

# Conhecimento e sala de aula

*A sala de aula é local privilegiado do ponto de vista das relações que se estabelecem entre aluno e aluno, aluno e professor e destes com o conhecimento, uma vez que, cotidianamente, essas relações têm ocorrência sistemática, sendo planejadas com base em alguma perspectiva didático-pedagógica. Nesta parte, será considerado o aspecto cognitivo delas, lembrando, no entanto, que outros aspectos igualmente importantes, tal como o afetivo, estão presentes nas interações entre professor e alunos em sala de aula.*

## 1. Dimensão epistemológica das interações

As teorias do conhecimento atribuem distintos papéis àquele que conhece, ao qual denominam *sujeito do conhecimento*, e àquilo que se quer conhecer, denominado *objeto do conhecimento*. A análise epistemológica realizada por distintos filósofos da ciência, mediante os mais variados enfoques, tem destacado que tanto a concepção empirista como a racionalista/inatista, enquanto bases para uma compreensão do problema do conhecimento, não se sustentam, particularmente quando são consideradas teorias científicas como a mecânica quântica, entre outras. A visão

Epistemologia: área da

Filosofia que estuda a questão do conhecimento. Tem como sinônimos: gnoseologia e teoria do conhecimento.

Empirismo: concepção epistemológica que pressupõe que a origem do conhecimento é a experiência sensível.

Racionalismo: concepção epistemológica que pressupõe que o pensamento, a razão, é a fonte principal do conhecimento humano.

Inatismo: concepção epistemológica que pressupõe a existência de algumas idéias inatas, ou seja, independentes de qualquer experiência anterior.

Positivismo: do ponto de vista epistemológico, é a concepção que pressupõe que só é válido o conhecimento proveniente da experiência sensível.

Para uma leitura introdutória sobre epistemologia, ver:

SEVERINO, A. J. *Filosofia*. São Paulo: Cortez, 2000. cap. 7-8.

clássica de ciência, de caráter positivista, que tem na neutralidade do sujeito um de seus pressupostos básicos, passa a ser questionada, sobretudo a partir de meados da década de 30 do século XX.

Contribuições como as do filósofo Karl Popper, do cientista e filósofo Gaston Bachelard, do físico e historiador da ciência Thomas Kuhn e de Ludwik Fleck, médico e sociólogo da ciência polonês que foi contemporâneo de Popper e Bachelard e cuja obra tem sido recentemente estudada, acenam para uma compreensão da produção atual da ciência distinta daquela da visão clássica. Esses autores propõem modelos e teorias díspares para compreender os caminhos da ciência; entretanto, ao argumentarem sobre a inconsistência do pressuposto da neutralidade epistemológica do sujeito do conhecimento — como queria a visão do positivismo e do empirismo lógico — para explicar o surgimento de novos conhecimentos científicos, compartilham da ênfase ao pressuposto do papel fundamental que as interações não neutras entre sujeito e objeto exercem na produção de conhecimentos. Admitem, portanto, a participação quer do sujeito quer do objeto na gênese do conhecimento, descartando certa ordem de interpretações — e argumentando contra elas — segundo as quais a origem do conhecimento científico estaria nos objetos, mediante os quais o sujeito contemplativamente neutro, de modo conveniente e usando um método, descobriria as leis que governam o fenômeno a ser conhecido. É enfaticamente empregada e destacada a categoria de continuidade na análise desses epistemólogos, em oposição à visão cumulativa que o empirismo lógico atribui à produção do conhecimento.

Karl Popper (1902-1994), filósofo austríaco, criticou a busca de um critério de enunciados empiricamente significativos, conforme defendia o Círculo de Viena. Dentre suas obras, destaca-se o influente livro *Lógica da descoberta científica*, publicado em 1934. O Círculo de Viena, composto de um grupo de filósofos, matemáticos, físicos, entre outros estudiosos, cujas atividades se iniciaram em 1907, na cidade de Viena, defendia uma concepção puramente empirista da ciência, conhecida como positivismo lógico ou empirismo lógico, afirmando que todo conhecimento possível pode ser obtido por intermédio da lógica, da matemática e das ciências empíricas.

Gaston Bachelard (1884-1962), cientista e filósofo francês, tem vasta obra publicada, contando com livros de poesia, além dos que versam sobre epistemologia, entre seus escritos. Crítico da concepção empirista, em uma de suas obras mais importantes, *A formação do espírito científico*, publicada em 1936, argumenta que, para haver o desenvolvimento do pensamento científico, é preciso superar o que denominou de obstáculos epistemológicos.

Thomas Kuhn (1922-1996), físico e historiador da ciência americano, publicou em 1962 sua obra de maior impacto, *A estrutura das revoluções científicas*, onde argumenta que a produção do conhecimento científico ocorre segundo paradigmas (padrões) compartilhados por comunidades de pesquisadores, que os empregam na solução de seus problemas de investigação.

Ludwik Fleck (1896-1961), médico e epistemólogo polonês, também tem vasta obra publicada, tanto na área da microbiologia e imunologia como na da epistemologia. Seu livro *La genesis y el desarrollo de un hecho científico*, publicado em alemão em 1935, também como uma crítica às posições epistemológicas do Círculo de Viena, tornou-se conhecido a partir de uma referência passageira de Thomas Kuhn no prefácio de seu livro.

Assim, Kuhn (1975), pela introdução e uso do termo *paradigma*, argumenta que no desenvolvimento da ciência ocorrem rupturas. Trata-se do que ele

Paradigma: Modelo, padrão de conjugação verbal. Kuhn emprega o termo para analisar a produção de conhecimento científico, argumentando que os cientistas, durante o período de sua formação, estão apropriando-se de padrões de resoluções de problemas de investigação, ou seja, de paradigmas científicos aceitos e compartilhados pela comunidade de pesquisadores a que pertencem. Ao realizar uma investigação, afirma Kuhn, o cientista localiza, formula e soluciona problemas de acordo com os paradigmas vigentes, desenvolvendo o que o autor designa de “*ciência normal*”. Em períodos históricos em que os paradigmas vigentes passam a não solucionar problemas localizados e formulados, não obstante o empenho da comunidade de cientistas

em resolvê-los, esta se conscientiza de que tais paradigmas já não dão conta da solução dos problemas. Estabelece-se uma crise, com a consequente busca, pela comunidade, de outros paradigmas que possam solucioná-los. Nesse processo, após o surgimento e aceitação das soluções propostas, Kuhn sustenta que a comunidade passa a compartilhar de novo paradigma, ocorrendo o que ele denomina “*revolução científica*”, cuja característica mais marcante é a mudança na visão de mundo do cientista. Essa revolução representa uma descontinuidade, um salto em relação ao que se concebia anteriormente, implicando profundas diferenças entre as compreensões contidas nos paradigmas velho e novo. Como exemplos dessa situação, pode-se mencionar a mudança do modelo geocêntrico para o modelo heliocêntrico, as formulações da mecânica clássica e quântica, o lamarckismo e o (neo)darwinismo. O caráter cumulativo da ciência seria, então, uma característica apenas dos períodos de “*ciência normal*”, quando a ciência evolui por acréscimo de novos conhecimentos, mediante a solução de problemas. Numa perspectiva cumulativa, é como se o empreendimento científico consistisse uma construção que aumentasse à medida que mais “tijolos” (novos resultados de pesquisa) fossem acrescentados. Essa compreensão, fortemente enraizada na visão positivista da ciência, é contestada pelas teorias epistemológicas contemporâneas, para as quais há períodos em que, em vez de construção, estaria ocorrendo uma desestabilização do empreendimento anterior, com o surgimento de explicações novas. Na interpretação de Kuhn, quando ocorrem as revoluções científicas. Essas situações, conforme essa linha de argumentação, confeririam também um caráter descontínuo à produção do conhecimento científico.

denominou *revoluções científicas*, quando um paradigma é substituído por outro, tendo como uma das conseqüências a mudança na visão de mundo do cientista. O período de produção cumulativa, denominado ciência normal, ocorreria, então, na perspectiva kuhniana, apenas durante a vigência dos paradigmas compartilhados pela comunidade científica, que localiza, formula e soluciona seus problemas de pesquisa com base nesses paradigmas. A título de exemplos, as seguintes referências podem ser citadas, se quisermos destacar as rupturas que alguns paradigmas ocasionaram: os modelos geocêntrico e heliocêntrico para o movimento dos planetas; as mecânicas clássica, relativística e quântica; as teorias da evolução

das espécies de Lamarck e Darwin, entre outras que, em maior ou menor grau, exigem compreensão de que a produção do conhecimento científico não se caracteriza apenas por seu caráter cumulativo.

Numa perspectiva semelhante à de Kuhn, temos a contribuição de Fleck (1986), cujo livro *La génesis y el desarrollo de un hecho científico* foi publicado em alemão em 1935, sendo bastante anterior à proposição kuhniana. Fleck, em vez de paradigma, emprega o termo “*estilo de pensamento*” para designar conhecimentos e práticas compartilhadas por um “*coletivo de pensamento*” que realiza pesquisa em determinada área do conhecimento. Pretendendo que sua análise epistemológica se aplique também a coletivos de pensamentos que constituem tanto as várias

Kuhn informa, na introdução de seu livro *A estrutura das revoluções científicas*, embora sem fornecer detalhes, a influência da leitura do livro de Fleck (1986) na elaboração das idéias contidas em seu livro. De fato, o significado do termo paradigma tem semelhança com o que Fleck denomina de estilo de pensamento — ou seja, conhecimentos e práticas, para o enfrentamento de problemas de investigação, compartilhadas por grupos de cientistas, que constituiriam coletivos de pensamento. Fleck, com base na análise histórica, do mesmo modo que Kuhn faria mais tarde, argumenta que os estilos de pensamento teriam fases de instauração, extensão e transformação. As duas primeiras ocorreriam quando alguma novidade científica — que inclui modelo, técnica experimental, teoria — é proposta e ampliadamente compartilhada pelos pares do coletivo de pensamento para a solução de problemas de pesquisa. Essas duas fases constituiriam um período que Fleck denomina de *classismo*, com papel semelhante ao que Kuhn denominaria posteriormente de *ciência normal*. Já a fase de transformação seria aquela em que o coletivo de pensamento se conscientiza das complicações (Fleck, 1986) de seu estilo, ou seja, se conscientiza da existência de problemas (tal como as anomalias kuhnianas) para os quais o estilo de pensamento que orienta a pesquisa não apresenta solução consistente. Segundo Fleck, essas complicações seriam uma das causas da mudança de estilo de pensamento, comportando também descontinuidades e rupturas. Muito embora este autor visasse, de início, considerar a produção na área médica, particularmente tendo como referência básica a microbiologia, da qual era pesquisador, ele ampliou sua proposição, generalizando-a de modo que contemplasse as demais áreas do conhecimento, também o daqueles coletivos não pertencentes a comunidades científicas.

especialidades científicas como os que compartilham de conhecimentos não originários das áreas científicas, Fleck argumenta em prol do uso ampliado da categoria estilo de pensamento e da dinâmica de disseminação deste, a qual, segundo sua análise, ocorreria mediante um processo de instauração, extensão e transformação dos estilos. Possibilita, portanto, que se estabeleçam considerações de caráter epistemológico também a respeito do saber prevalente dos alunos, objeto da 3ª Parte.

Com o emprego de outras categorias epistemológicas, tais como *obstáculos epistemológicos* e *rupturas*, mais adiante apresentadas, Bachelard igualmente se ocupa da análise de processos descontínuos que ocorrem tanto na apropriação de conhecimentos pelos estudantes como na produção científica.

Portanto, de acordo com as posições desses epistemólogos, *não* constituem referências adequadas as teorias do conhecimento que pressupõem quer a supremacia do *objeto*, como é o caso das empiristas, quer a supremacia do *sujeito*, como as idealistas, ao se detêm na busca de explicações para o surgimento do *conhecimento novo*, isto é, daquele que ainda não foi produzido e não está disponível para ser publicado e socializado, caso típico do processo de produção do conhecimento na área das Ciências, cuja característica mais marcante é o anúncio sistemático de resultados inéditos em publicações, em alguns casos, nada previsíveis. Assim, são essas teorias epistemológicas contemporâneas, cuja premissa básica é a de que o conhecimento tem sua origem na *interação não neutra entre sujeito e objeto*, que podem fundamentar de maneira mais consistente uma análise epistemológica.

Articuladamente, faz-se necessário que a base epistemológica para uma compreensão das relações dos alunos e do professor com o conhecimento tenha também como referência as teorias cuja premissa dispõe que o conhecimento ocorre na *interação não neutra entre sujeito e objeto*. Ainda que o conhecimento a ser trabalhado, por exemplo, no ensino fundamental e médio, esteja relacionado principalmente àquele já produzido, disponível e que constitui patrimônio universal — do qual são selecionados os conteúdos programáticos escolares —, não se justifica, tanto logicamente como considerando dados de pesquisa, que a premissa da interação do sujeito com o objeto possa ser descartada, no processo de apropriação do conhecimento, só pelo fato de ele já estar disponível. Particularmente em relação ao ensino de Ciências da Natureza, o fato de o aluno conviver e interagir com fenômenos que são objetos de estudo dessas Ciências para além dos muros das escolas, quer diretamente quer por relações mediatizadas, desautoriza a suposição de que uma compreensão deles seja obtida apenas por sua abordagem na sala de aula com os modelos e teorias científicas.

Assim, tanto na produção do conhecimento científico como naquela que origina o conhecimento do senso comum, é necessária a explicitação das concepções de sujeito e de objeto norteadoras das análises epistemológicas que supõem a interação como gênese do conhecimento.

