final das investigações realizadas, os resultados são publicados em periódicos ou em anais de congressos da área, pouco consultados por professores da educação básica, atingindo principalmente seus colegas pesquisadores, que, então, discutem e criticam o estudo feito segundo determinadas normas acadêmicas. (MOREIRA, 1988)

Essa situação é chamada de lacuna pesquisa-prática, sendo que esta expressão traduz o fato de que a maioria dos atores envolvidos no sistema educacional não faz uso dos conhecimentos e avanços produzidos pela pesquisa educacional. A lacuna pesquisa-prática não é, no entanto, um problema apenas do campo educacional. Em muitas áreas do conhecimento a mesma questão tem sido colocada, a exemplo da Ecologia da Conservação (KNIGHT et al., 2008; WHITMER et al., 2010), Medicina (BERO et al., 1998), Psicologia Escolar (RILEY-TILLMAN et al., 2005), entre outras. Podemos pensar na lacuna pesquisa-prática, então, como um problema geral da relação ciência-sociedade, com causas mais gerais e não como uma deficiência específica do campo educacional.

Na literatura, a lacuna pesquisa-prática tem sido atribuída a diversas causas/razões. Kennedy (1997) argumenta que na educação essa lacuna pode ser vista como uma consequência da forma como a pesquisa educacional tem sido conduzida, organizada e/ou disseminada. Antes de mais nada, é importante reconhecer que as origens da lacuna pesquisa-prática não podem ser elucidadas com base em fatores frequentemente mencionados, superficiais e, por isso mesmo, pouco capazes de iluminar o problema, tais como a natureza do sistema escolar, a autoindulgência e irresponsabilidade dos pesquisadores, a complacência e os interesses pessoais dos

professores, ou abordagens anti-intelectuais ou pouco profissionais nas práticas pedagógicas.

As razões da lacuna pesquisa-prática são mais profundas, podendo ser formuladas com proveito em termos de três dilemas: (1) o dilema da relevância, ou seja, que aquilo que parece relevante para professores, autores de livros didáticos, tomadores de decisão curriculares etc., não é necessariamente o mesmo que é relevante para pesquisadores (KENNEDY, 1997); (2) o dilema da acessibilidade, ou seja, que o conhecimento produzido pela pesquisa depende, para sua compreensão, de referenciais teórico-metodológicos que com frequência não são acessíveis aos professores e outros atores do sistema educacional (KENNEDY, 1997); e (3) o dilema epistemológico de como pôr em relação dois tipos de conhecimento muito diferentes, o conhecimento pedagógico, de caráter situado e fortemente pessoal, e o conhecimento acadêmico produzido pela pesquisa educacional, de caráter mais geral e abstrato. (MCINTYRE, 2005)

Santos (2012) discute que, na atual expansão do mundo das comunicações em rede, é perceptível o eixo estruturador da tecnologia e, assim, professores têm um papel fundamental de refletir e entender que a tecnologia pode exercer no campo pedagógico um fator de potencialização da aprendizagem nas diferentes áreas de conhecimento. O professor, portanto, precisa estar instrumentalizado para inserir essa dimensão em sala de aula. Ademais, as tecnologias digitais podem auxiliar a profissionalização dos professores através de trabalhos colaborativos, em que compartilham ideias e discutam acerca de inovações educacionais.

Diante desses argumentos, o desenvolvimento de espaços de interlocução docente é altamente desejável e promissor. Dessa forma, apresentamos um desses espaços, uma Plataforma Colaborativa *On-line* (PCO) de inovações educacionais para o Ensino de Ciências e Biologia.

A PCO foi desenvolvida com o intuito de disseminar as pesquisas realizadas pelo CopPEC voltadas para a inovação educacional no Ensino de Ciências e Biologia na escola básica, tendo, como integrantes, professores da Educação Básica, professores da universidade, alunos de graduação e pós-graduação. Essas pesquisas são discutidas e elaboradas pelo grupo e aplicadas por professores da Educação Básica participantes do grupo, na sala de aula, em forma de SDs.<sup>2</sup>

---

2 Entendemos “sequência didática” aqui tal como proposto por Zabala (1998, p. 18): um conjunto de atividades ordenadas, estruturadas e articuladas para a realização de certos objetivos educacionais, que têm um princípio e um fim conhecidos tanto pelos professores como pelos alunos.

O objetivo do CoPPEC foi de construir uma comunidade de pesquisa em Ensino de Ciências e Biologia em que professores pudessem disseminar e compartilhar inovações educacionais em Ciências e Biologia, e essas pudessem ser utilizadas por outros professores e, se necessário, adaptadas para o novo contexto de sala de aula, compartilhando-as na PCO, o que gerará, por si só, mais inovações educacionais. Com isso, forma-se uma rede de pesquisa e de disseminação de inovações educacionais em Ensino de Ciências e Biologia. O nome da PCO foi escolhido colaborativamente no CoPPEC, sendo que o nome mais votado pelos integrantes foi *Bioemrede*, o qual foi definido consensualmente como o nome oficial da plataforma.

A partir disso, o presente capítulo visa discutir elementos da funcionalidade e importância da plataforma *Bioemrede*, a partir de argumentos sobre uma nova forma de realizar pesquisa em Educação e também através da discussão sobre o desenvolvimento de três SDs das seis que se encontram disponíveis na plataforma. Além disso, este capítulo corresponde a um canal de divulgação da plataforma.<sup>3</sup>

## Disseminação do conhecimento pedagógico

Numa escola, os professores frequentemente ignoram o conhecimento pedagógico adquirido que existe entre seus pares e não compartilham os seus. Nesse processo, muitas experiências e bons procedimentos educacionais se mantêm presos na individualidade de cada professor. Com isso, uma ação, um processo didático ou uma inovação educacional perde a chance de ser útil e auxiliar toda a comunidade docente. (HARGREAVES, 1999)

A disseminação de práticas curriculares e conhecimento profissional ainda são deficientes no país, tanto dentro do núcleo de uma mesma escola, quanto entre diferentes escolas. No mundo informacional, em que a escola muitas vezes disputa espaço com a internet no processo de aprendizagem, a articulação e a inovação educacional tornam-se fundamentais para motivar a quebra de paradigmas pedagógicos, aproximando a sala de aula da realidade encontrada fora dela. Nesse sentido, a proposta da PCO é de facilitar e promover a disseminação e discussão de inovações e práticas pedagógicas.

Ressaltamos que apenas transferir os resultados da pesquisa para os professores da Educação Básica não é suficiente. É necessário que eles se apropriem e transformem tais resultados frente à realidade de suas escolas. (MEGID NETO; PA-

---

3 A plataforma pode ser acessada em: <<http://www.bioemrede.ifba.edu.br>>

CHECO, 1998, 2004) Nesse sentido, a *Bioemrede* propõe oferecer um espaço para que os professores da Educação Básica não somente possam utilizar as práticas disseminadas, mas também que os mesmos compartilhem as adaptações feitas por eles no processo de aplicação das práticas na realidade das suas salas de aula. Dessa forma, a plataforma contribui para a superação da dicotomia entre o conhecimento acadêmico produzido pela pesquisa educacional, de caráter mais geral e abstrato (MCINTYRE, 2005), e o saber construído pelos docentes na sua prática cotidiana em sala de aula. A este respeito, El-Hani e Greca (2011, p. 580) destacam “[...] para que a pesquisa acadêmica contribua para práticas situadas de ensino, [ela] deve ter lugar a partir da construção de relações com o conhecimento pedagógico dos docentes”. Mortimer (2002) argumenta que a área de pesquisa em Educação em Ciências tem o compromisso de auxiliar os professores em sala de aula e melhorar a qualidade do ensino. Parte significativa da pesquisa nessa área somente tem sentido se forem articuladas às demandas das escolas.

Um aspecto crucial da PCO é que ela não somente possibilita que os professores tenham acesso às inovações educacionais já construídas pelo grupo colaborativo, mas também que relatem as adaptações que fizeram em determinada SD para a tornarem ajustada à sua realidade escolar e trabalho pedagógico. Além disso, a plataforma é uma ferramenta de pesquisa sobre a prática docente em diferentes contextos escolares, uma vez que apenas transferir os resultados da pesquisa para os professores da Educação Básica não é suficiente. É necessário que eles se apropriem e transformem tais resultados frente à realidade de suas escolas. (MEGID NETO; PACHECO, 1998, 2004)

Quando as pesquisas são feitas por professores-investigadores da Educação Básica pode haver melhores condições para a transposição de seus resultados para novos contextos educacionais, trazendo maior alcance e generalidade aos produtos da investigação. (SIMONS et al., 2003) Trata-se, em suma, de construir um modelo de pesquisa educacional diferenciado, levando em conta, em todas as etapas da pesquisa, as experiências, os anseios, os conhecimentos, as questões dos professores da Educação Básica e, por conseguinte, tornando mais provável a disseminação dos resultados da pesquisa no sistema escolar brasileiro.

## **As sequências didáticas inseridas na plataforma: discussão**

Na PCO já foram inseridas seis SDs, que podem ser utilizadas por outros professores e, se necessário, adaptadas e, posteriormente, compartilhadas. As SDs são:

(1) metabolismo energético no ensino de Biologia: uma abordagem interdisciplinar com química (intitulada na PCO “Metabolismo Energético”); (2) crise ambiental, ecologia e funcionamento do sistema Terra (intitulada “Aquecimento Global”); (3) “Ensino de Evolução”, utilizando textos históricos para tematizar os potenciais conflitos entre a visão de mundo dos estudantes e o pensamento evolutivo, bem como a discussão de questões sociocientíficas; (4) “Racismo Científico”; (5) “Origem da Vida”, discutindo a diversidade cultural; (6) “Reprodução em Plantas”, um estudo tendo por referência plantas locais da Ilha de Maré. Além disso, há uma adaptação feita por professores da Educação Básica da SD número (1) “Metabolismo Energético”, que foi utilizada em outro contexto, no qual foram necessárias adaptações para sua aplicação que foram compartilhadas na plataforma pelos docentes. Contudo, neste texto, iremos discutir detalhadamente três destas SDs: as de número 2, 5 e 6.

## **Sequência didática: Aquecimento Global**

Esta SD é intitulada “Aquecimento Global como conteúdo norteador para uma visão sistêmica do Planeta Terra”. Tendo em vista a crise ambiental e tendo como objetivo contribuir para a formação de um cidadão que pratique e reivindique a responsabilidade socioambiental, propusemos esta SD partindo do pressuposto e considerando a relevância da Ecologia e do estudo dos seres vivos como parte do ensino de Biologia, o potencial interesse que o fenômeno do aquecimento global desperta nos estudantes e o debate existente dentro da comunidade científica a respeito de suas causas. Acreditamos que o estudo da atual crise ambiental, a partir da percepção do planeta Terra como um sistema único de interações (Teoria Gaia), pode trazer reais benefícios para o ensino de Biologia no Ensino Médio. A SD foi aplicada no Instituto Federal da Bahia, campus Camaçari (IFBA/Camaçari), no terceiro ano do Ensino Médio integrado ao técnico. Essa inovação, inicialmente, foi construída e aplicada no Curso Superior de Ciências Biológicas da Universidade Federal da Bahia (UFBA). Dessa forma, a descrição desta SD na plataforma corresponde a uma adaptação ao Ensino Médio. A motivação da professora para adaptação e aplicação deu-se pela necessidade de entendimento da crise ambiental atual pelos alunos, e até mesmo, sobre como comportar-se diante dela. Além disso, como estas informações são veiculadas na mídia, as formas como estudantes recebem e interpretam tais informações devem ser discutidas em sala de aula. Dessa maneira, essa SD mostra-se importante para formação de alunos críticos e reflexivos, que possam discutir as questões que ocorrem no nosso entorno, e para

mostrar todas as teorias e visões que possam estar vinculadas à atual crise ambiental. Os assuntos que compuseram a SD foram: a atual crise ambiental; conteúdos de Ecologia; o funcionamento do planeta Terra; e discussões acerca da Natureza da Ciência (NdC).

A SD foi planejada para ocupar seis horas-aula do cronograma escolar, no contexto em que é introduzido o tema seres vivos, como meio de ajustá-la à dimensão didática do trabalho docente. Nesse contexto, uma discussão inicial sobre a crise ambiental foi importante para que os estudantes percebessem os seres vivos de forma mais interligada ao ambiente, bem como entre eles, de forma geral, e aos seres humanos, em particular. Essa interdependência constitui uma ideia central da teoria Gaia. (LOVELOCK, 1995)

Foram utilizados os seguintes princípios de planejamento, concebidos com aspectos norteadores essenciais para a construção da SD: a) Utilização de textos de divulgação científica para contextualizar o ensino; b) Utilização de recursos audiovisuais para atrair e motivar os estudantes e, além disso, diversificar as estratégias de ensino; c) Foco na contextualização de assuntos atuais veiculados frequentemente na mídia, para relacionar o tema ao cotidiano do aluno; d) Emprego de abordagem sobre NdC, visando promover uma visão crítica sobre os debates atuais em relação à crise ambiental; e) Construção de um processo coletivo e cooperativo de aprendizagem, à luz da teoria sociointeracionista da aprendizagem de Vigotski (2001).

As análises dos resultados apontaram que a SD, além de proporcionar aprendizagem sobre o funcionamento do sistema Terra e uma visão mais crítica a respeito da crise ambiental, mobilizou a maioria dos estudantes no que se refere ao interesse, à motivação e à participação nas atividades didáticas. Mais detalhes a respeito dessa SD podem ser visualizados em Guimarães e outros (2014).

## **Sequência Didática: Reprodução vegetal**

A SD sobre reprodução vegetal intitulada “Reprodução das angiospermas e conservação ecoambiental”, objeto de estudo de mestrado (PAIVA, 2014) de uma das autoras deste artigo, teve como principal motivação as atuais discussões no campo científico sobre a problemática da exposição de conteúdos de Biologia como sendo verdades únicas e com valor de estabilidade, em detrimento da valorização de conhecimentos outros dos estudantes, sendo a diversidade cultural pouco considerada na prática pedagógica.

As plantas representam patrimônio histórico e natural da humanidade e elas têm relação com a construção dinâmica de culturas tradicionais. Fazem parte, portanto, das relações sociedade-natureza e, obviamente, é importante que a educação escolar esteja envolvida na formação cidadã dos estudantes que preze por uma responsabilidade socioambiental com respeito às florestas. Apesar de a Ilha de Maré ser parte do município de Salvador, a cultura e os costumes de seus moradores são bastante diferenciados do que se observa no continente, apresentando práticas peculiares associadas à aproximação e ao uso das plantas. Nesse sentido, desenvolvemos uma SD sobre reprodução vegetal, construída numa perspectiva sociocultural, por meio de uma parceria com a professora de Biologia de uma turma de segundo ano do Ensino Médio de um colégio estadual de Salvador que recebe alunos que moram na Ilha de Maré.

Três princípios norteadores compuseram a SD: a) o princípio ambiental, escolhido por buscarmos estabelecer uma relação entre a reprodução das plantas e a conservação ecoambiental, sendo um tema inovador no ensino de reprodução de plantas, já que nem sempre ele envolve a discussão sobre conservação das florestas, o que implica num “[...] ensino de botânica restrito à transmissão de conceitos e nomenclaturas de maneira descontextualizada ambiental e socialmente” (RAMOS, 2012); o princípio epistemológico, objetivando destacar aspectos relevantes sobre a construção histórica do conhecimento científico em Botânica; e o princípio cultural, que preconiza abordagem de conteúdos contextualizados socioculturalmente, sendo realizadas atividades por meio de diálogos interculturais.

A SD ficou dividida em cinco encontros-etapas, com as seguintes atividades: a) atividade inicial sobre importância das matas para o planeta e para o local e sobre a questão histórica dos estudos botânicos, a fim de refletir sobre a natureza da ciência; b) introdução sobre as principais formas de reprodução vegetal, através da promoção de um diálogo intercultural; c) aula dialogada sobre reprodução vegetal, a partir das plantas típicas locais: cana brava, dendezeiro, bananeira e mangueira e discussão ecológica em relação à reprodução das plantas; d) explicação detalhada da atividade avaliativa, orientação no seu desenvolvimento e aula expositiva de revisão e; e) atividade final (prova) e apresentações dos trabalhos.

O desenvolvimento da SD apontou alguns aspectos relevantes: a) o diálogo intercultural possibilitou o desenvolvimento de habilidades crítico-argumentativas e favoreceu a compreensão de conceitos sobre reprodução das angiospermas, sendo a ampliação do conhecimento da ciência escolar alcançada, embora não plenamente; b) as atividades avaliativas favoreceram o processo de aprendizagem;



c) a abordagem multicultural não foi capaz de favorecer que todos os alunos percebessem os potenciais riscos ao se usar remédios e também os chás, e d) alguns termos científicos foram relatados como de difícil compreensão, evidenciando os desafios ao cruzamento de fronteiras que os estudantes precisam realizar na aquisição da linguagem científica.

Destacamos os elementos da sequência didática que podem ser tomados como referência para práticas pedagógicas inovadoras e significantes: a) a abordagem intercultural crítica; b) as formas de avaliação que permitiram acionar habilidades criativas; c) o uso de outras linguagens nas aulas e no Material Impresso Contextual; d) a explicitação sobre aspectos históricos da construção da ciência e sua natureza; e) a valorização tanto do contexto sociocultural quanto das falas dos estudantes no processo de diálogo; f) a associação entre a reprodução das plantas e questões ecológicas; g) o ensino a partir de plantas conhecidas pelos estudantes, e; h) o cuidado para que o enfoque sociocultural de diálogo não interferisse na discussão sistemática do conhecimento científico. Como a SD desenvolvida corresponde a um modelo inacabado, sugerimos que essa ferramenta seja adaptada a outros contextos, sendo os princípios validados nessa pesquisa ambiental, cultural e epistemológico – recomendados para o desenho de propostas inovadoras de ensino.

