

COMO ENSINAR AS CIÊNCIAS EXPERIMENTAIS?

Didática e Formação

Georges Soussan

Brasília, dezembro de 2003

©UNESCO 2003 – Escritório da UNESCO no Brasil

Título original: *Enseigner les Sciences Experimentales: didactique et formation*, Santiago – OREALC, 2003.

Natural Sciences Sector

Division of Science Analysis and Policies – UNESCO/Paris

O autor é responsável pela escolha e apresentação dos fatos contidos neste livro, bem como pelas opiniões nele expressas, que não são, necessariamente, as da UNESCO, nem comprometem a Organização. As indicações de nomes e a apresentação do material ao longo deste livro não implicam a manifestação de qualquer opinião, por parte da UNESCO, a respeito da condição jurídica de qualquer país, território, cidade, região ou de suas autoridades, nem tampouco a delimitação de suas fronteiras ou limites.

COMO ENSINAR AS CIÊNCIAS EXPERIMENTAIS?

Didática e Formação

Georges Soussan



OREALC

Edições UNESCO **BRASIL**

Conselho Editorial da UNESCO no Brasil

Jorge Werthein
Cecilia Braslavsky
Juan Carlos Tedesco
Adama Ouane
Célio da Cunha

Comitê para a Área de Ciência e Meio Ambiente

Celso Schenkel
Bernardo Brummer
Ary Mergulhão

Tradução: Guilherme Freitas

Revisão e Diagramação: Eduardo Perácio (DPE Studio)

Assistente Editorial: Rachel Gontijo de Araújo

Projeto Gráfico e Capa: Edson Fogaça

© UNESCO, 2003

Soussan, Georges

Como ensinar as ciências experimentais? Didática e formação /
Georges Soussan. – Brasília : UNESCO, OREALC, 2003.

164p.

Título original: Enseigner les Sciences Experimentales: didactique
et formation, Santiago – OREALC, 2003.

1. Ensino de Ciências – Método Experimental 2. Capacitação de
Pessoal Docente – Ensino de Ciências 3. Experimento (em classe) –
Ensino de Ciências 4. Método de Ensino – Ciências I. Oficina Regional
de Educação da UNESCO para a América Latina e Caribe II. OREALC
III. UNESCO IV. Título

ISBN: 85-87853-90-2

CDD 372.35



Organização das Nações Unidas para a Educação, a Ciência e a Cultura
Representação no Brasil

SAS, Quadra 5, Bloco H, Lote 6, Ed. CNPq/IBICT/UNESCO, 9º andar.

70070-914 – Brasília – DF – Brasil

Tel.: (55 61) 321-3525

Fax: (55 61) 322-4261

E-mail: UHBRZ@unesco.org.br

SUMÁRIO

PREFÁCIO.....	09
APRESENTAÇÃO.....	11
ABSTRACT.....	15
INTRODUÇÃO.....	17
I. AS ETAPAS DA FORMAÇÃO DE PROFESSORES.....	25
1ª ETAPA: QUESTIONAMENTO.....	25
1. CONSIDERAÇÕES SOBRE O COTIDIANO DA VIDA PROFISSIONAL.....	25
1.1. Problemas em relação com os alunos.....	26
1.2. Problemas em relação com a disciplina.....	27
1.3. Problemas relativos, de forma mais específica, ao professor.....	28
2. EVOLUÇÃO DAS PROBLEMÁTICAS RELATIVAS À FORMAÇÃO DOS PROFESSORES DE CIÊNCIAS EXPERIMENTAIS.....	29
2ª ETAPA: ANÁLISE.....	31
1. CONSIDERAÇÕES SOBRE O ALUNO EM SITUAÇÃO DE APRENDIZAGEM.....	32
2. O PROFESSOR COMO PARCEIRO DO ALUNO NA CONSTRUÇÃO DE SEU SABER.....	35
3. PROBLEMÁTICAS RELATIVAS À FORMAÇÃO.....	37
II. OS FUNDAMENTOS TEÓRICOS PARA A ELABORAÇÃO DE UMA DIDÁTICA.....	39
1. O QUE SIGNIFICA ENSINAR?.....	39
1.1. Hipóteses relativas à construção do saber e às condições favoráveis a tal construção.....	40
1.2. Multiplicidade dos atos e espaços de aprendizagem.....	47
2. DEFINIÇÃO DO CAMPO DA DIDÁTICA: ESTUDO SISTÊMICO.....	48
3. QUADRO TEÓRICO PARA DEFINIR OS CONTEÚDOS E MÉTODOS DO ENSINO CIENTÍFICO, DESTINADO A CRIANÇAS DA FAIXA ETÁRIA DE 11 A 14 ANOS.....	51
3.1. A psicologia da criança.....	52
3.2. A epistemologia das ciências.....	54
3.3. O procedimento científico.....	54

3.4. O procedimento Análise-Síntese.....	55
3.5. A teoria das aprendizagens.....	55
4. OS CONTEÚDOS. GENERALIDADES.....	55
III. OS FUNDAMENTOS DA AÇÃO DIDÁTICA.....	57
1. OS OBJETIVOS.....	57
1.1. Os objetivos gerais.....	58
1.2. Os objetivos concretos ou objetivos da aprendizagem.....	58
1.3. Os objetivos didáticos.....	58
2. ELABORAÇÃO DE UMA DIDÁTICA.....	59
2.1. Elementos para a elaboração de uma didática.....	59
2.2. Explicitação dos objetivos específicos da didática.....	59
2.3. Operacionalização desses objetivos.....	61
3. A AÇÃO DIDÁTICA.....	61
3.1. As diferentes etapas da ação didática.....	63
3.2. As práticas didáticas.....	63
IV. AS REDES CONCEITUAIS.....	75
INTRODUÇÃO.....	76
1. UMA FERRAMENTA: A REDE CONCEITUAL.....	78
1.1. Referências bibliográficas.....	78
1.2. Descrição da ferramenta.....	79
1.3. Os tipos de representação espacial.....	79
1.4. Procedimentos para a elaboração das redes.....	80
2. UTILIZAÇÃO DAS REDES NA DIDÁTICA.....	85
2.1. Rede: ferramenta para o trabalho pessoal dos alunos.....	85
2.2. Rede: procedimento para a avaliação.....	86
2.3. Rede: ferramenta destinada ao professor para prever seu ensino.....	87
2.4. Redes: ferramentas para a sala de aula.....	90
V. VIRTUDES E MEIOS.....	107
1. NECESSIDADE DE UM CONJUNTO COERENTE DE MÉTODOS DE TRABALHO.....	107
2. ELEMENTOS DE METODOLOGIA. ELABORAÇÃO DE FERRAMENTAS DIDÁTICAS.....	111
2.1. Expressão das intenções e objetivos gerais.....	111
2.2. Estudo do conteúdo da disciplina.....	111
2.3. Consideração das características dos alunos.....	114
2.4. Definição dos objetivos da aprendizagem.....	114

2.5. Elaboração das seqüências da aula.....	115
2.6. Análise após passagem pela sala de aula.....	117
VI. ABORDAGEM DA DIDÁTICA POR MEIO DE SITUAÇÕES CONCRETAS – ENSINAR A QUÍMICA NO COLÉGIO.....	
1. INTRODUÇÃO DO MODELO NO ENSINO DA QUÍMICA.....	121
1.1. Percepção da necessidade de modelos teóricos.....	122
1.2. Formulação, pelos alunos, de hipóteses para construir um modelo.....	123
1.3. Expressão precisa das hipóteses constitutivas do modelo.....	124
1.4. Validação do modelo.....	124
1.5. Aplicação.....	124
1.6. Evolução do modelo.....	124
2. ANÁLISE DO CONTEÚDO DA DISCIPLINA.....	125
2.1. Análise conceitual a partir do texto do programa.....	125
2.2. Elaboração de sistemas nocionais de referência: construção de uma rede nocional / aluno.....	127
2.3. Definição da aprendizagem de noções; expressão dos diferentes níveis de aprendizagem dos conceitos fundamentais.....	129
3. CONSTRUÇÃO DE UMA PROGRESSÃO.....	129
4. CONSTRUÇÃO DE UMA SEQUÊNCIA.....	129
VII. ESTUDO DOS PROCESSOS DA APRENDIZAGEM – APRESENTAÇÃO DE ALGUNS RESULTADOS.....	
1. CONHECIMENTO DOS PROCESSOS DA APRENDIZAGEM.....	134
2. OS OBSTÁCULOS.....	136
3. O QUESTIONAMENTO.....	136
VIII. QUADRO DE REFERÊNCIA – CONSTRUÇÃO DO SABER.....	
ANEXO.....	151
BIBLIOGRAFIA.....	161

PREFÁCIO

Georges Soussan(*)

O presente documento tem por base diversos anos de trabalho de pesquisa e experimentação em sala de aula, que os próprios professores realizaram, dando, assim, sua contribuição para a formulação de todas estas propostas. De uma forma muito especial, quero fazer referência à prof^a Christiane Simon, que leciona no nível de ensino médio. Ela teve participação ativa na pesquisa realizada no âmbito de meu laboratório e na experimentação que conduziu em suas aulas.

(*) Professor honorário de universidades. Ex-Diretor do Serviço de Formação dos Professores e do Laboratório de Pesquisa em Didática das Ciências – Universidade Paris XI/Orsay. E-mail: georges.soussan@aptitude-formation.com

APRESENTAÇÃO

“Como ensinar as ciências experimentais? Didática e formação” é muito mais que uma indagação e respectivas alternativas de respostas. Trata-se de um trabalho profícuo realizado pelo autor na Universidade Paris-Sud/Orsay em colaboração com professores das classes de colégio (ensino secundário inferior) da França. Reveste-se, portanto, de dupla importância: é um trabalho vivo de uma universidade em articulação com outro nível educacional, ao mesmo tempo em que focaliza uma importante área dos currículos, o ensino-aprendizagem das ciências.

Sob o primeiro aspecto, o livro é mais um incentivo para que as instituições brasileiras de educação superior associem teorias e práticas na formação inicial e continuada dos nossos professores. Esta é uma área que precisa dar grandes passos rumo à renovação, com conseqüências muito ricas e compensadoras sobre todo o sistema educacional e as diversidades culturais e sociais cada vez mais presentes nele. O relacionamento entre a educação superior e os outros níveis educacionais é justamente uma das recomendações da Conferência de Paris, em 1998. Aqui, um livro foi gerado a partir de longos trabalhos de experimentação no *collège* francês, que, como parte do ensino de massa, enfrenta a heterogeneidade e a falta de motivação de muitos alunos. Via única de democratização, situada entre o ensino primário e o liceu, o *collège* é um espaço difícil e controvertido, em que os alunos vêm de camadas sociais diferentes, são imigrantes ou filhos de imigrantes de vários continentes e pelo menos uma parte

apresenta sérias dificuldades de aprendizagem. É uma realidade que não chega a ser estranha às salas de aula dos países em desenvolvimento, que expandem e democratizam o seu ensino.

Sob o segundo aspecto, sem desmerecer outras áreas do currículo, igualmente nobres, as ciências permitem ter outra visão do mundo e constituem necessidades básicas de aprendizagem, de crianças, adolescentes, jovens e adultos. Se ensinar ciências até pode vir a ser caro, qual será o incomensurável retorno social e econômico de conhecimentos que ensinam a tratar melhor a saúde e evitar doenças muito custosas? Não por acaso a Reunião Regional de Consulta da América Latina e do Caribe sobre o ensino da ciência, em Santo Domingo (1999), destacou que a democratização da ciência envolve a meta de maior abertura no acesso à mesma, entendida como componente cultural central. Enfatizou também a construção de uma cultura científica transdisciplinar – em ciências matemáticas, naturais, humanas e sociais – que a população possa sentir como própria.

Por sua vez, a Conferência Mundial sobre a Ciência para o Século XXI (Budapeste, 1999), na sua “Agenda para a Ciência”, recomendou que os governos devem entrar em acordo quanto às mais altas prioridades para melhorar a educação científica em todos os níveis, com especial atenção à eliminação de efeitos de preconceitos quanto ao gênero e aos grupos em desvantagem. Para isso, currículos, metodologias e recursos devem ser desenvolvidos pelos sistemas educacionais, levando em conta essas diversidades. Acrescentou, ainda, que os professores de ciências e pessoas envolvidas na educação científica devem ter acesso à contínua atualização dos seus conhecimentos.

A questão é, pois, democratizar os conhecimentos científicos via escolarização, para o homem melhor conhecer

o mundo de que é parte integrante, segundo relações recíprocas. A presente obra representa, portanto, uma contribuição para que os professores no Brasil reflitam sobre novas alternativas, criem sobre elas e levem seus alunos à descoberta motivada do ambiente em que vivemos. Tudo isso norteado pela formação de valores, tão caros à continuação da vida, como parte da formação de uma cidadania planetária, em que cada um deve sentir responsabilidade pelo ambiente e pelo desenvolvimento sustentável. Portanto, as ciências não são um compartimento dos currículos, mas uma forma de conscientização e promoção da vida.

ABSTRACT

How to teach experimental sciences? Teaching methods and education. This book is a result of several years of research and experimentation in classrooms according to a collaborative project between Paris-Sud/Orsay University and lower secondary education (*collège*) teachers in France. In its first part the author discusses the stages of teacher initial and continuing education, particularly in the field of the experimental sciences. In its second part, this book analyses the theoretical foundations for the creation of teaching methods, i.e, how knowledge is built and how children learn. In the following parts, this work studies the foundations of the teaching-learning processes, their actions, conceptual networks and methodologies. At last, the author discusses teaching methods by means of concrete situations in chemistry. Their main points of departure are the questions presented by teachers in the heat of their experiences at schools, so that the approach integrates theories and effective practices.

INTRODUÇÃO

Este livro é o resultado de pesquisas e reflexões que, durante mais de dez anos, foram empreendidas em colaboração com professores de colégio na Universidade Paris-Sud – Orsay, na França, sob a responsabilidade do autor.

As fontes deste trabalho provêm da coleta de dados efetuada nas classes de colégio e nos estágios de formação de professores relativamente à didática das ciências.

Em vez de procurar, prioritariamente, informar o leitor, o principal objetivo deste livro é tornar-se um *instrumento de trabalho que venha a ser útil em função de suas necessidades, segundo as questões que ele mesmo se formula em relação à sua vida profissional e aos obstáculos a serem enfrentados*.

Este documento propõe pistas de reflexão, além de métodos para trabalhar de um modo diferente, e, a título de exemplo, atividades efetuadas na sala de aula.

Trata-se de um *instrumento de formação* para o professor: ao incentivá-lo a começar um processo de mudança e acompanhá-lo em tal processo, propõe-lhe saberes teóricos e métodos, a fim de fazer evoluir seu ensino em harmonia com as necessidades dos alunos e as finalidades definidas pelo sistema educacional.

De fato, este sistema está vivenciando a imperiosa necessidade de evoluir pela criação de condições em prol de uma escola bem-sucedida, adaptada, integrada e eficaz; ora, todos os processos de mudança, reforma e renovação passam, em sua aplicação na sala de aula, pelos professores.

Eis a razão pela qual a formação dos docentes é uma condição do êxito de tal evolução.

A problemática da formação dos professores é um tema prioritário, encontrando-se no âmago da evolução do sistema educacional.

Tal postura implica, relativamente ao professor, o domínio dos conteúdos a serem ensinados, assim como a aptidão para gerenciar as aprendizagens e inserir, de uma forma mais ampla, sua ação no entorno educativo e social. O professor deve ser um profissional-especialista da transmissão e da apropriação dos saberes; ele deve possuir, ao mesmo tempo, uma profissionalização e determinados saberes.

O professor é o agente pelo qual a escola leva em consideração a realidade dos alunos, adaptando-se à sua diversidade; é também aquele que vai ajudar o aluno a superar suas dificuldades pessoais para tornar-se capaz de apropriar-se do que a escola pode prodigalizar-lhe.

Ensinar é um “*métier*” que necessita de uma aprendizagem. Apesar de *condição indispensável*, a posse do saber acadêmico – ou seja, conhecimentos relacionados com as disciplinas ensinadas – é, entretanto, insuficiente; outros conhecimentos de caráter mais profissional são considerados necessários.

O professor que adquiriu uma formação é aquela pessoa que, por suas práticas, é capaz de mobilizar os meios e as competências necessárias para alcançar determinados objetivos em uma situação bem específica. Formar professores é trabalhar os saberes e as práticas em seus diferentes níveis; é também identificar os pontos em que pode ser feita a articulação de tais saberes com tais práticas. Entre as competências profissionais que devem ser adquiridas, podemos citar aquelas que permitem:

- *organizar um plano de ações didáticas no âmbito da disciplina;*
- *preparar e implementar situações de aprendizagem;*
- *diferenciar os objetivos da aprendizagem a partir do programa;*
- *elaborar uma progressão e as seqüências da aula;*
- *analisar os diferentes obstáculos;*
- *controlar o desenrolar de uma situação de aprendizagem e avaliá-lo;*
- *gerenciar os fenômenos relacionais;*
- *fornecer uma ajuda metodológica aos alunos;*
- *trabalhar em equipe em sua disciplina e com outras disciplinas (interdisciplinaridade);*
- *utilizar as técnicas de comunicação multimídia.*

Ao servir-se dessas competências, o professor mobiliza um certo número de *conhecimentos*; ora, a base da formação dos professores deve ser constituída, precisamente, por esses conhecimentos articulados com *formações práticas*. Podemos agrupar tais conhecimentos em torno de três pólos:

Os conhecimentos relacionados com a identidade das disciplinas. O domínio dos conhecimentos e métodos próprios aos conteúdos a serem ensinados encontra-se na base da formação específica.

Os conhecimentos relativos à gestão das aprendizagens:

- *os aspectos didáticos e pedagógicos da disciplina ensinada;*
- *a evolução dos métodos didáticos;*
- *os aspectos da psicologia cognitiva, os processos mentais utilizados pelo aluno no momento da aprendizagem;*
- *os diferentes dispositivos de avaliação.*

Os conhecimentos relativos ao sistema educacional: conhecimentos da instituição escolar, de sua organização, de suas finalidades e, principalmente, os conhecimentos relacionados com as necessidades da sociedade.

Este livro trata unicamente da didática das ciências e pressupõe o *domínio dos conhecimentos acadêmicos*; é fundamental possuir perfeitamente os conhecimentos relacionados com as disciplinas que devem ser ensinadas. Entretanto, este livro pode ajudar a aprofundar esses conhecimentos acadêmicos no momento da construção das ferramentas didáticas que serão propostas (Ver, por exemplo, a construção de redes conceituais de referência / professor, nas p. e no Anexo – Rede 1).

Propomos aos leitores que se envolvam em um processo de reflexão e de experimentação a fim de que possamos ajudá-los a elaborar um ensino coerente com as finalidades estabelecidas e as necessidades das crianças.

Nosso objetivo consiste em ajudar os professores a adquirir as competências necessárias.

O roteiro que propomos tem como objetivo:

- *identificar todos os componentes de uma situação e avaliar seu impacto sobre o problema a ser resolvido;*
- *utilizar procedimentos de aprendizagem, enfatizando os obstáculos encontrados pelos alunos;*
- *conceber um ensino que ofereça a cada aluno, com suas características próprias, a possibilidade de efetuar um trabalho eficaz para a aquisição de seu saber.*

Como a aquisição das competências exige múltiplas aprendizagens, este livro apresenta também múltiplos aspectos:

- *aportes de informações e ferramentas para a análise das situações de ensino;*
- *proposição de métodos de trabalho para que cada qual possa conceber seu modo de ensinar;*
- *proposição de tipos de procedimentos e de práticas didáticas;*
- *exemplos de ferramentas didáticas;*
- *proposição de seqüências da aula, a título de exemplo.*

Como o professor já tem suas competências iniciais e diversas motivações, este livro é concebido de maneira que cada qual possa abordá-lo pelo tema que lhe parecer mais adaptado ao seu caso. Vamos apresentar as diferentes etapas deste trabalho.

A primeira etapa é um questionamento. No decorrer de sua vida profissional, o professor deve ter a possibilidade de identificar e analisar os obstáculos encontrados em suas práticas pedagógicas, além de formular as problemáticas que vão suscitar determinadas demandas de formação.

A segunda etapa é a análise dos problemas e dos fatores que condicionam as situações de ensino

A terceira etapa apresenta os fundamentos teóricos a partir dos quais será possível elaborar uma didática adaptada a cada situação; um de seus componentes consiste em levar em consideração *a maneira como uma criança aprende*, ou seja, os processos mentais utilizados pelo aluno em situação de aprendizagem. Parece-nos necessário explicitar nossas hipóteses sobre a aquisição do saber, apoiando-nos em numerosos estudos bibliográficos.

Na quarta etapa, apresentamos alguns elementos para elaborar uma didática e construir ferramentas didáticas. Para apropriar-se desta parte do documento, o leitor deve-se colocar em situação de experimentação: escolher um conteúdo de sua disciplina, proceder a uma reflexão e construir ferramentas sobre esse conteúdo específico; em seguida, elaborar as seqüências da aula, fazer a coleta de dados e analisar o que foi ensinado.

A última parte incide sobre aplicações práticas de didáticas a partir de exemplos concretos; a utilização freqüente da química como suporte não impede que tais didáticas sejam aplicáveis em outras disciplinas científicas (física e biologia).

Esta parte oferece a possibilidade de um trabalho coletivo com professores da mesma disciplina ou interdisciplinar.

O trabalho coletivo permite o confronto das diversas abordagens, a análise mais pertinente das situações reais, assim como a busca negociada de soluções. Pensamos que a contribuição deste documento para a formação dos docentes será mais eficaz se ele for utilizado por professores que trabalhem em equipe; para tal efeito, propomos algumas fichas de trabalho.

O procedimento que propomos é um vai-e-vem permanente entre a reflexão teórica e a experimentação concreta. As diferentes partes deste documento não devem ser abordadas de uma forma linear, mas operando numerosas chamadas de uma parte para outra, favorecendo um trabalho em que se proceda a incessantes chamadas e respostas mútuas entre os níveis teóricos e práticos.

O sistema educacional é um sistema aberto no sentido termodinâmico; sua evolução procede por crise, segundo o modelo da termodinâmica dos *Estados de Equilíbrio*: as mudanças bruscas operam-se por ocasião da aplicação de reformas, enquanto a evolução mais pertinente e eficaz deveria ser uma evolução lenta e contínua, segundo o modelo termodinâmico dos sistemas irreversíveis. É neste sentido que as pesquisas na área da didática das disciplinas desempenham um papel fundamental ao investirem suas contribuições na formação inicial e continuada dos professores.

A evolução do sistema educacional só pode ser efetivada se este permanecer um sistema aberto:

- *ele deve poder integrar os novos conhecimentos – tanto científicos e tecnológicos quanto didáticos – à prática educativa;*
- *os professores devem ter a possibilidade de dispor de uma informação e de uma formação continuada, científica, técnica, pedagógica e didática;*

- *as pesquisas na área da didática das ciências experimentais, a partir das problemáticas surgidas em situações reais, fornecem soluções para problemas concretos e ajudam os professores ao investirem os resultados em ações de formação.*

Esperamos que este documento possa fornecer uma contribuição enriquecedora para os professores e para o maior proveito dos alunos.

Este documento é um instrumento de trabalho; deste modo, ele exige um investimento de tempo. Pensamos que, em um primeiro momento, você terá de familiarizar-se com seu conteúdo e sua estrutura, sem a preocupação de apropriar-se dele; em um segundo momento, e dependendo das problemáticas e da reflexão de cada leitor, você pode trabalhá-lo, referindo-se à parte do documento correspondente ao tema que despertar seu interesse. Para a elaboração das diferentes ferramentas descritas, você pode proceder por partes, começando por um assunto simples e, em seguida, aprimorando o produto à medida que ele for sendo utilizado.

Sugerimos que você adote a atitude de experimentador de seus próprios produtos e de sua própria didática, que deve evoluir em função de sua reflexão e das aplicações efetuadas em situação de sala de aula (ver, Anexo, o Quadro 1, sobre a coleta de dados e a retroação sobre a didática e as ferramentas didáticas).

I. AS ETAPAS DA FORMAÇÃO DOS PROFESSORES

PONTOS DE REFERÊNCIA

1. 1ª ETAPA: QUESTIONAMENTO

Que tipo de problemas tenho de enfrentar?

Quais são as minhas respostas?

2. 2ª ETAPA: ANÁLISE

Quais são os fatores que condicionam as situações de ensino?

O mestre e os alunos em seu próprio ambiente

1ª ETAPA: QUESTIONAMENTO

Que tipo de problemas tenho de enfrentar?

Quais são as minhas respostas?

1. CONSIDERAÇÕES SOBRE O COTIDIANO DA VIDA PROFISSIONAL

Nesta primeira etapa, incentivamos o professor a questionar-se sobre sua vida profissional, seus métodos de ensino, seus sucessos e seus fracassos, assim como sobre as questões que se levantam no decorrer da preparação de suas aulas e ao dirigir sua classe.

A fim de ajudá-lo neste questionamento, apresentamos um leque de problemas levantados por professores para facilitar o trabalho pessoal de reflexão, graças a um processo de identificação parcial dos problemas evocados e/ou de associação de pensamento a partir de tais problemas. Classificamos estes

dados em categorias temáticas, sem qualquer tipo de hierarquização; em cada caso, citamos alguns exemplos de questões formuladas por professores no decorrer de nossa pesquisa.

1.1. Problemas em relação com os alunos

Os alunos são distribuídos por classes heterogêneas; ora, esta heterogeneidade apresenta múltiplos aspectos. Assim, as crianças manifestam atitudes, comportamentos, capacidades profundamente diferentes, sobretudo, em relação com:

- *a motivação para com a escola e a disciplina;*
- *a integração no grupo-classe;*
- *o domínio da linguagem: compreensão do vocabulário e da sintaxe, facilidade de expressão;*
- *a compreensão dos raciocínios;*
- *a autonomia de pensamento e de trabalho;*
- *os conhecimentos anteriores;*
- *a cultura científica;*
- *a riqueza cultural e o equilíbrio do círculo familiar;*
- *a apreensão da escola pelo círculo familiar.*

Para o professor, todos estes aspectos da heterogeneidade implicam, em determinada classe, uma dificuldade de adaptação a cada aluno.

Algumas questões formuladas pelos professores

“Como despertar, em determinados alunos, um maior gosto pelas ciências experimentais?”

“Como evitar que, em vez do desejo de aprender*, sua principal motivação seja a passagem para a classe de nível superior?”

* No original, *apprendre*. (N.T.)

“Como evitar a passividade da maior parte dos alunos? Como suscitar o interesse de todos?”

“Como adaptar os conteúdos de nosso ensino a todas as crianças, sejam quais forem suas capacidades e motivações?”

“Que tipo de dever de casa deverá ser proposto para não prejudicar os alunos que não recebem a ajuda dos pais?”

1.2. Problemas em relação com a disciplina

Além de ser exageradamente volumoso, o texto dos programas e das instruções não deixa aparecer claramente a importância relativa a ser atribuída às aquisições de conhecimentos e aos métodos de raciocínio; daí, a dificuldade em definir objetivos e construir progressões suscetíveis de levar o maior número de alunos a obter as aprendizagens necessárias, assim como em escolher atividades e métodos de trabalho apropriados.

Algumas questões formuladas pelos professores

“Na leitura dos programas, como identificar o que os alunos devem aprender na área das ciências? Quais são as noções fundamentais? Quais métodos de raciocínio devem ser assimilados pelos alunos? Entre as disciplinas propostas pelo colégio, qual é a especificidade de cada uma delas?”

“Como definir os objetivos mínimos?”

“Que nível deveria ser exigido em cada classe? Deverá ser atribuída maior importância aos conhecimentos ou à reflexão?”

“Qual é a melhor progressão para cada parte do programa?”