O pressuposto assumido aqui é um *sujeito coletivo*, cuja constituição é caracterizada pelas esferas simbólica, social e produtiva, conforme considerações feitas na 3ª Parte. Isso significa que a preocupação é com um sujeito indivíduo (cada um de nossos

Ontologia: faz considerações sobre as condições de existência das coisas e do ser em geral, independentemente de suas particularidades. Ao afirmar que os seres humanos têm uma essência e ao especular sobre suas características comuns, estamos tratando de ontologia. Epistêmico: a consideração segundo a qual se atribui ao sujeito a característica de poder alcançar conhecimento é ontológica. Episteme: palavra de origem grega cujo significado é conhecer, saber, ciência. Assim, considerar o aluno como um sujeito ontológico e epistêmico é ter como pressuposto que (indistintamente) tem a capacidade de apropriar-se de conhecimentos.

alunos), que se constitui como sujeito coletivo à medida que interage, estabelecendo relações com o meio físico e social pelas quais se apropria de padrões quer de comportamento quer de linguagem, para uma abordagem do objeto do conhecimento. É, portanto, um sujeito *não neutro*, mas, para além da consequente diversidade das interações em que está inserido, é concebido como *ontológico*, ou seja, como possuidor de uma natureza que é comum a todos e a cada um dos seres humanos, incluindo nessa universalidade a capacidade de se constituir com um aparato cognitivo que lhe permita conhecer, caracterizando-se também como um *sujeito epistêmico*. Essa suposição de sujeito implica a qualidade das interações que o aluno já está tendo, quer no interior quer no exterior da educação escolar, e aquela que precisa ter na situação de ensino escolar, para apropriar-se dos modelos e teorias científicas. É fundamental, portanto, que a atuação docente dedique-se — e, em muitas situações, seja desafiada — a planejar e organizar a atividade de aprendizagem do aluno mediante *interações adequadas*, de modo que lhe possibilite a apropriação de conhecimentos científicos, considerando tanto seu produto — isto é, conceitos, modelos, teorias — quanto a dimensão processual de sua produção.

Pressupõem-se, também, *objetos não neutros*, isto é, objetos que estão em determinado contexto de relações que lhes confere uma *significação*. Esta, por sua vez, *pode mudar*, à medida que algo do contexto se altera. Algumas situações são bastante emblemáticas para destacar essas características: a estrutura microscópica da matéria, a reprodução biológica, o movimento dos corpos celestes, entre outros objetos

de conhecimento de que a ciência se ocupa, comportaram, cada um deles, distintos significados associados aos modelos e teorias com as quais historicamente se realizam investigações. Igualmente, a significação atribuída em determinado momento histórico *não é, de modo necessário, universalmente compartilhada*, uma vez que os contextos que dão significação aos objetos não são absolutamente idênticos. Assim, por exemplo, o tempo, o espaço e a matéria, tidos como conceitos primitivos: ao ser considerados enquanto objetos de conhecimento, apresentam significados distintos, quando referidos aos vários modelos e teorias que, apesar de datados, ainda hoje convivem e precisam ser usados na solução de problemas de pesquisa. Referimo-nos aqui, especificamente, ao espaço euclidiano e aos curvos, ao tempo clássico newtoniano e relativístico, à massa clássica e à energia relativística. Por sua vez, num contexto em que os valores e as linguagens não são os mesmos daqueles compartilhados pelas comunidades científicas — situação típica do conhecimento do senso comum em que os alunos, sobretudo do ensino fundamental, estão cotidianamente imersos —, os fenômenos estudados pelas Ciências não têm as mesmas significações atribuídas pelo corpo de conhecimento científico, conforme podemos inferir com base na exposição da 3ª Parte.

Esses pressupostos têm implicações diretas na conformação da atuação docente, duas das quais merecem ser destacadas.

Primeiro, que o aluno, como sujeito cognoscitivo, estabelece relações com seu meio físico e social. O ambiente escolar, a sala de aula, seus colegas e professores, mesmo sendo apenas parte do meio em que o aluno está inserido, devem contribuir para

sua formação enquanto sujeito ontológico e epistêmico. No entanto, a localização do aluno, relativamente aos domínios espacial, temporal e cultural, implica o fato de ele estar interagindo com um meio mais amplo do que o escolar e exige que não o consideremos, do ponto de vista da cognição, como uma “tabula rasa” que vai interagir com objetos do conhecimento somente na perspectiva da educação escolar. Em outros termos: por não ser um sujeito neutro, os alunos trazem para a escola e a sala de aula seus conhecimentos prévios ou sua cultura prevalente — conforme foi caracterizada na 3ª Parte —, anterior à aprendizagem escolar, como consequência de estar atuando fora dela também. Tais conhecimentos constituem um dos elementos do contexto de relações que dará significado aos objetos de conhecimento e de estudo que a escola tem como meta promover.

Segundo, que o processo de produção do conhecimento, de acordo com essas premissas epistemológicas, impede que se considerem os conhecimentos — incluindo os universalmente compartilhados, tais como as teorias científicas — como prontos, acabados e, sobretudo, absolutamente verdadeiros. É preciso, então, que as teorias, modelos, conceitos e definições com base nas quais se elaboram os conteúdos programáticos escolares reflitam, também, seu processo de produção, de modo que se explore a historicidade do conhecimento veiculado e se explicitar seu caráter simultaneamente verdadeiro e provisório — o qual, sendo elucidativo e interpretativo para uma compreensão do real, constitui, portanto, uma verdade temporal. Em outros termos, os conhecimentos trabalhados na educação escolar são historicamente contextualizados e permitem interpretar o

mundo físico e social e atuar sobre ele, que tem uma dinâmica de transformação realimentadora do processo de produção de conhecimento, de modo que também o transforme, sobretudo quando *novidades (novos conhecimentos)* são produzidas e apresentadas em *teorias e modelos* que alteram profundamente as interpretações já efetuadas do mundo físico e social.

É precisamente por constituírem *conhecimentos publicados e disseminados* que foram/são passíveis de *ser aceitos, rejeitados, reformulados, refutados, abandonados, algumas vezes até exercitados*, quando considerados para uma compreensão do mundo físico e social e a atuação sobre ele. São conhecimentos assim caracterizados, mas nem sempre assim compreendidos ou abordados no processo educativo, que balizam os *conteúdos programáticos escolares*. Selecionados também por critérios *não neutros*, constituem referência para a elaboração dos programas das disciplinas das grades curriculares dos vários níveis de ensino. Presentes na educação escolar e contemplando as mais variadas finalidades, são trabalhados de distintas formas relativamente à abordagem, profundidade e frequência curricular. São referências, também, para a produção de conhecimentos inéditos, quando fundamentam pesquisas.

O complexo caminho percorrido entre o contexto de produção das teorias e modelos até sua inclusão no currículo escolar constitui um processo — algumas vezes denominado de *transposição didática* — influenciado por múltiplos fatores de distintas ordens. Os reflexos desse processo têm seu ponto culminante no planejamento das aulas e em sua execução, em que não é nada desprezível o papel desempenhado pelos livros didáticos e pelo professor. Entre outras consequências

Transposição didática: conceito criado pelo sociólogo Michel Verret em 1975. A partir de sua introdução na área da educação matemática, em 1985, por Yves Chevallard (1991), teve repercussão na área da Didática e de outras áreas de ensino. Uma análise sobre a transposição didática do conhecimento realizada desde o contexto de sua produção até o de sua disseminação — caso típico da educação escolar — confirma que, com frequência, a natureza do conhecimento é alterada.

dessa transposição didática mais relacionada à atuação docente, está o possível não-discriminamento, pelo professor, da diferenciação fundamental entre *objetos do conhecimento* — nos quais são transformados os fenômenos que a ciência estuda para melhor compreendê-los — e *conhecimentos produzidos sobre esses objetos* — ou seja, as definições, conceitos, modelos e teorias, meios que a ciência, em sua trajetória investigativa, criou para uma compreensão da natureza. Ao se pretender veiculá-los na educação escolar, não se pode identificar um com o outro por simples justaposição; não podem, implícita ou explicitamente, ser considerados a mesma categoria. Há fenômenos a ser entendidos e há explicações, científicas ou não, para esses fenômenos.

Deverá haver critérios para que se estabeleçam os objetos e para que se selecionem os conseqüentes *conhecimentos* sobre eles produzidos, de tal modo que se tornem *conteúdos escolares*, conforme se argumentará e exemplificará adiante.

A polissemia do termo conteúdo e seu emprego no cotidiano escolar pode levar à interpretação dicotômica de que o conteúdo do conhecimento universal sistematizado constitui apenas produto dado, sem gênese processual, e que, além do mais, se reduz ao conteúdo veiculado por livros didáticos, pelos programas escolares já estabelecidos e pela prática docente, incluindo a que forma professores.

É essencial, portanto, que reflexões e discussões de cunho epistemológico estejam cada vez mais presentes nos cursos de formação de professores.

Conforme se pode depreender, as premissas epistemológicas aqui adotadas condicionam as práticas de ensino a ser usadas no âmbito da educação escolar.

É necessário, portanto, que as concepções de *ensino/aprendizagem* e de *educação* estejam em sintonia com essa compreensão gnoseológica.

## 2. Dimensão educativa das interações

As análises dos educadores Paulo Freire (1921-1997) e George Snyders, além de contemplarem a concepção epistemológica em questão, constituem fundamentos que permitem estruturar práticas educativas relativas aos aspectos da *veiculação do conhecimento na educação escolar*, quando se levam em conta, explicitamente, na programação e no planejamento didático-pedagógico, duas categorias de conhecimento: o científico e o do senso comum, esta última fortemente presente no conhecimento prévio do aluno. Ambos os educadores, relativamente a seus referenciais analíticos, propõem um ensino baseado em temas, ou seja, uma *abordagem temática* que possibilite a ocorrência de rupturas durante a formação dos alunos.

Os temas a que se referem (Freire, 1975; Snyders, 1988) são objetos de estudo a ser compreendidos no processo educativo e, na perspectiva epistemológica aqui adotada, constituem *objetos de conhecimento*. O aspecto mais significativo da proposta desses educadores a ser destacada no momento é a proposição que fazem quanto ao currículo escolar: a estruturação das atividades educativas, incluindo a seleção de conteúdos que devem constar na programação das disciplinas, bem como sua abordagem sistematizada nas salas de aula, rompe com o tradicional paradigma curricular cujo princípio estruturante é a *conceituação científica*, ou seja, um currículo concebido com base

Abordagem temática: perspectiva curricular cuja lógica de organização é estruturada com base em temas, com os quais são selecionados os conteúdos de ensino das disciplinas. Nessa abordagem, a conceituação científica da programação é subordinada ao tema.

Abordagem conceitual:  
perspectiva curricular cuja  
lógica de organização é  
estruturada pelos conceitos  
científicos, com base nos  
quais se selecionam os  
conteúdos de ensino.

numa *abordagem conceitual*. Nas considerações que fazem esses educadores, a conceituação científica que deve ser abordada no processo educativo é subordinada tanto às temáticas significativas como à *estrutura do conhecimento científico*, das quais se selecionam os conceitos científicos que comporão os conteúdos programáticos escolares, conforme será aprofundado na 5ª Parte.

Na proposição snyderiana, tais temas articulam-se a uma análise sobre as contradições sociais e, por sua importância, emergência e universalidade, balizam, durante a elaboração do conteúdo programático escolar, a inserção de conhecimentos universais sistematizados — ou da cultura elaborada, na denominação do educador —, da qual fazem parte os conceitos, modelos e teorias produzidos pelas ciências. Segundo as considerações que faz, é mediante a cultura elaborada que se tornaria possível uma melhor compreensão dos temas e uma atuação na perspectiva das transformações.

Essas transformações envolvem, segundo a argumentação de Snyders, processos de continuidade—ruptura. A transformação que envolve ruptura, a qual interessa mais imediatamente aqui explicitar, diz respeito à que ocorre entre a cultura primeira do aluno e a cultura elaborada. Para Snyders, essa cultura primeira, que o aluno já traz para a escola, está relacionada ao conhecimento do senso comum e o direciona em sua interpretação dos temas. É essa interpretação que precisa ser transformada, para que uma atuação no sentido de transformar as situações envolvidas nos temas possa ocorrer. Para tanto, de acordo com o educador, é necessário que a cultura elaborada, ou seja, as teorias científicas, em processo de ruptura com a cultura primeira, seja apropriada pelo aluno.

Com essa perspectiva, uma das tarefas da educação escolar aqui assumida é a de um trabalho didático-pedagógico que considere explicitamente as rupturas que os alunos precisam realizar, durante o processo educativo, na abordagem dos conhecimentos que, organizados com base em temas, se tornam conteúdos programáticos escolares. Faz-se necessário, portanto, como critério para a seleção dos conhecimentos universais que constituirão o rol dos conteúdos escolares, escolher aqueles que permitam uma interpretação, com base na cultura elaborada, dos temas eleitos para estudo. Na 5ª Parte, será apresentada uma opção para elaboração de programas que articulam temas e conceituação científica.

Dentre outras consequências da adoção dessas premissas epistemológicas e educacionais, destaca-se a seguinte, num alerta de Snyders:

*Naturalmente, o conteúdo não será caricaturado sob a forma de alguns enunciados, alguns resultados, por muito exatos que sejam, que terão que ser engolidos como pastilhas... É ambição de nossa pedagogia que os alunos tenham acesso a conteúdos verdadeiros e que, ao mesmo tempo, os interessem e sejam sentidos como um auxílio no seu esforço para viverem e para conhecerem. E, então, o professor há de parecer-lhes também uma instância auxiliadora e não uma potência hostil... (Snyders, apud Libâneo, 1987, p.13-14).*

Essa interpretação de que os conhecimentos, tornados conteúdos escolares, não podem ser tratados como pastilhas a ser engolidas também é enfatizada por Freire, quando afirma que não devem ser depositados na cabeça dos alunos, como se esta supostamente estivesse vazia, como se fosse vasilhame vazio a ser preenchido.

Cultura primeira: ver, na 3ª Parte, considerações sobre os alunos e seus conhecimentos.