## **Sequência Didática: A Origem da Vida**

Com o propósito de se compreender quais os processos que deram origem à vida, uma das teorias mais difundidas no meio científico é a da evolução química. Segundo ela, na Terra primitiva, foram sintetizadas cadeias de macromoléculas que se formaram com o auxílio da eletricidade e da radiação ultravioleta, sendo que esses primeiros compostos deram origem, através da evolução química, às primeiras formas de vida.

Trata-se, portanto, de um tema eminentemente interdisciplinar, envolvendo Cosmologia, Astrofísica, Planetologia, Geologia, Química Orgânica, Biologia Molecular, Matemática e Teoria de Sistemas Complexos. (DAMINELI; DAMINELI, 2007)

Entretanto, as investigações mais recentes apontam uma problemática no ensino e na aprendizagem do tema Origem da Vida, que é a forte influência da religião na visão de estudantes e professores. (GRIMES; SCHROEDER, 2013) Isso porque uma concepção muito difundida entre os povos de cultura judaico-cristã-islâmica

é que a vida foi insuflada na matéria por Deus, e seria, portanto, uma espécie de milagre e não uma decorrência de leis naturais. (DAMINELI; DAMINELI, 2007)

Esta SD sobre a origem da vida foi elaborada e aplicada no contexto de turmas do segundo ano do Ensino Médio integrado ao Ensino Técnico, sendo duas turmas de Tecnologia em Informação e uma de Eletrotécnica no Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia da Bahia (IFBA), campus Camaçari.

A SD foi distribuída em sete encontros (duas horas/aulas cada), reservando quatro encontros para aulas expositivas dialogadas sobre o conteúdo programático e três para a organização dos grupos, acompanhamento das atividades e apresentação das equipes.

A motivação do professor em desenvolver esta SD deu-se em virtude de proliferarem, na sociedade como um todo e, com maior vigor, em comunidades mais carentes, as religiões de denominação evangélica, que não aceitam muito bem as ideias científicas sobre a origem do universo e da vida.

Essa realidade preocupa professores, uma vez que a inclusão de teses criacionistas abre espaço para o fanatismo e a intolerância, além de violar o princípio constitucional de separação entre Estado e Igreja no país.

Diante desse contexto, o trabalho permitiu discutir a origem da vida sob o ponto de vista científico e não científico, utilizando os mitos de criação, sem privilegiar um em detrimento de outros, contribuindo para uma visão mais ampla sobre o tema, propiciando outras formas de pensar e conhecer o mundo que nos cerca.

Foram utilizados os seguintes princípios de planejamento: a) contextualização do conteúdo trabalhado em sala com o cotidiano do aluno, considerando que se trata de um assunto controverso e que envolve conhecimento científico e não científico, sem sobreposições de importância; b) construção de um processo coletivo e cooperativo de aprendizagem, mediante discussões sobre o tema, abordando questões conceituais, culturais e religiosas; c) abordagem do tema numa perspectiva interdisciplinar, integrando os conteúdos trabalhados em Biologia com a Química; d) utilização de estratégias de ensino diversificadas, com o intuito de conquistar a atenção e promover a motivação dos alunos.

A análise dos resultados aponta que o trabalho suscitou bastante interesse e curiosidade nos alunos, visto que o empenho das equipes na execução das atividades foi bastante satisfatório. Os alunos interagem constantemente com o professor, ora solicitando apoio, ora solicitando sugestão tanto no contexto de sala de aula quanto fora dela.

Segundo relatos dos alunos, a atividade foi bastante gratificante, pois ela proporcionou o contato com outras formas, até então desconhecidas, de se explicar como surgiu a vida na Terra e que ficaram surpresos em saber que esses mitos têm muitos pontos em comum. Concordaram que a atividade pode contribuir para uma atitude mais respeitosa diante das diferentes crenças religiosas.

## Considerações Finais

A *Bioemrede*, conforme discutido, visa contribuir para a disseminação de uma cultura de pesquisa sobre o cotidiano da sala de aula entre professores de Ciências e Biologia das escolas públicas da Educação Básica, tomando-a como um caminho para a construção de uma rede de escolas envolvidas na pesquisa colaborativa voltada para o desenvolvimento de inovações educacionais nas áreas de Ensino de Ciências e Biologia. Visando contribuir para a profissionalização e respeitando a autonomia docente, a PCO não tem caráter prescritivo, já que não traz apenas relatos de situações de ensino bem-sucedidas, mas também apresenta e discute as bases filosófica, psicológica, social e/ou pedagógica que orientaram as atividades, bem como o contexto em que foram obtidos os resultados, tornando-se uma contribuição efetiva para o trabalho dos professores. Assim, espera-se que os princípios que orientaram o planejamento das sequências didáticas descritas neste capítulo possam ser transpostos para o contexto de outras intervenções, com as devidas adaptações, e que os resultados sejam compartilhados na plataforma.

## Referências

BERO, L. A. et al. Closing the gap between research and practice: an overview of systematic reviews of interventions to promote the implementation of research findings. *British Medical Journal*, London, v. 317, n. 7156, p. 465-468, 1998.

DAMINELI, A.; DAMINELI, D. S. C. Origens da vida. *Estudos Avançados*, São Paulo, v. 21, n. 59, abr. 2007. Disponível em: <[http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S01030142007000100022&lng=en&nrm=iso](http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S01030142007000100022&lng=en&nrm=iso)>. Acesso em: 30 jan. 2014.

EL-HANI, C. N.; GRECA, I. M. Participação em uma comunidade virtual de prática desenhada como meio de diminuir a lacuna pesquisa-prática na educação em biologia. *Ciência e Educação*, v. 17, n. 3, p. 579-601, 2011.

GRIMES, C; SCHROEDER, E. A origem da vida, sob a ótica de licenciandos de um curso de Ciências Biológicas. *Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias*, v. 12, n. 1, p. 126-143, 2013.

GUIMARÃES, A. P. M. et al. O aquecimento global como conteúdo norteador para ensinar sobre visão sistêmica do planeta Terra no ensino médio. In: ENCONTRO NACIONAL DE PESQUISA EM EDUCAÇÃO EM CIÊNCIAS, 9., 2013, Águas de Lindoia, SP. Atas... Abrapec: Rio de Janeiro, 2013. p. 1-9. Disponível em: <<http://www.nutes.ufrj.br/abrapec/ixenpec/atas/resumos/R0233-1.pdf>>. Acesso em: 29 set. 2014.

HARGREAVES, D. H. The knowledge-creating school. *British Journal of Educational Studies*, v. 47, p. 122-144, 1999.

KENNEDY, M. M. The connection between research and practice. *Educational Researcher*, v. 26, p. 4-12, 1997.

KNIGHT, A. T. et al. Knowing but not doing: Selecting priority conservation areas and the research-implementation gap. *Conservation Biology*, v. 22, n. 3, p. 610-617, 2008.

LOVELOCK, J. *Gaia: Um novo olhar sobre a vida na Terra*. Lisboa: Edições 70, 1995.

MCINTYRE, D. Bridging the gap between research and practice. *Cambridge Journal of Education*, v. 35, p. 357-382, 2005.

MEGID NETO, J.; PACHECO, D. Pesquisa sobre o ensino de Física no Brasil: concepção e tratamento de problemas em teses e dissertações. In: NARDI, Roberto (Org.). *Pesquisa em ensino de Física*. São Paulo: Escrituras, 1998. p. 5-20.

MEGID NETO, J.; PACHECO, D. Pesquisas sobre o ensino de Física no nível médio no Brasil: concepção e tratamento de problemas em teses e dissertações. In: NARDI, R. (Org.). *Pesquisas em Ensino de física*. São Paulo: Escrituras, 2004. p. 15-30. (Cap. 1).

MOREIRA, M. A. O professor-pesquisador como instrumento de melhoria do ensino de ciências. *Em Aberto*, v. 40, p. 43-64, 1988.

MORTIMER, E. F. Uma agenda para a pesquisa em educação em ciências. *Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências*, v. 2, n. 1, p. 36-59, 2002.

PAIVA, A. de S. *Conhecimentos tradicionais e ensino de biologia: desenvolvimento colaborativo de uma sequência didática sobre reprodução vegetal*. 2014. 225 f. Dissertação (Mestrado em Educação) - Universidade Federal da Bahia, Salvador, 2014.

RAMOS, F. Z. *Limitações e contribuições da mediação de conceitos de botânica no contexto escolar*. 2012. 145 f. Dissertação (Mestrado em Ensino de Ciências) - Fundação Universidade Federal de Mato Grosso do Sul, Campo Grande, 2012.

SANTOS, S. M. M. Tecnologias da informação e comunicação - TIC: perspectivas de uso na prática docente. *Estudos IAT*, Salvador, v. 2, n. 1, p. 220-232, jan./jun. 2012.

SIMONS, H. et al. From evidence-based practice to practice-based evidence: The idea of situated generalization. *Research Papers in Education*, v. 18, p. 347-364, 2003.

RILLEY-TILMAN, C. et al. Bridging the gap between research and practice: a framework for building research agendas in school psychology. *Psychology in the Schools*, v. 42, n. 5, p. 459-473, 2005.

WHITMER, A. et al. The engaged university: providing a platform for research that transforms society. *Frontiers in Ecology and the Environment*, v. 8, n. 6, p. 314-321, 2010.

VYGOTSKY, L. S. *A construção do pensamento e da linguagem*. Tradução de Paulo Bezerra. São Paulo: Martins Fontes, 2001.

ZABALA, A. *A prática educativa: Como ensinar*. Porto Alegre: Artmed, 1998.



# O potencial de jogos e experimentação como ferramentas didáticas promotoras de aprendizagem conceitual no Ensino de Biologia: a experiência da pesquisa do COPPEC

*Claudia de Alencar Serra e Sepúlveda*

*Ricardo Ferreira Machado*

*Vanessa Perpétua Garcia Santana Reis*

*Ana Lúcia Albuquerque Pereira Costa Amarante*

*Maria da Conceição Lago Careiro*

*Susie Vieira de Oliveira*

*Charbel Niño El-Hani*

## Introdução

Os jogos têm ganhado grande relevância nas práticas de ensino no contexto escolar, dado o reconhecimento de sua potencialidade em promover não só a formação cognitiva, como também o desenvolvimento social e moral dos indivíduos. (KISHIMOTO, 1993) Na literatura educacional, têm sido atribuídos diversos papéis aos jogos, desde a promoção de motivação e engajamento dos alunos (PATRIARCHA-GRACIOLLI et al., 2008), ao desenvolvimento de ações de cooperação e interação que estimulam a convivência em grupo (FRIEDMAN, 1996), à construção de ambiente interativo que permite ao professor apresentar e/ou problematizar determinados conteúdos. (FERREIRA, 1998)

Por sua vez, a realização de atividades práticas de experimentação nas salas de aulas de ciências é considerada praticamente indispensável por boa parte dos educadores científicos. (ROSA; ALVES FILHO, 2014) A despeito da crença generalizada

entre os professores de que por meio dessas atividades é possível transformar o Ensino de Ciências (GIL-PERÉZ, 1999), essas atividades têm sido pouco frequentes (GALIAZZI et al., 2001), assim como a avaliação de sua eficácia ou a investigação do papel pedagógico que cumprem em situações reais de aplicação em salas de aulas do Ensino Médio.

Tendo em vista essa lacuna, entre o período de 2011 e 2013, professoras e professores da área de Ciências da Natureza, Matemática e suas Tecnologias do Instituto de Educação Gastão Guimarães, de Feira de Santana-BA, selecionaram, adaptaram, aplicaram e avaliaram o uso de jogos e experimentos no ensino de temas estruturadores das disciplinas Biologia, Química e Matemática, como parte das atividades de um projeto aprovado e financiado pela Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado da Bahia (Fapesb) por meio do Edital 020/2010 de Popularização da Ciência (1848/2011). Um grupo de professoras de Biologia, autoras desse projeto e do presente capítulo, e integrantes do Grupo Colaboração em Pesquisa e Prática em Educação Científica (CoPPEC) (SEPULVEDA et al., 2012), têm aplicado alguns jogos educativos e experimentações como atividades que integram sequências didáticas<sup>1</sup> desenvolvidas e investigadas pelo grupo, nos contextos do ensino de Evolução, Genética e Ecologia, desde 2009. No âmbito do CoPPEC, consideramos tais sequências didáticas como inovações educacionais por não fazerem parte, até o momento, da prática pedagógica das comunidades escolares envolvidas, e por terem o potencial de promover desenvolvimento pessoal, social e intelectual de seus atores (ALMEIDA, 2014), sejam alunos, professores, e mesmo gestores e pais de alunos.

O CoPPEC é integrado por professores-investigadores da Educação Básica de escolas da rede de ensino do estado da Bahia, professores-investigadores da universidade, e estudantes de graduação e pós-graduação, membros do Laboratório de Pesquisa em Ensino, História e Filosofia da Biologia (LEHFBio), do Instituto de Biologia da Universidade Federal da Bahia (UFBA), do Grupo Colaborativo em Ensino de Ciências (GCPEC), do Departamento de Educação, da Universidade Estadual de Feira de Santana (UEFS) e Grupo de Pesquisa em Ensino de Ciências e Matemática (EnCiMa), da Faculdade de Educação da UFBA). Desde 2009, o CoPPEC desenvolve uma prática social de pesquisa colaborativa em torno de inovações

---

1 A expressão “sequência didática” está sendo usada com sentido próximo ao proposto por Zabala (1998, p. 18), referindo-se a um conjunto de atividades ordenadas, estruturadas e articuladas para a realização de certos objetivos educacionais, que têm um princípio e um fim conhecidos tanto pelos professores como pelos alunos.



para o Ensino de BIOLOGIA, visando diminuir a lacuna pesquisa-prática, ou seja, a distância entre a produção de conhecimento pela pesquisa educacional e as práticas dos professores (EL-HANI; GRECA, 2011; MCINTYRE, 2005), promover o desenvolvimento profissional de seus membros, assim como a melhoria do ensino dessa área de conhecimento em suas comunidades escolares.

Destacamos aqui três aspectos que caracterizam a prática social do CoPPEC: (1) a corresponsabilidade e participação coletiva de todos os seus membros nas decisões acerca de todas as etapas do processo investigativo – definição da questão de pesquisa, construção de quadro teórico, escolha da metodologia, coleta e análise dos dados, e produção escrita para divulgação dos resultados (ALMEIDA, 2014); (2) a adoção da *design research* (PLOMP; NIEVEEN, 2013) como abordagem metodológica que orienta o desenvolvimento e a investigação de inovações educacionais, constituindo um dos caminhos para dar sistematicidade, rigor e qualidade à pesquisa situada em sala de aula (EL-HANI et al., 2011); (3) o compromisso ético/político com inovações educacionais que mantenham o professor no foco do processo educativo, evitando apropriar-se de suas salas de aula e/ou alunos para implementação de inovações ou investigações produzidas somente pelas universidades e seus atores.

O processo de investigação por meio da *design research* pode ser descrito, de modo geral, em termos da realização cíclica de três fases: pesquisa preliminar, fase de prototipagem e fase avaliativa. Na prática de pesquisa colaborativa do CoPPEC, são gerados na primeira fase, por meio da revisão de literatura em Ensino de Ciências um diálogo com o saber experiencial (TARDIF, 2007) dos professores da Educação Básica, princípios de *design* ou planejamento que orientam a elaboração de protótipos de intervenções pedagógicas para aplicação em sala de aula. Esta fase dá lugar a ciclos de pequenas investigações em que estes protótipos de intervenções são aplicados, testados empiricamente e aperfeiçoados. Por fim, na terceira fase, é feita uma avaliação somativa, de modo a concluir se as intervenções propostas atingiram as expectativas planejadas – em nosso caso particular, sobretudo as vias de aprendizagem esperadas. Esta fase também resulta em recomendações e diretrizes para o aprimoramento da intervenção.

Ao longo dessas três fases, o CoPPEC realiza reflexões e documentação sistemáticas, que levam ao teste e eventual validação de princípios de *design*, ou à produção de novos princípios, bem como de construtos teóricos relativos à área do estudo.

Os princípios de *design* são enunciados heurísticos construídos com a intenção de orientar o planejamento de intervenções educacionais no que diz respeito à seleção e aplicação de conhecimento apropriado para tarefas específicas de planejamento e desenvolvimento dessas intervenções. Van den Akker (1999 apud PLOMP, 2007, p. 20) propõe a seguinte fórmula para enunciar princípios de design:

Se você deseja construir uma intervenção X para o propósito/função Y em um contexto Z, então é aconselhável prover esta intervenção das características A, B, e C [ênfase substantiva], e a fazer isso por meio dos procedimentos K, L e M [ênfase procedimental], em razão dos argumentos P, Q, e R.

Por meio dessa formulação, espera-se que os princípios de *design* possam desempenhar o papel de generalizações situadas. O conceito de generalização situada foi proposto por Simons e colaboradores (2003, p. 359), definindo-a como a transformação de dados ligados a um contexto em evidências transferíveis para outros contextos. A evidência, nessa perspectiva, consiste em informação que indica um curso de ação ou que é incorporada em um julgamento que precede a ação. Entendemos que a indicação de procedimentos (K, L, M) por meio dos quais é possível prover uma intervenção educacional (X) de características (A, B, C) que favoreçam o alcance de objetivos educacionais (Y) consiste numa informação que indica o curso de uma ação, assim como os argumentos (P, Q, R) que fundamentam esta indicação são informações que auxiliam no julgamento que precede a ação. Desse modo, os princípios de *design* constituem-se em construtos teóricos que podem ser utilizados por outros professores no planejamento e na aplicação de novas práticas educativas.