“Que nível deverá ser exigido dos alunos da 8ª série para evitar as bombas no 1º ano do 2º grau? (raciocínio matemático)”

“O que será preferível: proceder a belas manipulações diante dos alunos ou dar a oportunidade de que, sempre que isso for possível, eles próprios tenham a possibilidade de executá-las, mesmo correndo o risco de ‘perder’ muito tempo?”

1.3. Problemas relativos, de forma mais específica, ao professor

Os problemas atinentes aos professores, tais como são formulados por eles próprios, estão relacionados, sobretudo, às restrições de ordem material e institucional, assim como ao grande número de funções a serem desempenhadas.

Além de transmitir conhecimentos, na sala de aula, o professor deve organizar a atividade do grupo-classe de maneira a suscitar o interesse, motivar, tornar autônomo, ensinar a aprender* e proceder à avaliação de cada um dos alunos.

Para tal efeito, ele deve definir os objetivos da aprendizagem, elaborar progressões na forma de apresentar a disciplina, prever e implementar atividades e práticas didáticas apropriadas, assim como construir ferramentas didáticas.

Para executar essas múltiplas tarefas, o professor depara-se com numerosas restrições materiais (salas sem equipamento adequado, falta de material) e institucionais (programas, horários, efetivos).

Além disso, ele está isolado em seu colégio, enquanto as tarefas a serem efetuadas exigem, considerando a complexidade das situações, uma negociação com os colegas não só da mesma disciplina, mas também das mesmas classes, e com os colegas das outras disciplinas no âmbito do projeto do estabelecimento escolar.

Algumas questões formuladas pelos professores

“Como ensinar os alunos a compreender? A aprender? A tornar eficaz sua memória?”

* No original, *apprendre à apprendre*. Em francês, o vocábulo “apprendre” tem as duas acepções: “ensinar” e “aprender”. (N.T.)

“Como avaliar a aquisição de conhecimentos? De métodos? Por meio de quais técnicas? Como fabricar os parâmetros de notação? Como avaliar os conhecimentos adquiridos?”

“Como diversificar as atividades, encontrar meios pedagógicos atraentes? Que lugar atribuir aos filmes, à apresentação de determinado tema, à atualidade científica, à investigação pessoal?”

“Como determinar as causas das dificuldades encontradas durante as atividades?”

“Como saber o motivo pelo qual tal conhecimento não foi assimilado?”

“Que lugar atribuir à fala do aluno?”

“Que interações são desejáveis na classe?”

2. EVOLUÇÃO DAS PROBLEMÁTICAS RELATIVAS À FORMAÇÃO DOS PROFESSORES DE CIÊNCIAS EXPERIMENTAIS

Nossos estudos sobre a formação dos professores mostram uma evolução nas demandas relativas à formação.

Constatamos que a principal demanda está orientada, essencialmente, para uma melhoria dos conhecimentos científicos, indispensáveis para ensinar em suas classes; paralelamente, eles desejam iniciar-se na realização de experiências simples a serem efetuadas na sala de aula.

No decorrer de sua formação, confrontados com um ensino do tipo experimental a ser ministrado na sala de aula, os professores formulam-se e expõem, paulatinamente, problemas de ordem didática.

A *evolução da problemática* formulada pelo professor em situação de formação pode ser esquematizada da seguinte forma:

- *O que devo ensinar? (subentendido: que tipo de conhecimentos devo transmitir aos alunos?);*
- *Uma vez que se trata de ciências experimentais, que experiências posso permitir que eles próprios executem para ilustrar ou levar aos conhecimentos inscritos no programa?*
- *O ensino das ciências consistirá em uma simples transmissão de conhecimentos? Caso contrário, que tipo de aprendizagem pode ser obtido por intermédio do ensino das ciências experimentais? Em que consiste a formação científica?*
- *Qual didática deve ser implementada para que meu ensino permita uma verdadeira formação científica?*
- *Quais obstáculos devem ser superados pelos alunos para que eles venham a apropriar-se de uma formação científica no plano nocional e metodológico? Que tipos de desenvolvimento da personalidade são favorecidos pela formação científica?*

Na formulação de tal problemática, a motivação do professor já não é simplesmente o que ele deve ensinar, mas o que deve ser apropriado pelo aluno em termos de conhecimentos, assim como de métodos. Como sua atenção está focalizada no aluno em situação de aprendiz, suas questões são as seguintes:

- *De que maneira o aluno aprende?*
- *Como constrói um saber estruturado?*
- *Quais são os obstáculos a serem superados de modo que ele consiga passar de suas representações espontâneas para o saber científico?*

A constatação desta evolução da demanda dos professores, após uma formação continuada, leva-nos a conceber ações de formação que correspondam aos diferentes níveis da problemática formulada.

No decorrer da formação, o objetivo consiste em fornecer ao professor os meios para:

- *apropriar-se dos conhecimentos científicos, teóricos e experimentais, necessários em seu nível para conseguir o domínio de seu ensino;*
- *definir os objetivos da aprendizagem, construir as seqüências de apresentação da disciplina em função de tais objetivos, conceber as práticas didáticas a serem utilizadas e elaborar as necessárias ferramentas didáticas;*
- *experimental, em suas classes, a didática elaborada em estágios, analisar os dados da experimentação em grupo a fim de colocar em evidência os obstáculos à aprendizagem, os processos utilizados pelos alunos...;*
- *superar os obstáculos decorrentes da adoção de um processo de mudança (obstáculos materiais, assim como psicológicos);*
- *avaliar seu ensino e, portanto, sua formação.*

2ª ETAPA: ANÁLISE

Quais são os fatores que condicionam as situações de ensino?

O mestre e os alunos em seu próprio ambiente

Todos os problemas evocados na etapa precedente estão relacionados com as situações de ensino vivenciadas, cotidianamente, pelos professores.

No centro de todos esses problemas, estão, logicamente, os alunos que são os beneficiários da atividade dos professores; portanto, o estudo dos problemas levantados pelos professores passa, necessariamente, pela análise da situação dos alunos como aprendizes.

Nesta etapa do trabalho de formação, cada um deve operar uma descentralização no que diz respeito à sua atividade de

investigação. Em um primeiro momento, o objeto de nossa reflexão é o aluno em situação de aprendizagem na sala de aula; em um segundo momento, deduziremos as conseqüências para o professor que faz parte do entorno – certamente, imediato – do aluno.

Nesta segunda etapa de nosso estudo, faremos uma análise da situação dos alunos em via de aprender as ciências experimentais no colégio, a fim de identificarmos os principais fatores suscetíveis de influenciar suas aprendizagens e percebermos o impacto de cada uma delas sobre os alunos.

Neste caso, cada aluno, em situação de aprendizagem, aparece como o elemento central de um sistema complexo em que ele está em relação com múltiplos parceiros.

Em sua disciplina, cada professor é, por sua vez, um parceiro privilegiado de cada aluno.

1. CONSIDERAÇÕES SOBRE O ALUNO EM SITUAÇÃO DE APRENDIZAGEM

Imaginemos um aluno em via de obter determinada aprendizagem na sala de aula e procuremos os fatores suscetíveis de criar diferenças entre ele e outros alunos.

1.1. Ao entrar na sala de aula, cada aluno adota uma *atitude* que pode ser caracterizada pelo grau de vontade de investimento nas atividades que serão propostas, sejam elas quais forem.

Esta *disposição interna* já tem múltiplas causas, entre as quais: o círculo familiar (equilíbrio afetivo, nível sociocultural, expectativa relativamente à escola), a história pessoal do aluno (relacional, escolar...), seus projetos pessoais, sua inserção na classe (relação com os pares e com os professores), sua motivação em relação à disciplina...

1.2. No decorrer do trabalho – individual, em pequenas equipes ou coletivo –, há um maior ou menor investimento de cada aluno; além disso, a intensidade de sua *atividade intelectual* varia segundo suas motivações, sua compreensão do problema abordado e das instruções.

Esta compreensão difere não só segundo as capacidades operacionais, os conhecimentos anteriores e o domínio da linguagem, mas também segundo o grau de dificuldade dos conceitos estudados e os procedimentos utilizados pelo professor para apresentá-los.

Além disso, o clima geral e pontual da classe ou da equipe de trabalho, assim como as condições materiais, exercem efeitos tanto mais preponderantes quanto mais precária for a motivação inicial de cada aluno.

1.3. O resultado da atividade intelectual de cada aluno é um conjunto de *novos saberes*: noções, técnicas operatórias, métodos de raciocínio...

Segundo seus conhecimentos anteriores, suas capacidades operatórias e a qualidade de sua atividade intelectual, cada aluno elabora saberes estruturados ou, pelo contrário, parciais e desconexos; por conseguinte, utilizáveis ou não.

Posteriormente, serão verificadas diferenças consideráveis no nível do rendimento por ocasião dos exercícios de avaliação que, segundo o desempenho de cada um, criarão um sentimento de sucesso ou de fracasso.

1.4. O grau de investimento e de estruturação dos saberes determina uma nova diferença entre os alunos, na medida em que proporciona o prazer de exercitar a mente, de aprender, ou seja, a alegria da descoberta que engendra o desejo de aprender cada vez mais; assim, surge e desenvolve-se ou não a *curiosidade intelectual*, condição favorável para a aprendizagem.

Tanto é gratificante o envolvimento positivo na atividade para aquele que a aceita de bom grado, quanto é penoso o trabalho intelectual para o aluno que, por diversas razões – até mesmo, compreensíveis – é levado a suportá-lo, permanecendo passivo, ou rejeitá-lo.

A primeira consequência evidente é o grau de motivação para envolver-se na atividade seguinte e manter a tensão intelectual suficiente na continuidade para construir saberes coerentes.

Parece que cada aluno encontra-se aspirado em uma espiral, seja *descendente* em direção ao fracasso escolar, seja *ascendente* voltada para um desenvolvimento cada vez maior de seu saber e de sua personalidade.

Podemos esquematizar *esta evolução escolar do aluno com os fatores que a condicionam* na seguinte representação.



Agora, será necessário analisar *a situação de aprendizagem, no que diz respeito ao aluno*, para identificar as possíveis funções do professor como agente facilitador de seu desenvolvimento; observemos que o clima afetivo e emocional da classe desempenha um papel relevante a fim de garantir o sucesso das aprendizagens efetuadas pelo aluno.

2. O PROFESSOR COMO PARCEIRO DO ALUNO NA CONSTRUÇÃO DE SEU SABER

O papel do professor consiste em procurar as entradas possíveis para esta espiral a fim de modificar-lhe a vertente: no caso de espiral descendente, alterando-lhe o sentido, e, no outro, acelerando sua progressão.

Quais são as entradas possíveis do professor na espiral da evolução escolar de cada aluno?

A vertente negativa significa, segundo o ponto de vista adotado, a falta de adequação da escola ao aluno ou o inverso.

Além de poder ser o agente pelo qual a escola leva em consideração a realidade dos alunos, adaptando-se à sua diversidade, o professor pode ser o agente pelo qual o aluno consegue superar suas dificuldades pessoais para tornar-se capaz de apropriar-se do que a escola pode fornecer-lhe.

2.1. Adaptação do aluno à escola: o professor deve agir sobre as motivações pessoais:

- *contato individual, com o aluno e com a família, para tentar elucidar as causas de uma atitude negativa;*
- *na sala de aula, criar situações de sucesso para o aluno;*
- *melhor consciência de si, reconhecimento dos pares;*
- *contato com os colegas das outras disciplinas.*

2.2. Adaptação da escola aos alunos: o professor deve adaptar seu ensino às características individuais dos alunos para que estes obtenham as aprendizagens mínimas, específicas da disciplina:

- *conhecimento de tudo o que implica o ato de ensinar;*
- *conhecimento claro das estruturas conceituais da disciplina e dos patamares possíveis de construção de tais estruturas;*
- *instalação de procedimentos e práticas que permitam todas as aprendizagens nos diferentes níveis necessários.*

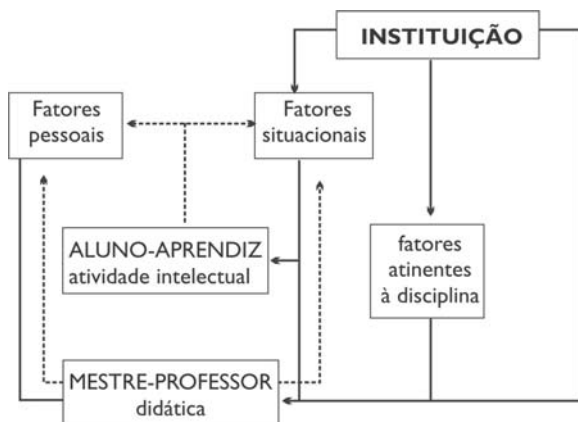
Para o conjunto das tarefas a serem desempenhadas a serviço dos alunos, cada professor dispõe de recursos:

- *instruções ministeriais;*
- *informações pedagógicas da coletividade científica;*
- *estruturas internas do colégio, equipes da mesma disciplina ou interdisciplinares, conselho de professores.*

A classe deve, aliás, adaptar-se a numerosas restrições:

- *programa;*
- *efetivos;*
- *condições materiais.*

Podemos representar, de forma esquemática, a situação de aprendizagem, no que diz respeito ao professor, através da seguinte rede:



Esta rede coloca em evidência que, para elaborar sua didática, o professor deve levar em consideração todos os fatores que influenciam as condições de aprendizagem dos alunos; por sua ação, ele tenta reduzir os eventuais impactos negativos, a fim de otimizar a atividade das crianças que, por sua vez, modifica alguns fatores da situação inicial.

A colocação em evidência da complexidade de sua tarefa leva o professor a tomar consciência da necessidade de adquirir as competências para enfrentá-la em melhores condições.

Segundo o esquema precedente, os dois primeiros campos de competências a serem apropriados dizem respeito:

- *à atividade intelectual dos alunos; e*
- *à implementação de uma didática que permita tal atividade.*

3. PROBLEMÁTICAS RELATIVAS À FORMAÇÃO

A partir desta primeira análise das situações de aprendizagem e de ensino, podemos identificar as problemáticas de formação subjacentes:

- *O que significa ensinar? De que maneira os alunos constroem o saber científico? Que operações intelectuais são necessárias? Quais obstáculos são encontrados por eles?*
- *Quais são as contribuições específicas das ciências experimentais para a formação dos alunos?*
- *O que significa apropriar-se dos métodos científicos de raciocínio?*
- *Como proceder para que, em todas as etapas do trabalho, os alunos se tornem atores de modo que, em vez de submeterem-se passivamente ao ensino, eles apropriem-se de uma formação?*
- *Como implementar um ensino em que todos os alunos de uma classe venham a obter, seja qual for seu estado inicial, as aprendizagens mínimas?*

- *Que métodos devem ser utilizados pelo professor para preparar e ministrar seu ensino?*
- *Em que estrutura o professor pode encontrar o espaço de formação continuada e de trabalho de equipe que viesse a ser também o espaço de formação e ajuda mútua?*

As partes seguintes deste documento devem permitir que, além de definir melhor os saberes relativos a essas problemáticas, o professor consiga apropriar-se de tais saberes:

- *O que significa ensinar?*
- *Elementos para elaborar uma didática coerente com as concepções sobre a construção do saber.*
- *Métodos de trabalho direcionados para a obtenção da coerência.*
- *Aplicação a situações concretas.*

II. OS FUNDAMENTOS TEÓRICOS PARA ELABORAÇÃO DE UMA DIDÁTICA

PONTOS DE REFERÊNCIA

1. O que significa ensinar?

2. Definição do campo da didática
Estudo sistêmico

3. Quadro teórico para definir os conteúdos e métodos do ensino científico, destinado a crianças da faixa etária de 11 a 14 anos.

4. Os conteúdos – Generalidades.

1. O QUE SIGNIFICA ENSINAR?

De que maneira os alunos adquirem o saber científico?

Quais são as operações intelectuais necessárias?

Quais obstáculos são encontrados por eles?

Para responder a essas questões, faremos referência aos trabalhos efetuados, durante as últimas décadas, no plano da psicologia geral, da psicologia cognitiva e da epistemologia; todos esses estudos levaram a elaborar teorias da aprendizagem que colocam em evidência a necessária participação do aluno na construção de seu próprio saber.

Em seguida, definiremos as características próprias à aprendizagem científica e procuraremos a coerência entre tal aprendizagem e as hipóteses de nosso quadro de referência.

1.1. Hipóteses relativas à construção do saber e às condições favoráveis a tal construção

Em vez de procedermos a uma apresentação didática estruturada das nossas diferentes hipóteses, acompanharemos um aluno em via de abordar novos conhecimentos científicos: vamos descrevê-lo em sua situação de aprendiz e, ao longo de todo o seu percurso, é que colocaremos em evidência nossas hipóteses.

1.1.1. Construção do saber = busca de respostas para uma questão

Esta atividade mental só pode existir se cada aluno estiver compenetrado do desejo de aprender, de uma curiosidade intelectual a ser satisfeita pela aprendizagem que, por sua vez, será a origem de uma nova interrogação.

A atividade mental é suscitada por uma questão levantada pelo próprio aluno:

- *o problema deve ser formulado de maneira bem nítida;*
- *ele deve ser significante para o aluno.*

Ao formular uma questão, o aluno pretende encontrar os meios de responder a tal questão; portanto, empreende voluntariamente uma atividade de investigação e reflexão, cuja intensidade é a garantia da qualidade e da quantidade das aprendizagens efetuadas.

Bachelard: “Qualquer conhecimento é uma resposta a uma questão; sem questões, não pode haver conhecimento científico. Nada é evidente, nada é dado, tudo é construído.”

1.1.2. Construção do saber = reinvestimento das aquisições anteriores

Para a maior parte das noções que abordamos na sala de aula, os alunos:

- *ou já as abordaram nas classes anteriores e, portanto, tiveram a ocasião de adquirir conhecimentos precisos, estruturados – certamente, limitados –, mas dos quais conservam vestígios em sua memória*
- *ou limitam-se a ter, a seu respeito, uma idéia vaga, fantasista, na sequência de sua experiência infantil, ou do que se diz na sua vizinhança, ou do que ouviram falar na televisão, viram ou leram em determinada revista.*

Ao serem abordadas, de novo, desde as primeiras palavras citadas, emergem da mente de cada aluno, por associação, outras palavras, segundo os vestígios conservados em sua memória; tais representações, estruturadas ou não, diferentes em cada aluno, vão condicionar a atividade mental individual, facilitando ou criando obstáculo às novas aprendizagens.

Qualquer saber constrói-se a partir de saberes anteriores, estruturados ou não.

Bachelard: “Quando se depara com a cultura científica, a mente nunca é jovem, mas já é, inclusive, bastante velha porque tem a idade de seus preconceitos.”

Ausubel: “O fator mais influente em situação de aprendizagem é o saber anterior do aprendiz.”

1.1.3. Construção do saber = atividade intelectual diversificada do aprendiz, suscitada por suas interações com a realidade

No decorrer das atividades, cada aluno é confrontado com novos dados, fornecidos pelo professor, pelos outros alunos ou

por uma situação experimental; para tratar esses dados, ele utiliza seus conhecimentos anteriores e suas capacidades operatórias.

O aluno efetua sua investigação e reflexão em uma seqüência de operações cognitivas, elaboradas segundo suas características pessoais e segundo as características da situação de aprendizagem.

No decorrer das aprendizagens, a atividade intelectual exercita-se, obrigatoriamente, a partir do repertório cognitivo de cada criança:

- *estruturas conceituais (saberes estruturados em redes mais ou menos complexas);*
- *instrumentos cognitivos (capacidades e ferramentas de raciocínio).*

O aluno deve ter o domínio das ferramentas e dos conhecimentos que são indispensáveis para envolver-se na atividade (pré-requisitos).

Reboul: “Deve-se renunciar a impor um conteúdo, enquanto o aluno não tiver adquirido a estrutura mental que permita integrá-lo.”

- *a situação de aprendizagem deve permitir que alunos de níveis diferentes executem as operações cognitivas indispensáveis para sua análise minuciosa e sua utilização metódica;*
- *as atividades devem proporcionar aos alunos a oportunidade de executar operações cognitivas de níveis diversificados, em campos que vão de situações particulares concretas a situações abstratas gerais.*

1.1.4. Construção do saber = conflito entre conhecimentos anteriores e novos saberes

No decorrer da atividade, os novos dados apropriados por cada aluno vão competir com as representações que ele

mobilizou, gerando um conflito que provocará a necessidade de criar novas estruturas para que ele possa ter acesso a um novo equilíbrio.

Bachelard: “O conhecimento adquire-se contra um conhecimento anterior, pela destruição dos conhecimentos mal elaborados.”

“Em vez da aquisição de uma cultura experimental, trata-se de trocar de cultura experimental, derrubando os obstáculos que a vida cotidiana foi amontoando.”

Inhelder, Piaget: “Qualquer construção é o produto de uma compensação em relação às perturbações que lhe deram origem.”

1.1.5. Construção do saber = domínio de uma linguagem

Durante todas as suas atividades na sala de aula, cada aluno está em situação de comunicação não só com o professor, mas também com seus colegas; assim, ao receber ou fornecer uma informação ou ao tentar explicitar seu pensamento, estruturando-o, ele é sempre tributário de seu domínio sobre a linguagem.

Apesar da pré-requisição de um certo conhecimento da linguagem, qualquer aprendizagem científica comporta a aprendizagem do vocabulário apropriado, assim como dos códigos necessários para a estruturação do pensamento e para sua comunicação.

Reboul: “Toda a psicologia do desenvolvimento nos leva a aventar a hipótese de que, em vez de ser anterior à linguagem, a inteligência desenvolve-se com ela: aprendendo a falar é que a criança aprende a compreender.”

“Tal é a condição que possibilita o ensino: o homem pode aprender – e, mais precisamente, compreender – porque fala. No sentido amplo de aptidão para manipular sistemas de símbolos, a linguagem é o que torna o homem capaz de explicar e compreender as coisas. Aprender a linguagem é aprender a pensar.”

1.1.6. Construção do saber = estruturação em redes conceituais

Conforme vimos, uma nova noção abordada pelos alunos faz sempre referência a saberes anteriores, estruturados ou não, na mente de cada um deles; este estabelecimento de relação, espontâneo no momento da abordagem de um novo saber, deve ser programado e orientado por ocasião da estruturação deste novo saber.

De fato, cada nova noção só pode ser compreendida, apropriada, memorizada, em função das relações que ela vier a estabelecer com um grande número de outras noções do mesmo campo conceitual. Portanto, o domínio de uma noção exige também o domínio de todo o conjunto; além disso, a aprendizagem deve permitir que cada aluno venha a elaborar e estruturar esse conjunto.

O domínio de um campo conceitual implica, portanto, uma atividade construtiva de uma estrutura que agrupa todas as noções exigidas pelo conhecimento visado, fazendo aparecer as relações entre essas noções; deste modo, cada aluno é levado a elaborar, progressivamente, uma rede nocional (ver capítulo: *As redes conceituais*, p.).

Para sua construção, os alunos baseiam-se nas atividades que permitiram abordar as noções; à medida que estas ficam sob controle, as informações associadas ao contexto desaparecem e deixam o lugar unicamente aos próprios conceitos, despojados das situações particulares. É precisamente esta estrutura abstrata que, no final da aprendizagem, deverá ser estocada na memória de cada aluno.

Uma das particularidades da rede é que pode ser construída por meio de cada aluno, segundo suas capacidades de abstração; por outro lado, a comunicação uns aos outros das redes particulares pode suscitar um questionamento individual, frutífero para a evolução de sua própria ferramenta.

A apropriação de novos saberes (compreensão, estruturação, memorização) obriga cada aluno a estabelecer a relação entre esses novos saberes, por intermédio de uma rede nocional que representa a estrutura do campo conceitual.

1.1.7. Construção do saber = atividade social

Na sala de aula, as aprendizagens fazem-se sempre em relação com os outros alunos, cuja função é preponderante no plano afetivo e cognitivo.

Além do papel fundamental que desempenha a inserção de cada aluno em sua comunidade, com as implicações daí decorrentes no plano da motivação e do reforço relativamente às atividades escolares, deve ser levada em consideração a função do grupo para cada aluno no campo estritamente cognitivo.

De fato, em sua atividade intelectual na sala de aula, ele está dependente das interações sociais em que se encontra implicado: as informações comunicadas individualmente, as questões formuladas por alunos com nível de compreensão e de linguagem bastante diversificado, as hipóteses, os elementos de resposta, em suma, todas as contribuições individuais são levadas em consideração pelos outros, estimulando-lhes a atividade mental; deste modo, acabará surgindo dessa atividade do grupo, de patamar em patamar, uma expressão estruturada do saber que pode ser apropriada por aluno, na medida em que ele contribuiu para sua elaboração.

Além disso, esta interdependência pode funcionar de maneira particularmente positiva em relação às crianças mais

atrasadas no campo abordado; como cada desenvolvimento constrói-se a partir do desenvolvimento precedente, essas crianças beneficiam-se de questionamentos e de respostas diferentes dos seus, permitindo-lhes, durante a atividade, a elaboração de um trabalho em um nível cognitivo que, sozinhas, elas não teriam conseguido alcançar.

Para aprender, cada aluno beneficia-se da riqueza fornecida por uma classe, graças à apropriação das contribuições de todos – questões, respostas, obstáculos – no decorrer de trocas que podem ser conflitantes, mas permitem o estabelecimento de relações com outrem.

Doise-Mugny: “Pela interação, o indivíduo consegue adquirir o domínio de certas coordenações que, neste caso, permitem a participação em interações sociais mais elaboradas que, por sua vez, tornam-se fonte de desenvolvimento cognitivo; assim, em níveis bem determinados de tal desenvolvimento, certas interações sociais implicam o desenvolvimento de uma nova organização cognitiva.”

1.1.8. Construção do saber = aquisição de competências

Do mesmo modo que todo saber em determinada disciplina constrói-se por sucessivas estruturas no cerne de redes conceituais, assim também todos os saberes obtidos no decorrer de múltiplas atividades de aprendizagem em diversas disciplinas devem articular-se no cerne de redes integradoras.

Assim, em cada instante de sua vida – escolar ou extra-escolar e, mais tarde, profissional e social –, o jovem poderá dispor de saberes úteis para apreender a diversidade de situações e elaborar estratégias adaptadas a cada uma delas.

Podemos, então, considerar que o “objetivo do ensino é que cada aluno disponha não só de competências em cada

disciplina e, mais tarde, profissionais, mas também de competências ainda mais fundamentais que lhe permitam ser autônomo, responsável, capaz de formular, nos campos que lhe dizem respeito, um juízo próprio” (Reboul); e, em particular, aprender em todas as circunstâncias de sua vida.

1.2. Multiplicidade dos atos e espaços de aprendizagem

- *para aprender, os alunos utilizam suas capacidades operatórias, nos diferentes níveis exigidos pelas atividades; assim, ao exercitá-las, eles adquirem um domínio cada vez mais flexível e total sobre tais capacidades;*
- *em cada disciplina, eles são levados a estruturar saberes, transferi-los para outras situações e generalizá-los para diversos campos conceituais;*
- *a multiplicidade e a complementaridade das disciplinas e dos métodos de abordagem favorecem o desenvolvimento das capacidades de adaptação: apreensão da diversidade de situações, investimento pessoal adaptado a cada uma delas;*
- *o confronto entre alunos, alternando com o trabalho individual.*

Para habituar os alunos a desbloquear seus conhecimentos a fim de serem capazes de utilizá-los fora do quadro da aprendizagem, em cada disciplina, as atividades propostas devem permitir transferências não só para outras áreas da disciplina, mas também para outras disciplinas e para a vida cotidiana; inversamente, cada disciplina deve apoiar-se, igualmente, em conhecimentos e métodos adquiridos em outras áreas.

A escola torna-se, então, o espaço em que os alunos adquirem as ferramentas e os conhecimentos básicos, necessários para seu ulterior desenvolvimento; ela é o espaço do desenvolvimento da personalidade de cada aluno (futuro adulto).