Em vez disso, Snyders argumenta:

*não nos ateremos a uma simples transformação do conhecimento, é "uma reforma do ser conhecedor que está em jogo", uma "catharsis" que será simultaneamente intelectual e afetiva... O simples bom senso, a observação comum constituem "obstáculos" ao conhecimento e isso porque o erro é "primário, normal, comum", responde a uma estrutura, possui consistência; essas ilusões correspondem a uma lógica, são "solidárias" umas com as outras e portanto tenazes. Daí a necessidade de uma espécie de "psicanálise" dos erros iniciais (Snyders, 1988, p.104).*

Depreende-se, pois, a necessidade de um trabalho didático-pedagógico que, relacionando a cultura elaborada à interpretação dos temas, também articule explicitamente a cultura primeira que o aluno traz à escola, de modo que possa ser "psicanalisada", no dizer de Snyders.

### 3. Dimensão didático-pedagógica das interações

Aqui, cabe explicitar alguns aspectos da contribuição que Freire e seguidores têm dado para uma compreensão da atuação pedagógica com essa cultura que o aluno já detém.

Antes de tudo, é preciso conhecê-la! Todavia, não somente enquanto categoria de análise, uma vez que é com base no que seja explicitado pela "fala" do aluno que uma "psicanálise" de seu conhecimento poderá ser realizada. Daí a necessidade da apreensão, pelo professor, do conhecimento de que o aluno é portador.

É a apreensão do significado e interpretação dos temas por parte dos alunos que precisa estar garantida no processo didático-pedagógico, para que os significados e interpretações dados possam ser *problematizados*. Porém, na perspectiva de uma educação *dialogica*, como a proposta por Freire, os significados e interpretações dos temas pelos alunos não serão os únicos que terão de ser apreendidos e problematizados; aqueles de que o professor é portador também precisam estar presentes no processo educativo. O diálogo a ser realizado refere-se aos conhecimentos que ambos os sujeitos da educação, aluno e professor, detêm a respeito do tema, objeto de estudo e compreensão. E aqui se pode compreender melhor o porquê da necessidade da estruturação curricular mediante a abordagem temática, que inclua situações significativas para os alunos, em vez de uma estrutura curricular que se organize apenas na perspectiva da abordagem conceitual.

Assim, por exemplo, se os alunos têm algo para dizer sobre racionamento de energia elétrica, poluição do ar e aids, é pouco provável que possam se pronunciar com igual desempenho, respectivamente, sobre: radiação solar, mudanças de estado da matéria, indução eletromagnética; mistura de substâncias, reações químicas; célula e processos imunológicos — que constituem, por pressuposto, conhecimentos do domínio dos professores de Ciências. Se os temas propostos como exemplos permitem algum nível de interação dialógica entre aluno e aluno e entre professor e aluno, aquela conceituação pertencente ao domínio da ciência é relativamente mais restritiva, à medida que constitui um conhecimento cujo portador é apenas o professor, quando ela ainda não foi

Dialogica: no diálogo implicado na educação dialógica,

certamente ocorrem interações verbais e orais; no entanto, ele não se confunde com o simples conversar ou dialogar entre professores e alunos. A dialogicidade do processo diz respeito à apreensão mútua dos distintos conhecimentos e práticas que os sujeitos do ato educativo — alunos e professores — têm sobre *situações significativas* (cf. boxe) envolvidas nos temas geradores, com base nos quais se efetiva a educação dialógica. Cf. também o boxe dialogicidade tradutora, nesta parte, e redução temática, na 5ª Parte.

Situações significativas: situações-problema que surgem como manifestações das contradições envolvidas nos temas. Diversamente das que se relacionam com os centros de interesse dos alunos, as situações significativas apresentam-se como desafios para uma compreensão dos problemas envolvidos nos temas distinta daquela oriunda da cultura primeira. Elas não encontram sua significação meramente na curiosidade dos alunos ou em sua vontade de conhecer; contudo, ao englobar essas características, delas se diferenciam à medida que, além disso, desafiaram os alunos a não só melhor compreender, mas também atuar para transformar as situações problematizadas durante o desenvolvimento do programa de ensino.

apropriada pelo aluno. No entanto, na perspectiva da abordagem temática, os conceitos, modelos e teorias citadas precisam ser desenvolvidos no processo de ensino, uma vez que contribuem para melhor compreensão dos temas.

Em síntese: a abordagem dos conceitos científicos é ponto de chegada, quer da estruturação do conteúdo programático quer da aprendizagem dos alunos, ficando o ponto de partida com os temas e as situações significativas que originam, de um lado, a seleção e organização do rol de conteúdos, ao serem articulados com a estrutura do conhecimento científico, e, de outro, o início do processo dialógico e problematizador.

Pretende-se uma superação pedagógica dos obstáculos considerados por Snyders. O conteúdo empírico do conhecimento do educando, oriundo de sua vivência, de sua experiência constituída nas relações com a natureza e com os semelhantes — ou seja, sua apreensão das situações de vida coletivamente acumulada — é valorizado por Freire, uma vez que, de acordo com sua argumentação, é com base nesse conhecimento empírico do aluno que se deve iniciar o processo educativo, embora esse conhecimento seja também analisado como uma “*imitação na possibilidade de perceber mais além*” (Freire, 1975, p.126). Por isso a ênfase desse educador na problematização da compreensão dos alunos sobre os temas, ou seja, na problematização do que se denominou de cultura primeira ou prevalente do aluno, ao ser acessada pelo professor.

O processo de *codificação—problematização—descodificação*, proposto por Paulo Freire, estrutura a dinâmica da interação em sala de aula. Com base em um *código* que representa, mediante qualquer um dos

múltiplos canais de comunicação, as situações envolvidas nos temas, esse processo deve ser planejado de modo que sejam exploradas tanto a *dimensão dialógica do ato educativo* como a *dimensão problematizadora do ato gnoseológico*. O que se pretende com esse processo é:

1) a apreensão pelo educador do significado que o sujeito-aluno atribui às situações — enquanto uma interpretação oriunda da imersão do educando em suas relações cotidianas —, de modo que possa ser problematizado sistematicamente;

2) a apreensão pelo aluno, via problematização — que explicitamente envolve a formulação de problemas a ser enfrentados —, de uma interpretação oriunda de conhecimentos científicos, a qual será introduzida pelo professor no processo de problematização e já foi previamente planejada e estruturada em unidades de ensino;

3) de acordo com a interpretação de Freire (1975), os pronunciamentos do educando relativos ao que seria sua cultura primeira refletiriam o nível de consciência dele sobre a situação representada. Supõe-se que sejam representativos do meio sociocultural com o qual os alunos mais freqüente e predominantemente mantêm relações, conforme abordado na 3ª Parte. Seria, portanto, uma situação significativa vivida e apreendida segundo seus padrões de interação, para além das interpretações meramente individuais relativas apenas às idiossincrasias de algum aluno. O processo de codificação—problematização—descodificação tem como meta proporcionar subsídios para o enfrentamento e superação desse nível de consciência, que envolve rupturas. É precisamente nesse aspecto que a cultura elaborada, associada a

Freire defende o diálogo entre o conhecimento dos educandos e o dos educadores como uma das características fundamentais do ato educativo que visa a transformações. Associada a esse caráter dialógico, a problematização também desempenha papel fundamental, uma vez que Freire afirma que são os problemas e seus enfrentamentos a origem dos conhecimentos. O processo de codificação—problematização—descodificação constitui uma síntese das dimensões dialógica e problematizadora, que estruturam o ato educativo.

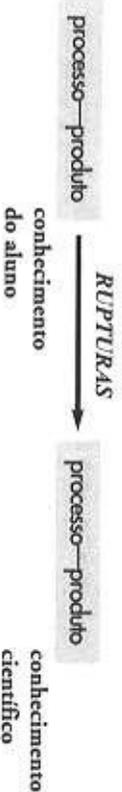
Na 5ª Parte, são apresentados procedimentos com os quais é possível elaborar uma programação de conteúdos articulando temas, conciliando científica e sua abordagem em sala de aula.

essa dinâmica didático-pedagógica, tem seu papel a desempenhar.

Parece claro que, se as rupturas de que falamos anteriormente são as relativas à consciência dos alunos, elas também apontam para as que precisam ocorrer no sistema educacional, nos mais diversificados níveis de atuação. Em outros termos, a ação educativa, na perspectiva que aqui está sendo adotada, revela-se como um processo que, rompendo com práticas educativas já estabelecidas historicamente, vai promovendo as transformações necessárias.

Significa uma ruptura no "método-conteúdo" — indissociáveis — construído pelos alunos, a qual deverá ocorrer com sua apreensão do conhecimento científico, visto que este possui uma estrutura que implica também "método-conteúdo" — indissociáveis — construído durante a produção desse conhecimento. O caráter processual da produção dos distintos conhecimentos, portanto, não pode ser desconsiderado na atuação docente, durante o planejamento, a organização e a execução da atividade de apropriação do produto do conhecimento científico pelo aluno.

A prática educativa necessita ser desenvolvida segundo um modelo didático-pedagógico que estabeleça a seguinte articulação:



Numa interação que propicie a ruptura para a apreensão do conhecimento científico.

O caráter dialógico, com a qualidade de *tradutor*, deve ser uma das características fundamentais do modelo didático-pedagógico, cujo eixo estruturante é a *problematização dos conhecimentos*. Problematizar-se, de um lado, o conhecimento sobre as situações significativas que vai sendo explicitado pelos alunos. De outro, identificam-se e formulam-se adequadamente os problemas que levam à consciência e necessidade de introduzir, abordar e apropriar conhecimentos científicos. Daí decorre o diálogo entre conhecimentos, com conseqüente possibilidade de estabelecer uma dialogicidade tradutora no processo de ensino/aprendizagem das Ciências.

A problematização, como característica fundamental para a produção e apropriação de conhecimento, é assim enfatizada por Bachelard, cuja análise epistemológica fundamenta a proposta de Snyders:

*Antes de tudo o mais, é preciso saber formular problemas. E seja o que for que digam, na vida científica, os problemas não se apresentam por si mesmos. É precisamente esse sentido do problema que dá a característica do genuíno espírito científico. Para um espírito científico, todo conhecimento é resposta a uma questão. Se não houve questão, não pode haver conhecimento científico. Nada ocorre por si mesmo. Nada é dado. Tudo é construído (Bachelard, 1977, p. 148).*

Bachelard, um cientista-educador, além de filósofo da ciência e poeta, tem vasta obra publicada, em que se nota claramente sua preocupação pedagógica, fruto de uma reflexão da prática do educador-cientista, interessado essencialmente na formação do pensamento científico, também entre alunos do curso

Dialogicidade tradutora: a perspectiva dialógica envolvida no processo de codificação—

problematização—descodificação articula-se a uma dimensão que precisa ser sistematicamente trabalhada: o estilo do professor de estar sempre procurando

compreender a fala do aluno e o contexto em que ela se situa se no de sua cultura primeira ou no do conhecimento científico que está sendo introduzido. De modo

semelhante, o professor precisa conscientizando os alunos de que o conhecimento científico que está veiculando em suas aulas e do qual é portador também tem um contexto de produção distinto daquele da cultura prevalente ou primária. Essa prática docente constitui, de fato, um desafio ao

professor, uma vez que não se trata apenas de informar a existência de diferenças, mas também de ir fornecendo elementos contextuais que tornem possível ao aluno

apropriar-se da visão de mundo em que a produção científica está inserida. O papel a ser desempenhado pelo professor, semelhante ao de um

"tradutor", foi adaptado de uma proposição de Kuhn (1975), quando este argumenta que pesquisadores usuários de paradigmas distintos e incompatíveis precisam fazer

uma tradução mútua para seus respectivos paradigmas, a fim de haver algum nível de comunicação. Cf. em Delizoicov (1991) maior detalhamento sobre o termo dialogicidade tradutora.

pré-universitário. Para ele, a apropriação do conhecimento científico pelo aluno implica a superação do que denomina “obstáculos epistemológicos” para a formação do pensamento científico, os quais seriam “os retardos e perturbações que se incrustam no próprio ato de conhecer, uma resistência do pensamento ao pensamento” (Japiassu, 1976, p. 171).

O conceito de obstáculo epistemológico é, por isso mesmo, por ele empregado para uma interpretação tanto do desenvolvimento científico como da prática educacional (Bachelard, 1983). É também pelas rupturas que o conhecimento científico se constrói; de forma semelhante, é pelas rupturas que se passará do “conhecimento vulgar” para o conhecimento científico (Bachelard, 1977).

O não-reconhecimento dos professores de que há também “obstáculos pedagógicos” para a formação do pensamento científico do estudante é criticado por Bachelard. Sua prática de educador parece tê-lo convencido, mais do que a outros, de que os “obstáculos” não podem ser negados, negligenciados, escamoteados, na tarefa educacional: “*Sempre me surpreendeu o fato de que os professores de Ciências, mais que os outros, não compreendam que não se possa compreender. Poucos são aqueles que aprofundam a psicologia do erro*” (Bachelard, 1977, p. 150).

Ao considerar que o estudante chega à aula de Ciências com conhecimentos empíricos já construídos, fruto de sua interação com a vida cotidiana, ele argumenta que, durante a educação escolar, não se trata de “*adquirir uma cultura experimental, mas de mudar de cultura experimental, de derrubar os obstáculos já amontoados pela vida cotidiana*” (Bachelard, 1977, p. 150).

É uma “psicanálise” dos “erros” iniciais — “erros epistemológicos” — cometidos pelos alunos na interpretação do objeto de estudo que Bachelard propõe como alternativa para a superação dos obstáculos, conforme o que também destacou Snyders:

*Desse modo, toda cultura científica deve começar, como o explicamos extensamente, por uma catarse intelectual e afetiva. Resta depois a tarefa mais difícil: pôr a cultura científica em estado de mobilização permanente, substituir o saber firmado e estático por um conhecimento aberto e dinâmico e dialetizar todas as variáveis experimentais: dar, enfim, à razão razões de evoluir (Bachelard, 1977, p. 151).*

Um diálogo tradutor implica, então, um processo para obter o conhecimento vulgar do educando, e não apenas para saber que ele existe; é necessário trabalhá-lo ao longo do processo educativo, para fazer, como prescreve Bachelard, sua “psicanálise”.