Neste capítulo, apresentamos a experiência de investigação do potencial de jogos e experimentos para a aprendizagem conceitual, ao serem integrados como atividades em sequências didáticas na área de Genética, Evolução e Ecologia desenvolvidas por meio da *design research*. Essa experiência foi realizada por um grupo de professoras de Biologia do Instituto de Educação Gastão Guimarães, em colaboração com membros do CoPPEC.

Na próxima seção, relataremos investigações a respeito do uso do *jogo dos Clipsitacídeos* em uma sequência didática para o ensino da Teoria da Seleção Natural. Em seguida, trataremos da aplicação do jogo eletrônico *Calangos* numa sequência didática sobre o conceito de nicho ecológico. E, por fim, discutiremos resultados educacionais alcançados mediante emprego de experimentos controlados

de cruzamentos de *Drosophila melanogaster* em sequência didática sobre herança e genética mendeliana.

## **O jogo dos *Clipsitacídeos* e o ensino da Teoria de evolução por Seleção Natural**

O jogo dos *Clipsitacídeos* foi desenvolvido por Al Janulaw e Judy Scotchmoor, da Universidade da Califórnia, em Berkeley (JANULAW; SCOTCHMOOR, 2003) e foi adaptado ao contexto educacional brasileiro por Vargens e El-Hani (2011). Nesse jogo, simula-se um processo de mudança populacional decorrente de transformações no regime seletivo, mais especificamente, na oferta de alimentos, num contexto de separação geográfica e isolamento reprodutivo de uma população inicial de pássaros com variação fenotípica em seus tamanhos de bicos. Portanto, possibilita trabalhar a noção de variação intrapopulacional e simular processos de competição intraespecífica, sobrevivência e reprodução diferenciais e mudanças de frequências de características em populações em contextos ecológicos específicos.

Investigamos o seu potencial para promover a aprendizagem de conceitos e princípios que estruturam a teoria darwinista da evolução por seleção natural, no contexto de sua aplicação como atividade de uma sequência didática sobre este tema, realizada com alunos do terceiro ano do Ensino Médio.

Essa sequência se estrutura em quatro momentos:<sup>2</sup> (1) introdução ao pensamento evolutivo, suas implicações para o pensamento ocidental e aplicações sociais; (2) construção do problema da diversificação da forma orgânica e introdução dos princípios que estruturam a seleção natural; (3) apresentação formal da teoria darwinista da evolução: descendência comum, seleção natural e conceito de adaptação, especiação; (4) aplicação da teoria da seleção natural na interpretação de problemas sociocientíficos. (REIS; EL-HANI; SEPULVEDA, 2010)

O jogo é aplicado no segundo momento e está relacionado ao seguinte princípio de *design*: caso se deseje propor uma sequência didática para o ensino de evolução que promova a compreensão da teoria da evolução por seleção natural e o desenvolvimento do conceito darwinista de adaptação, é aconselhável que esta intervenção apresente aos alunos situações-problema que se baseiem em cenários

---

2 A descrição detalhada desta e de outras sequências didáticas desenvolvidas pelo CoPPEC é disponibilizada na plataforma de colaboração *on-line Bioemrede* (<http://www.bioemrede.ifba.edu.br/>), mantida pelo grupo, na qual é possível fazer *download* do protocolo para a organização pedagógica do jogo dos *Clipsitacídeos*, para seu uso em sala de aula.

de diversificação das espécies, por meio dos quais seja possível analisar dados relativos à distribuição geográfica, à eficácia diferencial de variantes fenotípicas em explorar recursos e à mudanças demográficas resultantes de mudanças ambientais.

Essa atividade tem sido realizada em duas aulas de 50 minutos cada, sendo que o jogo em si é realizado na primeira aula, e as discussões e análises dos resultados obtidos são feitos na segunda aula. A turma é dividida em duas equipes de alunos, representando duas populações de pássaros que habitam as Terras Norte e Sul, originadas por uma única população que foi dividida em duas por um evento de isolamento geográfico, a exemplo do soerguimento de uma cadeia de montanha ou a inundação de uma área em decorrência de construção de represa hidroelétrica. Os alunos protagonizam os pássaros, portando cliques que apresentam variação de tamanho (grande, médio e pequeno), os quais simulam bicos com eficiência diferencial na coleta de sementes de tamanhos diversos (Figura 1).

Figura 1 - Estudantes coletando as sementes com os cliques que simulam os bicos dos pássaros



A proposta é que os pássaros se alimentem das sementes, utilizando os cliques, durante três rodadas de 20 segundos cada. Ao final de cada rodada, faz-se o cálculo das calorias ingeridas por cada pássaro, verificando-se se conseguiu a quantidade de calorias suficientes para a sobrevivência ou não, bem como para a reprodução,

de acordo com uma tabela de calorias requeridas, fornecida aos alunos.<sup>3</sup> É ofertado um conjunto de sementes distinto em cada uma das rodadas e para cada um dos dois grupos, de modo a submeter os “pássaros” das Terras Norte e Sul a regimes alimentares distintos, com a intenção de levar a cada rodada à sobrevivência e reprodução diferencial de pássaros com bicos de tamanhos diferentes. A expectativa é que os grupos que inicialmente tinham a mesma proporção de pássaros com os três tamanhos de bico, ao final tenham um número expressivamente maior de pássaros com um único tamanho de bico.

No momento seguinte à realização do jogo, são feitas discussões a respeito do que ocorreu ao longo do jogo, enfocando assuntos relevantes para a compreensão dos resultados, tais como: (1) as extinções são uma ocorrência natural; (2) a evolução resulta – em parte, mas de modo importante – de seleção agindo sobre variantes presentes numa população; (3) características podem persistir nos organismos de uma população porque são vantajosas; (4) características herdadas podem afetar as chances de sobrevivência e reprodução do organismo; (5) seleção age sobre a variação que existe numa população; (6) a proporção de indivíduos com características vantajosas pode aumentar devido às suas maiores chances de sobrevivência e reprodução; (7) a especiação requer isolamento reprodutivo.

Análises de interações discursivas ocorridas no primeiro protótipo da sequência didática, ao longo das discussões geradas após o jogo, apontaram que esta atividade propiciava o desenvolvimento de conceitos importantes para a compreensão da seleção natural no plano intermental das interações em sala de aula. (REIS; EL-HANI; SEPULVEDA, 2010) No entanto, tendo em vista o tempo de aula necessário para a sua realização e o trabalho docente requerido por seu planejamento, o grupo colaborativo de pesquisa considerou relevante realizar um estudo mais sistemático da eficiência da aplicação do jogo na promoção da aprendizagem conceitual dos estudantes, quando integrado às demais atividades da referida sequência didática.

Por meio de um estudo de efeito, Machado e colaboradores (2013) concluíram que o jogo em questão e aulas expositivas são igualmente eficientes para o ensino de evolução por seleção natural. Os resultados deste estudo surpreenderam as duas professoras que os aplicavam há três anos. A hipótese era de que o jogo se mostrasse mais eficiente do que as aulas expositivas, em decorrência da motivação e do engajamento que promove entre os estudantes e das discussões que propicia.

---

3 Ver material suplementar em Vargens e El-Hani (2011).

Mesmo reconhecendo a validade dos resultados obtidos no estudo de Machado e colaboradores (2013), as professoras consideraram que os mesmos não eram suficientes para que decidissem retirar o jogo da sequência didática. Ambas argumentaram que, a despeito de não gerar resultados distintos daqueles obtidos com a aula expositiva no que diz respeito à aprendizagem conceitual, o jogo cumpre um papel importante não só na motivação dos estudantes para o trabalho com o tema em sala de aula, como também na motivação e mobilização dos próprios professores para planejar coletivamente inovações a serem aplicadas e investigadas em sala de aula.

Do ponto de vista do estudo de desenvolvimento da sequência didática sobre teoria da evolução por seleção natural, foi validado o uso do *jogo dos Clipsitacídeos* como procedimento para apresentar aos alunos situações-problema que se baseiem em cenários de diversificação das espécies, tal qual sugerido por um dos princípios de *design* que orientaram sua elaboração, dado que favorece a introdução de noções que estruturam o pensamento darwinista na dinâmica discursiva da sala de aula.

## O Jogo Eletrônico *Calangos* no Ensino de Ecologia

*Calangos* é um jogo eletrônico em 3D<sup>4</sup> no qual o jogador assume o papel de um lagarto no ambiente semiárido das dunas do São Francisco. (LOULA et al., 2014) Esse jogo é baseado na realidade de uma área de vegetação de caatinga das dunas do São Francisco no município de Barra, na Bahia. Há nessa área um elevado endemismo de fauna e flora, possivelmente em decorrência de características relacionadas ao tipo de solo e à precipitação. (ROCHA; QUEIROZ; PIRANI, 2004) O fato de o jogo *Calangos* ser modelado a partir de dados obtidos por pesquisas científicas realizadas no Brasil é uma das características que o tornam uma ferramenta interessante para as aulas de Biologia, na medida em que atribui confiabilidade a informações veiculadas pelo jogo e propicia aos estudantes conhecimento sobre a ciência praticada em nosso país.

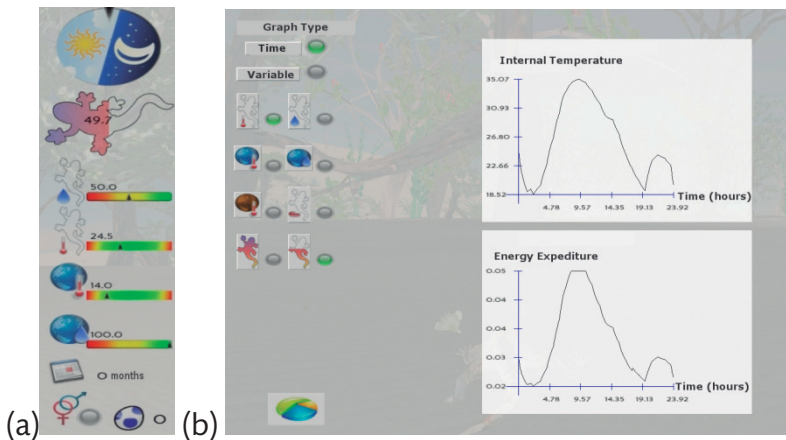
Ao jogar *Calangos*, os estudantes têm acesso a relações ecológicas de competição intraespecífica, interespecífica e predação. Além disso, eles se deparam com mudanças na temperatura corporal dos lagartos de acordo com a temperatura ambiental e podem inferir o quanto a vida desses animais depende da manutenção

---

4 O jogo está disponível para *download* em: <<http://calangos.sourceforge.net/>>

da temperatura corporal em níveis toleráveis. De um modo geral, o jogador pode vivenciar os desafios de sobrevivência dos lagartos, não só relativos à regulação térmica, como também à manutenção da hidratação, à fuga de predadores e à obtenção de alimento. Durante o jogo, é possível obter informações instantâneas a respeito dos lagartos, tais como hidratação, temperatura interna, nível de energia interna, maturidade sexual, sucesso reprodutivo, assim como do ambiente, como temperatura e umidade do ar. Estas informações são disponibilizadas na forma de gráficos que podem ser acessados a partir de uma barra lateral (Figura 2), que dá acesso a um gerador de gráficos incorporado ao jogo e que permite que os jogadores selecionem variáveis para as quais desejam plotar gráficos bidimensionais. (LOULA et al., 2014)

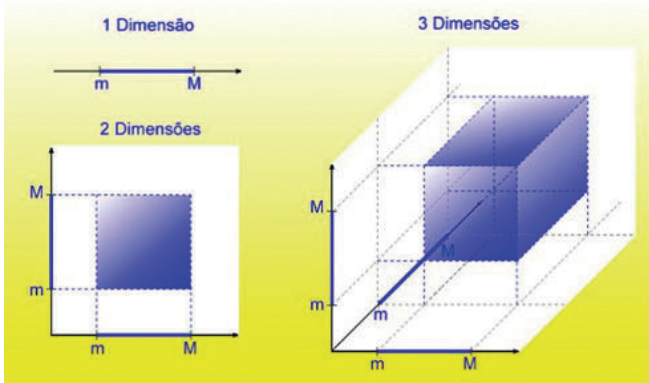
Figura 2 - a) Barra lateral por meio da qual o jogador tem acesso ao gerador de gráficos incorporado no jogo *Calangos*; (b) Gráficos bidimensionais podem ser gerados para visualizar mudanças em diferentes variáveis ao longo do jogo, conforme seleção feita pelo jogador



Essas características do jogo *Calangos* geraram a expectativa entre os membros do CoPPEC de que seu uso pudesse proporcionar a construção dos conceitos de fatores limitantes, limites de tolerância e nicho ecológico, que têm papel importante no ensino e na aprendizagem de Ecologia. Tendo em vista essa expectativa, foi realizado um estudo de desenvolvimento de uma sequência didática em que o jogo é aplicado para promover a compreensão do conceito de nicho ecológico, tal como formulado por Hutchinson (1957), segundo o qual o nicho ecológico pode ser definido como um hipervolume com multidimensões, cada dimensão corres-

pondendo a diferentes condições ambientais que determinam os limites ambientais nos quais uma dada espécie consegue manter-se (Figura 3).

Figura 3 - Representação gráfica da relação entre variáveis, fatores limitantes, e seus respectivos limites de tolerância de modo a gerar um espaço n-dimensional que constitui o nicho ecológico



Nota: Acima e à esquerda representação de um fator limitante com os respectivos limites de tolerância  $m$  e  $M$ ; abaixo formação de um espaço bidimensional pela relação entre dois fatores limitantes; à direita relação entre três dimensões ou fatores limitantes para uma determinada espécie, formando um volume.

Fonte: USP/IB (2014).

O conceito de nicho ecológico tem sido tratado em muitos livros didáticos como o papel ou as atividades desempenhadas pelos organismos nos ecossistemas, associadas à distinção entre nicho e habitat sustentada por Whittaker e colaboradores (1973) para resolver a dicotomia gerada pelas abordagens tradicionais de nicho, as quais davam ênfase aos fatores abióticos requeridos pelas espécies (GRINNELL, 1917), de um lado, e, de outro, o papel desempenhado pelas espécies na comunidade Elton (1927). Como argumentam Sepúlveda e El-Hani (2008) essas abordagens do conceito de nicho não torna possível a compreensão o processo evolutivo a partir de uma relação dialética entre organismo e ambiente, tal qual o recente programa de pesquisa sobre a construção de nicho e implicações para evolução (ODDLING-SMEE et al., 2008) nos sugere. Essa compreensão é descrita por Lewontin (2002) nos seguintes termos: a evolução é um processo contínuo, no qual os organismos evoluem para resolver problemas imediatos, em certa medida postos por eles mesmos ao modificarem o ambiente em que vivem, o que faz com



que os problemas que eles resolvem mudem gradualmente, à medida que os organismos evoluem. Para desenvolver tal compreensão é preciso ter em conta o papel ativo que os organismos têm na construção do ambiente, seja pelas modificações que provocam com suas atividades biológicas, seja por determinar as variáveis do ambiente que farão parte de seu nicho, um espaço multidimensional que não pode ser compreendido na ausência do organismo. Esses autores consideram que o conceito de nicho proposto por Hutchinsonson é uma abordagem mais adequada para este fim, a despeito de reconhecerem as dificuldades de sua recontextualização para o Ensino Médio.

Para avaliar o potencial da aplicação do jogo *Calangos* como ferramenta para o ensino acerca do nicho hutchinsoniano, foi desenvolvido um protótipo de sequência didática, com base nos seguintes princípios de *design*: caso se deseje construir uma sequência didática que empregue o jogo *Calangos* como ferramenta didática para promover a compreensão do conceito de nicho hutchinsoniano, é aconselhável: (1) construir com os alunos o problema da termorregulação como um dos principais desafios na luta dos lagartos pela sobrevivência, usando para tanto um procedimento de teste de hipóteses acerca dos fatores que determinam os desafios enfrentados pelos lagartos ao longo do jogo, a partir da análise do comportamento das variáveis acessadas a partir da barra lateral; (2) abordar explicitamente o conceito de nicho, usando para tanto o cenário dos desafios enfrentados pelas espécies de lagartos protagonistas do jogo.

A sequência foi estruturada em quatro momentos: (1) apresentação do jogo e procedimentos para que seja jogado, neste caso, em duplas; (2) exploração do jogo pelos alunos; (3) levantamento de hipóteses a respeito das dificuldades de sobrevivência do lagarto por meio de interação discursiva entre professores e alunos; (4) construção do desafio da termorregulação no jogo; (5) Abordagem explícita do conceito de nicho ecológico, aplicado ao contexto do desafio da termorregulação.

Essa sequência foi aplicada a três turmas do primeiro ano do Ensino Médio em dois encontros de 100 minutos. Todos os momentos de aplicação do jogo foram filmados, totalizando 17 horas de gravação. Além do registro das interações discursivas entre alunos e entre alunos e professora, por meio das quais é possível investigar o processo de produção de significado em sala de aula, foram aplicados questionários em pré e pós-testes para avaliar o papel do jogo na promoção de aprendizagem conceitual.

Foi possível observar que, ao longo das discussões em sala de aula sobre os fenômenos biológicos que ocorrem no jogo *Calangos*, os estudantes conseguiram

articular o que foi vivenciado com os desafios da vida de um animal ectotérmico. Os dados obtidos na análise dos questionários permitiram concluir também que os estudantes mostraram aumento de compreensão sobre a dinâmica de vida dos animais ectotérmicos, compreendendo como a temperatura do corpo desses animais varia de acordo com a temperatura do ambiente – um passo importante para a compreensão do conceito de fator limitante. No entanto, a maioria dos estudantes não se apropriou do conceito hutchinsoniano de nicho ecológico. Esse último achado pode estar relacionado à natureza abstrata do conceito de nicho. Isso mostra que será necessário aumentar o tempo de discussão em sala de aula sobre esse conceito.