2. DEFINIÇÃO DO CAMPO DA DIDÁTICA: ESTUDO SISTÊMICO

Em uma primeira abordagem, convém definir o campo da didática.

O conceito de didática pode ser definido como conjunto de atividades que facilitam a acessibilidade ao saber.

Em um primeiro enfoque, o campo da didática é considerado como o estudo das relações entre o “SUJEITO” (aqui, o ALUNO é o aprendiz) e o “OBJETO” da aprendizagem, ou seja, os conteúdos da DISCIPLINA a ser ensinada (no que nos diz respeito, trata-se das Ciências Experimentais – biologia, química, física). A didática está associada ao “OBJETO”, isto é, à disciplina em questão; além de um conjunto de noções, conceitos e práticas experimentais, ela é constituída por métodos exigidos pela natureza dessa disciplina. Entretanto, a didática vai depender, igualmente, do “SUJEITO”, ou seja, do aprendiz; aliás, a finalidade das ações didáticas consiste em levá-lo a adquirir um conjunto de conhecimentos – teóricos, práticos e metodológicos –, em função de objetivos previamente definidos.

O estudo da didática começa pelo estudo do seguinte sistema:



O estudo de cada um dos elementos deste sistema e de sua inter-relação procura conhecer melhor os processos utilizados pelo aluno em situação de aprendizagem.

Este estudo permite detectar os obstáculos à aprendizagem e propõe procedimentos que visam a criar as condições favoráveis à apropriação dos saberes pelo aluno.

O *aluno* é o elemento central do sistema. Os principais eixos deste estudo são os seguintes:

- *as funções mentais utilizadas pelo aluno em situação de aprendizagem (psicologia genética e epistemologia);*
- *os processos mentais sob o ângulo dinâmico dos mecanismos de aquisição (teorias da aprendizagem);*
- *o tratamento da informação: de que maneira o aluno recebe a informação e como a utiliza para construir e estruturar seu próprio saber? (psicologia cognitiva);*
- *as representações e as aquisições anteriores: uma criança constrói suas próprias leis em função de sua experiência de vida; de que maneira suas representações podem criar obstáculo à aprendizagem?*

O aluno terá de confrontar-se com a *disciplina*; a escolha das aprendizagens, a didática e a função do professor dependerão do conhecimento da disciplina, de seus conteúdos (nacionais, conceituais, técnicas operacionais...) e da concepção de cada qual a respeito de seu papel.

Este estudo determina a escolha do quadro teórico em que se baseia a didática que, por sua vez, se encontra na encruzilhada de disciplinas, tais como a Psicologia Genética, a Psicologia Cognitiva, as Teorias da Aprendizagem, a Linguística, a Epistemologia e a disciplina, objeto do ensino.

Além da otimização dos resultados a serem obtidos pelo aluno, da organização e estruturação dos conhecimentos, a didática visa, sobretudo, à otimização das competências (saber aplicar, utilizar).

A didática centrada no aluno leva a interrogar-nos sobre os processos que ele utiliza para APRENDER: de que maneira o aluno adquire o saber científico? Quais são as operações intelectuais necessárias? Que obstáculos são encontrados por ele? Quais são as características próprias ao saber científico?...

Entretanto, a aplicação da didática em situação concreta implica um interveniente: o *ensinador** (o professor), elemento também fundamental na ação didática.

O sistema, objeto do estudo, torna-se:



Este sistema leva em consideração a situação do aluno em sua classe: o aluno encontra-se em situação de aprendizagem da disciplina, em relação com o professor e com os outros alunos da classe; o clima da classe e do estabelecimento escolar (ver Anexo – Quadro 2).

Além de definir os conhecimentos e as competências que um professor deve possuir, trata-se de estudar as inter-relações com os outros elementos do sistema.

Os professores devem possuir uma formação científica e didática.

As problemáticas, os objetivos, os métodos decorrem desta opção fundamental, a saber: que o aluno se torne ator na aquisição de seu saber.

* No original, *enseignant* (do verbo *enseigner* = ensinar). Neste livro, os dois termos – “enseignant” e “professeur”, além de “maître” – são utilizados para designar “professor”. (N.T.)

O saber é constituído pelas contribuições específicas da disciplina, não só nocionais e conceituais, mas também metodológicas, o que implica a aquisição de atitudes e de comportamentos.

O aluno é confrontado com o conteúdo da disciplina; segundo a natureza desse confronto, pode resultar daí um fracasso ou um sucesso (ver Diagrama, p.).

O aluno deve participar, de maneira ativa, na construção de seu saber a partir de suas aquisições anteriores e do confronto destas com situações de novas aprendizagens. Daí, resulta a implementação de uma didática baseada nesta concepção da apropriação do saber pelo próprio aluno. A relação sujeito-objeto coloca em evidência a posição central ocupada pelo aluno, diante do saber; esta relação implica a participação ativa do aluno que, de uma forma dinâmica, se torna o principal artesão da construção de seu próprio saber.

Confrontado com dados do mundo físico ou biológico, provenientes de observações, situações experimentais e informações, o aluno desencadeia processos mentais para compreender e organizar tais dados; por meio desta atividade, ele descobre as relações do mundo físico e consegue estruturar seu saber. O acionamento destes processos favorece a aprendizagem.

3. QUADRO TEÓRICO PARA DEFINIR OS CONTEÚDOS E MÉTODOS DO ENSINO CIENTÍFICO, DESTINADO A CRIANÇAS DA FAIXA ETÁRIA DE 11 A 14 ANOS

Nosso intuito consiste em indicar com precisão os quadros teóricos que hão de servir-nos de referência para definir os critérios que determinam a escolha dos conteúdos e métodos do ensino científico.

Estabelecemos a seguinte distinção (sem que a lista seja exaustiva):

A. Quadro teórico de referência

- *A psicologia da criança: psicologia genética (Piaget).*
- *Psicologia cognitiva, psicologia da informação.*
- *A epistemologia das ciências.*
- *O procedimento científico.*
- *O procedimento Análise-Síntese.*
- *As teorias da aprendizagem.*

B. Os critérios nacionais:

- *As finalidades e objetivos dos decisores.*
- *Os meios disponíveis.*
- *Os meios possíveis de serem implementados.*

C. A situação local:

- *Os professores (seus conhecimentos, formação).*
- *O número de alunos por classe.*
- *A heterogeneidade dos alunos.*
- *O material e a instalação dos locais disponíveis e possíveis.*
- *O Tempo, carga horária.*

3.1. A psicologia da criança

Referência: Jean PIAGET e B. INHELDER, *La psychologie de l'enfant*, Paris, ed. PUF.

A psicologia descrita por Piaget e colaboradores pode servir-nos de quadro de referência para definir os tipos de aprendizagem e seus enfoques possíveis. O problema é o seguinte: Quais são as operações mentais que a criança pode utilizar em situação de aprendizagem e, reciprocamente, quais aprendizagens podem ajudar no desenvolvimento das operações mentais da criança? Antes de tudo, escolheremos aprendizagens compatíveis com os diferentes estágios mentais da criança, assim

como as progressões e aprendizagens que vão ajudá-la a desenvolver operações mentais mais evoluídas.

Não é necessário introduzir, aqui, um longo desenvolvimento sobre a teoria piagetiana. Limitemo-nos a registrar, essencialmente (e simplificando), dois estágios distintos – descritos por Jean Piaget e aplicáveis às crianças da faixa etária de 11 a 14 anos – que servem de suporte para a aprendizagem:

- *o estágio concreto; e*
- *o estágio formal ou estágio hipotético-dedutivo.*

A segunda observação útil que vamos registrar, segundo Piaget, é que a passagem para o nível formal exige uma aprendizagem; por conseguinte, as progressões comportarão aprendizagens que, aos poucos, acionam um pensamento hipotético-dedutivo ou pensamento abstrato.

Dividiremos o intervalo de idade entre 11 e 14 anos (correspondente aos quatro níveis da 5ª à 8ª séries) em dois grandes períodos:

- *1º período de dois anos (crianças de 11 e 12 anos de idade) – 1º e 2º níveis;*
- *2º período de dois anos (crianças de 13 e 14 anos de idade) – 3º e 4º níveis.*

No decorrer do 1º período, os conteúdos serão focalizados em aprendizagens essencialmente concretas, ou seja, incidindo sobre os objetos; trata-se de estudos, em sua essência, fenomenológicos.

Pelo contrário, no 2º período, os conteúdos serão focalizados em aprendizagens, sobretudo, formais ou fase de generalização [exemplo: 1) estágio concreto: temperatura da ebulição da água – 100°C; 2) estágio formal: cada líquido tem sua própria temperatura de ebulição].

Piaget chamou a atenção, igualmente, para a importância da linguagem e da função semiótica que permitem a comunicação entre os indivíduos.

3.2. A epistemologia das ciências

Neste ponto, nos limitaremos a constatar a analogia com as observações precedentes. De fato, os primeiros períodos do conhecimento em relação a determinado conceito (exemplo: calor e temperatura) foram focalizados essencialmente nas observações, no estudo dos objetos e na análise de fatos, ou seja, em um estudo fenomenológico; mais tarde, é que o conhecimento evoluiu para a teoria, para conhecimentos abstratos e matematizados. Encontramos, de forma bem esquemática, a ordem dos dois níveis na evolução dos conhecimentos: em primeiro lugar, uma construção focalizada nos fatos, no concreto, e, em seguida, a evolução para uma fase formal; formulação de hipótese – fase abstrata, elaboração de conceitos. Observemos que a estruturação de um conhecimento está relacionada, quase sempre, com o aperfeiçoamento dos instrumentos de medida; deste modo, utilizaremos a medida na aprendizagem. Exemplo: em relação ao calor e à temperatura, o calorímetro e o termômetro (tese de B. Macedo).

3.3. O procedimento científico

De forma esquemática, estabelecemos a distinção, por ordem crescente, entre diferentes fases:

- *observações, coleta de dados, grandezas físicas, medidas;*
- *relação entre as grandezas físicas. Leis;*
- *hipóteses, verificação de hipóteses...;*
- *elaboração de conceitos.*

Observaremos a similitude e a coerência entre esses diferentes quadros teóricos.

3.4. O procedimento Análise-Síntese

O procedimento utilizado no colégio para as aprendizagens será, em primeiro lugar, um procedimento *Analítico* (exemplo na química: da MATÉRIA ? às partículas fundamentais); mais tarde, no liceu, será utilizado o procedimento *Sintético* (das partículas elementares ? à MATÉRIA).

3.5. A teoria das aprendizagens

O procedimento científico descrito serve-nos para definir não só a progressão das aprendizagens – portanto, o modo de aquisição de conhecimentos pelo aluno –, mas também o método didático utilizado para obter tais aprendizagens (método experimental), com referência à teoria construtivista das aprendizagens.

(Outros elementos introduzem uma certa flexibilidade nesta teoria).

Vamos distinguir as fases metodológicas:

- *coleta de dados;*
- *construção: organização dos dados (relação, lei);*
- *estruturação: capacidade para formalizar.*

As aprendizagens devem comportar procedimentos de *reforço* e de *reinvestimento* das aquisições.

O reforço de uma noção consiste em renovar sua aprendizagem para aprimorar sua aquisição.

Por sua vez, o reinvestimento é a reutilização de uma aquisição em aprendizagens ulteriores.

4. OS CONTEÚDOS. GENERALIDADES

Os diferentes quadros teóricos que nos servem de referência são coerentes. Relativamente à psicologia da criança, à episte-

mologia, ao procedimento científico e à teoria das aprendizagens, estabelecemos a distinção entre duas grandes fases:

- *fase concreta, estudos fenomenológicos;*
- *fase formal, generalização, abstração.*

Os conteúdos incidirão, em primeiro lugar, sobre estudos fenomenológicos familiares à criança:

- *observações, descrição, grandezas físicas, medidas, comparação, classificação, conservação.*
- *estabelecimento de relação entre as medidas.*
- *introdução do vocabulário científico.*

Em seguida, os conteúdos devem evoluir (a partir dos 13 anos) para generalizações (passamos do caso particular para o caso geral) e para noções mais abstratas, formulação de hipóteses e procedimento de verificação das hipóteses. Exemplo na química: introduz-se a noção de Modelo e procede-se à construção de sucessivos modelos (da noção de espécie química ou corpo puro à molécula, em seguida, átomo e partículas – ver as progressões construídas no laboratório para a classe das crianças com 14 anos).

Observação: as idades são sugeridas a título indicativo; de fato, trata-se de níveis de classe.

III. OS FUNDAMENTOS DA AÇÃO DIDÁTICA

PONTOS DE REFERÊNCIA

1. Os objetivos

2. Elaboração de uma didática

3. A ação didática

- As diferentes etapas da ação didática;
- As práticas didáticas.

4. As ferramentas didáticas

A partir da análise de situação de classe, definiremos os fundamentos da ação didática que são os procedimentos aplicados nas aprendizagens do aluno ajudado pelo professor. Analisaremos, sucessivamente, os objetivos didáticos, os conteúdos em termos de aprendizagem, os métodos didáticos, as ferramentas didáticas utilizadas tanto pelo professor, quanto pelo aluno, e as práticas didáticas.

1. OS OBJETIVOS

O problema da definição dos objetivos é complexo: problemas de formulação, de inventário, de classificação e de hierarquização, assim como de avaliação.

Estabelecemos uma distinção entre *os objetivos gerais* e *os objetivos concretos* (objetivos da aprendizagem).

1.1. Os objetivos gerais

Seu nível de abstração é elevado; além disso, eles apresentam um caráter impreciso. Exemplo: os objetivos relacionados com as aptidões, os comportamentos, tais como: “desenvolver o espírito crítico, a formação científica”. Apesar de sua formulação permanecer ambígua, eles não deixam de constituir um quadro de referência.

Outros exemplos de objetivos gerais: “desenvolvimento das capacidades mentais do aluno”; “ajuda na passagem do estágio concreto para o estágio formal ou estágio hipotético-dedutivo”.

1.2. Os objetivos concretos ou objetivos da aprendizagem

Trata-se de objetivos bem definidos. Sua formulação deve explicitar o que o aluno deve poder fazer após a aprendizagem (os desempenhos a serem concretizados); eles devem ser *avaliados*. Além de implicarem uma mudança ou melhoria no comportamento, eles explicitam a aprendizagem e os processos de ensino que permitem tal aprendizagem.

1.3. Os objetivos didáticos

Eles se definem em relação ao quadro de referência sobre os processos da aprendizagem.

- *coletar dados (identificar, nomear, medir), estabelecer a relação entre grandezas físicas, aplicar as relações, organizar, estruturar;*
- *estruturar: consiste em integrar novos saberes aos saberes anteriores e chegar a uma formulação desse conjunto de saberes.*

Os objetivos didáticos balizam com precisão as diferentes etapas da construção dos saberes, assim como as condições favoráveis para tal construção.

Citemos como exemplos:

- *questionamento: busca de respostas para uma questão;*
- *reinvestimento das aquisições anteriores;*
- *atividades que forneçam ao aprendiz a oportunidade de efetuar operações cognitivas de diversos níveis;*
- *conflitos entre conhecimentos anteriores e novos saberes;*
- *reforço de conhecimentos;*
- *domínio da linguagem;*
- *estruturação em redes conceituais;*
- *aquisição de competências.*

Observação sobre as definições dos objetivos: aconselhamos passar rapidamente pelos pontos 1.1 e 1.2 para evitar um exercício que pode revelar-se estéril.

2. ELABORAÇÃO DE UMA DIDÁTICA

2.1. Elementos para a elaboração de uma didática

Depois da definição do quadro teórico de referência para a construção do saber, devem ser tiradas as consequências de tal operação: expressar os objetivos específicos da didática que lhe são inerentes e procurar procedimentos de ensino, assim como práticas didáticas coerentes com esse quadro de referência.

2.2. Explicitação dos objetivos específicos da didática

As atividades propostas pelo professor, experimentais ou não, têm como objetivo permitir uma aprendizagem; portanto, devem estimular a atividade mental dos alunos, levando-os a

trabalhar sua mente, de maneira consciente, em situações coerentes com os objetivos visados. Estes comportam não só a aprendizagem de conceitos, mas também – sem que possa ser feita uma dissociação entre uma e outra – a aprendizagem de uma atitude científica, além da busca do desenvolvimento das estruturas operatórias.

As situações didáticas propostas devem permitir que, individualmente e em equipes de trabalho, os alunos tenham a possibilidade de:

- *mobilizar as aquisições anteriores, fazer emergir e expressar as representações que tenham relação com as aprendizagens a serem obtidas;*
- *coletar novas informações e proceder ao seu tratamento: para isso, utilizar os instrumentos cognitivos que estão à disposição de cada aluno, segundo seu nível de desenvolvimento e de conhecimentos;*
- *provocar conflitos internos entre representações pessoais iniciais e dados de origem externa;*
- *expressar os questionamentos resultantes da atividade mental;*
- *fazer emergir e expressar os obstáculos que aparecem no momento da integração dos novos dados;*
- *reestruturar, de maneira coerente, os saberes: integrar os novos dados provocando a criação de novas redes conceituais e de novas relações no âmago das redes anteriores, assim como o abandono dos preconceitos;*
- *aplicar os novos conhecimentos, operar transferências para outras situações ou áreas, generalizar;*
- *avaliar as aquisições, graças a diversas produções que podem ser levadas em consideração pelo grupo-classe, validando e reforçando assim as aquisições.*

2.3. Operacionalização desses objetivos

A implementação pelo professor de seu ensino, tanto na organização das seqüências das aulas quanto em suas práticas pedagógicas, deverá favorecer, portanto, todas as atividades intelectuais.

Ao preparar “seu curso”, o professor tem, agora, em sua mente, não só o conteúdo nocional que deve ser aprendido pelos alunos, mas a consciência da complexidade do ato de ensinar* e de um certo número de condições necessárias para a aprendizagem. Para ele, o aluno já não é um receptor passivo de informações, mas um indivíduo que deve acionar numerosas faculdades sensitivas, afetivas, motoras e mentais para construir o que constituirá seu saber próprio.

Para responder à questão – “O que devo fazer durante este curso?” –, o professor é levado a se formular a seguinte pergunta: “O que deve ser feito pelos alunos para aprenderem este conteúdo?”

Portanto, o professor deve elaborar seu ensino em função de procedimentos e ações a serem propostos aos alunos ou, mais exatamente, em função de situações que permitirão aos alunos a execução de tais ações.

3. A AÇÃO DIDÁTICA

A ação didática está dependente da escolha do modelo de referência. Na literatura, encontramos a descrição de um grande número de modelos, dos quais evocaremos três tipos de escolha:

- tomar uma estrutura preestabelecida da disciplina e aplicá-la; eis o que é aplicado no modo magistral ou modo de exposição de estrutura linear;

* No original, *apprendre*. (N.T.)

- *considerar o aluno como única referência: pedagogia da “descoberta”;*
- *levar em consideração o aluno e a disciplina – método ativo, mas em um modelo definido pelo adulto.*

Preconizamos uma combinação de modelos: a escolha determina-se em função das problemáticas existentes; entretanto, é necessário ficar atento para que o conjunto permaneça coerente.

O desenvolvimento da didática das ciências experimentais leva-nos a trocar de modelo: passamos do modelo chamado “a transmissão do saber” (saber estruturado) para o modelo em que o aluno apropria-se do saber; neste caso, ajudado pelo professor, ele constrói e procede à estruturação de seu saber, o que implica uma mudança das concepções e das práticas do ensinador (ver a evolução da problemática dos professores em situação de formação, p.). Neste tipo de didática, a natureza da disciplina impõe uma escolha: em relação às ciências experimentais, a escolha fundamental reside na natureza das atividades didáticas que, no essencial, são atividades experimentais (não confundir com a pedagogia da descoberta que, em nossa opinião, deve ser rejeitada).

A ação didática tem como finalidade a aquisição do saber de uma disciplina (biologia, química, física) que tem sua lógica e sua estrutura; a disciplina determina a natureza das aprendizagens. Entretanto, no caso de uma didática ativa, devemos levar em consideração o aluno em sua globalidade e fixar-nos como objetivo, em particular, o desenvolvimento de suas funções mentais. Para definir, por exemplo, a ordem das aprendizagens (busca de uma progressão), devemos ter em conta os processos mentais utilizados pelo aluno, assim como a estrutura da disciplina, ficando atentos para garantir, quanto

seja possível, a harmonização e a coerência do conjunto. A pertinência das escolhas das aprendizagens levará em consideração o entorno do aluno e a contribuição da “fonte social”.

3.1. As diferentes etapas da ação didática

- *Identificação das aprendizagens:* análise conceitual e metodológica da disciplina. O resultado deste trabalho pode ser apresentado sob a forma de REDES; trata-se de ferramentas didáticas que representam o quadro de referência – nível professor e nível aluno (ver exemplos da p.; e Anexo – Rede 1).
- *Construção da progressão que define a ordem das aprendizagens, segundo os critérios utilizados, tais como os quadros teóricos do conhecimento do aluno e as características da disciplina.*
- *Escolha da didática definida em função do quadro de referência e dos elementos das teorias da aprendizagem; em sua aplicação, devem ser levados em consideração os fatores restritivos, tais como os entraves, o material, a formação e as motivações.*
- *Construção de seqüências e atividades experimentais, de preferência, no entorno do aluno.*

3.2. As práticas didáticas

O desenrolar da progressão é visto em uma sucessão de seqüências de aula.

Cada seqüência comporta, essencialmente, três tipos de momentos que correspondem a etapas de um procedimento de construção do saber científico:

- *omentos de abordagem: explicitação dos problemas, informações, observações, formulação de hipóteses, proposições de experiência;*

- *momentos de investigação a partir de uma atividade, experimental ou não. Estes momentos comportam, em geral, duas fases: trabalho em pequenos grupos e trabalho coletivo;*
- *momentos de estruturação: o trabalho de estruturação é completado por atividades de reforço;*
- *explicitação dos obstáculos;*
- *reinvestimento das aquisições: munido desse saber, o aluno poderá abordar uma nova seqüência de aula no decorrer da qual ele será chamado a reinvestir uma parcela desse saber.*

3.2.1. As seqüências de aula

As sessões de apresentação do conteúdo são divididas em seqüências; cada uma delas constitui uma unidade.

No decorrer de cada uma, os alunos efetuam uma operação coerente que, progressivamente, há de levá-los a familiarizarem-se com o procedimento científico.

O desenrolar da progressão pode ser vislumbrado em uma sucessão no tempo de seqüências de aula; uma sessão pode comportar uma ou várias seqüências em função do volume e da dificuldade das aprendizagens.

Cada seqüência comporta três tipos essenciais de momentos de maneira a suscitar formas de participação do aluno em todas as fases do trabalho coletivo.

3.2.1.1. Momentos de abordagem: explicitação dos problemas, informações, observações, formulação de hipóteses, proposições de experiência

Esses momentos encontram-se, naturalmente, no início de cada seqüência, assim como em seu desenrolar, a fim de proceder ao encadeamento de uma atividade com a precedente.

Qualquer atividade começa por um momento de tomada de consciência da situação: antes de entrar na ação, é indispen-

sável que cada aluno esteja decidido a agir, saiba o que deve fazer e o motivo pelo qual deseja fazê-lo.

Estes momentos de abordagem têm, portanto, objetivos afetivos e cognitivos:

- objetivos afetivos: *criar um clima coletivo que favoreça as atitudes individuais de orientação positiva em direção à atividade e ao grupo-classe (comunicação: emissão-recepção), clima de confiança, valorização;*
- objetivos cognitivos: *incitar cada aluno ao questionamento, a partir de seus conhecimentos anteriores, a fim de que, exercitando sua curiosidade, ele se envolva em uma dinâmica coletiva intelectual; esta postura visa à busca de respostas para os problemas existentes.*

Para alcançar esses objetivos, o professor suscita:

- *a expressão pelos alunos das respectivas concepções e de suas questões a respeito do tema abordado;*
- *a análise, pelo grupo, das expressões de cada um: trabalho sobre as idéias manifestadas e a linguagem utilizada;*
- *a formulação coletiva dos problemas que estão sendo estudados.*

Nestes momentos de abordagem, o professor é, essencialmente, animador: ele incita os alunos a refletirem, formular questões, expressar suas indagações, confrontar suas concepções com as dos colegas...

Ele é, também, fonte de um mínimo de informações necessárias para a atividade mental dos alunos.

Além da preparação de uma atividade, estes momentos de abordagem constituem, em si mesmos, momentos de intensa atividade mental e afetiva: a eficácia das ações a serem empreendidas, posteriormente, dependerá, em grande parte, da qualidade desses momentos.

3.2.1.2. Momentos de investigação a partir de uma atividade, experimental ou não; em geral, esses momentos comportam duas fases:

• **1ª fase: trabalho em pequenos grupos**

Os alunos – no início, sozinhos ou em pequenas equipes de trabalho – são confrontados com uma situação de pesquisa, cujo objetivo é: (1) a coleta de dados necessários para o estudo do problema; (2) o tratamento desses dados; e (3) a formulação de novas hipóteses.

É necessário deixar aos alunos o tempo de ficarem “perdidos” em suas tentativas, colocar em questão seu próprio trabalho, criticar-se mutuamente; assim, por meio de um confronto cada vez mais acirrado entre os diversos enfoques, eles irão progredir em direção a um procedimento objetivo, científico, assim como para uma expressão apropriada e rigorosa de seus dados.

No decorrer deste trabalho em equipe, os alunos elaboram um relatório escrito com os resultados obtidos a partir de suas questões e com as hipóteses de solução...

O papel do professor consiste, se necessário, em dar novo alento à discussão nas equipes, suscitar a emergência de questões e favorecer a identificação, pelos alunos, de seus próprios procedimentos.

• **2ª fase: trabalho coletivo**

Após a explicitação de todos os dados e reflexões provenientes das equipes de trabalho, o professor suscita o confronto entre as diferentes contribuições.

Nesta fase do trabalho, o professor procura desenvolver as capacidades de análise dos alunos: identificação e classificação dos diferentes dados, colocação em evidência dos fatores que intervêm na situação estudada, busca de relações entre tais fatores...

Ele é sempre aquele que suscita a atividade e a expressão dos alunos: animador esclarecido do grupo.

3.2.1.3. Momentos de estruturação

Os resultados da análise coletiva dos dados são confrontados com o problema levantado.

Neste caso, os alunos são levados a:

- *tirar conclusões, validadas pela repetição de resultados equivalentes; e/ou*
- *formular questões que, por sua vez, servirão de base para propor uma outra atividade de investigação; e/ou*
- *formular hipóteses que serão verificadas por resultados experimentais ulteriores.*

Neste trabalho, a busca do rigor na expressão e a passagem da linguagem espontânea para a linguagem científica devem desempenhar um papel no nível não só da expressão, mas, sobretudo, da elaboração e da estruturação do pensamento das crianças.

Este conjunto de resultados, organizados, expressos em uma linguagem científica, constitui as aquisições desta atividade.

Estas aquisições são relacionadas com os saberes anteriores: a busca da expressão clara e precisa das relações leva à elaboração de novas estruturas conceituais que podem ser representadas em uma rede parcial que se integra à rede construída, desde o início do estudo deste campo conceitual.

Nesta fase do trabalho, o professor, além de animador, é a garantia do saber científico; ele pode ser levado, também, a fornecer informações para permitir uma generalização das aprendizagens.

O trabalho de estruturação é completado por atividades de reforço:

- *comparação com os conhecimentos oriundos de outras situações conhecidas que permitem a generalização;*
- *transferência das aquisições para áreas diferentes que permitem a evocação dos novos conhecimentos e seu reinvestimento.*

No termo de um momento de estruturação, cada aluno deve ter à sua disposição todas as noções adquiridas do campo conceitual, suas relações, as hipóteses aventadas, as questões sem resposta...

Munido deste saber, ele poderá abordar uma nova sequência, no decorrer da qual será chamado a reinvestir uma parcela desse saber.

3.2.2. Coleta das representações do grupo-classe

Trata-se das expressões escritas individuais, das questões, respostas, hipóteses, assim como do acompanhamento da coleta desses dados na sala de aula.