Em outros termos: é para problematizá-lo que o professor deve apreender o conhecimento já construído pelo aluno; para aguçar as contradições e localizar as limitações desse conhecimento, quando cotejado com o conhecimento científico, com a finalidade de propiciar um distanciamento crítico do educando, ao se defrontar com o conhecimento que ele já possui, e, ao mesmo tempo, propiciar a alternativa de apreensão do conhecimento científico. Busca-se a desestabilização das afirmações dos alunos. É a desestruturação das explicações contidas no conhecimento de senso comum dos alunos que se pretende inicialmente, para logo após formular problemas que possam levá-los à compreensão de outro conhecimento, distintamente estruturado.

Momentos pedagógicos: sua proposição encontra-se também no livro *Metadidáxia do ensino de Ciências*, de Demétrio Delizoicov e José André P. Angotti, Editora Cortez, 1994. Exemplos de seu uso podem ser encontrados em: a) *Física*, de Demétrio Delizoicov e José André P. Angotti, Editora Cortez, 1991; b) *Ousadia no diálogo: interdisciplinaridade na escola pública*, organizado por Nidia Romuschka, Edições Loyola, 1993. Veja, entre outros, o texto de autoria de Mara Maria C. A. Pernambuco: "Quando a troca se estabelece"; c) *Ensino de Física: conceitos, metodologia e epistemologia numa concepção integrada*, organizado por Maurício Pirotto de Oliveira, Editora da UFSC, 2001. Veja o capítulo "Problemas e problematizações", de Demétrio Delizoicov.

Entre outras possibilidades de estabelecer uma dinâmica de atuação docente em sala de aula que contemple os aspectos aqui apresentados, a seguinte, que tem feito parte de algumas iniciativas educacionais, é fornecida como opção. Ela é caracterizada pelo que tem sido denominado de *momentos pedagógicos*, distinguindo três deles com funções específicas e diferenciadas entre si, a saber: problematização inicial, organização do conhecimento e aplicação do conhecimento.

### Problematização inicial

Apresentam-se situações reais que os alunos conhecem e presenciaram e que estão envolvidas nos temas, embora também exijam, para interpretá-las, a introdução dos conhecimentos contidos nas teorias científicas. Organiza-se esse momento de tal modo que os alunos sejam desafiados a expor o que estão pensando sobre as situações. Inicialmente, a descrição feita por eles prevalece, para o professor poder ir conhecendo o que pensam. A meta é problematizar o conhecimento que os alunos vão expondo, de modo geral, com base em poucas questões propostas relativas ao tema e às situações significativas, questões inicialmente discutidas num *pequeno grupo*, para, em seguida, serem exploradas as posições dos vários grupos com toda a classe, no *grande grupo*.

Neste primeiro momento, caracterizado pela apreensão e compreensão da posição dos alunos ante as questões em pauta, a função coordenadora do professor concentra-se mais em questionar posicionamentos — até mesmo fomentando a discussão das distintas respostas dos alunos — e lançar dúvidas sobre o assunto do que em responder ou fornecer

explicações. Deseja-se aguçar explicações contraditórias e localizar as possíveis limitações e lacunas do conhecimento que vem sendo exposto, quando este é cotado implicitamente pelo professor com o *conhecimento científico que já foi selecionado para ser abordado*, conforme procedimento a ser apresentado na 5ª Parte. Em síntese, a finalidade deste momento é propiciar um distanciamento crítico do aluno, ao se defrontar com as interpretações das situações propostas para discussão.

O ponto culminante dessa problematização é fazer que o aluno sinta a necessidade da aquisição de outros conhecimentos que ainda não detém, ou seja, procura-se configurar a situação em discussão como um *problema* que precisa ser enfrentado.

### Organização do conhecimento

Os conhecimentos selecionados como necessários para a compreensão dos temas e da problematização inicial são sistematicamente estudados neste momento, sob a orientação do professor. As mais variadas atividades são então empregadas, de modo que o professor possa desenvolver a conceitualização identificada como fundamental para uma compreensão científica das situações problematizadas. É neste momento que a resolução de problemas e exercícios, tais como os propostos em livros didáticos, pode desempenhar sua função formativa na apropriação de conhecimentos específicos. No entanto, conforme se tem destacado, esse é apenas um dos aspectos da problematização necessária para a formação do aluno. Não raramente, há uma supervalorização da abordagem de problemas e exercícios desse tipo pela prática docente, em detrimento da localização e formulação de problemas de

outra espécie, tais como os caracterizados no momento anterior e aqueles cuja abordagem é sugerida no momento seguinte.

### **Aplicação do conhecimento**

Destina-se, sobretudo, a abordar sistematicamente o conhecimento que vem sendo incorporado pelo aluno, para analisar e interpretar tanto as situações iniciais que determinaram seu estudo como outras situações que, embora não estejam diretamente ligadas ao motivo inicial, podem ser compreendidas pelo mesmo conhecimento. Do mesmo modo que no momento anterior, as mais diversas atividades devem ser desenvolvidas, buscando a generalização da conceituação que já foi abordada e até mesmo formulando os chamados problemas abertos. A meta pretendida com este momento é muito mais a de capacitar os alunos ao emprego dos conhecimentos, no intuito de formá-los para que articulem, constante e rotineiramente, a conceituação científica com situações reais, do que simplesmente encontrar uma solução, ao empregar algoritmos matemáticos que relacionam grandezas ou resolver qualquer outro problema típico dos livros-textos. Independentemente do emprego do aparato matemático disponível para enfrentar essa classe de problemas, a identificação e emprego da conceituação envolvida — ou seja, o suporte teórico fornecido pela ciência — é que estão em pauta neste momento. É um uso articulado da estrutura do conhecimento científico com as situações significativas, envolvidas nos temas, para melhor entendê-las, uma vez que essa é uma das metas a ser atingidas com o processo de ensino/aprendizagem das Ciências. É o potencial explicativo e conscientizador das teorias científicas que precisa ser explorado.

## **Capítulo II**

Abordagem de temas  
em sala de aula

## **INSTRUMENTAÇÃO PARA O ENSINO**

# Instrumentação para o ensino

---

## 1. Aprofundamento para estudo

- a) O que pensam os alunos sobre a ciência? Qual sua concepção epistemológica?



O professor pode aprofundar a compreensão de seus alunos sobre a natureza do conhecimento científico, iniciando pelo resgate e problematização da concepção que possuem. Uma atividade que propicia isso pode ser encontrada no livro *Em debate: ciência e educação* em Ciências, SE/Cecirs, 1996, de Regina Maria Rabello Borges. No capítulo 1 é apresentado o instrumento de pesquisa “Idéias sobre a natureza do conhecimento científico”, especialmente elaborado para ser aplicado em sala de aula. No capítulo 2, a autora apresenta, em leitura introdutória, as posições dos epistemólogos que mencionamos nesta parte, entre outras que caracterizam as discussões epistemológicas contemporâneas.

## b) Epistemólogos e suas teorias do conhecimento

Tendo como referências básicas, além do livro anteriormente citado, o livro *O que é ciência afinal?*, Editora Brasiliense, 1993, de A. F. Chalmers, e o v. 13, n. 3 de dezembro de 1996 da revista *Caderno Catarinense de Ensino de Física*, cujos artigos são

dedicados à apresentação das posições epistemológicas de Kuhn, Popper, Lakatos, Feyerabend e Bachelard, grupos de licenciandos podem preparar seminários sobre os seguintes assuntos:

- Bacon e o empirismo/indutivismo;
- Popper e o falsificacionismo;
- Bachelard, os obstáculos epistemológicos e as rupturas;
- Kuhn, paradigmas e revoluções científicas;
- Feyerabend e o anarquismo epistemológico;
- Fleck e os estilos/coletivos de pensamento. (Cf. “Sociogênese do conhecimento e pesquisa em ensino: contribuições a partir do referencial fleckiano”, v. 19, número especial, 2002, da revista *Caderno Catarinense de Ensino de Física*, artigo de Demétrio Delizoicov et al.; “Ludwik Fleck e a presente história das ciências”, de autoria de Ilana Löwy, na revista *História, Ciências, Saúde – Mangueiras*, Rio de Janeiro, v. 1, n. 1, out. 1994.)

## 2. Exemplos

### a) Poluição do ar

#### Contexto da atividade

A atividade a seguir, estruturada pelos três momentos pedagógicos, é exemplo que foi empregado (com pequenas adaptações) em curso de formação continuada de professores de Ciências da rede de ensino municipal de São Paulo, durante o ano de



1990, com o objetivo de explorar possibilidades e fornecer subsídios para uma prática educativa a ser desenvolvida com alunos do ensino fundamental (de 5ª a 8ª série). Um plano de ensino do tema “poluição urbana”, em que esta atividade está inserida, é exemplificado na 5ª Parte, que visa fornecer subsídios para a elaboração de programas na perspectiva da abordagem temática. Como será visto nessa parte, os conceitos unificadores constituem um dos eixos estruturantes da programação. O conceito unificador escala foi explorado nesta atividade e permitiu sua estruturação. Esse conceito caracteriza uma das atividades da produção científica, a saber, a da mensuração e tematização das variáveis envolvidas nos fenômenos, relacionados respectivamente à precisão e exatidão das grandezas. Tais procedimentos — mensuração e tematização — e valores — precisão e exatidão — são de fundamental importância, uma vez que estão na gênese da ciência moderna e constituem um dos diferenciais entre o conhecimento prevalente do aluno e o científico.

#### Problematização inicial

A discussão inicial ocorre no “pequeno grupo” (até quatro pessoas). Cada grupo deve anotar a síntese das conclusões, para posterior apresentação e discussão no “grande grupo” (toda a turma). O professor organiza e atende os grupos, dimensionando o tempo para essa atividade de acordo com o andamento do trabalho e seu planejamento. Na discussão no “grande grupo”, resgata as sínteses dos alunos, coordenando as discussões e desafiando-os a expor suas idéias. Explora posições contraditórias, sempre perguntando e solicitando aos alunos que se pronunciem. A meta é: 1) problematizar as falas; 2) ir direcionando para a introdução do que será abordado

no momento seguinte — organização do conhecimento —, mediante outras questões, formuladas pelo professor, que serão objeto de estudo, ao se desenvolver o segundo momento. Esse aspecto da problematização inicial tem a função de procurar conscientizar os alunos das possíveis limitações e lacunas de seu conhecimento.

**BASEIE-SE EM SUAS OBSERVAÇÕES E EXPERIÊNCIAS DO DIA-A-DIA E REALIZE A SEGUINTE DISCUSSÃO COM SEU GRUPO:**

1) Você vive numa região onde há muito tráfego de automóvel, ônibus e caminhão? Já esteve numa região dessas? E em locais com indústrias?

Tente, descrevendo, dar algumas das características dessa região com base no que você lembra de suas observações. Por exemplo:



- a) Qual a cor dos prédios?
  - b) Qual a cor da poeira dos móveis? E das cortinas?
  - c) Como ficam as folhas das plantas?
  - d) As características são diferentes no verão e no inverno? Descreva, também, outros detalhes que você tenha observado.
- 2) A seguinte notícia foi transmitida num jornal diário de uma emissora de rádio: "Cetesb informa: qualidade do ar em Cubatão é **MÁ. No centro, a qualidade do ar é INADEQUADA**".
- a) Você sabe o que é Cetesb? ([www.cetesb.sp.gov.br](http://www.cetesb.sp.gov.br))
  - b) O que significa qualidade do ar "má"? E "inadequada"?

**Tabela 1 – Alguns poluentes do ar e as principais fontes lançad**

<b>Poluente</b>	<b>Fontes</b>
Monóxido de carbono	Indústrias, veículos (queima de combustível)
Dióxido de carbono	Indústrias, veículos (queima de combustível)
Dióxido de enxofre	Indústrias, veículos, residências, termelétricas (queima de combustível)
Partículas de mercúrio	Indústrias de cloro, plásticos, papel e combustíveis de veículos
Partículas de chumbo	Indústrias de tintas, automóveis
Óxidos de nitrogênio	Aviões, automóveis, incineradores, queimadas
Partículas de amianto	Automóveis (pneus)
Inseticidas	Lançamentos sobre as plantações, indústrias de inseticidas
Cloro	Indústrias de cloro e de inseticidas organodlorados, spray
Cimento	Indústrias de cimento
Hidrocarbonetos	Veículos, indústrias (queima de combustível)
Partículas de carvão	Veículos, indústrias (queima de combustível)

Fonte: CECISP. *Ciências ambientais para 1º grau: 7ª e 8ª séries – Poluição.*

Tabela 2 – Composição da atmosfera seca

Componentes gasosos	Composição ppm (vol.)	Composição ppm (peso)
Nitrogênio	780,900	755,100
Oxigênio	209,500	231,500
Argônio	9,300	12,800
Dióxido de carbono	300	460
Neônio	18	12,5
Hélio	5,2	0,72
Metano	2,2	1,2
Criptônio	1	2,9
Oxido nitroso	1	1,5
Hidrogênio	0,5	0,03
Xenônio	0,08	0,36

OS OUTROS COMPONENTES GASOSOS DE ORIGEM NATURAL E DE CONCENTRAÇÃO VARIÁVEL SÃO:

- óxidos de nitrogênio: produzidos pelas descargas elétricas durante as tempestades;
- dióxido de enxofre; fluoreto de hidrogênio e cloro de hidrogênio (erupções vulcânicas);
- sulfeto de hidrogênio: escapa das acumulações de gás natural ou dos vulcões;
- ozônio: formado fotoquimicamente ou por descargas elétricas.

Há ainda partículas sólidas ou líquidas de origem natural, constituídas de materiais do solo, da vegetação e do mar transportados pelo vento, bem como de poeiras metéóricas e de microorganismos e pólen.