A partir desses resultados, foi realizada uma avaliação com professoras da Educação Básica e uma consulta a especialistas em Ecologia para propormos uma reestruturação da sequência didática. A principal mudança decorreu da orientação para trabalharmos com o conceito de nicho ecológico de Chase e Leibold (2003, p. 15), segundo o qual, nicho pode ser caracterizado como o conjunto de

[...] condições ambientais que permitem à espécie suprir suas necessidades mínimas, de tal forma que a taxa de natalidade de uma população local seja igual ou maior à sua taxa de mortalidade, junto com o conjunto de efeitos per capita da espécie nessas condições ambientais.

Consideramos que esse conceito é menos abstrato que o de Hutchinson, e permite o desenvolvimento de compromissos epistemológicos de um conceito de nicho adequado à compreensão do processo evolutivo.

Assim o princípio de design formulado para o segundo protótipo foi: caso de-seje construir uma sequência didática que empregue o jogo *Calangos* como ferramenta didática, para promover a compreensão do conceito de nicho tal como compreendido por Chase e Leibold, é aconselhável que esta intervenção: (1) promova discussões sobre o efeito modificador das atividades biológicas dos organismos no ambiente, de modo a evidenciar o caráter dialético da relação entre organismo e meio, por meio de exemplos evidentes de construção de nicho; (2) desenvolva os conceitos de fator limitante e limites de tolerância e sua relação com o conceito de nicho ecológico por meio da análise do comportamento da relação entre fatores ambientais e processos fisiológicos dos lagartos, ao longo do jogo *Calangos*; (3) formalize o conceito de nicho proposto, de forma que os estudantes possam compreendê-lo não apenas a partir das experiências que o jogo possibilita,

como também por meio da análise de cenários com outras espécies de seres vivos, que possibilitem a generalização do conceito.

A sequência foi reestruturada em cinco momentos: (1) apresentação dos objetivos da sequência didática e das formas de avaliar que serão implementadas; (2) levantamento de concepções prévias dos estudantes sobre o conceito de nicho ecológico, apresentação do jogo e procedimentos para jogá-lo, neste caso, em duplas; (3) exploração do jogo pelos alunos; (4) levantamento de hipóteses a respeito das dificuldades de sobrevivência do lagarto por meio de interação discursiva entre professores e alunos, discussão sobre fatores limitantes e limites de tolerância; (5) construção do desafio da termorregulação no jogo; (6) abordagem explícita sobre o conceito de nicho ecológico, aplicado ao contexto do desafio da termorregulação com suas implicações para as chances de sobrevivência e reprodução dos lagartos. Esse novo protótipo está ainda em avaliação.

Os resultados obtidos com a primeira prototipagem da sequência didática já permitem validar o potencial do jogo *Calangos* como ferramenta didática para o desenvolvimento de conceito de nicho, dadas as interações discursivas que tem propiciado em sala de aula e o aparente engajamento dos estudantes com as atividades a ele relacionadas, em decorrência de seu caráter motivacional. É preciso seguir investigando de forma sistemática seu efeito na aprendizagem conceitual, à medida que seja aplicado em novos protótipos da sequência e em novos contextos, assim como investigar de forma mais sistemática seu papel na motivação.

## **Experimentos com drosófilas como estratégia para o Ensino de Herança e Genética Mendeliana na Educação Básica**

A compreensão da segregação cromossômica na meiose e sua relação com as proporções observadas em cruzamentos mendelianos, a despeito de sua importância e centralidade na compreensão da herança e seus mecanismos, tem sido um dos desafios mais comumente relatados por professores, tanto do Ensino Médio, como do Ensino Superior. (FALA et al., 2010) Considerando esses achados disponíveis na literatura e a prática docente de professores do grupo colaborativo de pesquisa, decidimos investir na construção de uma sequência didática baseada na condução de experimentos controlados, utilizando a *Drosophila melanogaster* como organismo modelo em cruzamentos monoíbridos.

A *Drosophila melanogaster*, popularmente conhecida como mosca-das-frutas, é um organismo modelo amplamente utilizado na pesquisa genética, graças a inú-

meras vantagens, tais como: (1) ciclo de vida curto, decorrendo 12 dias desde o nascimento até o momento em que uma nova geração de descendentes é produzida; (2) grande número de descendentes por cruzamento; (3) cultivo simples e de baixo custo; (4) número haploide de cromossomos pequeno ( $n=4$ ); (5) ausência de eventos de permuta nos machos; (6) existência de cromossomos politênicos; e (7) grande número de mutações já identificadas e analisadas. A espécie pode ser mantida em laboratório à temperatura ambiente (18-25° C), sua exigência nutricional é pequena e não necessita de grandes espaços para a cultura. Seu ciclo de vida apresenta as fases de ovo, 1°, 2° e 3° instar, fase de pupa (fase imóvel) e adulto. As fêmeas são relativamente prófugas, originando, em uma semana, várias dezenas de descendentes de uma única fecundação. (PETIT; PREVOST, 1973)

Além de ser amplamente utilizada na pesquisa, *D. melanogaster* também se mostra um recurso didático de grande valia, sendo muito utilizada no Ensino Superior e tendo potencial de utilização na Educação Básica, como pretendemos avaliar. O uso dessa espécie em experimentos pode servir de base para a abordagem de aspectos relacionados à reprodução, aos ciclos de desenvolvimento e aos diversos padrões de herança, bem como para o desenvolvimento de habilidades de observação, registro e análise de resultados, e elaboração de conclusões. (SEPEL; LORETO, 2010)

Por essas razões, decidimos investigar a realização de experimentos controlados com *Drosophila melanogaster* em salas de aula de Biologia do Ensino Médio, no âmbito de uma sequência didática com os seguintes objetivos pedagógicos: (1) discutir a hereditariedade como um fenômeno digno de investigação, que tem repercussões sociais, culturais e científicas; (2) conhecer a construção histórica do conceito de herança biológica; (3) aumentar a motivação dos estudantes para o ensino da genética, pela prática na execução de experimentos controlados utilizando drosófilas, permitindo a aproximação dos alunos do processo de produção de conhecimento científico; (4) propiciar a compreensão da relação entre segregação cromossômica e proporções mendelianas esperadas; (5) promover a compreensão de que as proporções mendelianas podem ser modificadas em função do tipo de herança e; (6) propiciar a compreensão do papel da meiose na produção de variabilidade genética.

O primeiro protótipo dessa sequência foi estruturado em 4 momentos: (1) introdução ao conceito de herança e sua construção histórica; (2) apresentação do trabalho de Gregor Mendel, sua história e contribuição para a compreensão da hereditariedade através dos experimentos com ervilhas; discussão da meiose como mecanismo gerador da variabilidade genética, relacionado à formação de gametas;

(3) experimentação controlada com *Drosophila melanogaster*; (4) análise e discussão dos resultados obtidos nos cruzamentos realizados nos experimentos.

Esse protótipo encontra-se em fase de aplicação em turmas do Ensino Médio, de modo que ainda não dispomos de resultados que permitam avaliar os princípios de *design* que orientaram seu planejamento. Neste capítulo, pretendemos apresentar como têm sido realizadas a montagem, análise e discussão do experimento controlado, atividades ao longo das quais os alunos têm à oportunidade de: (1) conhecer o organismo, reconhecer as principais características que permitem fazer a distinção entre macho e fêmea, e entre os tipos selvagem e mutante da espécie; (2) entender como experimentos de cruzamentos genéticos são realizados e; (3) como a partir de seus resultados podemos estudar os padrões de herança.<sup>5</sup>

Na etapa que antecede a montagem, os alunos realizam a observação dos diferentes fenótipos e distinção dos sexos por meio do uso de lupas, de mão ou estereomicroscópicas, que ampliam geralmente de 20-40 vezes, mantendo-se, para tanto, os insetos anestesiados e imóveis durante alguns minutos, de modo que possam ser manipulados com um pincel do tipo guache. Essa etapa da observação das moscas é fundamental, porque a realização de cruzamentos genéticos requer identificação correta dos machos e das fêmeas, o que é facilitado por um dimorfismo sexual bem acentuado nesse organismo. Enquanto as fêmeas apresentam uma alternância típica de listras claras e escuras nos segmentos abdominais, os machos apresentam a extremidade do abdome negra devido à fusão dos segmentos terminais. Porém, estas diferenças não são óbvias nos indivíduos recentemente eclodidos da pupa devido a sua fraca pigmentação. O critério mais comumente usado para distinguir o sexo, baseia-se na observação de uma estrutura pilosa, denominada pente sexual, que os machos possuem na base do metatarso do primeiro par de patas. As fêmeas não possuem essa estrutura. Ao final dessa etapa, os alunos devem ser capazes de reconhecer as diferentes linhagens, bem como identificar machos e fêmeas.

Na etapa seguinte, são realizados cruzamentos entre indivíduos que diferem em características facilmente visíveis, como o tamanho das asas ou a cor dos olhos.

---

5 Para realizar essa etapa da sequência didática, as escolas contarão com a colaboração do Laboratório de Drosófilas da Universidade Estadual de Feira de Santana (UEFS), que oferecerá todo o material necessário para a montagem dos experimentos, assim como todo o suporte para o acompanhamento dos mesmos, porque desenvolve projeto de extensão que tem como objetivo principal levar esta proposta de trabalho com as drosófilas para as escolas. Atualmente o laboratório cultiva e mantém quatro linhagens disponíveis para a realização do experimento, o tipo selvagem e três tipos mutantes: sépia e white, para a característica cor dos olhos, e vestigial, para a característica tamanho das asas.

Por meio da análise dos resultados de cruzamentos de até duas gerações, é possível determinar, ao final de um mês, quais são os alelos dominantes e recessivos, e se o padrão de herança está ou não ligado ao sexo.

O protocolo de cruzamentos genéticos deve ter em conta alguns cuidados básicos, entre os quais se destacam a utilização de linhagens puras, ou seja, os indivíduos que formarão os casais no experimento devem ser provenientes de estoques nos quais todos os indivíduos são iguais para uma determinada característica, por exemplo, olhos brancos, e quando cruzados entre si originam sempre esse fenótipo. As fêmeas utilizadas no cruzamento inicial (cruzamento parental, P) devem estar virgens, isto é, ainda não terem atingido a maturidade sexual; caso contrário, corre-se o risco de terem sido fecundadas pelos machos do seu estoque de proveniência. Devem ser efetuados cruzamentos parentais recíprocos, de forma a identificar logo na primeira geração filial (F1) se algum gene está localizado num cromossomo sexual. Assim, se na geração parental forem cruzados machos selvagens com olhos vermelhos com fêmeas *White*, de olhos brancos, deve-se efetuar em paralelo um cruzamento parental recíproco de machos de olhos brancos com fêmeas de olhos vermelhos. O protocolo de cruzamento deve ter em conta a duração do ciclo de vida (12 dias), para evitar que várias gerações se misturem. Assim, depois de permanecerem sete dias nos frascos, os indivíduos adultos são transferidos para outro frasco, ou eliminados, para que não cruzem com seus descendentes.

A proposta é que toda a turma acompanhe a montagem dos experimentos e um grupo de alunos voluntários acompanhe as outras etapas do experimento, como a sexagem e a contagem, já que é difícil a participação de todos, por conta do número elevado de alunos nas salas de aula da Educação Básica.

Após a realização dos experimentos, é feita, no quarto momento, a análise e discussão dos resultados obtidos nos cruzamentos, comparando os valores esperados de acordo com as proporções mendelianas e os valores observados no experimento em si. A análise dos resultados também proporciona a discussão da meiose como mecanismo gerador da variabilidade genética, relacionado à formação de gametas.

## Considerações finais

A experiência de investigação do potencial de jogos e experimentos na promoção de aprendizagem conceitual por meio da colaboração entre professores-investigadores da Educação Básica e da universidade, e estudantes de graduação

e pós-graduação integrantes do CoPPEC tem gerado as seguintes conclusões: (1) o papel que tais atividades podem desempenhar como ferramentas didáticas deve ser investigado por meio de estudos de desenvolvimento, integrados com e complementados por estudos de efetividade (NIEVEEN et al., 2006); (2) para além da promoção de motivação e aprendizagem conceitual dos estudantes, a introdução dessas atividades têm cumprido o papel de elemento gerador de trabalho colaborativo entre professores. A organização, o planejamento e a aplicação dessas atividades têm propiciado e assegurado momentos de diálogo entre as professoras que as adotaram como inovações educacionais a serem aplicadas e avaliadas. Esse diálogo não se restringe à discussão de aspectos procedimentais e metodológicos da aplicação do jogo em sala de aula e de sua inserção como ferramenta didática em uma sequência didática ou proposta pedagógica de outra natureza, mas dá lugar a reflexões mais abrangentes sobre o desenvolvimento de práticas inovadoras (MACHADO, 2013), organização do trabalho docente na escola e protagonismo do professor na pesquisa educacional.

## Referências

- ALMEIDA, M. C. *Colaboração entre pesquisadores e professores de ensino de ciências e biologia: um estudo da organização e desenvolvimento da prática social do CoPPEC*. 2014. Dissertação (Mestrado em Ensino, Filosofia e História das Ciências) - Universidade Federal da Bahia, Salvador, 2014.
- CHASE J. M.; LEIBOLD M. A. *Ecological niches: interspecific interactions*. Chicago, IL: The University of Chicago Press, 2003.
- EL-HANI, C.; GRECA, I. M. Participação em uma comunidade virtual de prática desenhada como meio de diminuir a lacuna pesquisa-prática na educação em Biologia. *Ciência e Educação*, Bauru, SP, v. 17, n. 3, p. 579-601, 2011.
- EL HANI, C. N.; et al. A natureza da pesquisa docente: a experiência de um grupo colaborativo de pesquisa. In: ENCONTRO DE NACIONAL DE PESQUISA EM EDUCAÇÃO EM CIÊNCIAS . 8., 2011. Campinas, SP. *Anais...* Campinas, SP: ABRAPEC, 2011. (v. 1).
- FALA, A. M.; CORREIA, E. M.; PEREIRA, H. D'M.. Atividades práticas no ensino médio: uma abordagem experimental para aulas de genética. *Ciência & Cognição*, São Carlos, v. 15, n. 1, p. 137-154, 2010.
- FERREIRA, M. A. *O jogo no ensino de ciências: limites e possibilidades*. 1998. 374 f. Dissertação (Mestrado em Educação) - Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, RN, 1998.

- FRIEDMANN, A. *Brincar, crescer e aprender: o resgate do jogo infantil*. São Paulo: Moderna, 1996.
- GALIAZZI, M. do C. et al. Objetivos das atividades experimentais no ensino médio: a pesquisa coletiva como modo de formação de professores de ciências. *Ciência & Educação*, Bauru, São Paulo, v.7, n. 2, p. 249-263, 2001.
- GRINNEL, J. The niche-relationships of the California thrasher. *The Auk*, v. 34. p. 427-433, out. 1917.
- GIL PÉREZ, D. et al. Tiene sentido seguir distinguiendo entre aprendizaje de conceptos, resolución de problemas de lápiz e papel y realización de prácticas de laboratorio? *Enseñanza de las Ciencias*, Barcelona, Espanha, v. 17, n. 2, p. 311-320, 1999.
- HUTCHINSON, G. E. Concluding remarks. *Cold Spring Harbor Symposium of Quantitative Biology*, v. 22, p. 415-427, 1957.
- JANULAW, A.; SCOTCHMOOR, J. *Clipbirds*. Disponível em: <<http://www.ucmp.berkeley.edu/education/lessons/clipbirds/>> Acesso em: 25 abr. 2003.
- KISHIMOTO, T. M. *Jogos Infantis: o jogo, a criança e a educação*. 6. ed. Petrópolis, RJ: Vozes, 1993.
- LEWONTIN, R. *A tripla hélice*. São Paulo: Companhia das Letras, 2002.
- LOULA, A. et al. Modeling a Virtual World for the Educational Game Calangos. *International Journal of Computer Games Technology*, Nova Iorque, USA, p. 1-14, 2014.
- MACHADO, R. F. *Eficácia do jogo dos Clipsitacídeos (Clipbirds) em uma sequência didática para o ensino de evolução*. 2011. Monografia (Licenciatura em Ciências Biológicas) - Universidade Estadual de Feira de Santana, Feira de Santana, 2011.
- MACHADO, R. F. et al. O jogo Clipsitacídeos como estratégia didática para o ensino de evolução: eficácia e impacto na prática docente. In: MARTINS, I.; GIORDAN, M. (Org.). ENCONTRO NACIONAL DE PESQUISA EM EDUCAÇÃO EM CIÊNCIAS -, 9., 2013. Águas de Lindóia, São Paulo. *Anais...* Águas de Lindóia, SP, nov. 2013
- MCINTERY, D. Bridging the gap between research and Practice. *Cambridge Journal of Education*, Cambridge, USA, v. 35, n. 3, p. 357-382, 2005.
- NIEVEEN, N., MCKENNEY, S.; VAN DEN AKKER, J. Educational design research: the value of variety. In: VAN DEN AKKER, J. et al. (Ed.). *Educational design research*. London: Routledge, 2006. p. 151-158.
- ODLING-SMEE, F. J.; LALAND, K. N.; FELDMAN, M. W. *Niche construction: the neglected process in evolution*. Princeton, NJ: Princeton University Press, 2003.
- PATRIARCHA-GRACIOLLI, S. R.; ZANON, A. M.; SOUZA, P. R. Jogo dos predadores: uma proposta lúdica para favorecer a aprendizagem em ensino de ciências e educação ambiental. *Revista eletrônica Mestrado em Educação Ambiental*, Rio Grande, v. 20, n. 6, p. 202-216, jan./jun. 2008.