Esta prática comporta duas fases sucessivas:

- **1ª fase – expressão escrita individual:** na sequência de um questionamento qualquer, os alunos dispõem de alguns minutos para escrever suas idéias sobre o assunto ou as palavras que lhes vierem à mente.

Neste gênero de atividade, o objetivo não é procurar a resposta “certa”, mas fazer emergir tudo o que o assunto evoca para os membros do grupo.

Eles recebem a instrução de não se autocensurarem porque as informações que, eventualmente, fossem eliminadas, seriam, talvez, as mais interessantes em virtude das discussões que viessem a provocar.

- **2ª fase – coleta dos dados:** ao cabo de alguns minutos, os alunos lêem, alternadamente, suas proposições escritas; o professor escreve as palavras/expressões-chave no quadro-negro.

Quando o último aluno tiver lido suas proposições, o conjunto dos dados de todo o mundo fica à disposição de todo o grupo; cada um deve apropriar-se deste conjunto e servir-se dele no prosseguimento da atividade.

Análise desta prática

- ela incita os alunos a procurar sua própria resposta *porque eles não podem contar com a resposta dos mais rápidos, como ocorre quando a expressão é somente oral; assim, cada um interroga-se, mobiliza e exprime, por escrito, seus saberes anteriores – quase sempre, parciais –, estruturados ou não;*
- permite que todos os alunos expressem sua resposta, *na medida em que:*
 - a expressão oral é diferida em relação à atividade mental: deste modo, os alunos inseguros e receosos do julgamento dos colegas evitam o bloqueio resultante da simultaneidade que, praticamente, existe entre reflexão e expressão, diante do grupo, por ocasião de um questionamento unicamente oral;
 - aqueles que não conseguem exprimir-se espontaneamente, de forma oral, por causa de uma emotividade exacerbada, beneficiam-se de um suporte escrito;
 - as respostas não são julgadas em relação a critérios de “certo” ou “errado”, mas aceitas como dados úteis para o trabalho do grupo: o aluno pouco seguro deixa de ficar paralisado pelo receio do julgamento do professor;
 - além disso, a expressão de cada um não é induzida pela expressão dos outros, o que ocorre nas atividades orais: a primeira resposta – sobretudo, se for dada por um aluno considerado “bom” pelos pares – influencia as respostas formuladas, posteriormente, fixando um sentido de investigação e, assim, limitando o campo das representações expressas;

- permite o prolongamento da reflexão, e sua ampliação, *dos que sentirem o desejo de fazê-lo; eles já não são interrompidos em sua atividade pelas intervenções dos colegas. Assim, fornecerão ao grupo uma abertura original.*

O impacto desta prática está exposto e comentado em numerosos relatórios de experimentação, elaborados pelos professores que a aplicaram em suas classes:

- ***no plano cognitivo***

- ela suscita, em todos os alunos, uma atividade mental de mobilização das representações e aquisições anteriores, busca de hipóteses e questionamento;
- favorece a abertura a dados, cuja fonte é de origem externa ao indivíduo, facilitando o abandono de um egocentrismo infantil que cria obstáculo à aprendizagem do procedimento científico;
- permite que o conjunto da classe se beneficie de dados tão ricos e diversificados quanto possível;

- ***no plano afetivo***

- ao tomarem consciência do valor de suas contribuições para o grupo, os alunos que não têm o costume de tomar a palavra, sentem-se valorizados;
- esta prática favorece a inserção no grupo-classe dos alunos menos seguros de si mesmos;
- contribui para criar uma dinâmica de classe positiva para o trabalho coletivo.

3.2.3. Explicitação dos obstáculos

Em um grande número de classes, a experimentação mostra que, para a apropriação de um saber estruturado, os alunos devem transpor numerosos obstáculos para abandonar as idéias que foram construindo ao sabor de suas próprias experiências, de seu contato com a mídia...

Para superar as dificuldades, a primeira etapa consiste em identificá-las: as práticas utilizadas pelo professor devem suscitar, antes de tudo, o confronto com o obstáculo de maneira a levar o aluno a exprimir questões ou respostas, eventualmente, errôneas... Neste caso, o professor toma consciência da dificuldade encontrada; pode identificá-la com precisão, servindo-se de outras questões e, assim, revelá-la ao aluno.

Numerosos obstáculos não podem ser superados no primeiro encontro. Segundo o grau de estruturação das aquisições anteriores, os novos dados são inseridos em uma rede incompleta, até, mesmo, errônea; assim, produzem-se novas confusões, dúvidas, questionamentos provocados pelo estabelecimento de relações equivocadas ou pela dificuldade ou, inclusive, impossibilidade, de criar novas relações por causa das lacunas da rede existente.

Então, torna-se indispensável que os alunos enfrentem, em diversas ocasiões, esses obstáculos em diferentes situações, antes de poderem estruturar definitivamente os conceitos em questão.

Todos os momentos das seqüências de aula podem ser propícios à emergência de um obstáculo.

Esta emergência é facilitada, essencialmente, pela atitude do professor, aberta a todas as formas de expressão pelas quais os alunos manifestam sua atividade mental; tal atitude permite estabelecer na classe, progressivamente, um clima de trabalho de pesquisa para a construção de um verdadeiro saber.

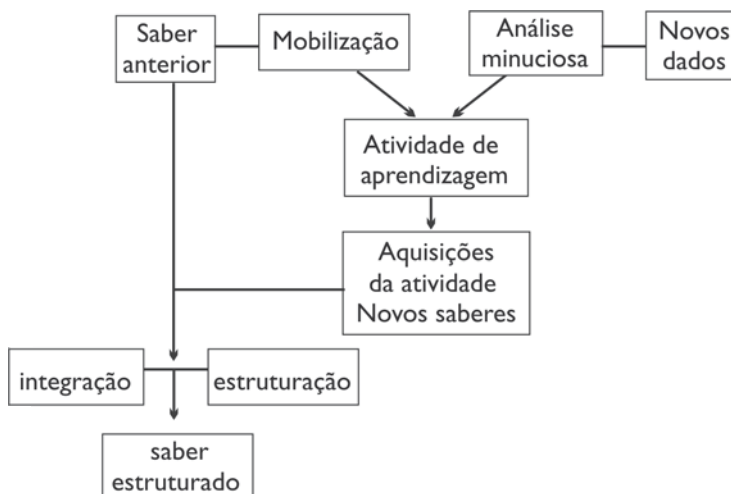
Reboul: “A escola acolhe o erro como uma etapa necessária para aprender, como o que deve ser superado para adquirir competências e saber. O avanço do aluno será tanto maior na medida em que ele tiver o direito de errar.”

3.2.4. Reinvestimento das aquisições

Qualquer aprendizagem efetuada a partir de uma ou várias atividades experimentais é utilizada nas situações posteriores: as novas atividades permitem, assim, completar ou consolidar as aquisições anteriores.

No decorrer de cada seqüência de aula, as práticas devem permitir que os alunos mobilizem e expressem as aquisições que vão servir de suporte para a construção de novos saberes; no decorrer dos procedimentos de estruturação, eles estabelecem todos os vínculos entre antigos e novos saberes, inserindo-os em uma única rede.

O reinvestimento das aquisições anteriores realiza-se, essencialmente, por meio de dois tipos de atividade mental: mobilização e estruturação. Eis o que mostra perfeitamente a dinâmica não-linear da construção do saber.



Ausubel Novack: “A aprendizagem cognitiva define-se como a integração de uma nova informação que se incorpora ao conceito preexistente, modificando-o.”

3.2.5. Avaliação-aprendizagem

Este tipo de atividade situa-se no final de uma aprendizagem importante e tem como objetivo permitir aos alunos e ao professor:

- *avaliar as aquisições;*
- *explicitar os problemas, os obstáculos;*
- *completar as aprendizagens.*

Assim, graças à dinâmica do grupo-classe, segundo o nível de suas aquisições, cada aluno efetua a atividade mental que lhe é necessária, a fim de estar preparado para passar às aprendizagens posteriores.

3.2.6. Fichas de trabalho / aluno

Trata-se de um instrumento de trabalho que tem como objetivo permitir que as equipes de alunos assumam a responsabilidade por uma atividade experimental.

Estas fichas contribuem para a organização material, suscitam discussões para levar a bom termo a experiência, para coletar os dados pertinentes, para analisar esses dados a fim de chegar à expressão das conclusões em relação aos objetivos da experiência ou à formulação de novas questões.

As experimentações efetuadas na sala de aula, no decorrer de nossas pesquisas, permitem constatar que os alunos adquirem rapidamente as capacidades para executar, de uma forma autônoma, esse tipo de atividade.

Entretanto, numerosas dificuldades subsistem em relação à coleta dos dados pertinentes, assim como à sua análise em função do objetivo fixado; de fato, para serem empreendidas de uma forma autônoma, parece que essas atividades exigem um mínimo de abstração.

Numerosas crianças que se encontram em uma fase intermediária de desenvolvimento têm necessidade de serem orientadas para efetuar este tipo de trabalho.

3.2.7. As ferramentas didáticas

As ferramentas didáticas são todos os documentos elaborados pelo professor – individualmente ou em equipe – para seu próprio uso ou para ajudar os alunos em suas práticas; estas ferramentas devem evoluir em função de sua utilização na sala de aula para que se mantenham, tanto quanto seja possível, pertinentes.

A título de exemplo, citemos algumas ferramentas didáticas utilizadas pelo professor:

ANÁLISE CONCEITUAL, SISTEMA DE REFERÊNCIA / ALUNO (nocional, metodológico), GRADES DE APRENDIZAGEM, REDES, FICHAS DE TRABALHO / ALUNO, PROTOCOLO (construção de seqüências de aula, procedimentos, práticas didáticas).

Mais adiante, neste documento e nos Anexos, são apresentadas diferentes ferramentas.

Vejamos, de forma mais detalhada, a ferramenta “REDE”.

IV. AS REDES CONCEITUAIS

Sua utilização na didática

PONTOS DE FREQUÊNCIA

1. Uma ferramenta: a rede conceitual

2. Utilização das redes na didática

2.1. Rede: ferramenta para o trabalho pessoal dos alunos

2.2. Rede: procedimento para a avaliação

2.3. Rede: ferramenta destinada ao professor para prever seu ensino

2.4. As redes: ferramentas para a classe

Ao promover a associação estreita entre profissionais na ativa e pesquisadores, as investigações empreendidas no laboratório têm como objetivo, antes de tudo, analisar os obstáculos que impedem os alunos de adquirir saberes estruturados; em seguida, elaborar novos procedimentos de aprendizagem com ferramentas didáticas adaptadas, além de experimentá-los em situação concreta da sala de aula, a fim de avaliar sua eficácia.

Neste capítulo, vamos apresentar procedimentos baseados na elaboração e utilização de redes nocionais e operacionais pelos alunos e pelos professores.

Na *Introdução*, expomos o quadro em que nos situamos, mencionando nossos fundamentos teóricos e nossas escolhas didáticas; descrevemos a rede conceitual, como ferramenta didática, com os procedimentos de elaboração, assim como as diversas utilizações didáticas possíveis.

INTRODUÇÃO

Para elaborar seu ensino, cada professor é levado a interrogar-se a respeito da maneira como seus alunos irão apropriar-se dos saberes que deverão ser transmitidos por ele.

De forma esquemática, podemos conceber *dois modos de aquisição*:

- **o aluno recebe um saber construído**, fornecido essencialmente pelo professor e pelos manuais escolares. Na sala de aula, ao proceder a anotações de um curso ou executar as instruções indicadas ou, em seguida, em seu trabalho pessoal (aprendizagem do saber comunicado, exercícios de aplicação, resumo do curso...), ele deve tentar compreender, aplicar, memorizar o que lhe é comunicado; deste modo, cada aluno utiliza métodos pessoais espontâneos, mais ou menos eficazes;

- **o aluno constrói seu saber**. No decorrer de atividades na sala de aula e de seu trabalho pessoal, a partir de diversos materiais, e graças a procedimentos propostos e ensinados, ele deve, alternadamente, procurar as informações, tratá-las, ordená-las, confrontá-las com seus saberes anteriores, proceder à integração de saberes novos a antigos no cerne de estruturas conceituais cada vez mais complexas.

Por nossa parte, situamo-nos resolutamente no quadro da segunda concepção, o que não exclui, de modo algum, a utilização pontual de procedimentos característicos da primeira.

O professor é, então, aquele que vai permitir a cada aluno executar todas as etapas necessárias para a aquisição e estruturação de um campo de conhecimentos.

Assim, ele é, sucessivamente, fonte de informações, organizador das atividades de aprendizagem, avaliador; mas, sobretudo, em suas múltiplas funções, o professor deve fazer com que todos os alunos tenham a oportunidade e a

possibilidade de efetuar as operações cognitivas pelas quais cada um deles construirá seu saber.

Portanto, a tarefa fundamental do professor consiste em criar, por seu ensino, as condições que vão suscitar, em cada aluno, a atividade cognitiva e, em particular, os questionamentos necessários para o estabelecimento de relações e a integração entre saberes antigos e novos.

Para desempenhar esse papel junto a cada aluno, o ensinador é impelido, por um lado, a conceber um ensino coerente com suas próprias concepções do ato de ensinar – procedimentos, práticas pedagógicas e ferramentas didáticas – e, por outro, deve levar em consideração todos os fatores suscetíveis de influenciar as situações de aprendizagem – programas e instruções, condições reais das classes, heterogeneidade dos níveis operatórios e de conhecimento, assim como das motivações, condições materiais.

Além disso, os saberes que devem ser apropriados pelos alunos, em particular o saber científico, nunca são noções isoladas que se bastem a si mesmas; os conceitos de determinado campo científico estão sempre estreitamente associados entre si e o domínio de um deles exige a referência a um grande número de outros conceitos. De resto, essas aprendizagens estão ligadas à apropriação de métodos científicos de raciocínio.

Assim, a aprendizagem deve levar cada aluno a estabelecer a relação entre todas as noções necessárias para o domínio de determinado campo científico; para alcançar esse objetivo, ele deve promover numerosos atos intelectuais que pressupõem sua implicação permanente no trabalho:

- *questionar-se, explicitar suas questões;*
- *mobilizar e exprimir as aquisições anteriores que tenham alguma relação com as aprendizagens a serem obtidas;*

- *coletar novos dados e tratá-los;*
- *confrontar esses dados com seus saberes anteriores, explicitar os obstáculos encontrados;*
- *confrontar seus novos saberes com os saberes de outros alunos;*
- *identificar e exprimir as estruturas internas do campo estudado;*
- *operar recuperações do campo apropriado a partir de diversos estímulos, pela aplicação dos conhecimentos em novas situações.*

Apesar de alguns alunos conseguirem executar, espontaneamente, as atividades cognitivas que lhes permitem construir essas redes conceituais, a maior parte deles tem necessidade de utilizar ferramentas didáticas apropriadas para efetuar a integração de diversos conhecimentos.

No âmbito do ensino científico, baseado na construção do saber por aluno, em situação de classe heterogênea, é que propomos uma *ferramenta*, ou seja, a *rede*: esta favorece, por um lado, o questionamento e as atividades de estruturação por aluno e, por outro, a consideração pelo professor de todos os fatores que intervêm nas situações de aprendizagem.

Na seqüência deste documento, explicitamos o que é abrangido pelo termo “rede” e apresentamos diferentes modalidades desta ferramenta em sua utilização didática.

1. UMA FERRAMENTA: A REDE CONCEITUAL

1.1. Referências bibliográficas

Esta ferramenta é utilizada, há vários anos, e sua eficácia é confirmada, na área do ensino científico, por diferentes laboratórios de pesquisa universitária; seus objetivos consistem em encontrar métodos para: (1) favorecer a compreensão de um texto e a memorização das idéias fundamentais; (2) facilitar a estruturação e a integração de um ensino nocional ou operacional; e (3) proceder à avaliação dos conhecimentos.

1.2. Descrição da ferramenta

Uma rede é um conjunto de noções ligadas entre si por relações, explícitas ou implícitas:

- *palavras/expressões;*
- *relações;*
- *estruturas.*

A rede é uma representação espacial de um campo de conhecimentos.

Ela é construída a partir de *palavras/expressões* que correspondem às noções ou conceitos. São os *nós*; por sua vez, as *relações* existentes entre os conceitos são materializadas por *vínculos, linha* ou *arco*.

O modelo mais simples é o emprego do nó para representar os conceitos, enquanto as linhas e os arcos representam as relações entre os conceitos.

Um modelo mais complexo apresenta uma rede completa com anotações; além disso, as relações são explícitas.

Exemplo: ver Anexo – Rede 1

1.3. Os tipos de representação espacial

A característica fundamental de uma rede é sua estrutura no plano. Podemos representar, esquematicamente, as diferentes formas obtidas:

- *representação sob a forma de uma lista sem hierarquia;*
- *representação linear, ou quase linear, a partir de uma noção-chave;*
- *representação em forma de estrela a partir de uma noção-chave;*
- *ramificação das pontas da estrela, centralizada em uma noção-chave;*
- *representação engradada em torno de várias noções-chave e criação de múltiplas interconexões entre as ramificações.*

Estas diferentes formas, desde a mais simples até a mais complexa, são características do grau de estruturação do campo conceitual considerado como referência, enquanto a extensão da representação espacial depende da extensão do campo conceitual em questão.

De fato, um saber extenso, mas não estruturado, pode levar a uma rede de grande extensão, comportando um grande número de noções pertinentes, embora com poucas conexões, enquanto a mesma “quantidade” de saber – desta vez, estruturado – exprime-se por meio de numerosas interconexões significantes do nível de estruturação.

Apesar de dependerem da extensão e da complexidade do campo de conhecimentos – existindo mesmo a pretensão de representar sua estrutura –, as configurações possíveis são também significativas das diferentes etapas da aprendizagem de um campo conceitual; portanto, podemos compreender o interesse desta ferramenta para a avaliação.

1.4. Procedimentos para a elaboração das redes

1.4.1. Construção de uma rede no decorrer da aprendizagem

Para construir uma representação espacial de um campo conceitual, torna-se necessário passar por algumas etapas. Vamos proceder a uma apresentação linear dessas etapas; na realidade, se o aprendiz deve começar necessariamente pelo início da primeira, ele consegue transpô-las paralelamente por numerosas idas e vindas entre uma e outra.

Para chegar a um produto acabado, o aluno deve:

- identificar e escrever as palavras/expressões-chave do campo conceitual, classificá-las (palavras genéricas, ações, objetos, unidades, atributos...); fazer emergir os conceitos fundamentais;

- *expressar as relações entre os conceitos fundamentais e as noções que lhes são inerentes (relações binárias ou ternárias);*
- *começar a dispor, em um plano, os conceitos (nós principais) em relação (flechas + círculos) com as noções (nós secundários);*
- *acrescentar as noções e relações que aparecem no decorrer da construção da rede, suscitadas pelo próprio trabalho de construção;*
- *trabalhar a configuração espacial até obter uma configuração que pareça ser a mais satisfatória ao autor e a mais completa no plano do conteúdo; estruturar a rede de forma completa e nítida.*

Segundo o tema abordado, podem vir a formular-se diversos problemas:

- *busca de heterogeneidade na apresentação das diferentes categorias de noções (palavras genéricas, objetos, unidades...) ou de relações (atributos, ação, conseqüências...);*
- *busca de colocação em evidência de diferentes áreas ou ângulos de visão do mesmo campo de conhecimentos (na química, áreas da “experiência” e da “teoria”...).*

1.4.2. Construção de uma rede a partir de um texto

No decorrer do estudo do campo de determinada disciplina, alguns conhecimentos devem ser extraídos de textos. Uma estratégia de leitura pode revelar-se eficaz para facilitar a compreensão do essencial, a memorização em longo prazo e a recuperação dos conhecimentos assim adquiridos:

- *primeira leitura rápida, identificação do assunto, levantamento dos conceitos-chave, construção de um primeiro estágio da rede de conjunto;*
- *segunda leitura, para compreender o sentido profundo do texto, identificação de todas as noções indispensáveis para conseguir essa compreensão, inserção dessas noções na rede;*
- *leitura superficial do texto, para identificar os detalhes úteis e inseri-los na rede;*
- *busca de uma representação clara.*

1.4.3. Construção de uma rede sobre um tema

Fonte: notas pessoais do aluno e/ou capítulo do livro ou texto.

Estabelecer a lista das palavras/expressões selecionadas a partir de critérios definidos:

- *rede sobre um conjunto de conceitos-chave bastante gerais (rede de conjunto);*
- *rede limitada a uma noção essencial bastante detalhada e enriquecida com exemplos.*

A partir da lista, as palavras são *classificadas por categoria e hierarquizadas*.

Exemplo: eletricidade

- *grandezas mensuráveis: intensidade, tensão...;*
- *unidade de medida: Ampère, Volt;*
- *aparelho de medida: amperímetro, voltímetro.*

(Esta distribuição por categorias poderá aparecer na rede, graças à escolha de uma legenda)

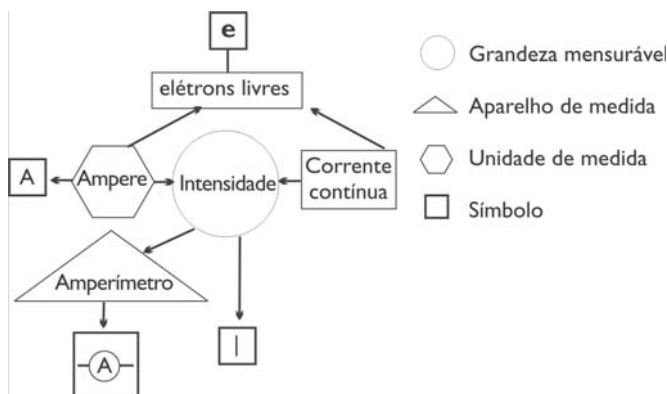
As palavras/expressões que figuram dentro de um quadro e que se encontram distribuídas em uma folha constituem os NÓS da rede.

Os vínculos são materializados por meio de linhas que formam os ARCOS da rede.

Exemplo de trabalho na sala de aula: CONSTRUÇÃO DE UMA REDE PARCIAL

Questionamento: intensidade da corrente

- *Qual é seu símbolo?*
- *Sua unidade de medida?*
- *Seu aparelho de medida?*
- *Introdução de um simbolismo de representação.*



As relações podem ser implícitas: é o caso do exemplo em que a legenda utilizada é suficiente para a compreensão dos vínculos estabelecidos.

Entretanto, às vezes, é necessário explicitar as relações a fim de traduzir precisamente o nível de compreensão.

Podemos distinguir três tipos de fios:

- *alguns vínculos não têm necessidade de explicação: é o caso dos vínculos descritivos quando há repetição de vínculos da mesma natureza em uma rede; assim, é possível substituir a explicação por uma legenda o que permite aliviar a rede;*
- *outros vínculos têm necessidade de um VERBO de estado ou de ação, de uma conjunção. Exemplo: corresponde, contém, tem, é, ou seja...*
- *determinados vínculos em que a frase fornece uma explicação científica que não pode ser contida no traçado do arco. Exemplo: enunciar uma lei, um princípio...*

Fichas de trabalho:

CONSTRUIR UMA REDE PARCIAL A PARTIR DAS PALAVRAS: “TENSÃO” e “POTÊNCIA” (utilizando o mesmo simbolismo)

CONSTRUIR UMA REDE PARCIAL A PARTIR DAS PALAVRAS/EXPRESSÕES: CORRENTE, GERADOR, RECEPTOR, CIRCUITO ELÉTRICO, CIRCUITO EM SÉRIE, DERIVAÇÃO, SENTIDO

(Introduzir palavras/expressões complementares)

REUNIR o conjunto das redes parciais em uma única rede.
Completar as relações com legendas.

Exemplo: ver Anexo – Rede 2

GENERALIZAÇÃO: as redes obtidas desta maneira são utilizáveis quando o conceito a ser abordado é uma grandeza mensurável: temperatura, calor.

O aspecto definitivo da rede permite identificar as idéias fortes contidas nela; a importância de um nó será tanto maior quanto mais central for sua posição em relação a vários fios (arcos), em direção a outras noções (nós).

No termo da corrente, podemos encontrar um exemplo concreto – ou uma noção – que pode ser desenvolvido, ulteriormente; além disso, ele constitui um ponto de fixação e está ligado a outras redes.

Outros exemplos: moléculas, átomos.

Exemplo: ver Redes, p.

A utilização desta prática é múltipla:

- *para ensinar a construir uma rede, no decorrer de uma aula ou após o ensino de um conjunto de vários temas;*
- *para efetuar uma avaliação formadora, seguida de uma atividade de reforço.*

2. UTILIZAÇÃO DAS REDES NA DIDÁTICA

Orientamos nosso interesse pelas aplicações possíveis desta técnica, em particular, para o ensino das Ciências Experimentais.

Ela foi testada com vários professores de colégio e liceu, não só para a preparação e realização dos cursos, e para a avaliação dos alunos, mas também como método de trabalho destinado aos alunos para facilitar e reforçar a estruturação das aprendizagens.

Por corresponder a objetivos diferentes, a multiplicidade das utilizações levou-nos a definir diferentes modalidades para esta ferramenta que serão abordadas, aqui, sucessivamente. Para cada uma delas, descreveremos a ferramenta, indicaremos com precisão as práticas em que ela se insere, as operações cognitivas que suscita, os objetivos que permite alcançar e, eventualmente, o ponto de vista dos alunos.

Cada professor pode utilizar uma ou outra dessas modalidades da rede, segundo suas práticas e suas próprias necessidades, ou segundo as necessidades pressentidas em seus alunos.

2.1. Rede: ferramenta para o trabalho pessoal dos alunos

No decorrer das diferentes fases da aprendizagem, solicita-se aos alunos que, fora do tempo escolar, individualmente, elaborem redes de diversos tipos com diferentes objetivos.

- *redes espontâneas no início e no decorrer da aprendizagem, a partir das palavras/expressões importantes das seqüências de aprendizagem (objetivo: criar relações entre as noções à medida que forem estudadas);*

- *redes a partir de exemplos de situação experimental ou teórica (familiarização e aprendizagem da recuperação das aquisições);*
- *redes operacionais que coloquem em evidência os procedimentos utilizados, seja para uma atividade experimental (ex.: destilação, cromatografia), seja para proceder à aprendizagem de um conteúdo global (ex.: da matéria à espécie química);*
- *redes no final da aprendizagem, a partir das palavras/expressões surgidas no decorrer do trabalho efetuado na sala de aula ou a partir de uma situação que esteja relacionada com todas as aquisições (busca de uma síntese do campo de determinada disciplina como preparação para a elaboração de uma rede validada).*

Ver Anexo – Quadro 3: Vantagens da prática da rede para os alunos.

2.2. Rede: procedimento para a avaliação

Ao analisar as redes elaboradas pelos alunos, em casa ou no tempo limitado da aula, o professor identifica rapidamente – relativamente a cada aluno e à classe de maneira global – determinadas lacunas, erros e omissões. Tal constatação permite-lhe adotar estratégias adaptadas aos obstáculos encontrados pelos alunos na construção de seu saber.

Ao estudarmos os diversos aspectos das redes, somos levados a definir diferentes critérios de análise:

- *exame da estrutura espacial: uma simples olhada permite apreciar se ela é linear, se tem a forma de estrela ou se é ramificada ou engradada. Fica-se, assim, com a idéia da densidade das relações criadas mentalmente pelo autor da rede.*
- *exame das palavras/expressões-chave (nós): pode haver lacunas, erros e redundâncias; algumas palavras podem estar posicionadas incorretamente, o que constitui uma informação a respeito dos erros cometidos no estabelecimento de relações.*

• *exame das relações: pode haver lacunas ou erros que podem revelar:*

- ou a ignorância relativamente aos conceitos;
- ou a negligência diante da evidência de determinadas proposições;
- ou uma dificuldade de expressão proveniente:
 - *de um deficiente domínio dos conceitos;*
 - *do desconhecimento da linguagem científica apropriada ou da sintaxe;*
 - *da negligência na busca de uma expressão apropriada.*

A rede construída individualmente por aluno não tem necessariamente valor científico. A atividade cognitiva suscitada para sua elaboração é que é geradora de saber; o produto acabado, após ter permitido a avaliação, fica ultrapassado.