### Organização do conhecimento

O problema da qualidade e da poluição do ar em cidades como São Paulo tem origem em várias fontes poluidoras, conforme dados da tabela 1. Nesta atividade, será considerada a poluição do ar decorrente da queima de combustível no motor dos veículos.

DESENVOLVER ESTE MOMENTO COM O MESMO PROCEDIMENTO ANTERIOR.

Analisar a tabela 1 e responder às questões:

- 1) Que poluentes do ar decorrem da queima de combustível dos veículos?
- 2) Desses, você sabe identificar quais são gases e quais são sólidos?
- 3) Essas substâncias alteram a qualidade do ar? E a composição básica do ar, fica alterada? Explique. Consulte a tabela 2.
- 4) A quantidade de oxigênio ( $O_2$ ) do ar fica alterada? Explique. A tabela 3 fornece informações sobre alguns poluentes. Analise-a e responda às questões:
  - 5) O que significa  $g/m^3$ ? E  $mg/m^3$ ? E  $ppm$ ? E  $\mu g/m^3$ ?
  - 6) Que principais efeitos o monóxido de carbono (CO) ocasiona? Em qualquer quantidade? Explique, consultando a tabela 4.
- 7) Que principais efeitos o dióxido de enxofre ( $SO_2$ ) ocasiona? Em qualquer quantidade? Explique.
  - 8) E o chumbo (Pb)? Qual a origem do chumbo que fica no ar em consequência da queima de combustíveis?

### Consultar:

GEPEQ. *Interações e transformações III: química – ensino médio: química e a sobrevivência/atmosfera*. Livro do aluno e guia do professor. São Paulo: Edusp, 1998.

MOZETO, Antonio A. *Química atmosférica: a química sobre nossas cabeças. Cadernos Temáticos de Química Nova na Escola*. Química ambiental, São Paulo, n. 1, p. 41-49, maio 2001.

QUÍMICA NOVA NA ESCOLA. Disponível em: <[www.sbgq.org.br/ensino](http://www.sbgq.org.br/ensino)>.

SANTOS, Wildson L. P. (Org.). *Poluição do ar: estudo dos gases*. In: \_\_\_\_\_. *Química na sociedade*. Brasília: UnB, 2000.

**Tabela 3** – Algumas substâncias poluentes, suas particularidades e efeitos sobre a saúde, a vegetação, os animais, os materiais e a estética

	Origem antropogênica	Fontes	Dose		Efeito	Considerações especiais
A. Poluição causada pelo dióxido de enxofre – SO <sub>2</sub>	Resultado da combustão do enxofre presente nos combustíveis, sobretudo de alto teor de enxofre (1 a 4%).	Transportes, domicílios, indústrias e outras.	Até 40 µg/m <sup>3</sup> De 40 a 50 µg/m <sup>3</sup> De 60 a 80 µg/m <sup>3</sup> De 80 a 100 µg/m <sup>3</sup> De 100 a 120 µg/m <sup>3</sup>		Sobre a saúde humana. Sobre vegetação mais sensível. Sobre materiais: corrosão de bronze, mármore. Sobre a visibilidade, estética. Doenças respiratórias, sobretudo nas crianças. Sobre a fauna e a flora aquática, acidificação dos lagos. Aumento da mortalidade, hospitalização.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• O papel do SO<sub>2</sub> é insignificante perto da ação sinérgica.</li> <li>• A sinergia de SO<sub>2</sub> mais a poeira levam ao aumento da mortalidade.</li> <li>• Seus efeitos gerais são sobre a saúde, a vegetação, a estética, o odor, o conforto, a visibilidade.</li> </ul> <p>Método de combate ao SO<sub>2</sub>: dessulfuração, dispersão (altas chaminés), uso de combustível de baixo teor de enxofre.</p>
B. Poluição causada pelo monóxido de carbono – CO	Resultado da combustão incompleta do carbono.	Combustão incompleta de combustíveis, cigarros, aquecimentos domésticos, automóveis, barcos a motor, indústrias, etc.	500 µg/m <sup>3</sup> Limite admissível:		Porcentagem de transferência de hemoglobina em COHB por tempo de exposição Em 1h Em 8 h • Afeta a atuação física (cérebro, músculos). 2,5% 12,9% 8,7% 1,3% 4,0% 0,8% 2,8% 0,4% 1,4% • Aumento do distúrbio cardiovascular.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• O monóxido de carbono está presente no ar naturalmente, à taxa de 0,03%. Seu aumento ocasiona distúrbios à saúde.</li> <li>• O CO tem grande afinidade pela hemoglobina do sangue, que é transformada em carboxihemoglobina (COHB) e fica impedida de transportar oxigênio, o que causa perturbações psicológicas, físicas e sensoriais e pode levar à morte por asfixia.</li> <li>• Um habitante da cidade tem normalmente de 1 a 2% de COHB e um fumante do mesmo lugar, de 4 a 10%.</li> </ul>
			117 mg/m <sup>3</sup> 70 mg/m <sup>3</sup> 35 mg/m <sup>3</sup> 23 mg/m <sup>3</sup> 12 mg/m <sup>3</sup>		Distúrbios segundo a taxa de carboxihemoglobina (COHB) náusea náusea/vômito síncope convulsão coma morte suicídio com gás – 2/3 de COHB	
			De 20 a 30% De 30 a 40% De 40 a 50% De 50 a 60% De 60 a 70% 80%			

Origem antropogênica	Fontes	Dose	Efeito	Considerações especiais
<p>C. Poluição causada pelo mercúrio – Hg</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Resulta da utilização do mercúrio no processo catalítico para síntese do acetileno (indústrias de resina de PVC).</li> <li>• Uso de fungicidas (tratamento de grãos de cereais).</li> <li>• Fins agrícolas (desinfecção com compostos de fenilmercúrio).</li> </ul>		<ul style="list-style-type: none"> <li>• O Hg é encontrado normalmente à proporção de:             <ul style="list-style-type: none"> <li>– 0,03 ppb (parte por bilhão) no mar;</li> <li>– 0,01 ppm (parte por milhão) no fitoplâncton.</li> </ul> </li> <li>• 2 µg/grama de peso seco nos consumidores primários.</li> <li>• 5 µg/grama de peso seco no animal.</li> <li>• A partir de 0,3 mg/dia, para um adulto de 70 kg representa perigo à saúde.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Ação principal: afeta o sistema nervoso central.</li> <li>• Destruição das células nervosas centrais (de ação irreversível)</li> <li>• Afeta o embrião humano, fazendo notar efeitos sobre a primeira geração.</li> <li>• Análises feitas com populações de regiões acidentadas demonstraram:             <ul style="list-style-type: none"> <li>– 1960, Baía de Miramata, Japão (indústrias). Em mais de mil acidentados notaram-se: paralisia, surdez, contusas, perda da memória, tremores, alucinações, perturbação visual, salvação, etc.</li> <li>– 1971, Iraque. Ingestão de pão cujo grão de trigo foi tratado com fungicida com mercúrio. Efeitos: sobre a visão, sobre o sistema nervoso central, rompimento do ciclo menstrual.</li> </ul> </li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• É um metal pesado de efeito cumulativo nos órgãos, pois não é eliminado.</li> <li>• As vias de absorção são:             <ul style="list-style-type: none"> <li>– inalação (respiração);</li> <li>– oral (alimentação);</li> <li>– pele (cosméticos, medicamentos para sífilis);</li> <li>– placenta;</li> <li>– leite de mãe contaminada;</li> <li>– mucosa.</li> </ul> </li> <li>• Os indicadores de absorção são:             <ul style="list-style-type: none"> <li>– sangue;</li> <li>– urina;</li> <li>– cabelo.</li> </ul> </li> <li>• O mecanismo de ação é biotransformador.</li> </ul>
<p>D. Poluição causada pelo chumbo – Pb</p> <p>Tem origem industrial:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• utilização como antidetonante nos combustíveis automotores;</li> <li>– bateria;</li> <li>– impressas;</li> <li>– canalização de águas;</li> <li>– tabaco;</li> <li>– indústria de alimentos (latas, tampas).</li> </ul>		<ul style="list-style-type: none"> <li>• A norma recomenda 50 µg/ml.</li> <li>• Limite aconselhável: 35 µg/100 ml.</li> <li>• Nos ambientes de trabalho, em regra, a legislação tolera 200 µg/m<sup>3</sup> por uma semana de 40 horas.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• O chumbo é considerado o veneno do sangue, cuja ação recai na síntese da hemoglobina, causando saturnismo (anemia).</li> <li>• Fixa-se nas membranas dos glóbulos vermelhos, inibindo as enzimas necessárias à produção de hemoglobina.</li> <li>• Efeitos gerais:             <ul style="list-style-type: none"> <li>– polinevrite: inflamação do sistema nervoso superior;</li> <li>– nefrites: inflamação dos rins;</li> <li>– encefalites: inflamação irreversível no sistema nervoso;</li> <li>– efeito sobre fetos: partos prematuros e aberrações cromossômicas.</li> </ul> </li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• O chumbo persegue também o cálcio por afinidade química. Entrando pelo tubo digestivo, atinge o sangue e atinge o sistema ósseo, provocando infecção óssea.</li> <li>• O chumbo é metal pesado; portanto, é cumulativo.</li> </ul>

Fonte: Ceresh – *Educação Ambiental* – Guia do Professor – 1988.

**Tabela 4a** – Desativação da hemoglobina por monóxido de carbono

CONCENTRAÇÃO DE MONÓXIDO DE CARBONO NO AR (ppm)	HEMOGLOBINA DESATIVADA (%)
0	0
50	7
100	14
200	27
300	37
400	45
500	51
600	56
700	61
800	65
900	68
1 000	70

Fonte: Cecisp. *Ciências ambientais para 1ª Grau – 7ª e 8ª Séries – Poluição*. Veja instrução anterior.

**Tabela 4b** – Efeitos de CO sobre as pessoas

HEMOGLOBINA DESATIVADA (%)	SINTOMAS	CONCENTRAÇÃO DE CO (ppm)
0	Nenhum	0
1	Nenhum	10
2	Diminuição da capacidade visual	15
8	Dores de cabeça	60
14	Tonturas, fraqueza muscular	100
27	Vômitos	200
33	Inconsciência	270
65 a 70	Morte	800 a 1.000

Fonte: Cecisp. *Ciências ambientais para 1ª Grau – 7ª e 8ª Séries – Poluição*

Deve-se ressaltar que, para adequada avaliação dos problemas da poluição do ar, é necessário considerar, minimamente, aspectos quantitativos, ou seja, é preciso realizar medições e usar instrumentos de medidas. Por outro lado, a elaboração e interpretação de tabelas e gráficos são alguns dos procedimentos científicos que precisam estar constante e sistematicamente presentes nas atividades educativas.

Apenas se deter nos aspectos qualitativos da questão — isto é, afirmar que há  $\text{CO}$ ,  $\text{SO}_2$ , Pb presentes no ar, sem conhecer em que quantidade, e que, por isso, sua qualidade “faz mal à saúde”, “polui”, entre outras coisas semelhantes — em nada ajudará que se evitem os problemas de controle da poluição, quando a quantidade de poluentes presentes no ar for realmente crítica e não estiver sendo medida.

Comente a afirmação: “Não devemos permanecer em garagens fechadas com motores de veículos funcionando”.

A tabela 5 fornece dados de 1996, relativos à região metropolitana de São Paulo, sobre CO e  $\text{SO}_2$ . Analise-a e responda às questões:

9) Calcule as porcentagens de CO lançadas no ar em consequência da queima dos seguintes combustíveis nos motores dos veículos:

- gasolina;
- álcool;
- diesel.

10) Calcule as porcentagens de  $\text{SO}_x$  (que inclui o  $\text{SO}_2$ ) lançadas no ar em consequência da queima dos mesmos combustíveis em:

- motores de veículos;
- processos industriais.

11) Construa uma tabela, apresentando os dados sobre as porcentagens de emissão de CO e  $\text{SO}_x$  ocasionada pela queima dos combustíveis considerados. Que aspectos você destacaria dessa tabela?

**Tabela 5 – Estimativa da emissão das fontes de poluição do ar na RMSP\* em 1996**

FONTE DE EMISSÃO	EMISSION (1.000 t/ano)					
	CO	HC	NOx	SOx	MP***	
TUBO DE ESCAPAMENTO DE VEÍCULOS	GASOOL**	952,1	81,4	50,9	7,7	3,8
	ALCOOL	266,0	30,9	19,0	-	-
	DIESEL TÁXI	271,5	44,2	198,3	17,2	12,4
MOTOCICLETA E SIMILARES	MOTOCICLETA E SIMILARES	41,0	3,6	2,3	0,4	0,4
	MOTOCICLETA E SIMILARES	36,4	4,8	0,3	0,3	0,1
CÁRTER E EVAPORATIVA	GASOOL**	-	128,7	-	-	-
	ALCOOL	-	31,0	-	-	-
MOTOCICLETA E SIMILARES	MOTOCICLETA E SIMILARES	-	2,6	-	-	-
PNEUS	TODOS OS TIPOS	-	-	-	-	6,0
OPERAÇÕES DE TRANSFERÊNCIA DE COMBUSTÍVEL	GASOOL**	-	24,4	-	-	-
	ALCOOL	-	5,1	-	-	-
OPERAÇÃO DE PROCESSOS INDUSTRIAIS	GASOOL**	38,6 <sup>1</sup>	12,0 <sup>1</sup>	14,0 <sup>1</sup>	16,3 <sup>2</sup>	25,9 <sup>2</sup>
	ALCOOL	(750)	(800)	(740)	(400)	(305)
TOTAL		1.605,6	368,7	284,8	41,9	48,6

Fonte: Cetesb

\* Região Metropolitana de São Paulo.

\*\* Gasool: gasolina com 22% de álcool.

\*\*\* Material particulado.

1-1990.

2-1996.