- PETIT, C.; PREVOST, G. *Genética e Evolução*. São Paulo: Ed. Edgard Blucher, 1973.
- PLOMP, T.; NIEVEEN, N. (Ed.). *An introduction to educational design research*. Enschede: SLO – Netherlands Institute for Curriculum Development, 2007. p. 9-35.
- REIS, V. P. G. S.; EL-HANI, C. N.; SEPÚLVEDA, C. Aplicação e teste de uma seqüência didática sobre evolução no ensino médio de biologia. In: JÓFILI, Z.; ALMEIDA, A. V. (Org.). *Ensino de Biologia, meio ambiente e cidadania: olhares que se cruzam* 2. ed. Recife: UFRPE, 2010.
- ROSA, C. W. da; ALVES FILHO, J. de P. Estudo da viabilidade de uma proposta didática metacognitiva para as atividades experimentais em física. *Ciência & Educação*, Baurú, SP, v. 20, n.1, p. 61-81, jan./mar. 2014.
- ROCHA, P. L. B.; QUEIROZ, L. P.; PIRANI, J. R. Plant species and habitat structure in a sand dune field in the Brazilian Caatinga: a homogeneous habitat harbouring an endemic biota. *Revista Brasileira de Botânica*, São Paulo, v. 27, n. 4, p. 739-755, out./dez. 2004.
- SEPEL, L. M. N.; LORETO, E. L. S. 2010: Um século de Drosophila na genética. *Genética na Escola*, Santa Maria, v. 5, n. 2, p. 42-47. 2010.
- SEPULVEDA, C.; EL-HANI, C. N. Adaptacionismo versus Exaptacionismo: O Que Este Debate Tem a Dizer ao Ensino de Evolução? *Ciência & Ambiente*, Santa Maria, RN, v. 36, p. 93-124, jan./jun. 2008.
- SIMONS, H.; et al. From evidence-based practice to practice-based evidence: the idea of situated generalization. *Research Papers in Education*, v. 18, p. 347-364, dez. 2003.
- VARGENS, M. M. F.; EL-HANI, C. N. Análise dos efeitos do jogo Clípsitacídeos (clipbirds) sobre a aprendizagem de estudantes do ensino médio acerca da evolução. *Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências*, Belo Horizonte, v. 11, p. 143-168, 2011.
- TARDIF, M. *Saberes docentes e formação profissional*. 8. ed. Petrópolis, RJ: Vozes, 2007.
- UNIVERSIDADE SÃO PAULO. Instituto de Biociências (IB). *Ecologia*, 2014. Disponível em: <[http://www.ib.usp.br/ecologia/fatores\\_limitantes\\_print.htm](http://www.ib.usp.br/ecologia/fatores_limitantes_print.htm)> Acesso em: 15 out 2014.
- WHITTAKER, J. H.; LEVIN, S. A.; ROOT, R. B. Niche, habitat and ecotope. *American Naturalist*, Chicago, v. 107, n. 95, p. 321-338, mai./jun. 1973.
- ZABALA, A. A. *Prática Educativa: Como educar*. Porto Alegre, 1998.



## **PARTE IV**

# **CONTRIBUIÇÕES DA DIDÁTICA PARA A PRÁTICA DE PROFESSORES**



# La creación de problemas como medio para ampliar horizontes matemáticos<sup>1</sup>

*Uldarico Malaspina Jurado*

## Introducción

El aprendizaje por descubrimiento fortalece sus bondades si los conceptos o enfoques matemáticos se descubren en el marco de un desafío creado por el propio aprendiz. Esto es lo que ocurre con una adecuada orientación para la creación de problemas de matemáticas. Una manera de crear problemas es haciendo variaciones a un problema dado; en ese sentido, al hacer variaciones creativas al requerimiento y al entorno matemático de un problema dado y al plantearse generalizaciones, se amplía el horizonte matemático inicial. Por ejemplo, de problemas muy sencillos relacionados con situaciones de compra, se llega al “descubrimiento” de funciones importantes del análisis matemático. En la conferencia mostraremos experiencias en las que se evidencia que la creación de problemas es muy importante en los cursos de formación inicial o continua de profesores, pues estimula la creatividad, brinda oportunidades tanto de reflexión didáctica como de profundización de conceptos matemáticos y contribuye al desarrollo del pensamiento matemático y a iniciarse en la investigación.

En nuestras experiencias docentes en la Pontificia Universidad Católica del Perú, orientadas por una metodología activa y buscando el aprendizaje por descubrimiento, llegamos al convencimiento de la importancia de la creación de problemas en los procesos de aprendizaje (Malaspina, 2002). Involucrados en la educación matemática y en investigaciones sobre resolución de problemas, reafirmamos tal convencimiento y encaminamos experiencias didácticas sobre creación de pro-

---

<sup>1</sup> Em se tratando de um texto em língua estrangeira, preservou-se a estrutura e normas técnicas adotadas no país de origem.

blemas en el marco de la formación inicial y continua de docentes y en estrecha relación con la resolución de problemas.

En diversos trabajos de investigadores en educación matemática encontramos expresiones que destacan la importancia de la creación de problemas en los procesos de enseñanza y aprendizaje. Así, ya en 1989 el National Council of Teachers of Mathematics (NCTM) recomendaba a los profesores brindar oportunidades para que los estudiantes piensen matemáticamente y desarrollen sus conocimientos mediante la creación de problemas. Textualmente, decía: “los estudiantes deben tener algunas experiencias reconociendo y formulando sus propios problemas, actividad que es el corazón del hacer matemáticas” (p. 138).

Más recientemente, Bonotto (2013, p. 53) nos dice:

El proceso de crear problemas representa una de las formas de auténtica investigación matemática, que adecuadamente implementada en actividades de clase, tiene el potencial de llegar más allá de las limitaciones de los problemas verbales, por lo menos como son típicamente tratados.

Impulsar la creación de problemas es una de las formas de lograr el desarrollo de diferentes potencialidades de los estudiantes y de estimular una mayor flexibilidad mental.

## Qué entendemos por crear problemas de matemáticas

Para precisar lo que entendemos por crear problemas, seguiremos la posición adoptada en Malaspina (2013a):

*La creación de problemas matemáticos es un proceso mediante el cual se obtiene un nuevo problema*

- a partir de un problema dado (**variación** de un problema); o
- a partir de una situación (**elaboración** de un problema).

La situación puede ser dada, o configurada como parte de la elaboración del problema.

En el primer caso es una situación tal como se presenta en la realidad; y en el segundo es una situación imaginada, adecuadamente presentada.

Para desarrollar esta perspectiva sobre la creación de problemas, es importante precisar cuatro elementos fundamentales que percibimos en los problemas: *Información, Requerimiento, Contexto y Entorno matemático*

La *información* está constituida por los datos cuantitativos o relacionales que se dan en el problema.

El *requerimiento* es lo que se pide que se encuentre, examine o concluya, que puede ser cuantitativo o cualitativo, incluyendo gráficos y demostraciones.

En cuanto al *contexto*: suele llamarse “problema contextualizado” a aquel que está relacionado con alguna situación real, con la vida cotidiana; sin embargo, consideraremos que el contexto también puede ser formal o estrictamente matemático. En ese sentido, podemos afirmar que en un problema, el *contexto* puede ser *intra matemático* o *extra matemático*. En el primer caso, como su nombre lo indica, el problema se circunscribe a lo matemático (por ejemplo, hallar el dominio de una función, graficar una ecuación de dos variables y hallar los factores primos de un número natural, son problemas que tienen contexto *intra matemático*). En el segundo caso, el problema está más vinculado a una situación real.

El elemento *entorno matemático* se refiere a los conceptos matemáticos que intervienen o pueden intervenir para resolver el problema. Ciertamente esto es relativo, pues depende del camino que se siga para resolver el problema. En el marco de la creación de problemas para el aprendizaje, el entorno matemático puede ser el punto de partida para la creación de nuevos problemas, como “el tema a tratar”. En un marco más amplio, puede ocurrir que un problema no se resuelva, precisamente por no encontrar el entorno matemático adecuado (como ocurrió durante mucho tiempo con algunos problemas famosos; quizás el más conocido es el de la conjetura de Fermat), pero quien resuelve un problema o intenta resolverlo, se apoya en un conjunto de conceptos matemáticos al que llamaremos *entorno matemático*. Evidentemente, no habiendo una única manera de resolver un problema, el entorno matemático no tiene que ser único y la misma información, requerimiento y contexto puede llevar a problemas diferentes, al precisar el entorno matemático que se debe usar para resolverlo.

Con estas precisiones, podemos ahora explicitar mejor lo que entendemos por *variación* y elaboración de un problema.

**Variación** de un problema dado: *proceso según el cual se construye un nuevo problema, modificando uno o más de los cuatro elementos del problema dado.*

Ejemplos muy interesantes de éstos son los que resultan de plantear generalizaciones a partir de un problema dado.

**Elaboración** de un problema: *proceso según el cual se construye un nuevo problema, a partir de una situación (dada, o configurada por el autor),*

- *cuyo contexto se origina en tal situación*
- *cuya información es obtenida por selección o modificación de la información que se percibe en la situación;*
- *y cuyo requerimiento es una consecuencia de relaciones lógicas y matemáticas establecidas o encontradas entre los elementos de la información especificada, que están implícitas en el enunciado, dentro de un cierto entorno matemático.*

Los docentes involucrados en la creación de problemas de matemáticas que sean más adecuados a los entornos sociales y regionales de sus alumnos, a sus motivaciones y a sus dudas, pueden convertir un problema difícil de resolver – haciendo variaciones adecuadas de él – en varios problemas más sencillos, con dificultad gradual, que finalmente conduzcan a la solución de tal problema y en el camino permita experiencias valiosas de aprendizaje. Una pregunta o una interpretación errada de un concepto pueden ser puntos de partida para crear un problema – por variación de otro o por elaboración – cuya solución contribuya a aclarar dudas. Elaborar problemas con entorno extra matemático, tomando aspectos de la realidad cercana a los estudiantes, aportará a que tanto los que crean los problemas como los que los resuelvan tengan miradas más reflexivas de la realidad y encuentren las matemáticas que hay en ella.

## **Aprendizaje y creación de problemas**

Consideramos que la creación de problemas debe formar parte fundamental en los procesos de aprendizaje de las matemáticas. A las afirmaciones en este sentido, hechas explícitamente por investigadores de la educación matemática – algunas de ellas mencionadas en la introducción de este artículo – queremos añadir nuestra apreciación que en varios enfoques didácticos está implícito este punto de vista, en relación a la creación de problemas.

Brousseau (1986), en su teoría de situaciones didácticas, nos dice que aprender un conocimiento es *reconstruirlo* y que el objeto final del aprendizaje es que el alumno pueda *hacer funcionar el saber en situaciones en las que el profesor no está presente*. Ciertamente, crear problemas forma parte de la reconstrucción de conocimientos y permite ir más allá de la resolución de problemas entregados por el profesor o contenidos en un texto.



Chevallard, Bosch y Gascón (2005), en la teoría antropológica de lo didáctico, nos dicen que enseñar y aprender matemáticas corresponde a la actividad de *reconstruir organizaciones matemáticas para poderlas utilizar en nuevas situaciones y bajo distintas condiciones*. En ese sentido, crear problemas forma parte de la reconstrucción de organizaciones matemáticas, en las que se consideran tipos de problemas y a éstos como parte del “saber-hacer” matemático.

En la afirmación que hacen Font, Planas y Godino (2010), en el marco del enfoque ontosemiótico de la cognición e instrucción matemática, que el aprendizaje de las matemáticas consiste en aprender a realizar una práctica operativa (de lectura y producción de textos) y, sobre todo, una práctica discursiva (de reflexión sobre la práctica operativa) que puede ser reconocida como matemática por un interlocutor experto, encontramos que implícitamente consideran la creación de problemas como parte de la práctica operativa y discursiva, pues la creación de problemas conlleva la producción de textos y la reflexión sobre la práctica operativa, al hacer variaciones a problemas trabajados o elaborar nuevos problemas a partir de situaciones concretas.

Así, consideramos que el proceso de aprendizaje de las matemáticas debe ser dinamizado con secuencias de problemas; soluciones o aproximaciones a las soluciones de los problemas; preguntas y respuestas; conjeturas, demostración, refutación y afinamiento de conjeturas; identificación de problemas; creación de problemas; soluciones o aproximaciones a las soluciones de los problemas creados; variaciones de los problemas creados; y comprensión – con una mirada global – de lo resuelto, de lo conjeturado, de los métodos usados y del contexto matemático. En esta dinamización – no necesariamente lineal – juega papel muy importante el profesor, que obviamente requiere tener competencias matemáticas y didácticas para estimular a los alumnos en cada etapa; en particular en lo que se refiere a creación de problemas, que es un aspecto en el que usualmente se pone poco énfasis en todos los niveles educativos. No se tiene en cuenta la estrecha relación que hay entre los aspectos formativos de la creación de problemas y algunos desafíos fundamentales que los ciudadanos, técnicos y profesionales tenemos que afrontar en la vida cotidiana, como identificar problemas, plantear(se) las preguntas adecuadas, seleccionar convenientemente la información, hacer propuestas innovadoras, buscar soluciones óptimas y replantear los problemas (Malaspina, 2013b).

## Creación de problemas y ampliación de horizontes matemáticos

La creación de problemas genera una dinámica matemática acompañada de lo didáctico, cuyas fronteras son difíciles de predecir, pues ya sea por variación o por elaboración, surgen preguntas cuyas respuestas pueden requerir un entorno matemático que va más allá de lo inicialmente considerado. Un problema creado inicialmente con un propósito, puede realmente abrir posibilidades didácticas y matemáticas muy interesantes, más allá de tal propósito, en las que no se pensó al momento de crearlo. Esto es interesante en la perspectiva de descubrir conocimientos y de hacer matemáticas y contribuye a ampliar la visión que suele tenerse de las matemáticas, como algo estático y acabado.

En las experiencias didácticas realizadas en talleres de formación de profesores, hemos encontrado varios casos de descubrimiento de nuevos horizontes matemáticos, algunos de los cuales resumimos a continuación:

### **Problema inicial 1** (En un taller con profesores de secundaria)

En la bodega A, venden paquetes de 6 vasitos de yogur por S/. 8,00 y cada vasito individual a S/. 1,50; pero en la bodega B, venden el mismo producto en paquetes de 3 vasitos por S/.4,00 y cada vasito individual a S/. 1,60. ¿Hay una sola forma de comprar 9 vasitos de yogur gastando lo menos posible? ¿Cuál?

### **Problema creado 1**

*En la bodega A, venden paquetes de 6 vasitos de yogur por S/. 8,00 y cada vasito individual a S/. 1,50; pero en la bodega B, venden el mismo producto en paquetes de 3 vasitos por S/.4,00 y cada vasito individual a S/. 1,60. ¿Cuánto es el pago mínimo que puede hacerse por la compra de  $n$  vasitos de yogur, según la información dada? Explicitar la función correspondiente.*

Percibimos el paso de una situación particular a una general, mediante el uso de una función que hay que definirla con la misma información dada en el problema inicial. La idea es interesante y parece ser de fácil solución. Lo interesante es que lleva a un tipo de función que no es conocida en la educación secundaria. El profesor que lo resolvió le dedicó tiempo de trabajo más allá de las horas en el taller y manifestó haber comprendido mejor tal tipo de función, “redescubierta” a partir del problema sencillo de compra.

**Problema inicial 2** (En un taller con profesores de secundaria):

Hallar las dimensiones del triángulo rectángulo que tenga la mayor área posible y esté inscrito en una circunferencia cuyo radio mide 8cm.

**Problema creado 2**

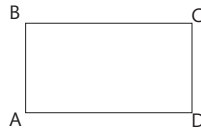
Determinar las dimensiones de un triángulo rectángulo que tenga la mayor área posible y que esté circunscrito a una circunferencia de radio 8 cm.

Vemos que el autor del problema tiene la interesante idea de considerar triángulos circunscritos a una circunferencia; él no llega a una respuesta final, no encuentra las dimensiones del triángulo que busca. ¿Existe tal triángulo?

El problema presenta una excelente oportunidad para ejercitar una faceta muy importante del pensamiento matemático: la existencia de una solución; en este caso, la del valor óptimo de una función; y más específicamente, plantearnos la pregunta ¿existe un triángulo rectángulo circunscrito a una circunferencia, que tenga área máxima?

**Problema inicial 3** (En un taller con alumnos de profesorado de educación inicial y primaria)

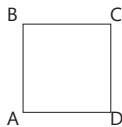
Pedro tiene una hoja rectangular de papel ABCD, de 20 cm de largo por 12 cm de ancho, como se ilustra en la figura.



Pedro dobla la hoja de modo que el vértice C se ubica en el lado AD y el lado CD se superpone sobre el lado AD. ¿Es verdad que el área del trapecio que se visualiza es el 75% del área del rectángulo ABCD? ¿Por qué?

**Problema creado 3**

Lucía tiene una hoja cuadrada de papel ABCD, de 10 centímetros de lado como se ilustra en la figura.



*Su profesor le pide que realizando dobleces en la hoja muestre de forma visual el 25% del área del cuadrado original. ¿Cuántos dobleces realizará Lucía para mostrar de forma visual el 25% del cuadrado original?*

En su solución, la alumna mostró las tres maneras más “naturales” de hacer los dobleces. Lo interesante del problema, es que presenta no solo un reto alcanzable por niños de primaria, sino también que suscita preguntarse si las tres formas “naturales” de hacer los dobleces para mostrar una figura con el 25% del área del cuadrado original, son las únicas. Ante esta pregunta, al socializar el problema, las alumnas encontraron dos formas más. Por otra parte, con la misma idea, buscamos formas de hacer un solo doblez en la hoja cuadrada para mostrar dos figuras con la misma área. Llegamos a encontrar que esas figuras pueden ser trapecios y que hay muchos pares de tales trapecios. Así, tuvimos la ocasión de evidenciar que hay problemas con infinitas soluciones.