De fato, as estratégias da aprendizagem – implementadas pelo professor após ter analisado as redes construídas pelos alunos – favorecerão novas estruturas em cada um deles que, então, será capaz de elaborar uma nova rede, mais completa, mais rigorosa, mais próxima do sistema de referência nocional, definido pelo professor.

2.3. Rede: ferramenta destinada ao professor para prever seu ensino

Ao aceitar a hipótese de que, para aprender, cada aluno deve construir seu saber, o professor é levado a adotar procedimentos de ensino que suscitem as atividades cognitivas necessárias para tal construção. Esta concepção da aprendizagem e de seu ensino exige do professor uma coerência que só pode ser alcançada pela adoção de métodos adequados de trabalho (ver: Metodologia – Documento destinado aos professores, p.)

Nesta perspectiva, antes de começar a conceber uma progressão e as seqüências de aula, ele tem necessidade de apreender, de maneira global, por um lado, o campo conceitual que serve de referência aos conteúdos a serem ensinados e, por outro, os conhecimentos e métodos que devem ser apropriados pelos alunos.

Para satisfazer essas necessidades, procedemos ao teste de diversos tipos de redes.

2.3.1. Análise conceitual do campo científico

Descrição

As redes conceituais são representações espaciais do campo científico que servem de referência a determinado ensino, no nível de conhecimentos e de estruturação desejável para o professor.

Para apreender um campo vasto e complexo, é necessário, em geral, construir vários tipos de redes:

- *uma rede central que representa os conceitos fundamentais do campo de determinada disciplina e suas relações, dividindo o conjunto desse campo em ramificações interconectadas;*
- *redes secundárias (ou específicas) que representam as noções relativas a cada ramificação definida na rede precedente;*
- *redes operacionais que representam os procedimentos de aprendizagem, de análise minuciosa ou de utilização de cada área;*
- *redes representantes de aspectos particulares que podem servir para concretizar as noções de cada área.*

Prática

Para levar a bom termo esta operação, o professor dispõe de todos os documentos científicos que sejam acessíveis à sua compreensão.

É indispensável submeter o resultado de seu trabalho à discussão dos pares para conseguir um documento, tanto quanto seja possível, completo e estruturado.

A elaboração de tais ferramentas permite que os autores se apropriem de todo o campo de conhecimentos.

O produto acabado permite que o professor visualize, de uma forma global, todo o campo de conhecimentos com suas estruturas fundamentais.

2.3.2. Redes “experts”

Considerando a complexidade e a importância deste trabalho, é desejável que alguns cientistas elaborem redes conceituais para serem colocadas à disposição dos professores que, a partir delas, poderão elaborar outras ferramentas didáticas.

2.3.3. Quadros de referência / aluno

Descrição

A partir das ferramentas elaboradas para a análise conceitual, o professor fabrica as ferramentas equivalentes para os alunos.

• Rede nocional

Representação espacial dos conhecimentos e das estruturas que, no decorrer de determinado ensino, devem ser apropriados pelos alunos.

A representação espacial em rede desses quadros de referência apresenta o interesse de visualizar as relações que os alunos devem estabelecer entre as noções para construir um saber estruturado. Por conseguinte, o professor pode, assim, conceber um ensino que venha a permitir a cada aluno o estabelecimento dessas relações.

Exemplo: ver Anexo – Redes 1 e 2.

- **Redes operacionais**

Representação espacial dos conceitos-chave de um campo de conhecimento científico, ligados por palavras/expressões que expressem os procedimentos a serem utilizados pelos alunos para que estes venham a obtê-los.

Destes diferentes quadros de referência, emergem as etapas lógicas de questionamento dos alunos e, por conseguinte, as grandes etapas das progressões possíveis.

2.4. Redes: ferramentas para a sala de aula

Introdução – Problemática geral

Colocamo-nos na situação do professor que efetuou um trabalho de análise, tão meticulosa quanto possível, do conteúdo e dos objetivos dos programas a serem ensinados; para tal efeito, ele pode utilizar, se vier a considerá-la útil, a ferramenta proposta neste documento (análise conceitual).

Pensamos, também, que ele domina suficientemente os campos científicos em questão para ser capaz de discernir sua coerência.

Este professor, então, será confrontado com a necessidade de aperfeiçoar um ensino que permita a cada aluno descobrir a coerência das diferentes áreas da física, pela apropriação dos conceitos fundamentais...

Graças à sua análise do campo conceitual, o professor pode conceber *uma progressão cuja lógica é extraída da lógica da área estudada*, permitindo criar, no decorrer do tempo, uma rede de conhecimentos em torno de alguns conceitos-chave; aliás, o volume e a complexidade das relações crescem à medida dessa progressão.

Assim, a sucessão, de forma linear no tempo, das seqüências do ensino deve culminar, não em conhecimentos que se

justapõem, mas na elaboração progressiva de redes que se ramificam e se estendem em múltiplas direções.

Este resultado será obtido quando cada aluno conseguir efetuar múltiplas atividades cognitivas de questionamento e estabelecimento de relações.

A tarefa do ensinador consiste em criar situações em que cada aluno venha a implicar-se e mobilizar todas as suas aquisições e suas capacidades para construir novos saberes, a partir dos antigos, integrando-os.

Para satisfazer esta necessidade, propomos atividades de sala de aula que utilizem a elaboração individual ou coletiva de redes nos diferentes momentos da aprendizagem, desde a abordagem de uma área até a estruturação dos conhecimentos e seu reinvestimento em determinado nível. Estabeleceremos a distinção entre quatro diferentes momentos da aprendizagem e, a partir de exemplos, analisaremos o interesse dessas práticas:

- *abordagem de um campo de conhecimentos a fim de apreendê-lo em sua globalidade;*
- *recuperação de um campo de conhecimentos, adquiridos anteriormente, a fim de mobilizar as aquisições necessárias para novas aprendizagens;*
- *estruturação e reinvestimento de aquisições parciais recentes;*
- *síntese e estruturação de um campo de conhecimento.*

Além disso, no decorrer de todas as atividades de aprendizagem, cada aluno é levado a tomar consciência das atividades cognitivas que ele efetua para construir seu saber.

2.4.1. Redes de abordagem de um campo de conhecimentos *Problemática*

Quando um professor propõe à classe uma nova área de estudo, os alunos possuem conhecimentos, estruturados ou não,

provenientes de aprendizagens anteriores ou de suas experiências cotidianas.

É, portanto, desejável que cada um deles mobilize tais pré-conhecimentos a fim de investi-los em novas aprendizagens; neste caso, eles servem de base a essas aprendizagens ou são colocados em questão por novos dados. A partir desses conhecimentos anteriores, é que poderá ser feito o questionamento para as futuras aprendizagens.

Para ser bem-sucedido, o professor é levado a utilizar procedimentos que sejam capazes não só de vencer numerosos obstáculos – provenientes, em particular, da extrema heterogeneidade das classes, no plano dos conhecimentos ou das capacidades de expressão oral, em um grupo – mas também de servir-se deles para a dinâmica das aprendizagens.

Prática na sala de aula

Esta prática pode comportar três fases sucessivas e desembocar em produtos que, em seguida, podem ser utilizados no decorrer da progressão:

1ª fase – Expressão escrita individual

Na sequência de um questionamento – por exemplo, sob a forma de perguntas –, os alunos dispõem de alguns minutos para escrever suas idéias sobre o assunto ou as palavras/expressões que lhes vierem à mente.

Exemplo de instrução: Citem, no mínimo, sete palavras ou frases que lhes vêm à mente quando ouvem falar de “matéria”.

Neste gênero de atividade, em vez de procurar a resposta “certa”, o objetivo é o de fazer emergir tudo o que a palavra evoca para os membros do grupo.

Eles são advertidos para não se censurarem porque as informações que, eventualmente, fossem eliminadas, seriam, talvez, as mais interessantes pelas discussões que viessem a provocar.

2ª fase – Coleta dos dados

Ao cabo de alguns minutos, os alunos lêem, em voz alta, suas proposições escritas; o professor escreve as palavras/expressões no quadro-negro.

Quando o último aluno tiver lido suas proposições, o conjunto dos dados provenientes de todos fica à disposição de todo o grupo.

Cada um deve apropriar-se desse conjunto e servir-se dele para o prosseguimento da atividade.

3ª fase – Tratamento dos dados

Os alunos recebem a instrução para constituir subconjuntos que agrupem palavras de categoria semelhante ou com relações evidentes entre si (atributos, afiliação...). Além disso, devem atribuir um nome às categorias assim constituídas: os conceitos desembaraçam-se dos conhecimentos particulares dos alunos.

Procede-se à representação do conceito central, rodeado de todos os conceitos expressos pelos alunos, com os exemplos citados por eles.

O trabalho coletivo culmina em uma síntese, apresentada sob a forma de uma rede com a configuração de uma estrela dotada, eventualmente, de algumas ramificações; mas é raro que existam interconexões entre as diferentes ramificações.

Esta rede representa o conjunto dos pontos de vista, ângulos de visão e aspectos vislumbrados pela classe a respeito do tema abordado, antes de começar o curso. Como não há ligação entre esses pontos de vista, essa operação será

justamente o objeto das novas aprendizagens: completar e estruturar.

Durante esse trabalho, em uma folha de rascunho, cada aluno anota a rede na medida em que esta for sendo elaborada; trata-se de um produto que ele deve ser capaz de utilizar para construir – sozinho, em casa – uma representação pessoal, clara, do campo de conhecimentos, assim, vislumbrado.

No Anexo, encontraremos algumas produções de redes deste tipo, relacionadas com a palavra “matéria” (Redes 3 a 6).

Será possível comparar estes resultados com aqueles obtidos por ocasião de uma atividade similar, cujo objetivo havia sido a recuperação de um campo de conhecimentos.

Durante todo o estudo sobre esta área, no decorrer da progressão, o professor poderá utilizar esta rede na sala de aula para incentivar os alunos ao questionamento ou certificar-se, com eles, dos aspectos estudados e daqueles que ainda deverão ser abordados. Da primeira rede elaborada, ele pode extrair representações, mais ou menos esquemáticas, que podem facilitar o questionamento dos alunos, eliminando os detalhes que viessem a concentrar, inutilmente, sua atenção.

Análise desta prática

- incita os alunos a procurar uma resposta *porque eles não podem contar com a resposta dos mais rápidos, como ocorre quando a expressão é somente oral; assim, cada um interroga-se, mobiliza e exprime, por escrito, seus saberes anteriores – quase sempre, parciais –, estruturados ou não;*

- *permite que todos os alunos expressem sua resposta, na medida em que:*

- seja qual for o nível de domínio da língua, eles têm sempre a possibilidade de exprimir-se, fornecendo uma lista de palavras/expressões: assim, supprime-se um importante

obstáculo vivenciado por muitos alunos, condenados ao mutismo no plano científico por causa de dificuldades relacionadas com a sintaxe ou com a pobreza de seu vocabulário geral;

- a expressão oral é diferida em relação à atividade mental: deste modo, os alunos inseguros e receosos do julgamento dos colegas evitam o bloqueio resultante da simultaneidade que, praticamente, existe entre reflexão e expressão, diante do grupo, por ocasião de um questionamento unicamente oral;

- aqueles que não conseguem exprimir-se espontaneamente, de forma oral, por causa de uma emotividade exacerbada, beneficiam-se de um suporte escrito;

- as respostas não são julgadas em relação a critérios de “certo” ou “errado”, mas aceitas como dados úteis para o trabalho do grupo: o aluno pouco seguro deixa de ficar paralisado pelo receio do julgamento do professor ou das observações irônicas proferidas pelos colegas;

- além disso, a expressão de cada um não é induzida pela expressão dos outros, o que ocorre nas atividades orais: a primeira resposta – sobretudo, se for dada por um aluno considerado “bom” pelos pares – influencia as respostas formuladas, posteriormente, fixando um sentido de investigação e, assim, limitando o campo das representações expressas;

• permite o prolongamento da reflexão, e sua ampliação, *dos que sentirem o desejo de fazê-lo; eles já não são interrompidos em sua atividade pelas intervenções dos colegas. Assim, fornecerão ao grupo uma abertura original.*

O impacto desta prática está exposto e comentado em numerosos relatórios de experimentação:

- ***no plano cognitivo***

- ela suscita, em todos os alunos, uma atividade mental de mobilização das representações e aquisições anteriores, busca de hipóteses e questionamento;
- favorece a abertura a dados, cuja fonte é de origem externa ao indivíduo, facilitando o abandono de um egocentrismo infantil que cria obstáculo à aprendizagem do procedimento científico;
- permite que o conjunto da classe se beneficie de dados tão ricos e diversificados quanto possível, em seu nível e, portanto, facilmente apropriáveis;
- proporciona a satisfação intelectual de apreender, no nível de cada qual, um amplo campo científico;
- a produção de uma rede pessoal, após o trabalho coletivo, leva cada aluno a interrogar-se, reformular, reorganizar as contribuições de todo o grupo;

- ***no plano afetivo***

- ao tomarem consciência do valor de suas contribuições para o grupo, os alunos que não têm o costume de tomar a palavra sentem-se valorizados;
- esta prática favorece a inserção no grupo-classe dos alunos menos seguros de si mesmos;
- contribui para criar uma dinâmica de classe positiva para o trabalho coletivo;
- revela ao grupo sua própria capacidade, graças a este trabalho específico, para fazer emergir conhecimento de seu seio, em vez de recebê-lo exclusivamente do professor;
- permite o incremento da atividade dos alunos e a progressão de sua autonomia.

2.4.2. Redes de recuperação de um campo de conhecimentos

Problemática

No decorrer da escolaridade, os alunos abordam, várias vezes, os mesmos campos conceituais para ampliá-los e aprofundá-los, progressivamente.

As aprendizagens de cada ano escolar fundem-se, portanto, necessariamente nas aquisições dos anos anteriores.

Ausubel: “A aprendizagem cognitiva define-se como a integração de uma nova informação que se incorpora ao conceito preexistente, modificando.”

Neste caso, o professor é levado a incitar cada aluno a reencontrar seus conhecimentos do ano precedente; assim, as novas aprendizagens serão mais completas e mais bem estruturadas para os alunos que possuem bases sólidas.

A evocação dos conhecimentos anteriores não é, portanto, uma atividade anódina, podendo ser deixada à responsabilidade das crianças por meio de um trabalho pessoal; pelo contrário, constitui a primeira atividade da qual dependerá o prosseguimento da construção do edifício conceitual.

É, então, importante que o professor aperfeiçoe os procedimentos pelos quais esta evocação se torne eficaz para toda a classe.

A elaboração de uma rede pela classe, e individualmente, é um procedimento já testado por nós que se revela mobilizador e eficaz.

Prática na sala de aula

Podemos proceder de uma forma semelhante à que adotamos na seqüência descrita precedentemente.

Exemplo de instrução: “Vocês já tiveram química na 5ª e 6ª séries; citem as cinco palavras (ou frases) que lhes vierem à mente e que lhes parecem importantes na área da química.”

Após alguns minutos de reflexão individual, durante os quais cada aluno escreve suas idéias, selecionando-as em função de sua importância, procede-se, em primeiro lugar, à coleta das contribuições de cada um e, em seguida, ao tratamento dos dados que, assim, ficam à disposição de todos.

Os alunos recebem as seguintes instruções:

- *constituir subconjuntos que agrupem palavras da mesma categoria e atribuir um nome às categorias assim constituídas: deste modo, os conceitos desembaraçam-se dos conhecimentos particulares dos alunos;*
- *selecionar e, em seguida, hierarquizar, os conceitos que lhes parecerem mais importantes;*
- *expressar as relações entre os conceitos.*

A atividade na sala de aula leva à confecção de uma rede-rascunho, no quadro-negro e na folha de cada aluno; este recebe a instrução de retomá-la em casa a fim de apresentá-la da forma que, pessoalmente, achar mais clara e agradável.

O professor recolhe o trabalho efetuado em casa a fim de verificar se todos os alunos conseguiram assimilar bem os pré-requisitos nocionais, indispensáveis para as novas atividades de aprendizagem.

As redes produzidas pelos alunos, na seqüência da instrução e do trabalho efetuado na sala de aula, têm conteúdos sensivelmente idênticos porque são a continuação de um trabalho coletivo; a única mudança verifica-se na forma:

- *a disposição das palavras/expressões;*
- *a forma de escrever as relações:*
 - seja na própria rede, no alinhamento das flechas ou dentro dos círculos;
 - seja no exterior da rede; neste caso, cada uma é identificada por um número.

Análise desta prática

Na seqüência precedente, vimos que esta atividade é bastante estimulante porque, até mesmo o aluno em situação de fracasso escolar, pode sempre fornecer, se não for um conceito, pelo menos, alguns exemplos particulares que, além de não serem rejeitados, serão utilizados como ilustração no momento da construção da rede para concretizar os conhecimentos teóricos.

- ***no plano cognitivo:***

- ela permite a evocação global e estruturante dos conhecimentos;
- permite confirmar o sentido do vocabulário utilizado, o que é particularmente útil quando os alunos haviam tido professores diferentes. Constata-se, então, que o professor tenta estabelecer o paralelo entre as palavras/expressões que lhe eram familiares e aquelas fornecidas pelos alunos que tiveram sempre o mesmo professor.

Esta prática permite criar um fundo comum de saber entre alunos oriundos de diferentes horizontes; este fundo vai favorecer as trocas, a abertura para dados que incitam cada um a sair de seu casulo inicial, superando o egocentrismo intelectual tão nefasto no que se refere à aquisição do procedimento científico.

- ***no plano afetivo e social:***

- ela favorece a constituição de um grupo-classe, a partir de vários subgrupos, em que cada um pode exprimir-se com suas particularidades; por sua vez, estas são consideradas como um enriquecimento para toda a classe.

A parte coletiva do trabalho leva cada aluno a apropriar-se das ferramentas necessárias para a reconstrução de seu saber anterior; ele deve efetuar, sozinho, esta operação para conseguir

um produto satisfatório para ele mesmo. Ao proceder desta maneira, reencontrando as palavras/expressões, re-exprimindo as relações e procurando uma disposição espacial clara, ele reforça o que já conhece, inserindo na posição correta, em sua rede de conhecimentos, os elementos que lhe faltavam ou se encontravam fora do lugar. O aluno que, após o trabalho coletivo, efetuou de maneira autônoma esta investigação consegue o domínio dos conhecimentos necessários para obter novas aprendizagens; ele pode encará-las com toda a confiança.

2.4.3. *Redes parciais*

Problemática

Se, como afirma *Bachelard*, é verdade que “qualquer saber é uma resposta a uma questão que nos formulamos”, então, o papel primordial do professor consiste em suscitar questões.

As noções recentemente adquiridas é que constituem as fontes e a linguagem necessária para a formulação de novas questões; aliás, o questionamento decorre das aprendizagens efetuadas anteriormente.

Esta condição é necessária para que as novas aprendizagens articulem-se a partir das antigas e para que, aumentando de volume, o edifício conceitual cresça também em estruturação (complexificação organizada).

A elaboração de novas estruturas conceituais torna-se, então, uma busca de respostas para um questionamento continuado no decorrer das atividades de aprendizagem, referindo-se à área estudada.

Este trabalho, efetuado durante as seqüências, implica uma dinâmica intelectual tanto para cada aluno quanto para o grupo-classe: questionamento, atividades de busca de resposta (experiências, discussões, informações...), elaboração de novos saberes, estruturação, integração, novas questões.

O desenrolar no tempo da progressão é, então, um percurso intelectual, organizado, na rede dos conceitos do campo científico estudado.

O professor é aquele que fornece os incentivos, os métodos e, eventualmente, as informações necessárias para que cada um tenha condições de empreender esse percurso; mas, sobretudo, ele delimita as parcelas sucessivas a serem analisadas com minúcia.

Para cada uma dessas parcelas, os alunos elaboram a rede das noções a fim de estruturá-las logo após a aprendizagem; por sua vez, o professor utiliza essas redes parciais para suscitar o questionamento por ocasião das seqüências posteriores.

Estas redes contêm um número limitadíssimo de noções-chave com todas as noções secundárias que permitem sua aprendizagem e, eventualmente, exemplos particulares.

Práticas na sala de aula

Redes-balanço dos procedimentos e conhecimentos em torno de uma seqüência experimental

Uma vez que os alunos efetuaram uma atividade experimental e redigiram o relatório do trabalho realizado, resta ao professor solicitar-lhes que elaborem o organograma correspondente a essa ação e, eventualmente, expressem paralelamente as noções necessárias para compreender os fenômenos relatados.

Exemplos: a experiência da eletrólise; experiência ferro + sulfato de cobre; destilação.

Neste tipo de atividade, cada aluno é levado a reencontrar, com a ajuda do relatório de uma seqüência, todo o procedimento efetuado, estabelecendo sua coerência, reconcebendo-a e recriando-a mentalmente: o produto acabado

dá testemunho da qualidade da reflexão, revelando os obstáculos que impedem sua compreensão.

Além disso, ao estabelecer a ligação entre as palavras/expressões utilizadas e o seu saber científico, o aluno é levado a reinvestir esse saber; assim, fica com a noção exata do que está ou não sob seu controle. Segundo seu investimento na atividade, ele consegue superar suas carências, sozinho servindo-se de seus documentos ou solicitando a ajuda do grupo e do professor na sala de aula.

Esta atividade faz apelo à autonomia de cada aluno: autonomia na organização do trabalho, mas também e, sobretudo, autonomia na maneira de conduzir seu raciocínio e seu pensamento.

Apesar de alguns alunos serem capazes desta autonomia, a maior parte tem necessidade de aprendizagem; assim, torna-se ainda maior a distância entre os mais amadurecidos e aqueles que, por não terem reservado o tempo suficiente para efetua-la, precisam de um período de tempo mais longo para obter tal aprendizagem.

O professor, se não pretende desde o início criar dificuldades para alguns alunos, deve, portanto, implementar procedimentos para efetuar essa aprendizagem; o mais simples é, provavelmente, executar a atividade na sala de aula, promovendo uma reflexão relativamente a cada uma das etapas e às respectivas funções a fim de que cada aluno venha a apropriar-se dos procedimentos e do saber científico.

Rede que integra o balanço dos novos conhecimentos de uma seqüência na progressão

No final de uma seqüência, na sala de aula ou em casa, os alunos devem retomar a rede elaborada no final da seqüência precedente e completá-la, inserindo nela as novas noções e suas relações.

Exemplo na química: da matéria à espécie química; ver Anexo – Rede 6.

Este tipo de rede permite integrar conhecimentos novos a anteriores; cada aluno fica, assim, com uma visão de conjunto de tudo o que foi adquirido em determinado campo científico.

Este domínio é que lhe permite dar continuidade a seu questionamento e exprimi-lo a fim de prosseguir as atividades da progressão, cujo objetivo consistirá em responder a essas questões.

Assim, de uma seqüência a outra, existe um encadeamento coerente das atividades e questionamentos que só pode favorecer a coerência do saber que se constrói durante esse período de tempo.

Rede que favorece a aplicação, a transferência e a recuperação de conhecimentos limitados

Após a aprendizagem de algumas noções, o professor solicita a cada aluno que proceda ao investimento das noções, recentemente adquiridas, em situações próximas das situações de aprendizagem ou em situações da vida cotidiana. Assim, ao reutilizá-las rapidamente, cada um consegue apropriar-se delas: eventualmente, e com toda a probabilidade para alguns alunos, vão surgir obstáculos para sua aplicação; neste caso, por ocasião de uma discussão coletiva posterior, o professor deve acionar um procedimento para superar os obstáculos revelados pela atividade.

Exemplo 1: elaborar uma rede em torno da palavra “vinagre”.

Exemplo 2: a expressão “água adoçada” faz referência, para sua compreensão, a várias noções. Construir uma rede que represente essas noções e suas relações.

Exemplo 3: a compreensão da equação, apresentada mais abaixo, exige a referência a várias noções científicas.

A partir desta equação, construir uma rede que mostre essas noções e suas relações:



Instrução: Escrever esta equação na parte central de uma folha e construir a rede à sua volta.

Sendo bastante simples nos dois primeiros exemplos, o produto obtido no terceiro deve permitir a cada aluno recuperar todos os seus conhecimentos de química e proceder à sua estruturação.

Segundo o lugar e o momento da execução destes exercícios, seu objetivo é variável:

- *na sala de aula, no final de seqüência: trata-se de uma aprendizagem da recuperação das aquisições e de uma aplicação dos conhecimentos adquiridos;*
- *na sala de aula, no início de seqüência: trata-se de um exercício de avaliação e de mobilização das aquisições anteriores, tendo como objetivo um novo questionamento;*
- *em casa: trata-se de um exercício de recuperação e de estruturação das aquisições; ele permite a revisão dos conhecimentos, tendo como objetivo a preparação de uma prova.*

2.4.4. Rede: síntese de um campo conceitual

No final da aprendizagem de um campo científico, para operar sua estruturação global, é interessante elaborar coletivamente uma rede que represente a expressão, no nível dos alunos, do saber reconhecido pela comunidade científica; neste caso, o professor é a garantia da validade do produto obtido.

Esta ferramenta pode, então, ser utilizada, por aluno, de modo que ele reencontre a visão de conjunto de determinado campo conceitual, memorize as idéias fundamentais de tal

campo e, mais tarde, atualize rapidamente as aquisições anteriores (na preparação de um exame...); segundo a configuração que lhe for dada, essa ferramenta pode permitir uma auto-avaliação.

Podemos aventar a hipótese de que as estruturas mentais criadas, por aluno, possuem características de coerência semelhantes às das estruturas espaciais que ele é capaz de elaborar; além disso, sob a ação de estímulos externos, ele terá acesso ao conjunto do campo conceitual, assim, controlado.

V. VIRTUDES E MEIOS

da coerência.

Elementos para uma metodologia

PONTOS DE REFERÊNCIA

1 – Necessidade de um conjunto coerente de métodos de trabalho

2 – Elementos de metodologia. Elaboração de ferramentas didáticas

Proposição de métodos de trabalho para a elaboração, execução e análise do ensino, que permitam ao professor estabelecer a coerência entre suas intenções e suas práticas.

1. NECESSIDADE DE UM CONJUNTO COERENTE DE MÉTODOS DE TRABALHO

Ensinar é uma atividade complexa; para um professor, ao conceber e aplicar suas práticas profissionais, é muito difícil levar em consideração todos os parâmetros que constituem esta complexidade e que, por outro lado, devem estar em conformidade com suas intenções pedagógicas.

Além disso, cada um desses parâmetros nunca atua isoladamente, mas em interação com numerosos outros fatores; assim, para o professor, é indispensável identificá-los e colocar em evidência suas relações para analisar as situações cotidianas na sala de aula.

Podemos agrupar tais fatores em quatro categorias:

- *os fatores pessoais, característicos de cada aluno;*
- *os fatores situacionais, próprios ao estabelecimento escolar e a cada classe;*
- *os fatores próprios à disciplina;*
- *os fatores circunstanciais aos quais é necessário adaptar-se, pontualmente.*

Na continuidade de seu trabalho, o professor deve integrar, mentalmente, múltiplos dados que lhe servem de indícios e pontos de referência para proceder a escolhas; para a eficácia de seu ensino, os efeitos sobre os alunos devem ser, imperativamente, complementares, até mesmo, aditivos ou multiplicadores e não indiferentes ou contraditórios.

Para o professor, é indispensável estabelecer uma coerência em todas as etapas de suas práticas, ou seja, desde a definição das finalidades até a execução concreta, passando pela concepção de estratégias de aprendizagem e de avaliações adaptadas aos alunos que estão sob sua responsabilidade.