Tabela 6 – Estrutura do Índice de Qualidade do Ar

Índice	Nível de qualidade do Ar	Qualificação/ índice	SO <sub>2</sub> Média 24 h µg/m <sup>3</sup>	PTS Média 24 h µg/m <sup>3</sup>	Produto Média 24 h µg/m <sup>3</sup>	PI Média 24 h µg/m <sup>3</sup>	Fumaça Média 24 h µg/m <sup>3</sup>	CO Média 8 h µg/m <sup>3</sup>	O <sub>3</sub> Média 1 h µg/m <sup>3</sup>	NO <sub>2</sub> Média 1 h µg/m <sup>3</sup>	Descrição dos efeitos sobre a saúde
0		Boa (0 – 50)									
50	50% PQAR	Regular (51 – 100)	80(a)	80(a)		50(a)	60(a)	4,5	80	100(a)	
100	PQAR	Inadequada (101 – 199)	365	240		150	150	9,0	160	320	Leve agravamento de sintomas, em pessoas suscetíveis, e irritação, na população sadia.
200	ATENÇÃO	Má (200-299)	800	375	65.000	250	250	15,0	200	1.130	Decréscimo da resistência física e significativo agravamento dos sintomas em pessoas com enfermidades cardiorrespiratórias.
300	ALERTA	Péssima (300-399)	1.600	625	261.000	420	420	30,0	800	2.260	Aparcimento prematuro de certas doenças, além de significativo agravamento de sintomas.
400	EMERGENCIA	Crítica (>400)	2.100	875	393.000	500	500	40,0	1.000	3.000	Morte prematura de pessoas doentes e pessoas idosas. Pessoas saudáveis podem acusar sintomas adversos que afetam sua atividade normal.
500	CRÍTICO		2.620	1.000	490.000	600	600	50,0	1.200	3.750	

Fonte: Ceresb

SO<sub>2</sub> – dióxido de enxofre

PTS – partículas totais em suspensão

PI – partículas inaláveis

CO – monóxido de carbono

O<sub>3</sub> – ozônioNO<sub>2</sub> – dióxido de nitrogênioPQAR – padrão de qualidade do ar  
(a) – PQAR anual

12) Você é capaz de prever (identificar) que sintomas (dor de cabeça, náuseas, outros) a população da cidade de São Paulo poderia apresentar com base nas informações da tabela 5?

Consultar também: EVANS, John. Monóxido de carbono: mais do que somente um gás letal. *Química Nova na Escola*, São Paulo, n. 9, p. 3-5, maio 1999.

13) Como a alta concentração de veículos numa região ou em grandes vias pode influir na qualidade do ar de outras regiões?

14) Como saber as condições da qualidade do ar em determinada região ou bairro da cidade?

A Cetesb deve medir localmente, com instrumentos de medidas apropriados, as quantidades de substâncias poluidoras presentes no ar em diferentes períodos do dia, nas várias regiões, bairros e vias de grande fluxo de tráfego. Os dados dessas medidas são analisados e devem ser divulgados pelos vários meios de comunicação.

A tabela 6 relaciona as quantidades de poluentes medidas e os respectivos padrões que definem a qualidade do ar. Analise-a e responda à questão:

15) Quando a Cetesb informa que em determinada região a qualidade do ar é "inadequada", o que isso significa? A qualidade do ar nessa região é "inadequada" sempre? Explique.

### Aplicação do conhecimento

1) Suponha que, durante 24 horas, em determinada região, a qualidade do ar não se altere. Explique a que tipos de problemas a população dessa região pode ficar sujeita, se a qualidade do ar (não alterada durante 24 horas) for:

- REGULAR;
- MÁ.
- INADEQUADA;

2) Segundo os padrões definidos pela Cetesb, como seria classificada a qualidade do ar, se as medidas apresentassem os seguintes dados:

a) Relativos à emissão de  $\text{SO}_2$  e partículas em suspensão durante 24 horas:

$\text{SO}_2$ ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	PTS ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	Produto ( $\text{SO}_2 \times \text{PTS}$ )
70	875	
350	200	
500	250	
900	385	

b) Relativos à emissão de CO durante 8 horas:

- 6 ppm: 12 ppm:
- 25 ppm: 33 ppm:
- 47 ppm:

## b) Aids

### Contexto da atividade

Com algumas modificações, a atividade a seguir, preparada pelo professor Antônio Fernando Gouvêa da Silva, tem sido empregada em cursos de formação continuada de professores sobre o tema "aids". Um plano de ensino desse tema, no qual se insere esta atividade, é apresentado na 5ª Parte como exemplo de programa elaborado na perspectiva da abordagem temática. Os *conceitos unificadores* que estruturam esta atividade são *ciclos e regularidades*, bem como processos de transformação. Veja, na 5ª Parte, as características desses conceitos e as possibilidades que eles oferecem para a elaboração de programas de ensino com base em temas.

### Problematização inicial

A discussão ocorre no "pequeno grupo" (até quatro alunos). Cada grupo deve anotar a síntese das conclusões, para posterior apresentação no "grande grupo" (toda a turma). O professor organiza e atende os grupos, dimensionando o tempo para essa atividade de acordo com o andamento do trabalho e seu planejamento. Na discussão no "grande grupo", resgata as sínteses dos alunos, coordenando as discussões e desafiando-os a expor suas idéias. Explora posições contraditórias, sempre perguntando e solicitando aos alunos que se pronunciem. A meta é: 1) problematização das talas; 2) ir direcionando para a introdução do que será abordado no momento seguinte — organização do conhecimento —, mediante outra/s questão/ões (for- mulada/s pelo professor) que será/ão objeto de estudo no desenvolvimento deste segundo momento.

### PONTOS PARA DISCUSSÃO:

1. A aids é uma doença "moderna" ou "antiga"? Antes de o homem "descobrir" a doença, ela já existia? Explique.
2. Dizem que a aids é uma doença causada pelo progresso dos meios de comunicação. Você concorda com essa afirmação? Por quê?
3. O que é progresso para você? Você considera que nossa sociedade é mais evoluída que aquela em que nasceram nossos pais? Por quê?

### Organização do conhecimento

Com base no artigo "A avó da aids faz 500 anos com 'boa saúde'", Folha de S. Paulo, 5/2/95, apresentado a seguir, pode-se organizar este momento. Antes da leitura e discussão com os alunos, planejar seu uso em sala de aula. Fundamentalmente, são três os pontos a ser abordados pelo professor em seu plano, sintetizados nas seguintes questões:

- 1) Qual é o objetivo do autor?
- 2) Que conhecimentos, específicos ou gerais, são necessários para compreender e analisar o artigo? Notar que *ciclos e regularidades*, bem como *processos de transformação* sociais e naturais, no tempo e no espaço, são conceitos que estruturam uma compreensão do conteúdo do artigo, para além de conceitos mais específicos, tais como os de bactéria, epidemia e outros.
- 3) Em relação aos preconceitos sociais, qual das sociedades é a mais evoluída? Por quê?

Consulte: CAMARGO JÚNIOR, Kenneth Rochel de. *Aids e a aids das Ciências*. História, Ciências, Saúde — Manguinhos, Rio de Janeiro, v. 1, n. 1, out. 1994.

## *A sífilis, causadora de estragos comparáveis ao vírus da aids, continua a atacar*

### **A avó da aids faz 500 anos com "boa saúde"**

RICARDO BONALUME NETO  
ESPECIAL PARA A FOLHA

Meio milênio depois de sofrer com uma nova e letal doença transmitida sexualmente, a civilização ocidental ainda não aprendeu como reagir a esse tipo de problema.

Faz 500 anos que a Europa sofreu a primeira epidemia de sífilis, uma doença venérea causada por uma bactéria espiroqueta, o *Treponema pallidum*.

As reações foram muito parecidas com o que aconteceria muito tempo depois com outra doença, causada por outro tipo de micróbio, o vírus HIV. Assim como aconteceu com a aids, preconceitos e falta de informação fizeram parte da carreira da sua "avó".

"Por causa da severidade de seu impacto, doenças epidêmicas poucas vezes puderam ser acomodadas nas estruturas emocionais com as quais as sociedades vivem", diz o historiador Richard Evans, da Universidade de Londres.

Evans se pergunta, meio de brincadeira, se não haveria uma "dramaturgia" que tende a se repetir com as epidemias novas.

Por exemplo, é comum achar que a transmissão de doenças é feita de pessoa a pessoa (e nem sempre é o caso). Também é comum a fuga do local infectado com a nova "peste" — como fizeram turistas americanos ao saber que a aids era comum do Haiti.

É também comum achar bodes expiatórios e estigmatizá-los. Já as vítimas acham que há algum culpado externo contra elas.

A aceleração do tempo histórico no século 20 e os óbvios avanços da ciência permitiram aos pesquisadores comprimir a história da aids em bem menos tempo. Mas o que aconteceu com a sífilis permanece sendo o modelo.

Hoje as duas doenças coexistem e tendem a se concentrar nos mesmos grupos sociais. A sífilis não atinge mais a aristocracia ou os literatos e artistas; a aids tende, a longo prazo, a deixar de ser típica de "grupos de risco", como homossexuais, para ser mais uma doença da pobreza.

Os cientistas ainda não sabem dizer com certeza se a sífilis foi importada das Américas para a Europa ou se já existia ali e apenas se manifestou de modo mais característico em 1495.

Uma das teorias é que foram os marinheiros de Cristóvão Colombo, voltando de sua "descoberta" da América, que introduziram o *Treponema pallidum* na Europa. Essa teoria vem de 1539, segundo o historiador William McNeill, autor de um livro seminal sobre o papel das doenças na história humana, *Plagues and peoples* ("Pragas e povos").

Outros pesquisadores acreditam que a doença já existia e era confundida com a lepra, devido aos sintomas parecidos, como lesões na pele. Recentemente foi divulgada a teoria de que os *vikings* teriam a doença já há mil anos.

É difícil saber, pois as descrições antigas dos sintomas não são precisas o suficiente para um diagnóstico exato. Lesões em ossos de índios da época pré-colombiana seriam uma evidência da existência da sífilis na América.

Foi na cidade italiana de Nápoles, então cercada pelo exército francês do rei Carlos VIII, que apareceu a primeira epidemia. Como era previsível, foi chamada de "doença italiana" pelos franceses e de "doença francesa" pelos italianos.

O nome sífilis foi cunhado por um italiano, meio poeta, meio pesquisador, Girolamo Fracastoro (1483-1553), no poema "Syphilis sive Morbus Gallicus" (Sífilis ou doença dos gauleses).

Fracastoro acreditava que doenças infecciosas eram transmitidas por sementes invisíveis. Nesse sentido ele foi uma espécie de avô da bacteriologia.

Só no século 20 que se descobriu a bactéria causadora da sífilis. Uma trinca de alemães deu um golpe brutal nessa espiroqueta.

Fritz Schaudinn descobriu a bactéria causadora em 1905. No ano seguinte, Augustus von Wassermann desenvolveu um exame de sangue para detectar a doença. E em 1909 Paul Ehrlich descobriu o composto à base de arsênico.

A aids teve descobertas igualmente rápidas. Os casos apareciam cada vez mais na década de 80, e já em 1983 foi isolado o vírus. Faltava apenas uma cura, que não significará porém que a doença "desaparecerá".

A sífilis, apesar de plenamente curável com antibióticos, sofreu um aumento de 132% de 1985 a 1990 entre os negros americanos. É o tipo de dado que tende a acirrar preconceitos, mas que mostra a deterioração da qualidade de vida nas grandes metrópoles dos EUA.

Epidemias de doenças venéreas têm algo diferente das outras, diz a pesquisadora Megan Vaughan, mesmo levando-se em conta que todas são de algum modo "socialmente

causadas e socialmente construídas”, uma análise puramente médica não dá conta de seu entendimento.

Isso ajuda a explicar por que a cura descoberta por Ehrlich chegou a ser criticada, pois “encorajaria o pecado”. Certamente alguém dirá o mesmo quando a cura da aids for encontrada.

### O homem se adaptou

A sífilis não chegou a ser uma ameaça à população europeia como foram as doenças introduzidas pelos europeus na América.

Sem prévio contato com os micróbios mais variados da Eurásia, os nativos americanos morreram aos milhares, vítimas de uma guerra biológica não declarada.

Já o impacto demográfico da sífilis na Europa não chegou a ser grande, segundo o historiador William McNeill.

“A população europeia continuou a crescer através do século 16, quando a doença estava no auge”, afirmou.

Aparentemente aconteceu uma adaptação entre as duas espécies, o ser humano e a bactéria, que foi favorecendo as linhagens menos virulentas dela.

É a forma mais tradicional de “coevolução”, com os dois organismos tendendo a criarem uma coexistência não tão conflitiva (*sic*). Há quem diga que se toda a humanidade fizesse “sexo seguro” sempre, sem descuidar de usar preservativos, o próprio vírus da aids tenderia a ser menos virulento, levando mais tempo para matar.

Assim como aconteceu com a aids, a sífilis tornou-se notória ao matar as pessoas famosas. Foi o caso dos franceses Paul Gauguin, pintor, e Guy de Maupassant, escritor.

A bactéria foi particularmente letal entre aristocratas, que tendiam a fazer sexo em “grupos de risco” relativamente restritos. Uma vítima célebre foi o rei inglês Henrique 8º, que também contou com a cirrose no fígado como causa da morte. (RBN)

### Aplicação do conhecimento

Requer um procedimento análogo ao da problematização do conhecimento. Neste momento, caso haja necessidade e de acordo com seu planejamento, o professor fornece outras informações (textos e/ou explicações) para o desenvolvimento das atividades.

#### PONTOS PARA DISCUSSÃO:

- 1) Se a medicina construir medicamentos e vacinas para o tratamento da aids, todos terão acesso a eles? Por quê?
- 2) O que significa dizer que o homem se adaptou à bactéria da sífilis? Todos se adaptaram? O que é coevolução?
- 3) Diferencie adaptação natural de adaptação social.
- 4) Qual é a origem dos preconceitos sociais?