Notamos que usando para un rectángulo el criterio para hacer el doblez en la hoja cuadrada de modo que se encuentren trapecios congruentes, se obtiene también infinitos pares de trapecios con la misma área, lo cual nos llevó a concluir que el problema propuesto por la alumna también tiene infinitas soluciones. Ciertamente, la alumna no pensó en esta posibilidad al crear su problema y disfrutó mucho al conocer los alcances que tuvo su idea.

## **Comentario final**

Vemos que la creación de problemas – en particular la variación de problemas dados – está estrechamente ligada a la resolución de problemas y que contribuye a ampliar el horizonte matemático de quien los crea, a desarrollar su pensamiento matemático y a iniciarlo en la investigación y en el hacer matemáticas, pues brinda oportunidades – a alumnos y profesores – para modificar creativamente la información recibida y plantear nuevos requerimientos; para hacer nuevos requerimientos con la misma información; para proponer requerimientos de carácter general; y para hacer mixturas razonadas de estos cambios.

Consideramos esencial que en los cursos de formación inicial y en los cursos de capacitación de profesores, se incluya la creación de problemas, por su aporte a aprendizajes significativos y por contribuir a desarrollar competencias matemáticas y didácticas que les permita, a su vez, desarrollar en sus alumnos la capacidad de crear problemas.

## Referencias

BONOTTO, C. Artifacts as sources for problem-posing activities. *Educational Studies in Mathematics*. 83 (1), 37- 55. 2013.

BROUSSEAU, G. *Fundamentos y métodos de la didáctica de las matemáticas*. Universidad de Burdeos. Traducción de J. Centeno y otros. 1986.

CHEVALLARD Y., BOSCH, M. y GASCÓN, J. *Estudiar matemáticas: el eslabón perdido entre enseñanza y aprendizaje*. Perú: Horsori. 2005.

FONT, V.; PLANAS, N. y GODINO, J. D. Modelo para el análisis didáctico en educación matemática. *Infancia y Aprendizaje* 33 (1), 89-105. 2010.

MALASPINA, U. *Elements for teaching game theory* . En Proceedings of 2<sup>nd</sup> International Conference on the Teaching of Mathematics (at the undergraduate level). Creta, Grecia. Recuperado de < <http://www.math.uoc.gr/~ictm2/Proceedings/pap293.pdf> > 2002. Acceso em: 5 de jan. 2013.

MALASPINA, U. *Variaciones de un problema*. El caso de un problema de R. Douady. UNION, Revista Iberoamericana de Educación Matemática, 34, 141-149. Recuperado de <<http://www.fisem.org/web/union/images/stories/34/archivo13.pdf>>. 2013a. Acceso em: 15 de jan. 2014.

MALASPINA, U. La enseñanza de las matemáticas y el estímulo a la creatividad. UNO, *Revista de Didáctica de las Matemáticas*, 63, 41-49. 2013b. National Council of Teachers of Mathematics Professional standards for teaching mathematics. Reston, VA: NCTM. 1991.



# Reflexões sobre o uso didático de história e filosofia da ciência no ensino de Física

*Elder Sales Teixeira*

## Introdução

As discussões sobre o uso didático de História e Filosofia da Ciência (HFC) no Ensino de Física estão na pauta atual da área de pesquisa em Ensino de Física. Este texto tem o objetivo de apresentar uma síntese dos principais resultados das pesquisas relativas a essa temática no Brasil e no exterior e fazer uma discussão crítica acerca destes resultados apontando como, segundo os relatos da literatura especializada, a História e Filosofia da Ciência (HFC) tem sido utilizada nas salas de aula de Física e quais as dificuldades enfrentadas. Pretende-se que essa discussão forneça aos participantes uma visão atualizada e crítica sobre o tema e, com isso, possa contribuir para um maior amadurecimento dos professores que usam ou pretendem usar este tipo de abordagem em sala de aula.

## HFC no ensino de ciências

As recomendações a favor da incorporação de HFC no ensino das ciências têm crescido substancialmente nas últimas décadas, o que está bem documentado na literatura, que tem apontado para uma maior necessidade de implantação de propostas curriculares com ênfase em HFC, bem como para o aumento das investigações sobre o impacto de tais propostas no ensino. Isto mostra uma discrepância entre o que se propõe no ensino de Física (em termos de ênfases curriculares sugeridas nos eventos) e o que se pratica (em termos de currículos adotados na prática pelos educadores) o que parece refletir uma dificuldade de se traduzir propostas baseadas no uso de HFC em prática de sala de aula. (CARVALHO; VANNUCCHI, 1996; TEIXEIRA et al., 2012a; TEIXEIRA et al., 2012b)

Esta dificuldade encontra eco no trabalho de Matthews (1994), no qual, ao fazer uma defesa crítica e bem fundamentada do papel da HFC no ensino das ciências, aponta também suas dificuldades. Adicionalmente, conforme argumentam Abd-el-Khalick e Lederman (2000), a despeito da necessidade de argumentos teóricos que venham servir como referencial para sustentar alguns dos principais clamores encontrados neste problema de pesquisa, parece haver também uma real necessidade de que sejam implementados esforços de pesquisas empíricas que procurem examinar criticamente a influência de uma abordagem do tipo contextual, nas concepções sobre a natureza da ciência, bem como, na compreensão de conceitos científicos dos aprendizes, além de outros aspectos, a fim de se averiguar a eficácia daquela abordagem e sua influência no ensino das ciências. (TEIXEIRA et al., 2012b)

A escolha desse tipo de abordagem não apresenta, entretanto, originalidade. Na tradição educacional do ensino de ciências (e, em particular, de Física) orientado pelas contribuições da História e da Filosofia da Ciência, têm sido consideradas itens fundamentais na forma de tratamento do conteúdo, especialmente no ensino pré-universitário, uma vez compreendido que esse ensino deva ser conectado com uma tradição cultural mais ampla. (TEIXEIRA et al., 2010) Sem investigar as origens mais remotas dessa opção programática, observamos que ela foi o tema com o qual Thomas Kuhn fez sua conversão de uma carreira em Física para uma carreira em História da Física, inicialmente ministrando na Universidade de Harvard um curso que tinha como título “O desenvolvimento da mecânica de Aristóteles a Newton”, e publicando em 1957 seu livro *A Revolução Copernicana*. (KUHN, 1957, 1990) (TEIXEIRA et al., 2010)

No mesmo ambiente da Universidade de Harvard, no qual a história da ciência como componente do ensino de ciências foi fortemente valorizada por James Conant, seu mais influente reitor, apareceria na década de 1960 aquele que ainda hoje pode ser considerado o melhor exemplar de material instrucional em ensino de Física nos marcos da abordagem contextual, o *The Project Physics Course* (MATTHEWS, 1994; HOLTON; RUTHERFORD; WATSON, 1978), conhecido no Brasil como Projeto Física de Harvard ou simplesmente Projeto Harvard. O programa da disciplina Física Básica I oferecida no Curso de Licenciatura Noturna da Universidade Federal da Bahia (UFBA) é fortemente influenciado por esse material instrucional, e sua edição portuguesa é utilizada como bibliografia do mesmo curso. Não por acaso, a síntese newtoniana é um tópico central no denominado Projeto Harvard. (TEIXEIRA et al., 2010)



Mais recentemente, o mesmo tópico, e abordagem semelhante foram valorizados tanto no programa do *Science for All Americans*, sugerido pela American Association for the Advancement of Science (RUTHERFORD; AHLGREN, 1995), quanto na experiência francesa conduzida por Sonnevile e Fauque (1997). O desenho do programa da disciplina Física Básica I da UFBA, a qual foi objeto de investigação que conduzi durante a minha tese de doutorado (TEIXEIRA, 2010), sob orientação do Prof. Dr. Olival Freire Júnior, no âmbito do Programa de Pós-Graduação em Ensino, Filosofia e História das Ciências (PPGEFHC - UFBA/UEFS), foi fortemente influenciado por essas tradições. A novidade da minha tese não residiu em relatar uma experiência didática com tal desenho programático, mas sim na investigação dos seus efeitos educacionais. Contudo, o uso do material instrucional (FREIRE; MATOS; VALLE, 2004), que foi usado na disciplina, é uma abordagem didática inovadora vez que esse material explora o uso da apresentação da Proposição IV do Livro III dos *Princípios Matemáticos da Filosofia Natural*, na qual Newton usa o recurso de um experimento de pensamento – a queda da Lua – para introduzir, pela primeira vez na história, a idéia de força gravitacional.

## Uma Experiência Didática com uso de HFC no Ensino de Física

Ao ingressar como professor substituto na Universidade Estadual de Feira de Santana (UEFS) no ano de 1996, eu tive oportunidade de participar das discussões na então Área de Física do departamento de Ciências Exatas da UEFS,<sup>1</sup> acerca dos programas das disciplinas que iriam compor o Curso de Licenciatura em Física da UEFS, já aprovado pelo MEC e a ser implantado no primeiro semestre do ano seguinte, ou seja, em 1997. O currículo deste Curso trazia algumas diferenças em relação aos currículos convencionais de Física do Brasil. Uma delas era a existência de três disciplinas chamadas Fundamentos de Física I, II e III, cujas ementas se referiam a discussões dos assuntos de maneira eminentemente conceitual. Neste ponto, eu percebi a possibilidade de inserir no curso algo do qual, desde quando era estudante de graduação em Física na UFBA, sentia falta no currículo do meu curso: uma abordagem de ensino que levasse em conta a contextualização histórica e filosófica ao tratar dos conceitos da Física – que passei a chamar, usando a terminologia de Michael Matthews, de abordagem contextual de ensino de Física. (MATTHEWS, 1994) Ademais, este tipo de abordagem estava (e ainda está) na

---

1 Em 2010 a então Área de Física veio a se tornar o atual Departamento de Física da UEFS.

pauta das discussões sobre ensino de Física, desenvolvidas pela comunidade de pesquisadores. Argumentei com os meus colegas da Área de Física sobre a importância da inclusão de elementos de História e Filosofia da Ciência na formação dos estudantes de licenciatura e que aquelas disciplinas eram propícias para implantar este tipo de abordagem de ensino. Assim, fui indicado para elaborar o programa e ministrar a disciplina Fundamentos de Física I (e, posteriormente as outras duas) que era a primeira disciplina de Física da grade curricular do curso na época. Ao menos durante os oito primeiros anos do Curso de Física (Licenciatura e, a partir de 1997, também o Bacharelado que foi criado neste ano) foram ministradas semestralmente essas três disciplinas que faziam parte do currículo mínimo de Curso de Física.

Estas disciplinas usavam um tipo de abordagem contextual de ensino que foi pioneira na época em cursos de Física no Brasil. Tratava-se de uma abordagem integrada (MATTHEWS, 1994), em que o assunto da Física era tratado de maneira intimamente conectada com as suas origens e transformações históricas, com as discussões epistemológicas correlatas essas origens e transformações e com os experimentos também associados ao assunto e à evolução histórica do assunto. O pioneirismo também se configurava pelo fato de serem três disciplinas intercaladas na grade curricular com as quatro disciplinas de Física Geral e Experimental (estas são comuns a todos os cursos de física do Brasil). Em muitos cursos do Brasil havia a disciplina geralmente chamada de Evolução da Física que era uma disciplina isolada que tratava, em geral, de história da Física e/ou, em alguns casos, de História e Filosofia da Física (TENFEN, 2011), mas não se tratava de disciplina de física que usava a HFC como abordagem didática.

Portanto, as disciplinas Fundamentos de Física foram pioneiras por dois aspectos: formava um conjunto de disciplinas (e não apenas uma disciplina isolada) organizadas em sequência dentro da grade curricular do Curso, de forma intercalada com as demais disciplinas de Física do ciclo básico da grade; e tratava-se não de uma disciplina de História e Filosofia da Ciência, mas de uma disciplina de Física, cujos conteúdos eram os assuntos da Física, e abordava estes conteúdos de forma integrada (nos termos apresentados por MATTHEWS, 1994) com a HFC e com os aspectos experimentais relacionados com os respectivos conteúdos.

Matthews (1994) reconheceu duas estratégias para o uso de abordagens contextuais no ensino de ciências: a) de um lado, a estratégia não integrada, que consiste na inclusão de alguns tópicos isolados sobre determinados fatos históricos e datas, pequenas biografias, alguns conceitos epistemológicos etc., quando de-

terminados assuntos forem estudados, como ocorre na forma de introdução histórica de algumas disciplinas ou em alguns livros didáticos em que determinados conteúdos de História da Ciência aparecem na forma de boxes, conforme nosso argumento em Teixeira e outros (2009). Neste tipo de estratégia, a HFC aparece separada do conteúdo da disciplina e pouco contribui para o seu entendimento; b) de outro lado, a estratégia integrada, na qual as dimensões históricas, filosóficas e culturais da ciência permeiam um currículo como um todo, sendo abordadas explicitamente, ou o próprio currículo seja organizado em bases históricas. Trata-se de uma forma mais plena de se usar a abordagem contextual, que pode ser encontrada em programas como o Projeto de Física de Harvard ou os Estudos de Casos de Harvard em Ciência Experimental. (MATTHEWS, 1994)

Há, ainda, uma posição intermediária na qual algumas porções do processo de ensino e aprendizagem são organizadas em bases históricas. (LEITE, 2002) A estratégia integrada contribui para a superação de problemas importantes encontrados nas abordagens não integradas, como: a quase-história, o presentismo ou anacronismo, o whiggismo, a redução da história das ciências à biografia de cientistas, ou o desequilíbrio entre história interna e externa (BRUSH, 2000; LEITE, 2002); ou, ainda, a virtual ausência da dimensão filosófica e a insuficiente consideração da dimensão sociológica e cultural das ciências nos currículos escolares. (HANSEN, 2002; ZIMAN, 2002)

Assim, na construção dos programas das disciplinas 'Fundamentos de Física I, II e III', eu fiz uma opção consciente por uma abordagem integrada. Os resultados desta opção, bem como o próprio programa de uma destas disciplinas e os efeitos da proposta didática como um todo desenvolvida na disciplina 'Fundamentos de Física I' estão descritos mais detalhadamente na minha dissertação de mestrado desenvolvida sob orientação do Prof. Dr. Olival Freire Júnior, no PPGFHC (UFBA/UEFS)<sup>2</sup>

## Considerações Finais

Os resultados dos estudos que conduzi tanto na minha dissertação de mestrado quanto na minha tese de doutorado apontaram vários aspectos importantes sobre essa temática. Estes resultados mostraram efeitos positivos do uso de abordagem contextual em relação à aprendizagem conceitual, embora não haja con-

---

2 Ver Teixeira,(2003) e Texeira e outros (2009).

senso quanto a isto na literatura, implicando na necessidade de maiores esforços de pesquisa sobre este tema. Também não há consenso sobre os efeitos da abordagem contextual quanto às atitudes dos estudantes em relação à ciência requisitando igualmente mais investigações. Entretanto, parece haver consenso quanto aos efeitos positivos do uso de HFC na promoção de visões mais 'amadurecidas' sobre a natureza da ciência dos alunos, embora haja algumas limitações e problemas quanto a este ponto. Logo, isto deve ser levado em consideração quando da elaboração de currículos e/ou estratégias de ensino que visem este objetivo. Também foram encontrados resultados favoráveis quanto aos efeitos do uso de abordagem contextual na promoção da habilidade de argumentação, mostrando a potencialidade deste tipo de abordagem quanto a este aspecto, a despeito da necessidade de maiores investimentos de pesquisa sobre este ponto.

Em revisões recentes da literatura sobre este tema (TEIXEIRA et al., 2012a; TEIXEIRA et al., 2012b) identificamos várias formas de implementação de história e filosofia da ciência no ensino de Física. A síntese das pesquisas mostrou que estas diferentes formas aparecem em três frentes:

- em relação aos objetivos – o uso de história e filosofia da ciência no ensino de Física pode servir para alcançar: entendimento conceitual, visões sobre a natureza da ciência, habilidade de argumentação, metacognição, atitudes em direção à ciência;
- em relação às estratégias de ensino – o uso de história e filosofia da ciência no ensino de Física pode ser feito de maneira: integrada com o conteúdo de Física, não-integrada com o conteúdo de Física, integrada com outra estratégia de ensino;
- em relação aos materiais instrucionais – o uso de história e filosofia da ciência no ensino de Física pode ser feito com auxílio de: narrativas históricas, artigos originais, biografias, réplicas de experimentos históricos, problemas historicamente contextualizados, vídeos, histórias curtas sobre a vida de cientistas.

Conforme os resultados relatados no trabalho de Teixeira e outros (2012a, 2012b), estas diferentes formas não são excludentes entre si e uma síntese como esta pode contribuir de forma significativa para auxiliar aqueles que lidam com o uso de História e Filosofia da ciência no ensino de Física, seja na prática de ensino, seja na pesquisa em ensino de Física com este tipo de abordagem.