Na sequência deste documento, abordaremos um conjunto de métodos de trabalho, cujo objetivo é precisamente ajudar cada professor a conceber seu ensino em um todo coerente.

A apresentação das etapas do procedimento e dos métodos de trabalho, neste documento, é forçosamente linear. É evidente que, na prática, a maneira de agir de cada um comporta múltiplas idas e vindas de uma a outra etapa para estabelecer a coerência e identificar os obstáculos que vão aparecendo no decorrer da preparação das seqüências de aula. Vamos apresentar a construção de uma rede pela esquematização de seu percurso.

Eis como podem ser esquematizadas as diferentes etapas do procedimento que propomos:

Antes do ensino

O que me leva a ensinar?

(Pensamentos pessoais, implícitos)
motivações pessoais
intenções
objetivos gerais
concepções da aprendizagem

O que devo ensinar?

Conteúdos da disciplina
noções
métodos

A quem devo ensinar?

Características dos alunos
características das classes

O que deve ser aprendido pelos alunos?

Objetivos da aprendizagem
progressão

Como vou ensinar?

De que maneira os alunos
vão aprender?

atividades
práticas pedagógicas

**BUSCA
DE
COERÊNCIA**

Durante o ensino

Como tem sido minha atuação?
O que foi dito e feito pelos alunos?

Após o ensino

Quais foram os efeitos de meu ensino?
De que maneira modificá-los?

análise das falas e atos dos alunos
avaliação
identificação dos problemas

No esquema abaixo, apresentamos as diferentes fases do trabalho do professor:

Antes de seu ensino

1 Antes de preparar uma seqüência de ensino

Ele deve levar em consideração os elementos que vão servir de base para seu ensino:

ele próprio.....
a disciplina.....
os alunos.

Por quê?
O quê?
A quem?

2 Para preparar a seqüência de ensino

Ele deve integrar todos os dados precedentes a fim de operacionalizá-los.....

O que deve ser
aprendido
pelos alunos?
O que vou ensinar?

Ele deve analisar os processos que os alunos deverão utilizar, efetivamente, para realizar as atividades

Como vou ensinar?
De que maneira
os alunos vão
aprender?

Durante seu ensino

Ele dispõe de um protocolo: todos os seus elementos, ações ou hipóteses foram concebidos por ele. Ao utilizá-lo, procura conservar a mente aberta e disponível para a realidade da classe a fim de tomar as decisões mais adequadas a cada momento e acolher as respostas dos alunos, falas e atos, que lhe servirão para a análise de seu trabalho.....

Como tem sido
minha atuação?
O que foi dito
e feito
pelos alunos?

Após seu ensino

Dispondo de todos os seus documentos preparatórios, dos dados coletados durante o ensino e dos resultados da avaliação, o professor pode, então, identificar os problemas e estabelecer uma relação entre todos os elementos à sua disposição para procurar as possíveis causas desses problemas e prever as modificações cabíveis.....

Quais são os efeitos
de minhas práticas?
Como aperfeiçoar
meu ensino

2. ELEMENTOS DE METODOLOGIA. ELABORAÇÃO DE FERRAMENTAS DIDÁTICAS

2.1. Expressão das intenções e objetivos gerais

POR QUÊ?

É necessário que, por meio de um trabalho de reflexão preliminar, cada um tente exprimir suas motivações pessoais em relação ao ofício de professor, suas intenções e objetivos gerais, procurando reajustá-los em função dos dados evolutivos de sua prática cotidiana.

Fontes:

Por um lado, as finalidades definidas pelas instituições, programas escolares e comentários oficiais; por outro, as escolhas éticas pessoais.

Método:

Reflexões pessoais – se possível, expressão escrita; em seguida, confronto, aprofundamento e busca de consenso com as equipes pedagógicas das quais o professor participa.

Na vida cotidiana, as intenções e objetivos gerais são, em geral, implícitos. Na perspectiva da busca de coerência entre o que pretende e o que faz, cada um deverá formular-se essas questões, com regularidade, no decorrer de sua vida profissional a fim de explicitar e clarificar seu próprio pensamento para fazê-lo evoluir.

2.2. Estudo do conteúdo da disciplina

O QUE DEVO ENSINAR?

Este conteúdo apresenta dois aspectos principais: as noções e os métodos de raciocínio.

2.2.1. *As noções*

Para conseguir o domínio do campo conceitual que deve ser apropriado pelos alunos, é indispensável que o professor memorize o conjunto dos conhecimentos que lhe são inerentes, em seu próprio nível, antes de definir aqueles que virão a ser apropriados por meio de seu ensino.

2.2.1.1. Análise conceitual. Sistema de referência / professor

As noções que constituem o saber científico estão sempre integradas a um campo conceitual que se apresenta como um conjunto de proposições ligadas em uma rede; cada uma delas é necessária para a coerência do conjunto.

O primeiro trabalho do professor é, portanto, definir precisamente o conjunto do campo conceitual em que se integram as noções citadas no programa.

Através desta prática, o professor tem a oportunidade de completar e reforçar seus conhecimentos da disciplina.

Fontes: Programa, conhecimentos pessoais relacionados com a disciplina, livros, cursos.

Método:

- *identificar e escrever as palavras/expressões-chave do programa;*
- *elaborar a lista dos conceitos fundamentais subjacentes e, em seguida, de todas as noções que lhes são inerentes;*
- *construir uma rede: organizar todas as noções em torno dos conceitos centrais em uma representação espacial; na medida em que cada noção constitui um nó da rede, as relações entre essas noções são representadas pelos fios. Expressar todas essas relações;*

- *completar por meio das novas noções que forem surgindo, suscitadas pelo próprio trabalho de construção; aperfeiçoar a organização espacial em função das novas relações.*

Exemplo: ver Anexo – Redes 1 a 6.

2.2.1.2. Sistema de referência nocional: rede – aluno

Limitar a rede precedente ao conteúdo previsto no programa da classe em questão.

Entretanto, nem todas as noções necessárias aos alunos para a construção de um saber estruturado estão contidas nos termos do programa; compete a cada professor restabelecer o que ele julgar necessário para que, no nível em que são efetuadas as aprendizagens na sala de aula, não haja lacunas nas estruturas conceituais elaboradas pelos alunos.

O professor constrói, portanto, diferentes redes – alunos, colocando em destaque diferentes ângulos de visão das aprendizagens (estruturas, transformações); trata-se de preciosas ferramentas para que ele possa: (1) definir as aprendizagens a serem obtidas e as articulações entre elas; (2) conceber possíveis progressões e, em seguida, na sala de aula; e (3) suscitar o questionamento de sequência em sequência. A partir dessas redes, é possível elaborar ferramentas de avaliação.

2.2.2. Os métodos de raciocínio e os procedimentos

Nas disciplinas científicas, os métodos de raciocínio estão integrados aos próprios saberes; assim, qualquer aprendizagem de conhecimentos que não integre a dos raciocínios está desprovida das características do saber científico.

Uma das características fundamentais de tal saber é que qualquer conceito associa estreitamente fatos e teoria; segue-se que a construção mental de um conceito pela criança

pressupõe um procedimento dialético que vai do campo da observação ao campo da modelização.

Daí, a necessidade de aprender a:

- *procurar a objetividade nas observações;*
- *selecionar os dados pertinentes;*
- *formular hipóteses;*
- *identificar e selecionar parâmetros;*
- *prever e implementar procedimentos de verificação.*

O trabalho do professor consiste, essencialmente, em uma operacionalização das aprendizagens de raciocínio no decorrer das diferentes atividades da sala de aula (ver: Definição das aprendizagens).

2.3. Consideração das características dos alunos

A QUEM DEVO ENSINAR?

Convém levar em consideração as características dos alunos que constituem o grupo-classe, no plano cognitivo e afetivo (ver: quadro teórico).

2.4. Definição dos objetivos da aprendizagem

O QUE DEVE SER APRENDIDO PELOS ALUNOS?
O QUE VOU ENSINAR?

A partir do sistema de referência nocional – aluno, e levando em consideração as características individuais e coletivas, convém: (1) identificar as aprendizagens que devem ser obtidas pelo aluno para que ele tenha condições de construir um saber estruturado; (2) exprimi-las por meio de frases que, no termo

do trabalho sobre o tema considerado, podem traduzir o saber dos alunos; e (3) indicar com precisão o nível de abstração ou de generalização de cada aprendizagem.

Esta lista representa os objetivos fixados pelo professor, sem qualquer preocupação de proceder a uma distribuição no tempo.

Convém, igualmente, identificar os métodos de raciocínio subjacentes a essas aprendizagens nocionais, definindo com precisão o nível ou o campo de aplicação (abstrato – concreto, simples – complexo, particular – geral).

Organização temporal das aprendizagens. Construção de uma progressão

Procurar possibilidades de evolução linear dessas aprendizagens no tempo, a partir da lógica própria aos conceitos.

Para cada uma, indicar com precisão:

- *as aquisições anteriores que podem servir de suporte às novas aprendizagens;*
- *as articulações entre antigos e novos saberes; em seguida, as novas estruturas conceituais a que, simultaneamente, devem-se integrar;*
- *os possíveis questionamentos nas diferentes etapas da progressão que possibilitam novas aprendizagens a partir dos saberes anteriores.*

2.5. Elaboração das seqüências da aula

COMO VOU ENSINAR?

DE QUE MANEIRA OS ALUNOS VÃO APRENDER?

Preparação

- *definição dos objetivos da aprendizagem da seqüência, articulação com as aprendizagens anteriores, inserção na rede nocional;*

- *expressão dos pré-requisitos das aprendizagens anteriores que serão reinvestidos no decorrer da seqüência;*
- *previsão dos possíveis procedimentos adotados pelos alunos, segundo seu nível de conhecimentos e de capacidades operatórias, questionamentos e obstáculos previsíveis;*
- *descrição do desenrolar da seqüência da aula.*

Atividades a serem efetuadas

Procedimentos: abordagem, questionamento inicial, instruções, fichas de trabalho.

Haverá coerência?

Análise da seqüência prevista a fim de exprimir:

- *os pré-requisitos implícitos; se estes não forem identificados pelo professor, podem criar obstáculos, cujas causas não poderão ser encontradas por ele;*
- *todas as aprendizagens realmente contidas nas atividades e, em particular, a aprendizagem de métodos de raciocínio; por conseguinte, modificar a lista prevista precedentemente;*
- *os processos e as operações intelectuais que deverão ser utilizados pelos alunos durante as atividades: se alguns desses mecanismos não houverem sido adquiridos anteriormente, convirá prever sua aprendizagem, utilizando os procedimentos adequados;*
- *a não-identificação pelo professor das operações que devem ser efetuadas pelos alunos para aprenderem e, por conseguinte, a inadequação inconsciente de seu ensino, encontram-se, provavelmente, entre as causas dos obstáculos enfrentados cotidianamente por eles.*

2.6. Análise após passagem pela sala de aula

QUAIS FORAM OS EFEITOS DE MEU ENSINO?

Os resultados da análise vão permitir a evolução do conjunto dos documentos para que sejam resolvidas as problemáticas colocadas em evidência.

Nas páginas seguintes, apresentamos os quadros recapitulativos: a Rede Mestre-Metodologia e a Rede Aluno-Saber.

REDE MESTRE-METODOLOGIA

análise conceitual: a partir das palavras/expressões-chave do programa:

- elaborar a lista dos conceitos fundamentais subjacentes e, em seguida, das noções que lhes são inerentes
- organizar essas noções em torno dos conceitos centrais em uma rede em que os conceitos e noções são os nós
- completar por meio das novas noções suscitadas por associação de idéias
- exprimir as relações entre as noções

rede-aluno: limitar a rede conceitual precedente ao conteúdo previsto no programa

DO TEXTO DO PROGRAMA A UMA PROGRESSÃO

- PALAVRAS/EXPRESSÕES-CHAVE DO PROGRAMA
- ANÁLISE CONCEITUAL MESTRE-REDE
- SISTEMA DE REFERÊNCIA NOCIONAL ALUNO-REDE
- OBJETIVOS DA APRENDIZAGEM NOCIONAIS METODOLÓGICOS
- PROGRESSÃO
- SEQUÊNCIA DA AULA

progressão: procurar as possibilidades de evolução linear das aprendizagens no tempo, indicando com precisão:

- os reinvestimentos e a integração das aquisições anteriores em novas estruturas (construção progressiva da rede)
- os questionamentos nas diferentes etapas que possibilitam as novas aprendizagens a partir das aquisições estruturadas anteriormente

os objetivos da aprendizagem devem exprimir de maneira precisa:

- o saber do aluno no termo da aprendizagem (noções, métodos de raciocínio, de trabalho...)
 - as circunstâncias, as condições em que este saber deve exprimir-se
 - os possíveis patamares, segundo as capacidades dos alunos
- O rendimento do aluno é um revelador da aprendizagem obtida

ELABORAÇÃO DE UMA SEQUÊNCIA DE AULA

- OBJETIVOS DA APRENDIZAGEM
- INSERÇÃO NA REDE NOCIONAL
- PRÉ-REQUISITOS
- AQUISIÇÕES ANTERIORES
- REINVESTIMENTOS
- PREVISÃO DOS POSSÍVEIS PROCEDIMENTOS DOS ALUNOS
- OBSTÁCULOS PRESUMIDOS

ANÁLISE A PRIORI DA SEQUÊNCIA AVALIAÇÃO DA COERÊNCIA

- confronto
- expressão do implícito
- comentários que indicam com precisão os objetivos particulares que justificam determinados procedimentos

Os pré-requisitos devem ser limitados aos saberes realmente indispensáveis para as novas atividades, saberes que devem ser dominados por todos; caso contrário, a nova aprendizagem é impossível.

Eles não comportam as aquisições anteriores que serão reinvestidas para uma nova estruturação

DESENVOLVER DA SEQUÊNCIA

- ATIVIDADES A SEREM EFETUADAS
- ABORDAGEM, INFORMAÇÕES, INSTRUÇÕES, FICHA DE TRABALHO
- QUESTIONAMENTOS
- MOMENTOS DE INVESTIGAÇÃO INDIVIDUAL
- MOMENTOS DE EXPRESSÃO
- MOMENTOS DE CONFRONTO
- MOMENTOS DE ELABORAÇÃO DE NOVOS SABERES
- MOMENTOS DE ESTRUTURAÇÃO CONSTRUÇÃO DE REDES
- GENERALIZAÇÃO APLICAÇÃO TRANSFERÊNCIA
- MEMORIZAÇÃO
- VESTÍGIOS
- FERRAMENTAS DE AVALIAÇÃO REFORÇO

ANÁLISE APÓS PASSAGEM PELA SALA DE AULA

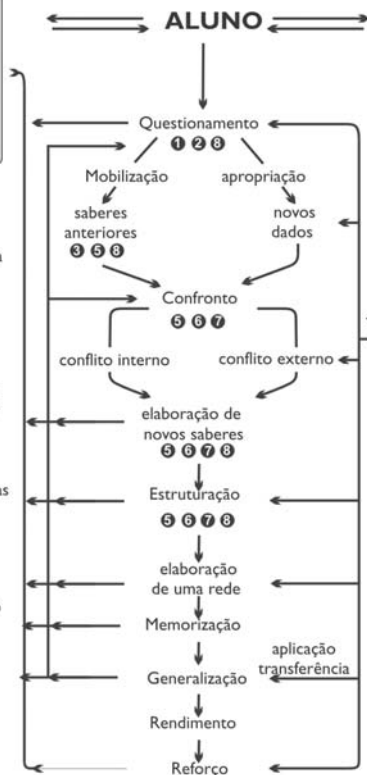
- coleta de dados
 - procedimentos utilizados pelo professor
 - reações dos alunos: atos, atitudes, falas
- identificação das dificuldades encontradas
- confronto com as previsões
- reflexão que permite colocar em evidência eventuais incoerências e programar modificações

fatores pessoais

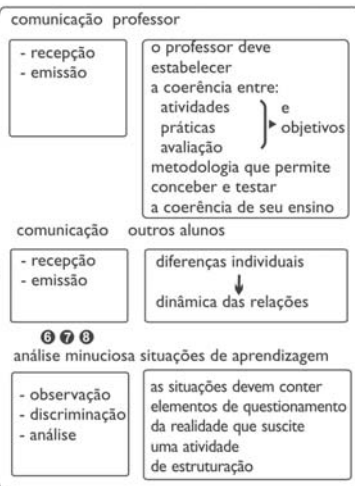
- repertório cognitivo, instrumentos cognitivos, estruturas conceituais (complexidade das redes)
- nível de desenvolvimento (pensamento concreto-formal)
- capacidades intelectuais (atenção, trabalho, memorização)
- domínio da linguagem
- motivação

- 1 o problema deve ser significativo para o aluno
- 2 o aluno deve ter a possibilidade de exprimir claramente o problema encontrado
- 3 o aluno deve ter domínio sobre os pré-requisitos necessários para a aprendizagem (noções, instrumentos)
- 4 o aluno deve ter a possibilidade de exprimir suas aquisições anteriores
- 5 o aluno deve ter a possibilidade de exprimir:
 - as questões que ele se formula
 - as respostas a questões formuladas por outros alunos
 - os obstáculos que ele encontra
- 6 a atividade deve suscitar a prática, por cada aluno, de operações intelectuais de maneira autônoma:
 - análise minuciosa de uma situação
 - mobilização dos saberes
 - expressão espontânea
 - confronto
 - busca de formulações científicas (cf. taxonomias)
- 7 para apropriar-se dos métodos de raciocínio, o aluno deve:
 - utilizar esses métodos para aprender os conceitos
 - identificar esses métodos como tais

REDE ALUNO-SABER



HIPÓTESE: CONSTRUÇÃO
INTERAÇÃO ALUNO-ENTORNO (social, material)
RECURSOS EXTERNOS



fatores relacionados com a disciplina

- conceitos científicos organizados em redes
- a construção dessas redes permite a construção de um saber estruturado
- os conceitos científicos associam os fatos com as teorias
- atividade intelectual possível em níveis diversificados (concreto-abstrato, simples-complexo, particular-geral)
- o saber científico apresenta aspectos simbólico e figurativo; ele não se exprime de maneira única
- a aprendizagem de procedimentos científicos permite a aprendizagem estruturada dos conceitos

fatores situacionais

- características da classe (cognitivas, socioafetivas...)
- restrições institucionais
- condições materiais

práticas pedagógicas

questionamento + expressão

- abordagem de um problema
- investigação indutiva
- questão + resposta escrita ③
- em seguida, expressão oral
- reinvestimento
- utilização da rede

atividade experimental ① ②

- ficha de trabalho ③ ④
- trabalho de equipe ⑤ ⑥
- formulação escrita ⑦ ⑧
- confronto coletivo

estruturação

- elaboração de uma rede
- busca das palavras/expressões-chave ou das idéias-chave
- expressão das relações entre as noções ⑥
- inserção das novas noções na rede conceitual

generalização

- transferência dos novos saberes para situações diferentes
- apreensão de situações familiares com o ângulo de visão dos novos saberes

avaliação

- avaliação-aprendizagem
- construção de redes que permitam analisar situações particulares
- importância da expressão escrita das respostas para:
 - a busca de respostas por parte de cada um
 - a riqueza da expressão e do confronto
 - a identificação dos obstáculos pelos alunos e pelo professor
 - o reforço

obstáculos

- falta de domínio da linguagem
- representações primárias
- nível de abstração

VI. ABORDAGEM DA DIDÁTICA POR MEIO DE SITUAÇÕES CONCRETAS:

Ensinar a química no colégio

PONTOS DE REFERÊNCIA

1. Introdução do modelo no ensino da química.

2. Análise do conteúdo da disciplina.

3. Construção de uma progressão.

4. Construção de uma seqüência.

Esta parte do documento baseia-se em situações da vida do professor; neste caso, o leitor tem a possibilidade de proceder à aplicação dos conhecimentos apresentados nas partes teóricas precedentes a fim de torná-los concretos ou, então, abordar o documento antes de estudar seu aspecto teórico.

As ferramentas elaboradas nesta parte não pretendem ser modelos, mas apenas exemplos para permitir que cada um tenha um suporte nocional para apropriar-se dos métodos de trabalho.

Nosso desejo é que, a partir destes exemplos, assim como da parte teórica, possa instaurar-se uma troca de reflexões com os leitores.

Acompanharemos a evolução completa do aperfeiçoamento da prática de ensino em algumas seqüências do curso de química e nos basearemos em outras seqüências para abordar e ilustrar alguns aspectos da didática.

De acordo com o desejo do leitor, numerosas chamadas lhe permitirão referir-se às diferentes partes teóricas para que, progressivamente, ele possa aprofundar sua reflexão sobre os fundamentos desta didática e, ao mesmo tempo, adquirir o domínio dos métodos; assim, neste constante movimento de vai-e-vem entre teoria e prática, ele se tornará cada vez mais competente para tomar suas decisões em todos os momentos de sua vida profissional.

Ao envolver-se nesta abordagem dos conteúdos da disciplina, o leitor tem em mente, de forma mais ou menos explícita, suas próprias concepções relativas ao seu ensino:

- *no pressuposto de que tenha efetuado um trabalho prévio de elucidação de suas intenções, poderá servir-se delas como critério de análise de nossas proposições; assim, poderá defini-las com maior clareza, ampliá-las e avaliar sua pertinência;*
- *na hipótese em que ele vier a abordar este documento de trabalho pela parte concreta, pensamos que nossas proposições lhe servirão de incentivo para definir seu próprio quadro de referência e determinar suas intenções a fim de ter acesso a uma maior autonomia em sua vida profissional.*

Ensinar a química no colégio

Nesta parte do documento, apresentaremos o procedimento completo de elaboração de um ensino, desde a primeira leitura do programa até a construção das seqüências.

A título de exemplo, abordaremos o tema da química.

1. INTRODUÇÃO DO MODELO NO ENSINO DA QUÍMICA

No decorrer de sua aprendizagem, os alunos devem adquirir as bases da química com as correspondentes teorias explicativas.

A descontinuidade da matéria e a estrutura atômica devem ser percebidas por eles como um modelo explicativo dos fenômenos observados.

Tal postura implica que eles percebam os dois campos em que trabalham os cientistas: *campo fenomenológico* e *campo teórico*; além disso, terão a possibilidade de familiarizar-se com suas interações.

O problema do professor é, portanto, permitir que, no âmbito de diversos programas do colégio, os alunos venham a assimilar a noção de modelo em diferentes matérias, em particular, na área da química.

Explicitemos nosso procedimento para a introdução do modelo na área da química.

1.1. Percepção da necessidade de modelos teóricos

A partir do acúmulo de dados experimentais, o aluno deve-se interrogar para interpretar e explicar os fenômenos observados, além de formular hipóteses sobre as matérias estudadas para ter a possibilidade de interpretar suas propriedades.

1.2. Formulação, pelos alunos, de hipóteses para construir um modelo

A partir dos fenômenos observados, procede-se à identificação das propriedades que suscitam o questionamento. Formula-se a questão: “Como pode ser a constituição desta matéria para que ela tenha esta propriedade?” Os alunos exprimem idéias que devem ser traduzidas graficamente. Os esquemas propostos são analisados e confrontados; também, devem ser identificadas as idéias que lhes são subjacentes. Procura-se uma expressão correta de tais idéias e chega-se a acordo em relação a um código gráfico.

1.3. Expressão precisa das hipóteses constitutivas do modelo

O professor procede à validação dos resultados da reflexão proposta pelos alunos, confrontando o modelo que eles elaboraram com o modelo aceito pela comunidade científica, além de fornecer, eventualmente, outras informações mais precisas e um vocabulário adequado. Cada aluno deve tomar nota das hipóteses válidas do ponto de vista científico.

1.4. Validação do modelo

A partir do modelo, elaborar previsões de propriedades e efetuar o estudo experimental de tais propriedades; o confronto dos resultados experimentais com as previsões teóricas deve permitir a validação do modelo.

1.5. Aplicação

Novos estudos fenomenológicos e utilização do modelo validado para explicar novas observações.

1.6. Evolução do modelo

Após ter sido verificada a insuficiência do modelo para explicar os fenômenos observados, é necessário fazê-lo evoluir.

Tal postura leva a um novo procedimento: o questionamento, formulação de hipóteses, trabalho dialético verbal e gráfico, identificação e confronto das proposições e validação.

Análise do procedimento

Por meio deste procedimento, verificamos que os alunos formulam hipóteses pertinentes; além disso, aos poucos, em uma discussão com a classe, a expressão torna-se cada vez mais precisa.

Não pretendemos que os alunos inventem totalmente o modelo. De qualquer forma, mesmo que os alunos participem, de bom grado, neste gênero de atividade oral e gráfica, nem todos têm a iniciativa da formulação; eles levam em consideração as idéias dos outros e, de maneira diversificada, tomam parte no avanço da reflexão.

Em cada etapa, depois de se terem interrogado, formulado hipóteses, procurado representações gráficas para traduzir as hipóteses, os alunos apropriam-se dos modelos validados.

Neste procedimento, nossos objetivos são os seguintes: por um lado, que os alunos percebam a necessidade e as funções de um modelo de estrutura da matéria; por outro, que eles tenham a oportunidade de efetuar atividades mentais necessárias para a elaboração e utilização de determinado modelo. Deste modo, ao conseguirem transpor as etapas do procedimento científico, eles se apropriarão da construção de seu saber.

2. ANÁLISE DO CONTEÚDO DA DISCIPLINA

2.1. Análise conceitual a partir do texto do programa

Antes de preparar a aula, é indispensável que o professor esteja ciente dos saberes que devem ser apropriados por aluno; ora, esses saberes estão integrados a campos de conhecimento mais amplos.

Para que possa elaborar progressões que permitam aos alunos construir saberes estruturados, o professor deve, portanto, procurar a maneira como está estruturado o campo conceitual em que estão inseridas as noções a serem ensinadas aos alunos; ele procede à análise conceitual do campo científico visado por seu programa.

Este trabalho faz-se a partir das palavras/expressões-chave do programa que comportam estruturas a serem explicitadas; em seguida, pelo seu conhecimento do saber científico, o professor elabora todo o campo conceitual em que estão inseridas tais estruturas.

2.1.1. Identificação das palavras/expressões-chave do programa

Fixemos, a título de exemplo, algumas palavras/expressões-chave de um programa de ensino na área da química:

Descontinuidade – matéria – modelo particular – átomo – molécula – símbolo – fórmula – corpo puro – corpo simples – corpo composto – mistura – reação química – combustão – conservação dos átomos – conservação da massa.

2.1.2. Análise das palavras/expressões: classificação das noções, hierarquização, identificação dos conceitos centrais, busca da estrutura do campo conceitual

O conceito “espécie química” não é explicitamente citado, mas aparece subjacente ao conjunto das noções do programa: ele é chamado “corpo puro”.

Ora, trata-se de um dos conceitos fundamentais da química; será difícil evitar sua apropriação.

Este conceito é muito complexo; para sua construção coerente, e como é previsto pelo programa, torna-se necessária a elaboração do modelo da descontinuidade da matéria.

Podemos reunir todas as noções do programa em torno dos conceitos: matéria, espécie química, reação química, modelo, descontinuidade, molécula, átomo.