### c) Energia solar e a Terra

#### Contexto da atividade

Com pequenas alterações, esta atividade foi inicialmente proposta no livro *Física* (Editora Cortez, 1990), destinado aos docentes dessa disciplina que atuam nos cursos de formação de professores do magistério. Com o objetivo de fornecer subsídios para a atuação docente, o livro foi organizado em seis unidades, subdivididas num total de 21 tópicos estruturados com base no tema “produção, distri-

buição e consumo de energia elétrica”, propondo-se uma programação para os três anos da disciplina de Física lecionada no ensino médio. Na próxima parte, serão apresentados o *programa de Física elaborado com base no tema proposto e a rede conceitual*, que fornece uma visão da síntese das relações entre tema, conceitos unificadores e conceitualização científica que originou a programação. Como não poderia deixar de ser, o conceito unificador explorado foi energia, muito embora os conceitos *transformação, regularidades e escala* também tenham sido empregados para análise e estruturação do tema.

*Tópico 4 (unidade 6): Energia solar e a Terra: fusão nuclear*

### Objetivos

Indicar ordem de grandeza de energia incidente e acumulada na Terra, oriunda do Sol. Descrever reações nucleares com liberação de energia resultante da fusão no Sol. Identificar energia liberada na fusão com perda de massa solar. Aplicar numericamente os conceitos e as novas relações em um exemplo.

### Problematização inicial

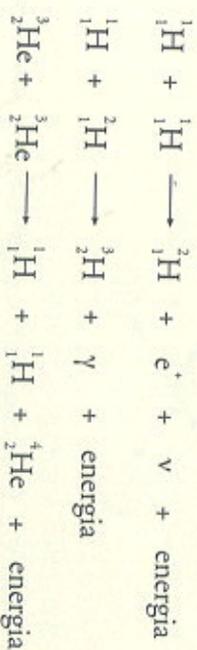
Discussão em pequenos grupos:

- 1) Descrever três situações em que a energia solar seja imprescindível para a manutenção das pessoas de sua cidade.
- 2) De onde vem a energia do Sol? E das estrelas?
- 3) Como você diferencia um planeta de uma estrela?
- 4) O Sol será eterno ou deverá extinguir-se?
- 5) De onde vem a energia acumulada nos combustíveis fósseis?

### Organização do conhecimento

O Sol é responsável por mais de 99% do balanço energético da Terra. Da energia solar incidente decorrem, em escalas de tempo breves e geológicas, a biomassa, os combustíveis fósseis e vegetais (como o álcool), a energia hidráulica e a eólica.

Como muitas outras estrelas (que, conforme a idade, assumem características diferentes), o Sol é muito quente, com temperatura média na superfície de 6.000 K, chegando a cerca de  $2.10^7$  K em sua região central. Nesta temperatura elevadíssima (interna), a matéria solar não é mais constituída de átomos (a energia supera em muito a energia de ligação atômica), mas sim de núcleos e elétrons separados, num estado a que chamamos plasma. Nessas condições, ocorrem reações nucleares, e não químicas, também pela ordem de grandeza da temperatura e da energia. Portanto, quando dizemos que o Sol está queimando, fazemos apenas uma analogia, pois, a rigor, não se trata de combustível, no sentido químico da energia térmica. A origem da energia solar é nuclear. As reações nucleares mais importantes que ocorrem no Sol podem ser descritas pelo seguinte modelo de cadeias de reações:



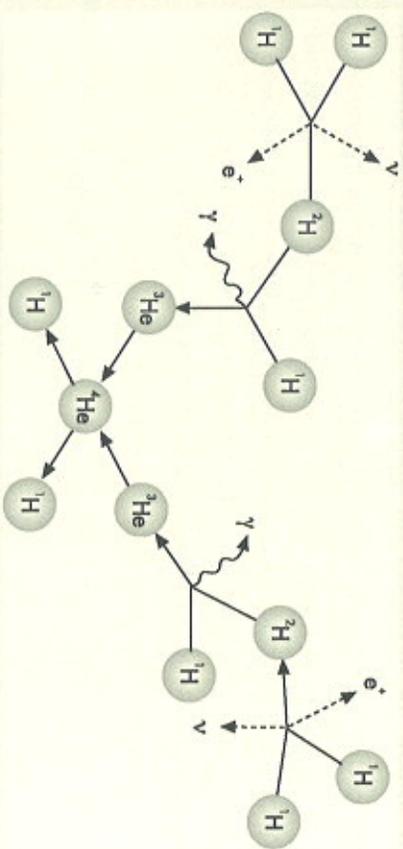
Essas equações podem ser discutidas com os alunos que já têm alguma familiaridade com a linguagem e simbologia da Química. De qualquer forma, esclareça o que vêm a ser os dígitos à esquerda de cada elemento. Mostre a conservação dos números de massa.

Inicialmente, dois núcleos de hidrogênio (dois prótons,  ${}^1\text{H}$ ) reagem, formando um átomo de hidrogênio ( ${}^2\text{H}$ ), um pósitron ( $e^+$ ), que é um "elétron" de carga positiva, e um neutrino ( $\nu$ ). Um átomo de hidrogênio funde-se com outro próton, formando isótopo de hélio ( ${}^3\text{He}$ ) e fótons  $\gamma$ . Finalmente esses núcleos de hélio se fundem, formando o núcleo do isótopo normal (estável) de hélio ( ${}^4\text{He}$ ) e liberando também prótons ( ${}^1\text{H}$ ) para novas fusões.

Todos esses processos liberam grande quantidade de energia, que, nesta série, é da seguinte ordem:

$$26.10^4 \text{ eV ou } 26 \text{ MeV.}$$

A figura a seguir representa esquematicamente a fusão do hidrogênio em hélio.



O neutrino ( $\nu$ ), partícula sem carga elétrica (de massa de repouso nula, à semelhança do fóton), interage fracamente com a matéria e emerge do Sol, levando cerca de 10% da energia emitida. O pósitron ( $e^+$ ), partícula igual ao elétron (com carga de mesmo módulo, porém positiva), pode interagir com o elétron, dando origem a dois fótons  $\gamma$  e aniquilando-se. Essa é uma reação de

partículas produzindo energia de radiação, no interior do Sol. A radiação  $\gamma$  produzida interage com a matéria solar (que contém átomos até mesmo de elementos pesados, como o ferro, em pequena proporção). Ao chegarem à superfície, os fótons já não são mais do tipo  $\gamma$ , pois perderam energia nas interações internas. Eles constituem essencialmente frequências na faixa do visível (luz), além do infravermelho e do ultravioleta. Essa radiação atinge a Terra depois de viajar cerca de oito minutos, dando origem a outras formas de energia.

O quadro 4, mais à frente, deve ser então explorado com os dados numéricos.

O professor deve trabalhar os ordens de grandeza, lembrando que a unidade é de potência, ou seja, de watts (joule/segundo).

### Aplicação do conhecimento

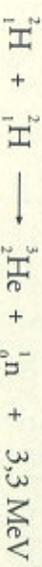
Faça uma discussão com os alunos, explorando diferentes situações:

- 1) No processo de reações nucleares, o Sol tem uma perda de massa responsável pelo aparecimento de grandes quantidades de energia. Assim, a liberação de energia ocorre na fusão nuclear em consequência da perda de massa. Essa é uma das relações da relatividade, escrita na forma:

$$\Delta E = \Delta m \cdot c^2$$

É por isso que, em relatividade, devemos falar em massa de repouso ( $m_0$ ) das partículas e dos corpos, pois a massa identificada com energia tem valor relativo, conforme sua velocidade, que também varia com o referencial adotado (inercial ou próprio). Os fótons não têm energia de repouso, à semelhança do neutrino.

Exemplo de reação nuclear:



Massa total inicial = 4,028200 u.m.a.

massa total final = 4,024695 u.m.a.

1 u.m.a. =  $1,66 \times 10^{-27}$  kg

1 MeV =  $1,6 \times 10^{-13}$  J

Determinação da energia libertada:

$$\Delta m = m_2 - m_1 = 0,003505 \text{ u.m.a.} = 5,82 \times 10^{-30} \text{ kg}$$

$$\Delta E = \Delta m c^2 = 5,82 \times 10^{-30} \times 9 \times 10^{16} \text{ (J)}$$

$$\Delta E = 5,238 \times 10^{-13} \text{ J} = 3,27 \text{ Mev}$$

$\Delta E = 3,3 \text{ MeV}$ , resultante de:

$$\Delta m = 5,82 \times 10^{-30} \text{ kg}$$

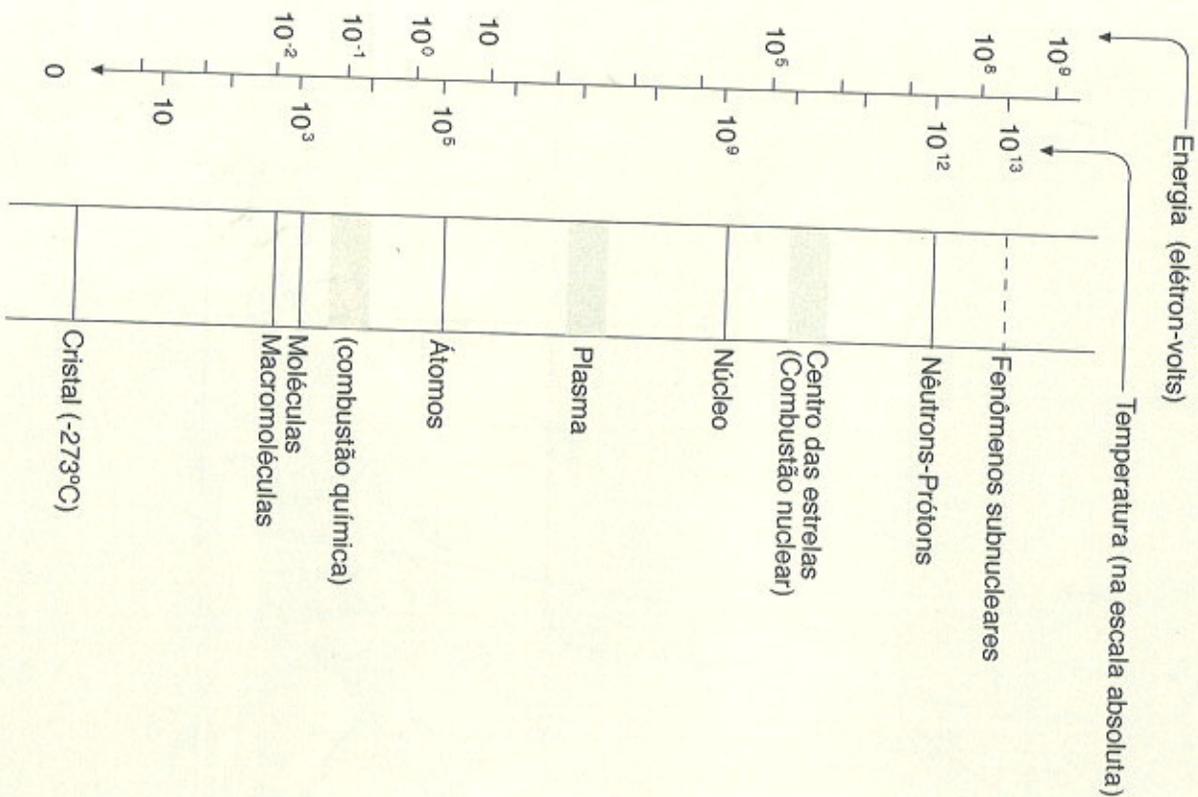
Fonte: OKUNO, E.; CALDAS, I. L.; CHOW, C. *Física para Ciências Biológicas e Biomédicas*. São Paulo: Harbra, 1982. cap. 13, seção 13.3.2; cap. 12, seção 12.3.

Leituras recomendadas:

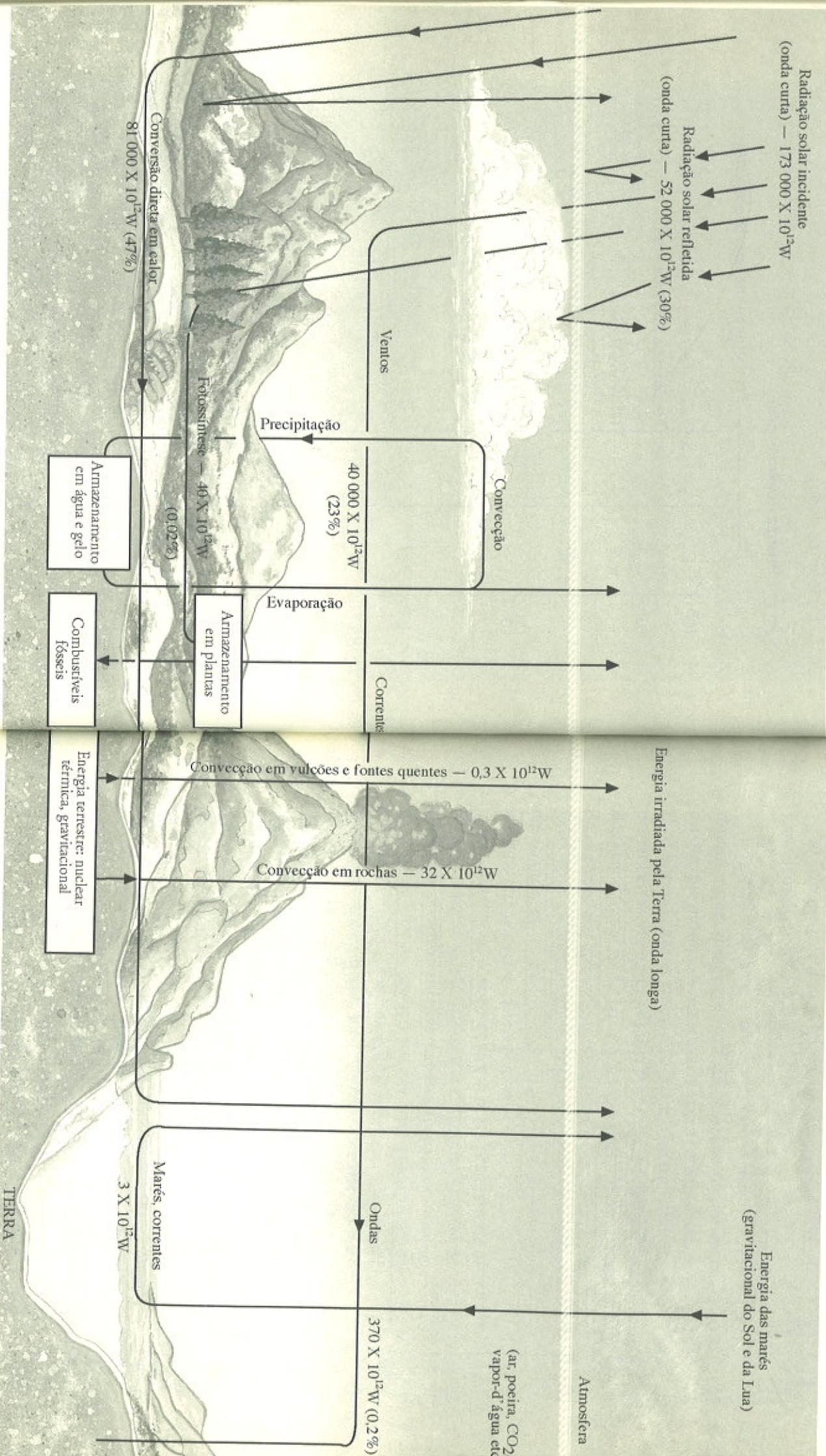
ALVARENGA, B.; MÁXIMO, A. A relação massa—energia. In: \_\_\_\_\_.  
Física. São Paulo: Harbra, 1992, v. 2.