## Referências

- ABD-EL-KHALICK, F.; LEDERMAN, N. G. The Influence of History of Science Courses on Students' Views of Nature of Science. *Journal of Research in Science Teaching*, New York: John Wiley & Sons, v. 37, n. 10, p. 1057-1095, 2000.
- BRUSH, S. Thomas Kuhn as a Historian of Science. *Science & Education*, Dordrecht, v. 9, n. 1-2, p. 39-58, 2000.
- CARVALHO, A. M. P.; VANNUCCHI, A. I. O Currículo de Física: Inovações e Tendências nos Anos Noventa. *Investigações em Ensino de Ciências*, v. 1, n. 1, p. 3-19. 1996.
- FREIRE, O.; MATOS, M.; VALLE, A. Uma Exposição Didática de como Newton Apresentou a Força Gravitacional. *Física na Escola*, v. 5, n. 1, 2004.
- HANSEN, T. B. (Ed.). Introduction. In: HANSEN, T. B. (Ed.). *The Role of Philosophy of Science and Ethics in University Science Education*. Göteborg: NSU Press, 2002. p. 17-22.
- HOLTON, G.; RUTHERFORD, F.; WATSON, F. *The Project Physics Course*. New York: Holt, Rinehart and Winston. Tradução portuguesa [das quatro unidades iniciais] pela Fundação Calouste Gulbenkian, Lisboa, 1978.
- KUHN, T. S. *The Copernican Revolution*. Cambridge: Massachussets, 1957.
- KUHN, T. S. *A Revolução Copernicana, a Astronomia Planetária no Desenvolvimento do Pensamento Ocidental*. Lisboa: Edições 70, 1990.
- LEITE, L. History of Science in Science Education: Development and Validation of a Checklist for Analysing the Historical Content of Science Textbooks. *Science & Education*, Dordrecht, v. 11, n. 4, p. 333-359, 2002.
- MATTHEWS, M. *Science teaching: the role of history and philosophy of science*. New York; London, Routledge, 1994.
- RUTHERFORD, F. J.; AHLGREN, A. *Ciência para todos*. Lisboa: Gradiva, 1995.
- TENFEN, N. D. *Mapas Conceituais como Ferramentas para a Organização do Conhecimento em uma Disciplina sobre a História da Física*. 2011. 165 p. Dissertação (Mestrado em Educação Científica e Tecnológica) – Programa de Pós-Graduação em Educação Científica e Tecnológica, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2011.
- TEIXEIRA, E. S.; GRECA, I. M.; FREIRE, O. Uma Revisão Sistemática das Pesquisas Publicadas no Brasil sobre o Uso Didático de História e Filosofia da Ciência no Ensino de Física. In: PEDUZZI, L. O. Q.; MARTINS, A. F. P.; HIDALGO, J. M. (Org.) *Temas de História e Filosofia da Ciência no Ensino*. Natal: EDUFRRN, 2012a.
- TEIXEIRA, E. S.; GRECA, I. M.; FREIRE, O. The History and Philosophy of Science in Physics Teaching: a research synthesis of didactic interventions. *Science and Education*, v. 21, n. 6, p. 771-796, 2012b.

ZIMAN, J. Getting scientists to think about what they are doing. In: HANSEN, T. B. (Ed.). *The Role of Philosophy of Science and Ethics in University Science Education*. Göteborg: NSU Press. 2002.

# Contribuições do cálculo relacional para a resolução de questões em soluções químicas no Ensino Médio

*José Vieira do Nascimento Júnior*

*Rosemeire de Fátima Batistela*

*Eliene Barbosa Lima*

*Luíz Márcio Santos Farias*

## Introdução

Este capítulo apresenta resultados de uma investigação em Didática da Matemática para auxiliar na resolução de problemas que envolvem cálculos com grandezas intensivas (relações de massa/volume, mol/volume etc.) que representam formas de concentração das soluções químicas. Foram avaliados 61 alunos de uma escola pública do Ensino Médio de Salvador, Bahia. Os problemas foram propostos em ordem crescente de complexidade; o desempenho dos alunos na sua resolução revelou altos e baixos; grande parte deles tentou usar estruturas aditivas para resolver questões que envolvem relações inversas entre grandezas intensivas, o que revela falta de domínio da lógica do raciocínio multiplicativo. Por outro lado, os erros cometidos sugerem que caminhos matematicamente equivalentes, como a análise dimensional e representações gráficas de funções lineares, devam ser adotados por professores de Ciências Naturais e Matemática, na resolução de problemas envolvendo o pensar relativo.

A aprendizagem de conhecimentos químicos que necessitem de pré-requisitos da Matemática, como as soluções químicas, não se constitui apenas na construção de conceitos, mas envolve, pelo menos três tipologias de aprendizagens distintas e suas interfaces: as aprendizagens conceitual, de estratégias [resolver, demonstrar, interpretar,...] e algorítmica [calcular, operar,...]. Dessa forma, essas três aprendiza-

gens estão interligadas e o domínio das operações algorítmicas já consolidadas na formação inicial do aluno deve dar lugar a novas formas de calcular e operar para permitir um domínio matemático progressivo, necessário à formulação de estratégias para resolver os problemas essenciais à formação de conceitos nas Ciências da Natureza. (D'AMORE, 2005)

O cálculo de grandezas intensivas é essencialmente um processo algorítmico que envolve estruturas aditivas e, principalmente, multiplicativas entre grandezas que estabelecem relações inversas, por exemplo, ao longo de um processo físico-químico como o de dissolução de um soluto em um solvente, uma vez que à medida que se acrescenta solvente a uma solução concentrada o volume desta solução aumenta enquanto sua concentração diminui.

Segundo a teoria dos campos conceituais de Vergnaud (2003), a superação das dificuldades de lidar com as estruturas do raciocínio multiplicativo pelos estudantes e a sua compreensão é uma das condições necessárias ao domínio progressivo de campos conceituais da Matemática e das Ciências da Natureza. (MOREIRA, 2002) Nesse sentido, o domínio de situações que constituem um campo conceitual de estruturas multiplicativas é necessário para tornar inteligível a interpretação da realidade. Em tais situações, se requer a compreensão de conceitos como os de função linear, análise dimensional, fração, razão, número racional, multiplicação e divisão, integrantes do cálculo relacional.

No entanto, ensinar conceitos em soluções químicas no Ensino Médio, vinculados ao domínio do cálculo relacional, não tem se mostrado uma prática pedagógica muito efetiva e o que se percebe é que o aluno encontra muitas dificuldades em operacionalizar e formalizar questões que envolvem o pensar relativo, particularmente nas relações inversas. (NUNES, 2009)

Dificuldades na construção de relações mais complexas entre grandezas requer, pelo menos, o domínio da noção de números relativos, ou seja, o aluno deve desenvolver algumas habilidades como manipular os números racionais e ter uma compreensão do conceito de fração já incorporado. Esses requisitos, segundo alguns estudiosos (SOUZA, 2004; NUNES, 2009) constitui-se, hoje, numa lacuna entre os alunos do Ensino Médio. Segundo esses autores, os alunos até usam termos fracionais corretamente, resolvem alguns problemas a partir do significado da relação parte-todo, entretanto, demonstram dificuldades de trabalhar com quociente e operador multiplicativo, especialmente quando as grandezas envolvidas num dado processo se relacionam de forma inversa. Isso evidencia que é necessário dar significação à representação do que seja um número racional.



Considerando o currículo de Química do Ensino Médio, o entendimento da lógica que envolve as relações entre as quantidades extensivas (relação parte-todo, no raciocínio aditivo) e intensivas (relação entre duas quantidades, no raciocínio multiplicativo) é importante, pois tópicos como termodinâmica, eletroquímica e soluções químicas poderiam atingir um melhor nível de entendimento, sendo retomados pelo aluno em níveis diferentes em suas estruturas conceituais. Por exemplo, isso poderia levar o aluno a compreender o conceito de dissolução em termos de interações entre partículas soluto/solvente, o que exigirá do aluno a reorganização de suas concepções de um nível de abstração menos complexo a níveis mais complexos de sua cognição. (CARMO, 2008)

Estudos, no uso da lógica numérica com crianças de até sete anos, no Ensino Fundamental (NUNES, 2009) revelam um baixo nível de acertos em questões que envolvem o pensar relativo. Isso tem sido demonstrado também com alunos do Ensino Médio. (NASCIMENTO JUNIOR, 2013; VERGNAUD, 2009) Esses resultados sugerem a importância de nós educadores científicos trabalharmos em sala de aula a compreensão das quantidades intensivas e a capacidade de pensar “relativamente”.

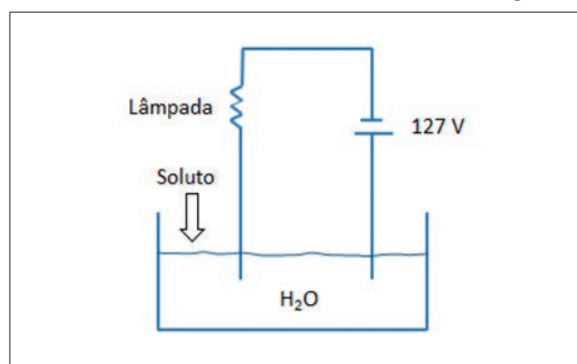
Refletindo sobre esses resultados, aliado à nossa experiência pedagógica, consideramos os princípios básicos do cálculo relacional como um fator importante que pode contribuir para a compreensão do processo de dissolução de um soluto em um solvente ou de diluição de uma solução concentrada em uma solução química diluída. Neste estudo, a partir dessas considerações, estruturou-se uma situação de ensino que pudesse inserir nesse aluno a capacidade de estabelecer uma lógica de pensar relativamente necessária à interpretação desses processos físico-químicos das soluções.

## Metodologia

Participaram deste estudo 61 alunos com idades entre 15-18 anos de uma escola da rede pública do segundo ano do Ensino Médio em Salvador, Bahia, os quais não haviam estudado o tema soluções químicas. O período foi de seis horas/aula em três semanas, totalizando 300 minutos entre os meses de outubro e novembro de 2011. Os dados foram coletados entre os dias 9 e 11/11/2011. A etapa inicial da pesquisa consistiu de uma sondagem para verificar o nível de entendimento desses alunos quanto a uma grandeza intensiva e perceber suas habilidades cognitivas de elaboração de estratégias de resolução de problemas e de construir algoritmos necessários à formulação da resposta em 50 minutos. As dificuldades encontra-

das pelos alunos nos orientaram na elaboração de situações-problema de ensino, aplicadas ao longo das cinco aulas restantes, de 50 minutos cada, (total de 250 minutos). As aulas teóricas foram concebidas tendo em vista uma abordagem de ensino-aprendizagem problematizadora (FERREIRA et al., 2010; FRANCISCO JUNIOR et al., 2008), auxiliada pelos livros didáticos disponíveis. Nessas aulas foram explorados aspectos quantitativos das soluções (matematização: cálculos de concentrações em diversas unidades, construção de tabelas e gráficos). Nas primeiras aulas, foram apresentadas aos alunos uma solução para o primeiro exemplo através de “regra-de-três” e, em seguida, o professor resolveu a questão usando análise dimensional. Esses dois procedimentos de cálculo foram aplicados a diversos exemplos para calcular quantidade de matéria (número de mol) a partir de uma determinada massa, converter unidades de volume e de massa (em seus múltiplos e submúltiplos do Sistema Internacional de Unidades). Além disso, um experimento demonstrativo foi realizado, no qual uma solução obtida a partir de soro fisiológico, adquirido comercialmente e diluída com  $H_2O$  pura, a partir de uma concentração de 0,9% de NaCl (0,9 g do sal/100 mL de solução); enquanto ocorria a diluição, o brilho de uma lâmpada acoplada a um circuito elétrico no qual a solução fazia parte, variava, de acordo com a Figura 1. O objetivo desse experimento foi o aluno estabelecer nexos entre a realidade fenomenológico-experimental e as relações multiplicativas entre as grandezas envolvidas no fenômeno: volume, concentração, brilho da lâmpada etc.

Figura 1 - Esquema do circuito elétrico para detectar a passagem de corrente elétrica numa solução eletrolítica (soro fisiológico).



Após quase um mês de mediação didática, foi aferido o quanto houve de progresso nas habilidades de formular respostas e calcular usando números racionais,

números pequenos e grandezas intensivas, através da aplicação de mais duas questões: segundo e terceiro exemplos.

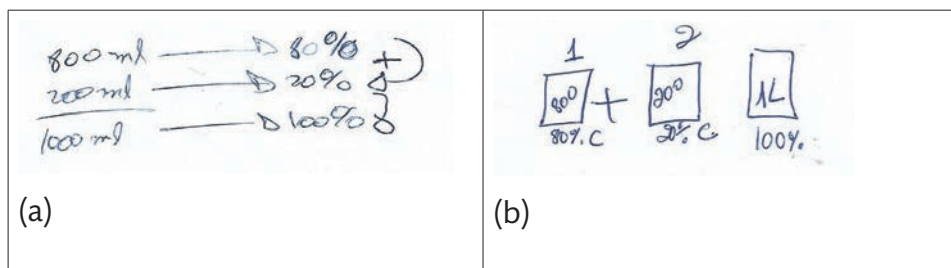
## Resultados e discussão

A questão de menor complexidade de cálculo, o primeiro exemplo, foi:

Temos 800 mL de suco de laranja com 80% de suco concentrado numa vasilha, e 200 mL numa outra vasilha com 20% de suco concentrado. Se juntarmos os conteúdos das duas vasilhas, qual será a concentração ou teor de néctar na mistura final?

Na Figura 2 estão representadas duas respostas dos alunos, coletadas de forma aleatória, para a resolução do primeiro exemplo, envolvendo raciocínio aditivo e relacional multiplicativo.

Figura 2 - Representações esquemáticas de respostas do primeiro exemplo. Em (a): esquema sagital entre elementos dos dois conjuntos sob a forma de correspondência, e, em (b): representação com formas geométricas indicando a soma de quantidades intensivas



As dificuldades encontradas na tentativa de encontrar a solução, que estão explícitas nas Figuras 2(a) e 2(b), são representativas de grande parte das respostas dos alunos, e refletiu-se no baixo percentual de acertos, 26,2%. O que há de comum nas duas respostas é que os alunos possuem algum domínio das formas de representação simbólica dos elementos formadores do problema, o que pode favorecer aspectos cognitivos do processo. (DIAS, 2010; HAUSER, 2013) Pela Figura 2(a) houve uma tentativa de formular um esquema em representação sagital, com setas indicando a transformação de uma categoria (volume de solução) à outra (grau de pureza do suco (porcentagem de néctar). Na Figura 2(b) o esquema formulado foi em forma de retângulos. Em ambas as representações a soma das

quantidades extensivas ou volumes totais de solução está correta (200 mL + 800 mL = 1.000 ml), porém, a tentativa de obter a resposta através de soma das duas quantidades intensivas não foi bem sucedida, pois (80% + 20% 100%) se as totalidades ou unidades são de tamanhos diferentes, isto é, 200 mL 800 mL pois quantidades intensivas independem do tamanho do sistema.

Dentre as dificuldades reveladas pelo baixo *score* de acertos citam-se aquelas associadas ao pouco entendimento do significado da noção de número fracionário, de relação e de proporção, o que evidencia que estas noções ainda não estão devidamente consolidadas. (SOUZA, 2004; NUNES et al., 2005) Isso foi evidenciado através da tentativa dos alunos de somar quantidades intensivas de diferentes sistemas. A superação dessas dificuldades possibilitaria o emprego de análise dimensional para a transformação de uma categoria à outra, mas, segundo Vergnaud (2003), essas dificuldades estão compatíveis com a faixa etária dos 15-18 anos.

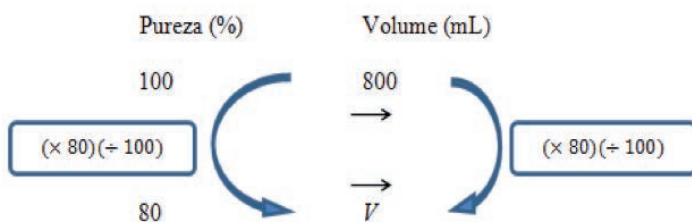
Apesar desse exemplo também ser do tipo aditivo, ele pode ser classificado como um problema aritmético complexo, pois envolve relações quaternárias entre quantidades intensivas, portanto, sendo também um problema do tipo multiplicativo. Sua solução, entretanto, pode ser obtida de diferentes maneiras.

Dentre as várias formas de representação e caminhos, sugerimos, por simplicidade, pelas análises vertical (escalar entre valores da mesma categoria) e horizontal (função entre categorias diferentes na mesma linha) via representação numérica que seguem no Esquema 1.

### **Análise vertical**

A análise vertical por um escalar deve ser iniciada pelo exame do conjunto de relações envolvidas nesse exemplo. Assim, verificam-se as transformações do tipo (grau de pureza  $\rightleftharpoons$  volume) e passagem de uma linha à outra na mesma categoria, por exemplo, (volume 1  $\rightleftharpoons$  volume 2). Além disso, as transformações em questão envolvem noções de fração, relação e proporção, por meio de transformações isomórficas que permitem passar de uma categoria de medidas à outra através de operações inversas como mostra o Esquema 1 para o 800 mL de suco com 640 mL em néctar.

Esquema 1 - Relação quaternária entre pureza e volume de solução de uma solução de néctar de suco



Pela análise vertical é possível passar de uma linha à outra na mesma categoria pelo uso de um operador escalar adimensional  $\boxed{\times 80 \div 100}$ , resultado da aplicação de dois operadores  $\boxed{\times 80}$   $\boxed{\div 100}$ , que possibilita passar de uma pureza de 100% a 80%. O mesmo operador fracionário permite também passar do volume de 800 mL (suco com pureza de 100%) ao volume mL, correspondente à pureza de 80%.

A relação-operador  $\boxed{\times 80 \div 100}$  pode também ser representada através da multiplicação pela relação  $\frac{\text{ponto de chegada}}{\text{ponto de partida}} = \frac{80\%}{100\%}$  o que leva a uma relação diretamente proporcional:

$$\frac{80\%}{100\%} = \frac{V \text{ mL}}{800 \text{ mL}}$$

A dificuldade de compreensão pela maioria dos alunos da noção de relação, de relação-operador e de proporção, portanto, deve levar o professor a introduzir as situações com cautela, fazendo a aplicação das noções desses conceitos de forma mais simples possível, sem queimar etapas e com o máximo de clareza. (VERGNAUD, 2009)

A análise vertical acima exposta não esgota a questão do isomorfismo de medidas, visto que faz-se necessário completá-la por uma análise da noção de função linear: a análise horizontal.