Estas noções pertencem a dois campos, cuja distinção deverá ser estabelecida:

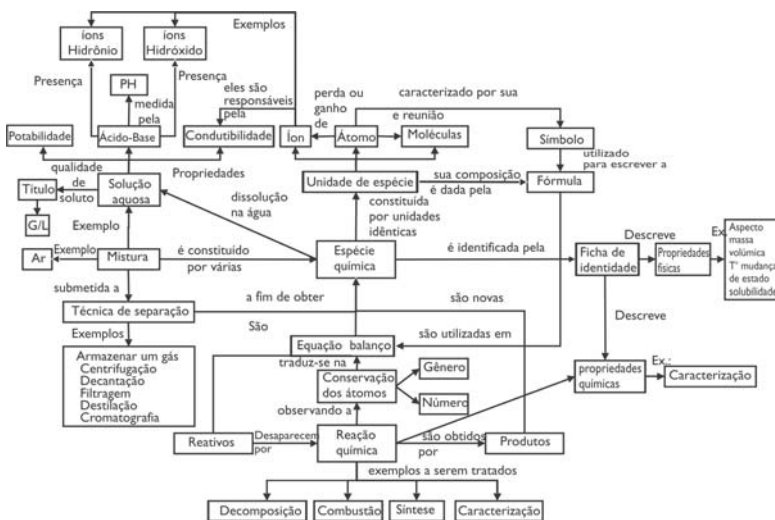
- *campo dos fenômenos, das observações e dos fatos;*
- *campo do modelo, das hipóteses e das teorias; as hipóteses devem ser coerentes com os fatos*

2.1.3. Elaboração de uma representação espacial

A partir das palavras/expressões-chave precedentes, procuremos as noções e as relações que lhes estão associadas.

A partir deste material, podemos construir uma estrutura conceitual espacial que representa o campo conceitual do professor no campo em questão.

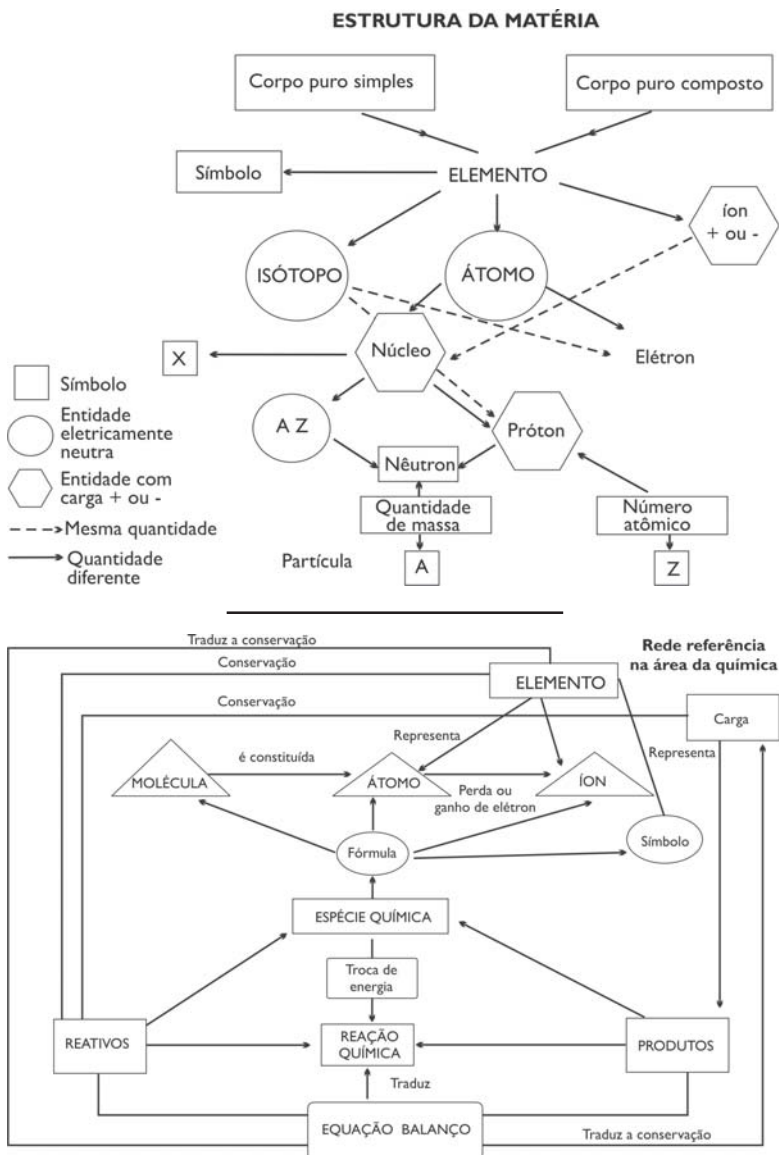
Abaixo, apresentamos um exemplo de rede conceitual:



2.2. Elaboração de sistemas nocionais de referência: construção de uma rede nocional / aluno

Considerando as limitações advindas do texto do programa, podemos elaborar, a partir da rede precedente, uma nova rede que traduza, para o aluno, uma construção coerente dos conceitos.

Abaixo, apresentamos exemplos de rede-aluno



2.3. Definição da aprendizagem de noções; expressão dos diferentes níveis de aprendizagem dos conceitos fundamentais

2.3.1. Campo dos fenómenos

- *construção da noção de espécie química*
- *construção da noção de transformação física*
- *construção da noção de reação química*

2.3.2. Campo do modelo

Construção da noção de unidade de espécie química.

Cada espécie química é constituída por unidades idênticas; entretanto, as unidades são diferentes de uma a outra espécie química.

Construção da noção de átomo como constituinte das unidades de matéria.

Reação química e modelo.

No decorrer da reação química, as unidades de matéria não são conservadas; surgem novas unidades de matéria. Todos os átomos são conservados, mas constituem novas unidades de matéria.

3. CONSTRUÇÃO DE UMA PROGRESSÃO

No Quadro 1, é apresentado um exemplo de progressão de um programa de química, distribuída em 20 seqüências. Os períodos de duração mencionados são indicativos e estão expressos em minutos.

4. CONSTRUÇÃO DE UMA SEQÜÊNCIA

No Quadro 2, é apresentada, a título de exemplo, a construção da seqüência 2.

TABELA I
PROGRESSÃO: DISTRIBUIÇÃO DAS SEQÜÊNCIAS

Código (seqüências)	Duração	Tema da seqüência
S-1	60	Introdução à química A matéria
S-2	30	Observação de sistemas; aprendizagem de uma linguagem científica
S-3	30	Técnicas de separação das fases
S-4	60	Separação dos sistemas homogêneos: destilação e cromatografia
S-5	 60 30	Identificação das espécies químicas: - estudo da fusão e da solidificação de uma espécie química - ficha de identidade das espécies químicas
S-6	40 20 20	Técnicas de purificação Balanço estruturante: construção da rede "da matéria à espécie química" Prova de avaliação
S-7	60	Elaboração de um modelo
S-8	60 30	Propriedades dos gases; validação do modelo. Balanço Prova de avaliação
S-9	60	Realização de reações químicas: Ferro-Enxofre
S-10	90	Interpretação das reações: evolução da representação do modelo (átomo, molécula, símbolo, fórmula, equação)
S-11	90	Experiências com o Ferro
S-12	30	Redução do óxido de Cobre
S-13	30 30	Os hidrocarbonetos: evolução da representação do modelo Prova de avaliação
S-14	60	Estudo da condutibilidade das soluções: abertura do modelo do átomo
S-15	30	Noção de íons, elétrons, núcleo: prótons, nêutrons
S-16	60	Testes com os íons
S-17	60 90 20	A água Soluções ácidas e básicas Prova de avaliação
S-18	70	Polímeros: identificação
S-19		Polímeros: síntese
S-20	60	Avaliação de síntese

TABELA 2

Sequência S-2: Observação de sistemas; aprendizagem do vocabulário científico
(A = Atividade)

A-1	Informação questão discussão informação	A primeira etapa para o estudo científico da matéria é a observação: Vamos observar quantidades limitadas de matérias. - Para vocês, o que significa a palavra “sistema”? - A discussão faz aparecer várias acepções possíveis para esta palavra - Na química, a palavra “sistema” aplica-se a uma certa quantidade de matéria, cujas propriedades podem ser estudadas, tal como o conteúdo de um tubo de ensaio
A-2	instrução atividade instrução	- Cada tubo de ensaio, exposto no estojo, representa um sistema. Observar e descrever esses seis sistemas. - Em grupos de quatro, os alunos observam e fazem uma descrição oral e, em seguida, por escrito em seus cadernos - A partir da observação, escolher um critério que permita classificar esses sistemas em dois subconjuntos.
A-3	discussão informação discussão informação	- Balanço das observações, a partir do trabalho de uma equipe. No quadro-negro, representação dos sistemas; as palavras/expressões utilizadas pelos alunos são adotadas como legendas. - Introduzir a palavra “fase”: sistema com uma fase ou sistema com duas fases - Balanço das classificações propostas: - levando em consideração o vocabulário dos alunos - utilizando a palavra “fase” - Fazer associações: - sistema com uma fase = sistema homogêneo - sistema com várias fases = sistema heterogêneo
A-4	discussão informação	- Retomar algumas observações ou hipóteses surgidas no decorrer da descrição dos sistemas para clarificar o vocabulário: mistura, solução, suspensão, emulsão, solúvel, miscível, solubilidade, densidade, massa volúmica... (operação de reinvestimento das aquisições, até mesmo, reforço, se necessário). - Introduzir a expressão “espécie química” na discussão precedente.
A-5	instrução Dever de casa discussão	- Elaborar a lista das palavras/expressões com teor científico encontradas nesta atividade. - Construir uma rede, a partir da palavra “matéria”, contendo todas as palavras/expressões da lista precedente. Expressar as relações entre essas diferentes noções. - A partir do trabalho apresentado por alguns alunos, construir uma rede (ver exemplos na página seguinte). A discussão deve permitir a formulação das relações entre as diferentes noções: Fase sistema homogêneo; fase sistema heterogêneo; espécie química.
A-6	instrução	Descrever os sistemas, indicados a seguir, utilizando o vocabulário científico: Água, água gasosa, ar, água salgada, oxigênio (procurar outros exemplos)

VII. ESTUDO DOS PROCESSOS DA APRENDIZAGEM – APRESENTAÇÃO DE ALGUNS RESULTADOS

PONTOS DE REFERÊNCIA

1. Conhecimento dos processos da aprendizagem

2. Os obstáculos

3. O questionamento

Neste capítulo, apresentamos, a título de exemplo, alguns resultados de um estudo efetuado sobre a observação – registrada em vídeo, no decorrer de todo o ano letivo – de um grupo de alunos em situação de aprendizagem na sala de aula; nossa análise baseou-se nessa gravação.

A primeira etapa foi o aprimoramento da progressão das atividades, a partir dos objetivos da aprendizagem, definidos pela análise conceitual do programa na área da química.

Relatamos as conclusões tiradas das atividades A-2, A-3 e A-4 da S-2 (Ver Quadros 1 e 2 das páginas precedentes).

A observação dos alunos em situação de aprendizagem permitiu-nos identificar os processos utilizados no decorrer das atividades propostas.

1. CONHECIMENTO DOS PROCESSOS DA APRENDIZAGEM

Quando o aluno se encontra diante de uma situação experimental, o processo espontâneo adotado por ele tem, em geral, as características de um procedimento pré-científico; somente em um segundo momento é que, por uma crítica de sua própria atividade, por meio do confronto com um de seus pares ou com um resultado experimental ou, ainda, a partir do questionamento formulado pelo professor, ele coloca em questão seu processo espontâneo para utilizar um comportamento mental de caráter mais científico.

De fato, em A-2 – atividade em que uma série de tubos contêm diferentes sistemas (homogêneo, heterogêneo; líquido; líquido-líquido; líquido-sólido) – era solicitado aos alunos que procurassem critérios de classificação, a partir da seguinte instrução: *observar, descrever e classificar* os sistemas em dois subconjuntos. Em um primeiro momento, eles tinham-se limitado a fazer suposições para identificar a natureza dos compostos, em vez de observar e descrever o sistema.

Pela observação de três grupos, de um total de quatro, verificou-se que os alunos seguram e observam os tubos, um a um, chegam mesmo a agitá-los em uma tentativa para identificar os conteúdos e começam a descrevê-los pela menção ao estado, cor e odor; a busca de identificação é mais espontânea do que a descrição. No decorrer da atividade, eles devem, portanto, passar de uma atitude subjetiva em que a imaginação ocupa uma posição não-desprezível, para uma atitude mais objetiva, em que fazem apelo unicamente aos sentidos, em particular a vista, eliminando, aos poucos, tudo o que não estiver baseado em uma observação real; essa é a primeira etapa direcionada à aquisição do procedimento científico.

Esta qualidade é desenvolvida, por um lado, na observação que se limita a fixar os critérios pertinentes e, por outro, na expressão oral e escrita de tais observações, utilizando um vocabulário bem preciso.

Por sua vez, o 4º grupo faz, em primeiro lugar, uma observação rápida de cada sistema, considerado em seu conjunto: cada sistema é visto em relação aos outros; em seguida, os alunos procuram identificar as diferentes características (cor, odor). Depois deste trabalho oral, procede-se à descrição de cada sistema a partir de todas as informações obtidas, precedentemente, que haviam sido anotadas em um caderno.

Eles fornecem uma primeira impressão do critério de classificação: “sistemas com um ou vários componentes”. Em seguida, criticam esta expressão a fim de reformulá-la: “sistemas com um ou vários componentes visíveis” ou “se existe um só componente visível, não se pode saber se é uma mistura”.

Todos os grupos propõem tal classificação com variações na maneira de exprimir o critério:

“Na aparência, é possível ver duas coisas diferentes”

“Sistemas formados por um ou vários elementos”

“Alguns, segundo parece, têm um só elemento, um só componente; vê-se um só componente, mas não se sabe se existem outros”.

Constatamos que a passagem da expressão oral para a expressão escrita obriga os alunos a procurar termos mais precisos; em vez de uma linguagem corrente com um vocabulário precário, eles empenham-se em encontrar palavras mais precisas, utilizando uma linguagem pré-científica que lhes serve de base para a construção das noções estudadas. Deste modo, é facilitada a introdução do vocabulário científico.

2. OS OBSTÁCULOS

A observação dos alunos e os testes de avaliação colocaram em evidência as dificuldades encontradas em determinadas aprendizagens; tais dificuldades são oriundas de um certo número de obstáculos que devem ser superados pela criança. De diferente natureza, estes obstáculos são provenientes:

- *das representações dos próprios alunos;*
- *do estágio de desenvolvimento mental (por exemplo, dificuldades de acesso ao estágio formal);*
- *das práticas pedagógicas do Mestre que nem sempre levará em consideração as representações dos alunos e suas capacidades operatórias;*
- *de alguns fatores psicológicos que provocam uma falta de disponibilidade das crianças;*
- *dos próprios conceitos.*

Para que a criança possa obter a aprendizagem, a primeira etapa da didática consiste em levá-lo a identificar esses obstáculos; daí a necessidade de implementar determinados procedimentos para alcançar esse objetivo.

3. O QUESTIONAMENTO

O questionamento é uma fase obrigatória para o estabelecimento de relações entre o sistema de representações e o repertório cognitivo estruturado, ou seja, a reorganização deste repertório em função de novos dados; caso contrário, os novos dados ficarão amontoados sem serem inseridos em um conjunto estruturado.

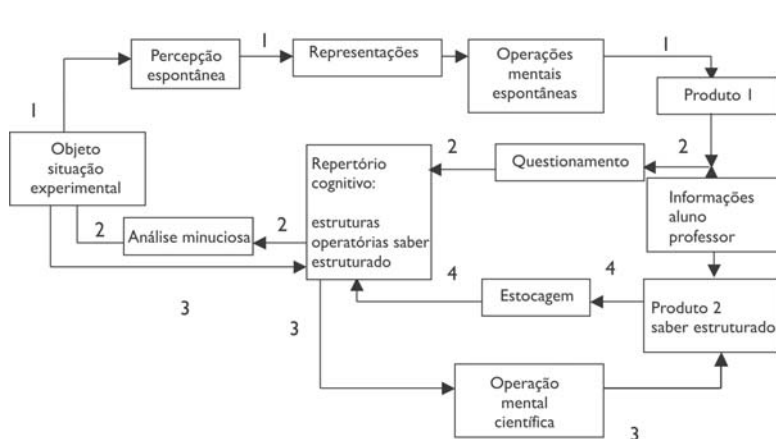
A atividade proposta deve comportar, portanto, procedimentos de questionamento:

3.1. *Na fase preliminar:* o professor faz com que a criança expresse suas representações e suas aquisições anteriores.

3.2. *Na fase de trabalho em equipe:* as interações entre os alunos é que provocam esse tipo de expressão; eventualmente, verifica-se também a intervenção pontual do professor.

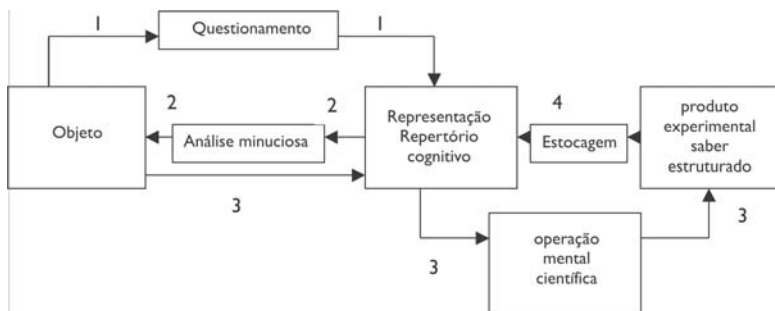
3.3. *Na fase de balanços coletivos e de coletas de dados:* o professor deve facilitar a expressão dos alunos no momento da apresentação e do confronto de seus resultados.

A partir da análise das diferentes etapas da evolução efetuada pelas crianças, podemos propor o seguinte modelo esquemático:



Este esquema foi utilizado por um grande número de alunos que observamos no decorrer de A-2, A-4 e A-5; a partir de A-4, verifica-se que cerca de 20% dos alunos começam a dominar o procedimento e operam de uma forma mais científica.

Podemos representar um modelo desse procedimento por intermédio do esquema indicado abaixo:



Em resumo, a construção de um saber estruturado é facilitada:

- *pela expressão individual em que os alunos formulam suas representações pré-científicas a respeito das noções estudadas ou dos problemas encontrados;*
- *pelo confronto dessas representações, por um lado, com os dados dos outros alunos e/ou de situações experimentais;*
- *pela expressão do questionamento suscitado por esses diferentes confrontos e pelo jogo das interações entre os alunos a partir desses questionamentos;*
- *pela estruturação suscitada em discussões coletivas que permite a passagem de representações pré-científicas para um saber científico estruturado.*

Tendo sido adotados estes procedimentos em várias classes de experimentação, verifica-se o interesse imediato de um grande número de alunos por esta didática, interesse que se manifesta por uma vontade de exprimir suas representações, suas questões e suas respostas às perguntas dos outros alunos.

Este envolvimento afetivo na situação de aprendizagem suscita uma real atividade mental; ora, nossa hipótese é que tal atitude levará um maior número de alunos a construir, efetivamente, um saber estruturado.

VIII. QUADRO DE REFERÊNCIA – CONSTRUÇÃO DO SABER

Neste capítulo, vamos apresentar as idéias-chave de alguns autores; assim, a partir dos temas preferidos, o leitor poderá aprofundar seu conhecimento, consultando os livros desses pesquisadores.

Este conjunto de idéias-chave constitui o quadro teórico de referência que nos serviu de suporte para a elaboração da didática.

1. AUSUBEL – NOVACK

A aprendizagem cognitiva define-se como a integração de uma informação que se incorpora a um conceito preexistente, modificando-o.

A	+	a	⇒	A'
Conceito existente na estrutura cognitiva		Nova informação		Conceito modificado na estrutura cognitiva e nova codificação

A chave da aprendizagem é a identificação do que o aluno já sabe, saber expresso sob a forma de uma organização conceitual. A integração progressiva de informações às estruturas preexistentes é facilitada pela proposição de “pontes cognitivas” que levam essas informações a se tornarem significantes em relação aos conceitos globais preexistentes.

2. GALPERIN

O processo da aprendizagem é precedido por uma *atividade de orientação voltada para a tarefa* que visa a fornecer uma

significação da conduta ensinada, polarizar a observação para evitar a submersão em interesses subjetivos, assim como identificar os referenciais que permitem efetuar corretamente a ação. Após a realização de uma minuciosa análise do material, o aluno explicita completamente a operação efetuada pela expressão oral, em voz alta; em seguida, procede a exercícios de encurtamento do procedimento de identificação e de generalização: neste momento, o conceito especifica-se em relação à situação e ao suporte lingüístico.

Duas idéias importantes:

- *a mediação da língua é capital na passagem da ação para o pensamento;*
- *obter a participação inteligente do aluno na atividade: ele deve compreender a lógica dessa atividade.*

3. ROGERS (PEDAGOGIAS NÃO-DIRETIVAS)

A atividade individual é dirigida pela necessidade de auto-realização. O aluno deve estar implicado em um problema que seja significativo para ele: não só por uma fixação afetiva, mas por uma tomada de consciência que envolve o conjunto de suas capacidades cognitivas. Em vez de propor um conteúdo, o papel essencial do educador consiste em facilitar essa tomada de consciência; assim, os alunos podem perceber a significação do objetivo da aprendizagem em relação à própria vida.

4. PIAGET E A ESCOLA DE GENEVRA

O desenvolvimento cognitivo faz-se pela interiorização da ação própria da criança. “As operações intelectuais constituem ações interiorizadas, coordenadas em estruturas de conjunto”.

O sujeito responde por meio de compensações ativas às perturbações externas, aos desequilíbrios advindos dos problemas, lacunas e conflitos. As estruturas que, assim, equilibram-se em determinado estágio do desenvolvimento são, em seguida, integradas ao estágio posterior em estruturas mais móveis e mais extensas.

Assim, as estruturas mais desenvolvidas são o resultado de transformações e de coordenações de estruturas ou de esquemas de nível inferior.

5. MODELO DA TEORIA DA INFORMAÇÃO

- *codificação da informação:*
 - análise e identificação do estímulo;
 - transformação da informação sensorial externa em representação interna, suscetível de ser manipulada e memorizada

⇒ *fatores facilitadores: complexidade da informação analisada*

 - estruturas anteriores;
 - domínio da linguagem;
 - capacidades operatórias;
- *tratamento: busca de comparações, relações...*
- *inferências*
- *acesso às informações estocadas na memória em longo prazo*

⇒ *a facilidade de acesso depende do número de indícios disponíveis no momento da recuperação: indícios associados a essas informações por ocasião de sua codificação, densidade das relações em estruturas cognitivas*
- *memória de curto prazo, limites...*

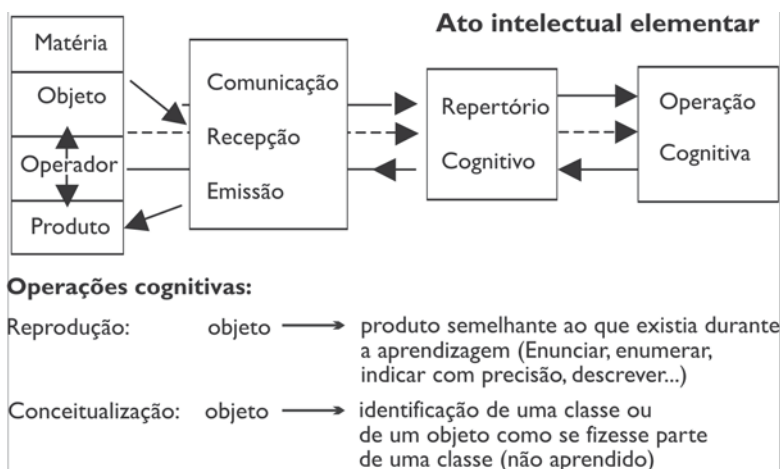
6. GAGNÉ

Este autor propõe um modelo de aprendizagem baseado na teoria da informação. Na aprendizagem, ele distingue diferentes fases correspondentes a processos específicos; além disso, estabelece uma hierarquia entre os níveis (estímulo-respostas, aprendizagem das múltiplas distinções, aprendi-zagem de resolução de problemas). Do mesmo modo, ele propõe uma hierarquia entre os produtos da aprendizagem (conhecimento, habilidades intelectuais, estratégias cognitivas, atitudes).

Nesta hierarquia, os processos mais elevados integram os elementos inferiores em uma síntese específica.

7. D'HAINAUT

Os atos intelectuais elementares que intervêm em procedimentos adotados pelos alunos em diferentes situações de aprendizagem podem ser esquematizados da seguinte forma:



8. TIPOLOGIA DOS PROCEDIMENTOS INTELECTUAIS

8.1. relações do indivíduo com seu meio

- *coletar e tratar a informação:*
 - conhecer, identificar, encontrar...;
 - extrair a informação pertinente;
 - analisar;
 - elaborar a síntese.
- *encontrar relações no meio circundante;*
- *comunicar: recepção, emissão*
 - nível: complexidade e rigor da codificação;
 - sistema da codificação;
 - nível: cognitivo, afetivo;
 - traduzir, adaptar-se.

8.2. pensamento em ação

- *implementar modelos e regras, resolver problemas, inventar, imaginar, criar, julgar, avaliar, escolher.*

8.3. pensamento especulativo

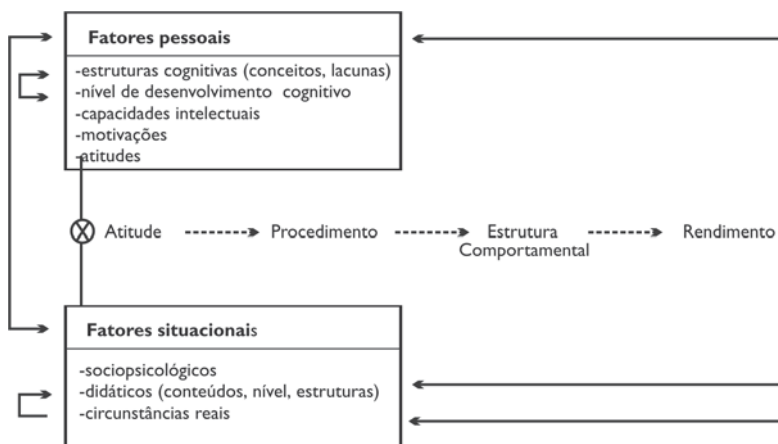
- *abstrair, explicar, demonstrar, prever, deduzir, ensinar/aprender.*

8.4. procedimentos relacionados com a ação

- *agir (definir os objetivos, preparar, realizar, avaliar, corrigir), decidir, conceber um plano de ação, uma estratégia, transformar, organizar.*

9. DE CORTÉ

Um modelo da aprendizagem na escola (levando em consideração vários modelos Ausubel, Van Gelder: análise didática, Van Pareren: psicologia do pensamento, Piaget, Gagné)



9.1. Consideração das diferenças individuais

- *a experiência do aluno pode estar defasada relativamente aos conteúdos e à sua expressão, quase sempre, formal;*
- *as relações do aluno em seu meio de origem orientam sua atitude diante das atividades na sala de aula;*
- *o domínio da linguagem e das estruturas operatórias é diferente em cada aluno.*

A dificuldade experimentada por algumas crianças na elaboração do pensamento científico tem a ver com o fato de que elas desconhecem o código que, habitualmente, serve para exprimi-lo, sobretudo, quando o ensino dogmático curto-circuita dois aspectos importantes da construção desse pensamento, ou seja: o esforço de simbolização após uma efetiva manipulação e a passagem para a expressão escrita que exige o recurso a um código elaborado.

Em determinadas atividades, a atualização das estruturas operatórias depende, segundo parece, do universo cultural dos alunos. Em particular, os raciocínios que pressupõem o recurso explícito ao pensamento formal – modelização, raciocínio

hipotético-dedutivo, combinação das variáveis – parecem estranhos à atividade escolar e integrados nas formas de comunicação social.

9.2. Aprendizagem e comunicação

A inserção em uma rede de comunicação constitui um meio privilegiado para orientar a aprendizagem, acelerando-a e consolidando-a.

10. DOISE-MUGNY

10.1. Interacionismo

Ao agir sobre o meio circundante, o indivíduo elabora sistemas de organização dessa ação sobre a realidade. Na maior parte dos casos, ele não age isolado: ao coordenar suas próprias ações com as de outrem, ele constrói os sistemas de coordenação de suas atividades; posteriormente, consegue reproduzi-las sozinho.