### Análise horizontal

A análise horizontal ou funcional aplicada a esse exemplo é centrada na noção de operador-função  $f$  que permite passar de uma categoria à outra, isto é, de volume a grau de pureza em porcentagem. Esse operador-função resume-se à

multiplicação pela relação ponto de partida/ponto de chegada entre valores correspondentes às respectivas categorias.

$$\frac{\text{ponto de chegada}}{\text{ponto de partida}} = \frac{800 \text{ mL}}{100\%}$$

O Esquema 2 ilustra melhor o primeiro exemplo:

Esquema 2 - Uso do operador função para encontra a resposta

Pureza (%)	Volume (mL)
100	800
80	800

$f = \boxed{\times 80 \div 100}$   
 $\Rightarrow 100\% \left( \times \frac{800 \text{ mL}}{100\%} \right) = 800 \text{ mL}$

Assim, ao aplicar o operador  $f$  a 80% de pureza encontra-se o volume de néctar contido em 800 mL de suco.

$$V = 80\% \times \frac{800}{100} \cdot \frac{\text{mL}}{\%} = 640 \text{ mL}$$

As questões aplicadas, exemplos 2 e 3, foram, respectivamente:

Transforme a concentração de 0,90% de soro fisiológico (0,90 g de NaCl por 100 mL de solução) em concentração molar ( $\text{mol L}^{-1}$ ).

Calcule as concentrações molares das soluções obtidas por sucessivas diluições com  $\text{H}_2\text{O}$ , a partir de 10 mL da solução aquosa original, com concentração de  $0,15 \text{ mol L}^{-1}$  ou 0,90% de NaCl. Os volumes finais das soluções diluídas foram 100, 200, 300, 400 e 500 mL.

Apenas 8,2% dos 61 alunos obtiveram êxito na solução desse exemplo. Isso mostra que prevaleceram as dificuldades inerentes ao cálculo relacional, falta de domínio das operações envolvendo os números empregados (inteiros, decimais, números inferiores a 1) e das relações entre as dimensões envolvidas nesse exem-

plo. A transformação que segue, por análise dimensional, demonstra a forma mais sucinta de obter a resposta.

Apesar da aparente simplicidade desse caminho, a grande maioria dos alunos apresentaram, de um modo geral, grandes resistências para adotá-lo na resolução dos problemas. É provável que por trás desta simplicidade, o fato da transformação de uma categoria à outra em que suas quantidades são menores que 1, tenha contribuído para o insucesso nas resoluções.

Além disso, esse exemplo também expôs as dificuldades ao lidar com relações entre uma unidade de medidas e seu submúltiplo dentro da mesma dimensão (volume). O nível de complexidade foi equivalente ao do exemplo nº 1, porém, com a diferença de que estão ausentes operações aditivas. Além disso, dessa vez, o número de categorias envolvidas no jogo relacional foi maior (massa, número de mol e volume).

Além dos desafios impostos pelo segundo exemplo, neste caso foi dada ênfase ao jogo relacional entre grandezas que se relacionam inversamente como volume de solução e concentração e ao fato de que uma quantidade intensiva como concentração independe do tamanho da amostra. Portanto, a dificuldade de pensar relativo na forma inversa foi um dos fatores que influenciaram negativamente no rendimento dos alunos.

Dessa forma, apenas 41,5% dos alunos obtiveram êxito na solução do terceiro exemplo. Apesar disso, houve uma discreta melhora que pode ser atribuída à utilização por parte dos alunos, da fórmula da lei da diluição ( $C_i V_i = C_f V_f$ ), em que  $C$  = concentração,  $V$  = volume,  $i$  = inicial, e  $f$  = final, a qual permitiu calcular de forma direta a concentração de uma solução a partir dos volumes inicial e final, e da concentração inicial da solução. Isso evidencia que a construção do conhecimento deles está melhor adaptada a formas singulares de solução de problemas, sem atentar para a significação das fórmulas. Nesse estilo de resolução, utiliza-se apenas a simples memorização e, por isso, quando se precisa aplicar o conhecimento em problemas ou situações novas surge a dificuldade. (NOVAK, 2010) Para expressar o número de mol de NaCl por litro de solução, contido em uma alíquota de 10 mL de solução aquosa a 0,90%,  $C_{10\text{mL}}$  utiliza-se um método que simplifique a complexidade decorrente da aplicação de sucessivas operações multiplicativas (neste caso são três) envolvendo quatro unidades de medidas diferentes (g, mol, mL e L). A análise dimensional se enquadra nesse requisito de simplificação como segue:

$$C_{10\text{mL}} = \frac{0,90\text{ g} \times (1\text{ mol}/58,44\text{g})}{100\text{ mL} \times (1\text{ L}/1000\text{ mL})} = \frac{0,015\text{ mol}}{0,1\text{ L}} = 0,15\text{ mol L}^{-1}$$

Outros métodos matematicamente equivalentes podem ser utilizados a exemplo da aplicação de três relações quaternárias interligadas, porém, o que se verificou foi uma dificuldade de relacionar as dimensões por grande parte dos alunos, o que também pode ter resultado no baixo percentual de acertos da questão.

Alternativamente, sabe-se que o número de mol de NaCl em 10 mL de solução 0,15 mol L<sup>-1</sup> é, que representa 1 décimo da quantidade molar contido em 100 mL da mesma solução, ou seja, . Porém há outra alternativa para se chegar a esse resultado, a partir da relação a seguir:

$$n_{10\text{mL}} = C \times V$$

em que  $C$  é a concentração em número de mol por litro e  $V$  é o volume da solução, em litros

$$n_{10\text{ mL}} = C_{\text{NaCl}} \times V = 0,15 \frac{\text{mol}}{\text{L}} \times 10 \text{ mL} \left( \frac{1 \text{ L}}{1000 \text{ mL}} \right) = 0,0015 \text{ mol}$$

Em seguida, é possível estabelecer a relação entre o número de mol e o volume de cada solução, ou seja,

$$C_{100\text{ mL}} = 0,0015 \text{ mol} \div 100 \text{ mL} \times (1 \text{ L}/1000 \text{ mL}) = 0,015 \text{ mol L}^{-1}$$

$$C_{200\text{ mL}} = 0,0015 \text{ mol} \div 200 \text{ mL} \times (1 \text{ L}/1000 \text{ mL}) = 0,0075 \text{ mol L}^{-1}$$

Outra forma de solucionar essa questão seria aplicar a lei da diluição,  $C_1 V_1 = C_2 V_2$ , que nada mais é do que a aplicação de uma regra de três inversa, pois a concentração molar de uma solução diminui com o aumento do seu volume se o número de mol do soluto não variar.

Assim, a concentração da solução mais diluída,  $C_2$ , será dada por

$$C_2 = C_1 \times (V_1 \div V_2)$$

Em que o operador-escalar adimensional  $\times (V_1 \div V_2)$  é o chamado fator de diluição e expressa a razão entre o volume da solução mais concentrada e o volume da solução mais diluída.



Dessa forma, a concentração da nova solução, avolumada para 100 mL, a partir da diluição de 10 mL de solução  $0,15 \text{ mol L}^{-1}$ , será igual à aplicação sucessiva de dois operadores multiplicativos,  $\times V_1 \div V_2$  ou  $\div V_2 \times V_1$ , à concentração da solução inicial. Logo

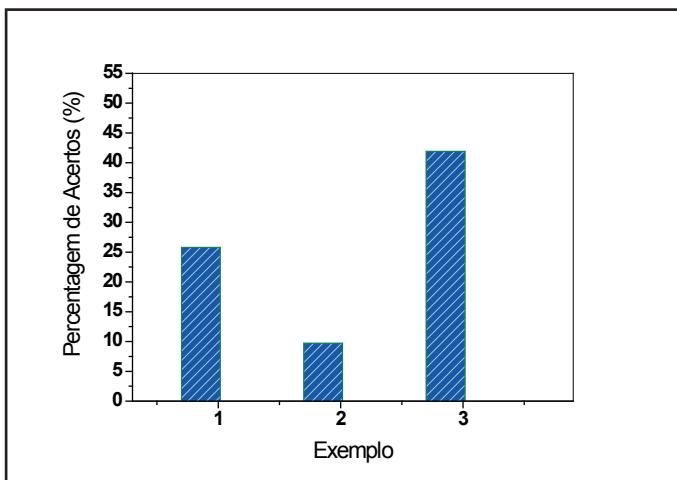
$$C_{100 \text{ mL}} = C_{10 \text{ mL}} \frac{\times 10 \text{ mL}}{\div 100 \text{ mL}} = 0,15 \text{ mol L}^{-1} \times (1/10) = 0,015 \text{ mol L}^{-1}$$

$$C_{200 \text{ mL}} = C_{100 \text{ mL}} \frac{\times 100 \text{ mL}}{\div 200 \text{ mL}} = 0,015 \text{ mol L}^{-1} \times (1/2) = 0,0075 \text{ mol L}^{-1}$$

Em vista desses resultados ficou evidenciado que, em termos comparativos, as dificuldades mais evidentes encontradas pelos alunos no desenvolvimento de uma linha de raciocínio para encontrar a solução adequada aos problemas propostos estão expostas na Figura 3. Nessa figura, estão listadas as percentagens de acerto nos exemplos listados na horizontal. O que se pretendeu avaliar nos respectivos exemplos está enumerados a seguir:

- Exemplo 1: avaliar conduta aditiva envolvendo quantidades intensivas de amostras diferentes;
- Exemplo 2: avaliar as dificuldades inerentes ao cálculo relacional numérico e dimensional com números em diversas formas, inclusive números  $< 1$ ;
- Exemplo 3: avaliar a capacidade de pensar relativo na forma inversa envolvendo números decimais  $< 1$ ;

Figura 3 - Percentuais de acertos (%) nas três questões de cálculo relacional



Um exame, na Figura 3, mostrou que o desempenho dos estudantes nos aspectos quantitativos das soluções químicas quando se exigia conduta aditiva envolvendo quantidades intensivas como concentração em amostras diferentes (primeiro exemplo) não foi satisfatório. Isso corrobora relatos de estudiosos quanto às dificuldades de lidar com aspectos quantitativos, ligados aos processos químicos. (OLAWANTO, 2011) Outros autores (NUNES, 2009; SOUZA, 2004, p. 1) também relatam essas dificuldades:

a aplicação do conceito de número racional para a solução de novas situações problemas não é simples, apesar de os alunos até possuírem certas habilidades em manipular com essa categoria de números.

Esse baixo desempenho geral dos alunos mostra que as estruturas de raciocínio aditivas e multiplicativas não estão atuando de forma harmônica para solucionar os problemas propostos. Isso revela também que o tempo de maturação das noções do cálculo relacional foi insuficiente e está de acordo com o que prevê Vergnaud (2003, p. 58): “[...] a maturação das idéias novas passa por avanços e retrocessos, rupturas e retomadas ao longo do tempo”.

Por outro lado, a discreta melhora no score do terceiro exemplo, que envolve grandezas que se relacionam de forma inversa, pode ser atribuída ao uso de uma fórmula pronta, a lei da diluição, eles tentaram chegar à solução do problema, mas não mostraram caminhos alternativos para tal. Assim, ficou caracterizado um viés favorável à aprendizagem por memorização, o que se contrapõe aos princípios da aprendizagem significativa para solucionar novas situações problema. (NOVAK, 2010)

## Considerações finais

Os resultados obtidos nesta pesquisa indicam que é importante analisar os caminhos e as relações envolvidas nas etapas seguidas como estratégia para a resolução de problemas potencialmente complexos. No entanto, deve ficar claro para os alunos que a solução dos problemas não deve seguir um único caminho, mesmo que ele seja arbitrário, pois assim a solução torna-se destituída de sentido e pouco significativa.

Outros caminhos e formas de representação dos elementos constituintes dos problemas devem ser seguidos no intuito de reforçar a multiplicidade de soluções que envolve o jogo relacional. Assim, a análise de um problema pode ser feita atra-

vés de função linear – o que permite passar de uma categoria à outra, o emprego de tabelas, gráficos, quadros e outras representações simbólicas.

Comprovou-se neste estudo, a importância da noção de cálculo relacional para a resolução de problemas pertencentes ao domínio numérico e dimensional em ciências como Química, Matemática e Física tendo em vista que os fenômenos naturais se apresentam de forma interdisciplinar. (MOREIRA, 2002)

Esta investigação também serviu para termos uma noção de como pensam os alunos, através dos tipos de erros cometidos na tentativa de encontrar a solução aceita para as questões. Além disso, pode inspirar os professores a induzirem os alunos a distinguir diferentes classes de problemas, reconhecer sua estrutura e encontrar o procedimento mais adequado, que leve à sua solução.

Além disso, como proposta, os professores poderiam inserir os princípios do cálculo relacional aos alunos através da metodologia do erro, apresentando aos mesmos problemas com soluções não aceitáveis, para que eles descubram o erro e proponham a solução correta. As tentativas de solução mal-sucedidas poderiam assim servir de material de análise na turma como forma de intervenção didática.

Professores da área de Ciências da Natureza e Matemática poderiam interagir para ensinar conceitos matemáticos, relacionados com conceitos dessas Ciências, o que deve proporcionar maior segurança aos estudantes na solução de problemas que envolvam cálculo relacional. A prática de resolução de questões numéricas também deve ser encorajada para habilitar os alunos a manipularem os números com mais facilidade.

## Referências

CARMO, M. P.; MARCONDES, M. E. R.. Abordando soluções em sala de aula: uma experiência de ensino a partir das idéias dos alunos. *Química Nova na Escola*, São Paulo, n. 28, p. 37-41, maio 2008.

D'AMORE, B. *Epistemologia e Didática da Matemática*. São Paulo: Editora: Escrituras, 2005. (Coleção Ensaios Transversais, Câmara Brasileira do Livro, v. 31).

DIAS, F. O desenvolvimento cognitivo no processo de aquisição de linguagem. *Letrônica*, São Paulo, v. 3, n. 2, p. 107-119, dez. 2010.

FERREIRA, L. H.; HARTWIG, D. R.; OLIVEIRA, R.C. Ensino Experimental de Química: Uma abordagem investigativa contextualizada. *Química Nova na Escola*, São Paulo, v. 32, n. 2, p. 101-105, maio 2010.

FRANCISCO JUNIOR, W. E.; FERREIRA, L. H.; HARTWIG, D. R. Experimentação problematizadora: fundamentos teóricos e práticos para a aplicação em salas de aula de ciências. *Química Nova na Escola*, n. 30, São Paulo, p. 34-41, nov. 2008

HAUSER, M. A origem da mente. *Scientific American Brasil*, São Paulo, v. 2, n. 53, p. 78/79, jun./jul. 2013. Edição Especial, Antropologia,

MOREIRA, M. A. A teoria dos campos conceituais de Vergnaud. O ensino de ciências e a pesquisa nesta área. *Investigações em Ensino de Ciências*, Porto Alegre, v. 7, n. 1, p. 7-29, jan. 2002,

NASCIMENTO JUNIOR, J. V. Et al. Aprendizagem significativa em soluções químicas. In: SIMPÓSIO BAIANO DE LICENCIATURAS, 3., Cruz das Almas, Ba. *Anais...* Cruz das Almas, Ba, 2013.

NOVAK, J. D. Learning, Creating, and Using Knowledge: Concept maps as facilitative tools in schools and corporations. *Journal of e-Learning and Knowledge Society*, Reggio Emilia, Italy, v. 6, n. 3, p. 21-30, set. 2010.

NUNES, T. et al. *Educação Matemática: Números e operações numéricas*. São Paulo: Cortez Editora, 2009. p. 148-149. (Cap 4, 6).

NUNES, T. et al. The equivalence and ordering of fractions in part whole and quotient situations. In: CONFERENCE OF THE INTERNATIONAL GROUP FOR THE PSYCHOLOGY OF MATHEMATICS EDUCATION, 29., 2005. Melbourne. *Proceedings...* Melbourne, 2005. p. 281-288. (v. 3).

OLUWATAYO, J. A. Effect of pre-exposure of students to basic mathematical concepts on their performance in quantitative aspects of chemical reactions. *European Journal of Educational Studies*, Turquia, v. 3, n. 3, p. 521-528, out. 2011.

SOUZA, V. L M de. Fração e seus diferentes significados. In: ENCONTRO PAULISTA DE EDUCAÇÃO MATEMÁTICA, SBEM. 7., 2004. São Paulo. *Anais...* São Paulo, 2004. p. 1-9.

VERGNAUD, G. *A criança, a matemática e a realidade: problemas do ensino da matemática na escola elementar*. Tradução Maria Lúcia F. Moro. Paraná: Editora UFPR, 2009. 322p.

VERGNAUD, G.; PLAISANCE, É. *As ciencias da educação*. Tradução Nadyr S. Penteado e Odília A. Queiroz. São Paulo: Edições Loyola, 2003. 146 p.



COLOFÃO

Formato	<i>17 x 24 cm</i>
Tipologia	<i>Mundo Sans Std</i>
Papel	<i>Alcalino 75 g/m<sup>2</sup> (miolo) Cartão Supremo 300 g/m<sup>2</sup> (capa)</i>
Impressão	<i>EDUFBA</i>
Capa e Acabamento	<i>Egba</i>
Tiragem	<i>300</i>



A Coleção Ensino, Filosofia e História das Ciências foi idealizada a partir das discussões surgidas nos estudos sobre a Didática das Ciências, no Programa de Pós-Graduação em Ensino, Filosofia e História das Ciências–UFBA/UEFS. Com o objetivo de ampliar tais discussões, as produções apresentadas visam, sobretudo, provocar e confeccionar proposições sobre o ensino e a aprendizagem das Ciências e da Matemática a fim de compartilhar, socializar e difundir as singularidades das pesquisas realizadas e suas potencialidades articuladores com a cultura. São discussões de experiências vivenciadas e relatadas por pesquisadores nacionais e internacionais, especialmente no contexto da prática de professores que poderão se tornar úteis a estudiosos e interessados na área.