10.2. Construtivismo

A atividade estruturante do sujeito é que serve de fundamento a seu desenvolvimento cognitivo: verifica-se a estruturação progressiva, patamar por patamar, dessa atividade para obter instrumentos cada vez mais equilibrados. Em vez da atividade de um sujeito isolado, trata-se de uma ação “socializada”, baseada em ações e julgamentos sociais que podem ser diferentes de um indivíduo para outro. Sua coordenação culmina na obtenção de um equilíbrio que, por sua vez, é também de natureza social, já que integra pontos de vista divergentes em um sistema de conjunto; aliás, esses pontos de vista encontram sua unificação em tal equilíbrio.

10.3. Da interdependência à autonomia

A atualização autônoma de competências cognitivas só é possível no termo de um desenvolvimento baseado em uma interdependência social.

No nível de uma noção bem precisa, o desenvolvimento cognitivo está, nos seus momentos iniciais, profundamente dependente das interações sociais em que as crianças têm a oportunidade de participar; dessa interdependência, resulta uma co-elaboração cognitiva, uma coordenação de esquemas – em outras circunstâncias, isolados – que culmina em competências cognitivas.

Para a elaboração de novos instrumentos cognitivos, as crianças oriundas de setores mais desfavorecidos da sociedade estão consideravelmente dependentes das relações interindividuais que lhes são propostas: aliás, só conseguem progredir mediante tais relações. A autonomia do desenvolvimento resulta de uma interdependência social inicial.

Além disso, cada desenvolvimento baseia-se no desenvolvimento precedente. Determinados pré-requisitos são necessários para que o desenvolvimento oriundo dessa interdependência possa concretizar-se; assim, é possível compreender o desenvolvimento cognitivo como uma espiral de causalidade em que determinados pré-requisitos permitem que a criança participe de interações mais complexas, garantindo a elaboração de instrumentos cognitivos mais complexos que, por sua vez, permitem a participação da criança em novas interações estruturantes.

É apenas no momento da iniciação de um novo instrumento cognitivo que o trabalho coletivo pode ser mais importante do que o trabalho individual; neste caso, os níveis cognitivos alcançados por ocasião da interação de indivíduos são mais elevados do que os níveis atingidos por indivíduos isolados.

10.4. O conflito sociocognitivo

Os encontros interindividuais levam ao progresso cognitivo na medida em que um conflito sociocognitivo foi desencadeado durante a interação. Este conflito leva a criança a tomar consciência de que, além da sua, existem outras respostas; é também por intermédio desse conflito que as diferenças – fonte de desequilíbrio, a um só tempo, social e cognitivo – tornam-se explícitas. Além disso, as respostas de outrem podem comportar indicações pertinentes para a elaboração de um novo instrumento cognitivo. O conflito sociocognitivo aumenta a probabilidade de que a criança se torne ativa.

Os procedimentos do conflito sociocognitivo são eficazes porque o problema vivenciado pela criança não é simplesmente cognitivo, mas social; para ela, em vez de tratar-se apenas de resolver um problema difícil, o que está em jogo é, sobretudo, o estabelecimento de uma relação interindividual, uma relação com outrem. Daí, esta hipótese: as operações cognitivas equilibradas permitem estabelecer ou restabelecer relações específicas com outrem.

Evitar o conflito sociocognitivo pode constituir um importante obstáculo para o surgimento de progressos cognitivos: complacência pela qual a criança tenta reduzir a divergência interindividual das respostas, a resolução unilateral ou a dessimetria criança-adulto.

Os sujeitos que cedem não conseguem progredir. A justaposição de indivíduos ou uma assimetria total entre eles não podem facilitar os avanços: ou as abordagens individuais não são postas em comum, ou uma delas não está integrada no campo social.

RECAPITULAÇÃO

PIAGET

- *Estágios de desenvolvimento*
 - inteligência sensório-motora
 - pensamento simbólico, pré-conceitual e depois intuitivo
 - operações concretas
 - operações formais
- *processo de desenvolvimento*
 - interação sujeito-objeto
 - abstração empírica*
 - abstração refletante*
- *construção*
 - ⇒ perturbação, desequilíbrio
 - ⇒ compensação ativa
 - ⇒ equilíbrio em nível mais elevado

Teoria da informação

- *codificação*
- *tratamento*
- *inferências*
- *memorização*
 - em curto prazo
 - em longo prazo
- *recuperação*
- *elaboração de redes semânticas*

Modelos didáticos (Ausubel, Gagné, D'Hainaut, De Corte)

- *Levam em consideração as contribuições*
 - de Piaget e da Escola de Genebra
 - das mais recentes teorias da informação

Especificidade do saber científico

Procedimento científico

- observação ⇒ análise minuciosa
- hipóteses ⇒ concepção
- experiência ⇒ elaboração
- resultados ⇒ verificação
- interpretação
- conclusão

saber científico

- organizados em redes
- os conceitos associam fatos a teorias
- refutável, modelável
- diferentes níveis de formulação

Gagné: hierarquia dos níveis da aprendizagem

- *estímulo-resposta*
- *distinções, múltiplas regras*
- *princípios, resolução de problemas*

Gagné: objetivos da aprendizagem

- *informação verbal*
- *habilidade intelectual*
- *estratégia cognitiva*
- *atitude*
- *habilidade motora*
- *fases da aprendizagem*
- *motivação*
- *apreensão*
- *aquisição*
- *memorização*

- *chamadas*
- *generalização*
- *rendimento*
- *reforço*

D'Hainaut: operações cognitivas

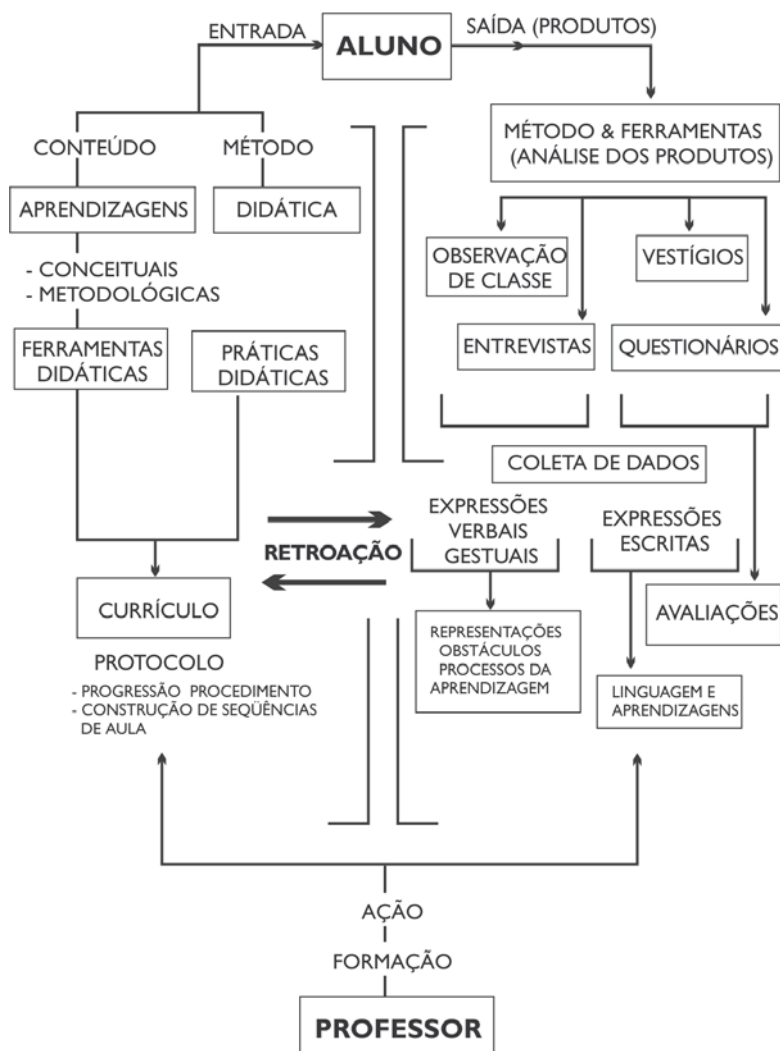
- *reprodução*
- *conceitualização*
- *aplicação*
- *análise minuciosa*
- *mobilização*
- *resolução de problemas*

Linguagem

- *papel na formação do pensamento formal, na comunicação*
 - conteúdo
 - forma
 - nível
 - obstáculo

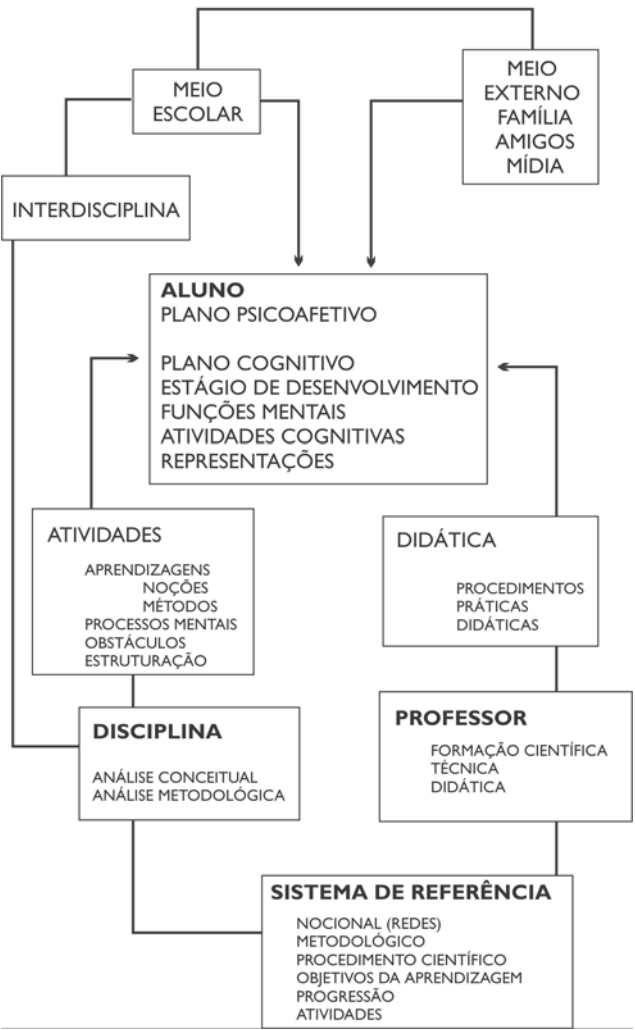
ANEXO

QUADRO I



QUADRO 2

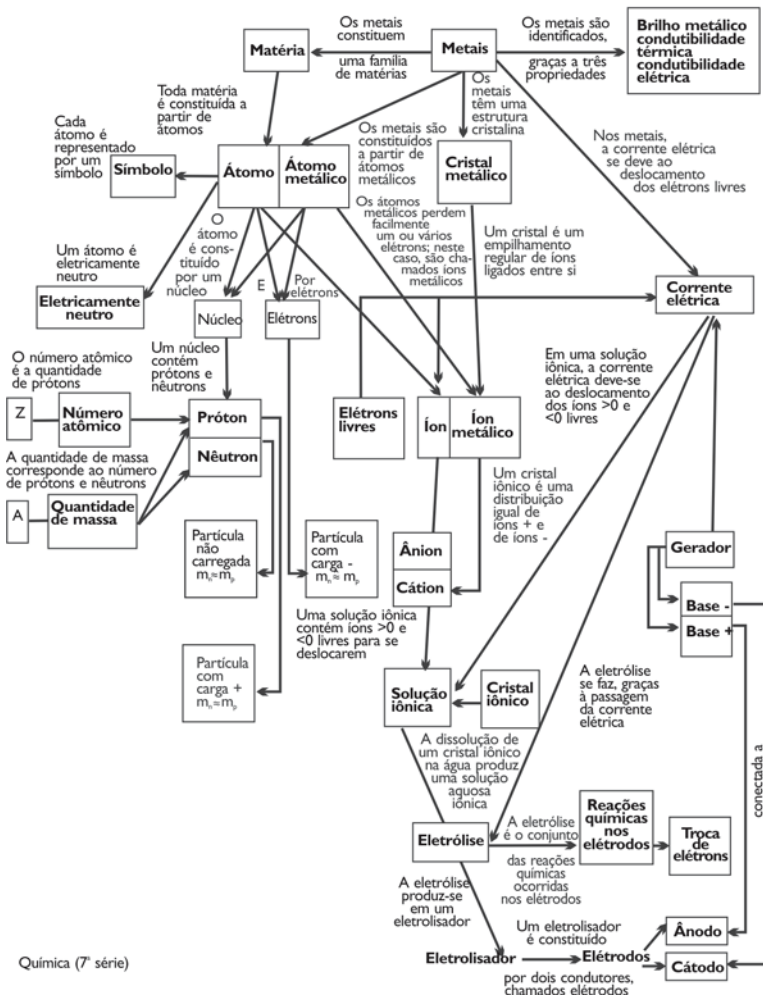
APRESENTAÇÃO ESQUEMÁTICA
DOS ELEMENTOS DO SISTEMA
SUAS INTER-RELAÇÕES



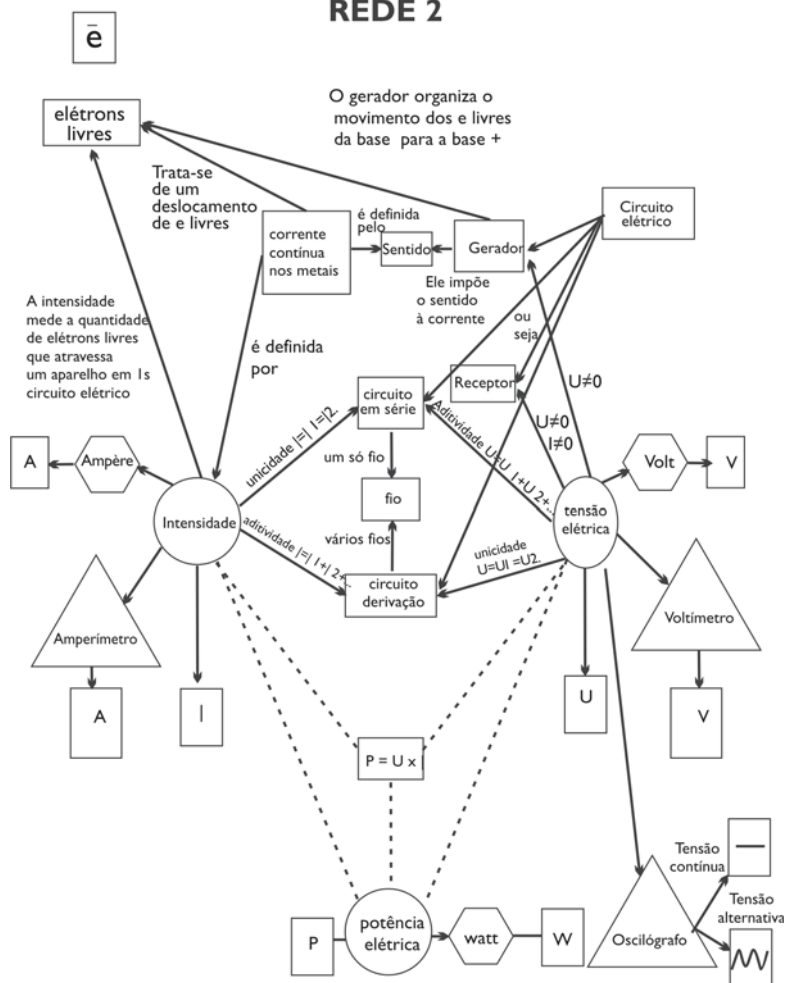
QUADRO 3

VANTAGENS DA PRÁTICA DA REDE PARA O ALUNO	TRABALHO ATUAL DO ALUNO PARA APRENDER UMA LIÇÃO
⇒ Existência de um método - as instruções dadas ao aluno lhe servem de orientação	⇒ Ausência de método - utilização de técnicas não apropriadas
⇒ Ajuda à estruturação dos conhecimentos - combinação de atividades cognitivas; caracteres unificados e ramificados da rede do curso	⇒ Justaposição dos conhecimentos - induzida pela apresentação linear do curso
⇒ Passagem para o estágio escrito - melhoria do nível de compreensão - acentua o domínio do vocabulário científico	⇒ Permanência no estágio oral
⇒ Existência de um produto / aluno - organização própria a cada indivíduo - personalização - diferentes níveis possíveis - estágio concreto - estágio abstrato - avaliação do trabalho efetuado	⇒ Ausência de vestígios - resumo do curso - mesma estrutura inicial - o nível mais elaborado não é solicitado - avaliação adiada
⇒ Autonomia do aluno	
⇒ Papel ativo do aluno	⇒ Papel passivo
⇒ Responsabilização do aluno	
⇒ Desenvolvimento de atitudes de criatividade e de curiosidade	

REDE I

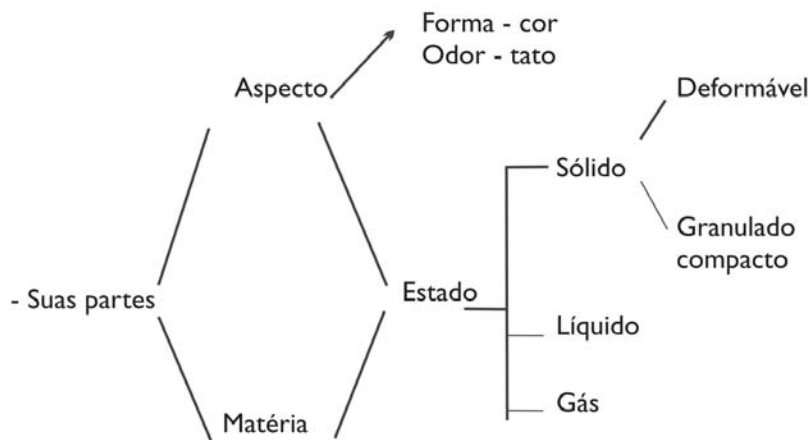


REDE 2



PARA DESCREVER UM OBJETO É ÚTIL CONHECER

- Seu nome (eventualmente, sua utilização)



REDE 3

- Grandezas físicas mensuráveis:

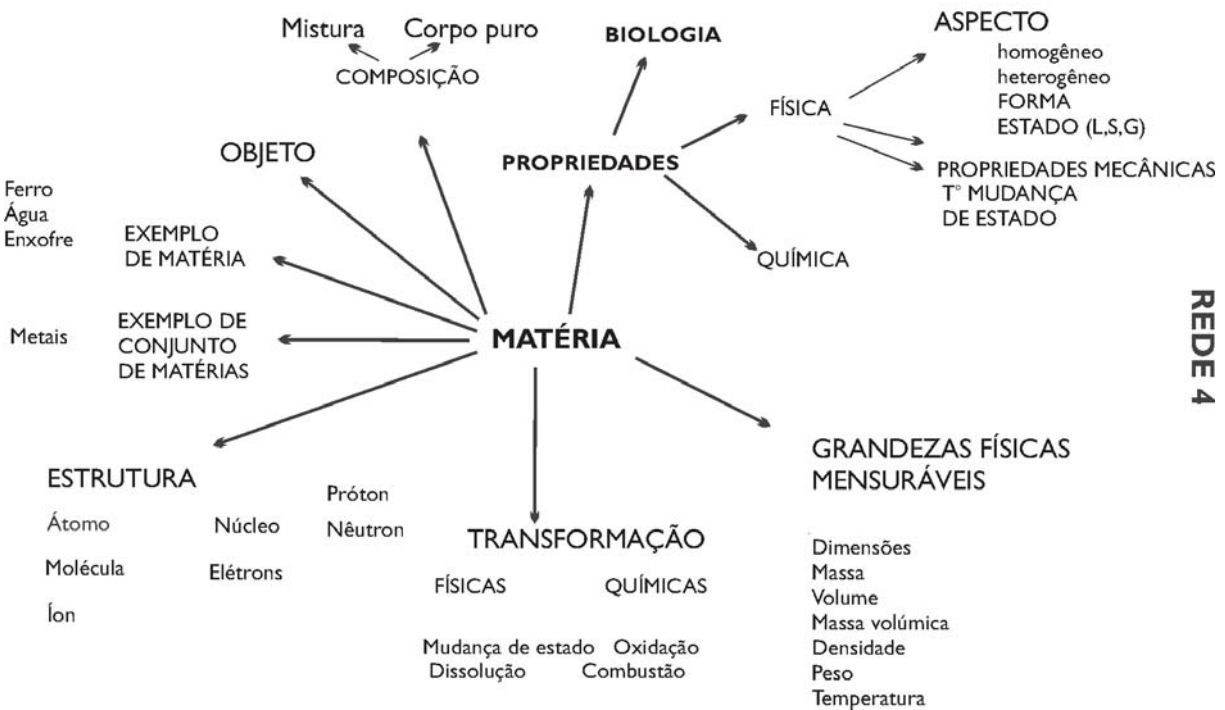
Dimensões (m, cm, mm...)

Massa (kg, g...),

Volume (m³, cm³)

Temperatura (°C)

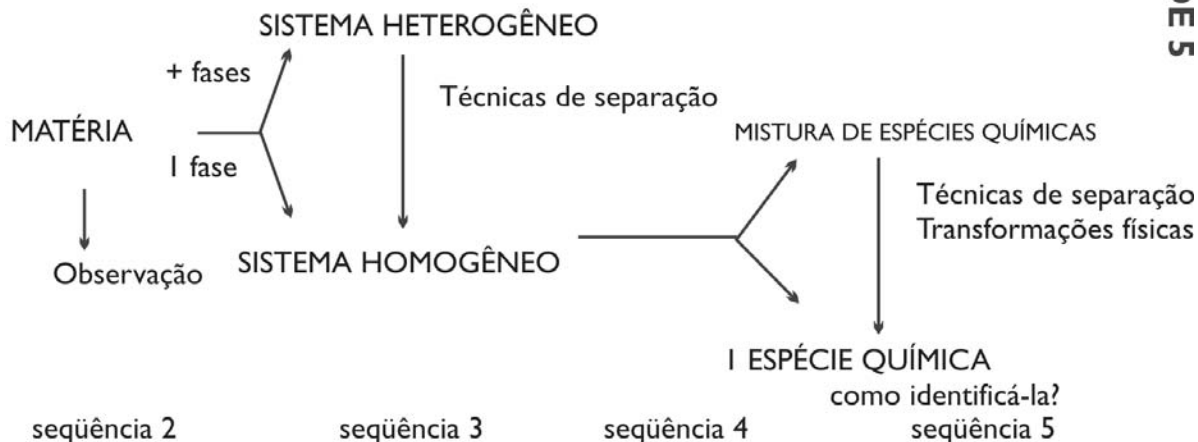
REDE 4



REDE MATÉRIA

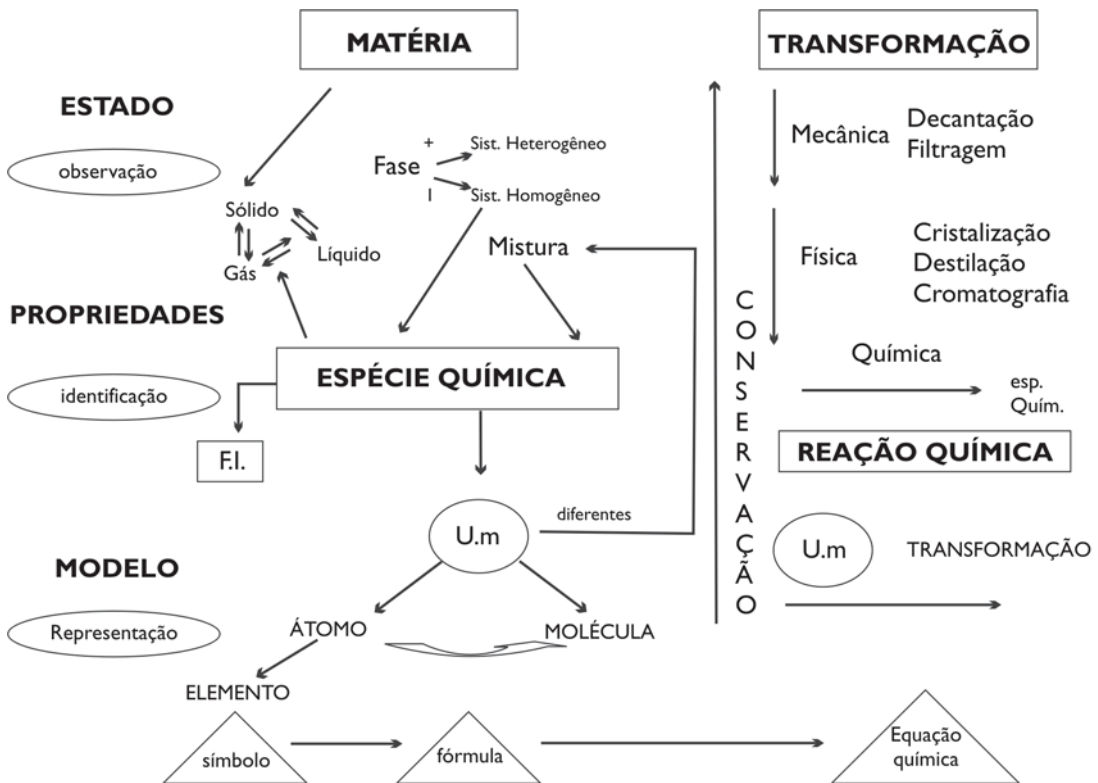
BALANÇO SEQÜÊNCIA 4
QUESTIONAMENTO SEQÜÊNCIA 5

SEQ I



REDE 5

REDE 6



BIBLIOGRAFIA

AUSUBEL, D. P. *School learning an introduction to educational psychology*, New York.

BACHELARD, G. *La Formation de l'esprit scientifique*, Paris, Librairie philosophique J. Vrin.

BERBAUN, J. *Étude systémique des actions de formation*, PARIS, PUF.

D'HAINAUT, L. *Des Fins aux objectifs de l'éducation*, Bruxelles-Paris, Labor-Nathan.

DE CORTE, E. GEERLIGS, C. T. *Les Fondements de l'action didactique*, Bruxelles, A. de Boeck.

DE LANDSHEERE, G. *La Recherche expérimentale en éducation*, Paris, UNESCO, Delachaux & Niestlé.

GAGNE, R. M. *Les Principes fondamentaux de l'apprentissage*, Montréal/Canada, Les Éditions HRW.

GALPERIN, P. J. *La Psychologie de l'apprentissage*, Ped. Stud.

INHELDER, B. *Apprentissage et structures de la connaissance*, Paris, PUF.

MACEDO, B. *Tese: Chaleur et température*, Université Paris-Sud/Orsay, 1981.

MACEDO, B. “Desarrollo de la didactica de las ciencias experimentales: America Latina”, in *Revista de investigación*, nº 50, Venezuela.

MACEDO, B. NIEDA, J. *Un currículo científico para estudiantes de 11 a 14 años*, Santiago / Chile, UNESCO.

MACEDO, B. “Problemática que caracteriza a la didactica de las ciencias”, in *Revista investigaciones en Education*, vol. nº 1, Temuco/Chile, 2001.

MACEDO, B. SOUSSAN, G. *Les Pédagogies de la connaissance*, Toulouse/France, Privar éditeur.

NOT, L. *A Theory of Education*, London, Cornell University Press.

NOVAK, J. *Psychologie et épistémologie génétiques*, Paris, Dunod.

PIAGET, J. *Qu'est-ce qu'apprendre?*, Paris, PUF.

REBOUL, O. *Qu'est-ce qu'apprendre?*, Paris, PUF.

SOUSSAN, G. “La investigacion didactica de las ciencias experimentales”, in *Revista de investigación*, nº 50, Venezuela.

SOUSSAN, G. “Didáctica de las ciencias experimentales y la formation de profesores”, in *Revista de investigacion*, nº 50, Venezuela.

SOUSSAN, G. SIMON, C. *Formation continue des enseignants*,
Actes des 7ème journées – Chamonix.

SOUSSAN, G. *Regard sur un élève en situation d'apprentissage*,
Montevideo, OEI / UNESCO.