WEISSKOPF, V. F. A escada quântica. In: \_\_\_\_\_. *Indagação e conhecimento: o universo físico de acordo com o conhecimento atual*. São Paulo: Edart, 1975. cap. 7.

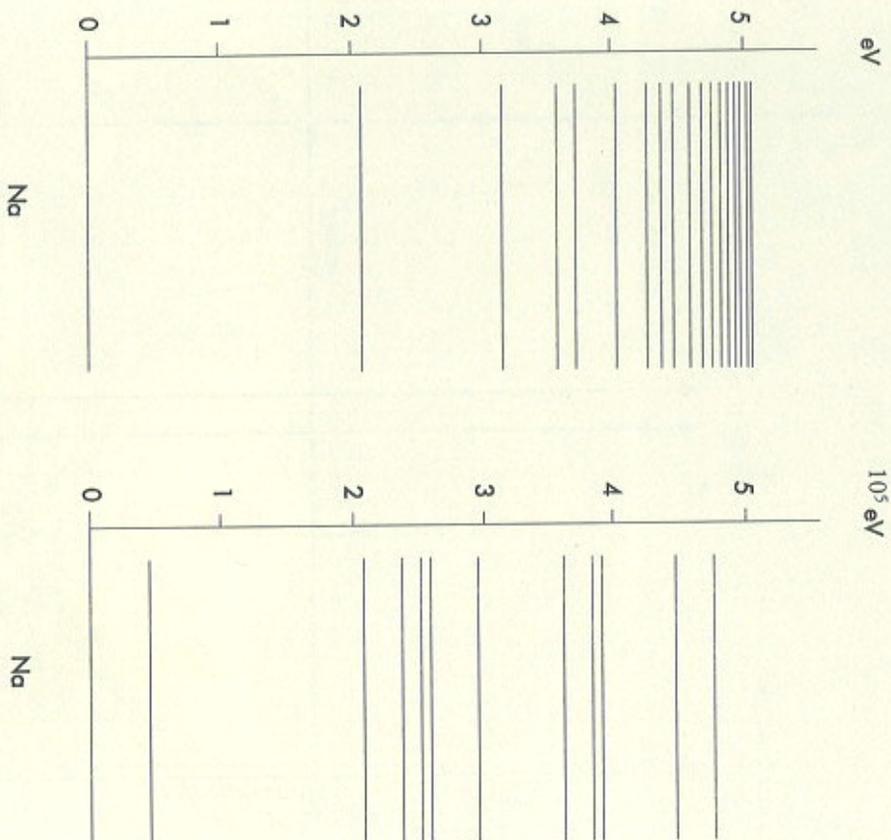
2) Escalas: relação entre temperatura e energia.  
Explorar os dados.



### 3) Explorar os vários fenômenos contidos no quadro.



- 4) Escalas: estados eletrônicos (a) e estados nucleares (b). Explorar os dados.



a) Estados eletrônicos

b) Estados nucleares

### 3. Desafios

- a) Intensificar o uso de outros materiais instrucionais além do livro didático

Organizar materiais e atividades que facilitem e conduzam a aprendizagem é parte do cotidiano do professor ou dos que produzem materiais de apoio para professores.

A aprendizagem faz-se na ação, e é no trabalho que os conceitos são apreendidos. Portanto, a organização das atividades e materiais é orientada pela perspectiva de oferecer aos aprendizes o acesso a várias formas de lidar com conhecimentos, informações e conceitos, desafiando-os a usá-los, repetidamente e de diversas formas, em situações diferenciadas.

Os desafios são apresentados pelas problematizações. Em seguida, são propostas diferentes formas de construir o conhecimento necessário para responder ao desafio inicial, caracterizadas por possibilitarem diferentes tipos de ações aos aprendizes. Chega-se, então, às sínteses finais, em que os conceitos são usados com sua capacidade de explicar novas situações. Ou seja, após um período de assimilação, marcado por atividades diversificadas e uso sistemático, ainda que mecânico, dos conceitos ou raciocínios — momento em que a fixação predomina —, tenta-se proporcionar a acomodação ou internalização. Recursos empregados para isso são a extrapolação, a transferência para novas situações, em que os conceitos e procedimentos ganham uma função explicativa mais ampla; o desafio de serem utilizados para fundamentar o enfrentamento de novos problemas ou, ainda, inseridos em estruturas mais abrangentes.

Considerando as diferenças individuais, entre grupos e turmas de alunos e, sobretudo, reconhecendo



que a possibilidade de explicitação dessas diferenças pode gerar o desequilíbrio nas estruturas internas dos indivíduos, uma das funções principais do professor é criar essa condição de instabilidade.

Quando se faz uso desses princípios gerais para a produção de materiais e atividades para sala de aula, descobre-se a possibilidade de empregá-los das mais variadas formas, incluindo aquelas totalmente invisíveis em sua elaboração original. Folhetos de divulgação de campanhas públicas, recortes de jornais, reportagens ou programas de TV, depoimentos e entrevistas de diferentes pessoas, textos didáticos, enciclopédias, textos de divulgação, literatura, originais de autores, artigos científicos, histórias em quadrinhos e músicas alternam-se em função de cada atividade, ora como desencadeadores e/ou como problematizações, ora para a construção de um conceito específico ou então para possibilitar uma síntese ou uma extrapolação.

Cada material vai adquirir sua função só depois de ser delimitado o papel que desempenha em cada momento de sua utilização. A diversificação das atividades, acompanhada da diversificação das linguagens (ver subseção Questões de linguagem, no Capítulo I da 5ª Parte), auxilia, de acordo com essa compreensão de aprendizagem, na superação de falsas dicotomias, como entre textos e experiências.

Pelo menos desde a década de 50, tornou-se consenso entre os especialistas que o ensino de Ciências depende de atividades experimentais. Os professores acreditam que, sendo as Ciências Naturais de cunho experimental, seu ensino não pode prescindir de um

laboratório, mesmo que não seja utilizado. Contudo, na maioria das vezes, esse tipo de atividade, quando existe, tem a função de ilustrar a teoria ou introduzir o aluno no "método experimental", sendo apresentada como uma receita a ser seguida. Os próprios livros didáticos do ensino fundamental, contaminados pela necessidade de forçar a introdução do experimental, trazem descritas muitas atividades práticas inexequíveis, enquanto outras procuram provar a existência de fenômenos, quando, na verdade, está se tratando da construção de conceitos.

Ao se vincular a decisão da atividade proposta ao momento do processo, a observação e o experimento propiciam uma aprendizagem específica, podendo variar de forma e intensidade, em cada situação.

Outras formas podem também ser aplicadas, como a simulação, a analogia cuidadosa e jogos interativos, como o *role-playing*. Empregando recursos como meios audiovisuais ou até mesmo textos e dinâmicas de grupo, podem-se criar situações de intervenção controlada, simulacros de "realidades virtuais". Surgem como necessidade e ganham sentido à medida que não são meras ilustrações, mas possibilidades de atuação, organizadas em função do momento de programação e do tipo de conhecimento que se quer explorar.

Um problema concreto que surge na hora de organizar as atividades e materiais é o de estabelecer seqüências de conteúdos ordenados como pré-requisitos. Os estudos sobre inteligência artificial e neurologia estão pondo em questão se, do ponto de vista da construção do conhecimento, não se tem enfatizado demais o seqüenciamento. O paralelismo afigura-se, muitas vezes,

Tipo de jogo em que são criados ambientes e situações que a cada jogada se alteram em função das decisões tomadas pelos jogadores, cada um dos quais representando um personagem diferente na situação.

a estratégia mais conveniente para organizar e operar informações. Parece estar na hora de rever se as seqüências consideradas indispensáveis para a aprendizagem de certos conteúdos o são, de fato. Explorar as possibilidades do paralelismo ainda é um desafio tanto para a pesquisa como para as práticas de aprendizagem.

b) Na 5ª Parte, é apresentado um plano de ensino sobre o tema "aids". Tomando-o como referência, elabore atividades que se fundamentem nos três momentos pedagógicos.

c) Elaborar atividades sobre o tema "poluição do ar", estruturando-as segundo os três momentos.

Baseando-se na atividade exemplificada, há inúmeras possibilidades de ampliar a programação de conteúdos escolares. Veja, na 5ª Parte, uma opção estruturada de programa do tema "poluição urbana". Esse tema engloba o da "poluição atmosférica", introduzido na atividade proposta. Como um desdobramento do que se abordou, pode-se explorar:

- doenças respiratórias: respiração;
- origem dos poluentes: combustão;
- efeito estufa.

Esta é outra qualidade dos momentos pedagógicos: ser um dos eixos estruturantes da programação, além dos conceitos unificadores. Assim, a programação de um tema pode ser feita em atividades agrupadas e organizadas segundo os três momentos, estabelecendo uma seqüência a ser desenvolvida. Neste sentido, pode-se falar em *momentos pedagógicos da programação*, além daqueles da sala de aula que estruturam cada uma das atividades.

É verdade que esta tarefa de agrupar as atividades segundo as características dos momentos — a saber: problematizar, organizar e aplicar conhecimentos — é flexível e relativa. No entanto, é possível relacionar as atividades que, resultando do desmembramento do tema, abordam predominantemente conhecimentos específicos, originários dos conceitos, modelos e teorias da ciência, como constituintes do momento da *organização do conhecimento da programação*. As atividades pertencentes aos outros dois momentos, então, são articuladas pelos professores programadores, de tal modo que se garanta a qualidade da *problematização* para a(s) atividade(s) inicial(is) sobre o tema abordado e a da aplicação para a(s) atividade(s) realizada(s) após a organização do conhecimento.

No tema "poluição do ar", que estamos explorando como exemplo, sem obviamente esgotar o assunto, teríamos:

Momento de programação	Atividade
Problematização inicial	Poluição do ar (exemplificada)
Organização do conhecimento	Doenças respiratórias: respiração
Organização do conhecimento	Origem dos poluentes: combustão
Aplicação do conhecimento	Efeito estufa

Pode-se associar o uso estruturado dos três momentos ao modelo de um fractal, ou seja, um elemento que, ao se repetir, oferece múltiplas possibilidades de construção de estruturas maiores, como resultado da diversidade de maneiras de organizar o uso repetido do

mesmo elemento estruturado. No caso da programação dos conteúdos escolares, os três momentos dão a oportunidade da construção de uma estrutura de rede ou mapa, a qual, articulada aos conceitos unificadores, possibilita a elaboração de uma rede conceitual que sintetiza a programação. Exemplos desses mapas são apresentados na 5ª Parte.

d) Elaborar atividades sobre o tema "energia elétrica: produção, distribuição e seu consumo no Brasil".

São múltiplas as possibilidades de introduzir e desenvolver atividades sobre esse tema, como pode ser visto na proposta exemplificada na 5ª Parte. Por exemplo: uma atividade introdutória, constituindo a problematização inicial de programação (ver item c), poderia ser elaborada começando com algumas questões problematizadoras e prosseguindo com o uso sistemático e organizado de dados sobre a produção e usinas hidrelétricas, conforme sugerido a seguir:

- Sua região já esteve, durante algum período, sob racionamento de energia elétrica? Por quê? Discutiu essa situação com os alunos? Utilizou alguma vez a "conta de luz", ou a potência consumida por aparelhos domésticos, para estudos, reflexão e aprofundamento com seus alunos?

#### SUBSÍDIOS PARA A ELABORAÇÃO DA(S) ATIVIDADE(S)

Informações e dados sobre duas usinas hidrelétricas: Itaipu (Paraná e Paraguai) e Sobradinho (Bahia e Pernambuco):

	Capacidade (MW)	Fluxo máximo (m <sup>3</sup> /s)	Fluxo de regime (m <sup>3</sup> /s)	Potência da turbina (kW)	Rendimento máximo (%)
Sobradinho	1.050	13.265	2.060	178.000	95,0
Itaipu	12.600	33.000	8.280	740.000	94,5

Obter dados semelhantes para outras instalações regionais, tanto de hidrelétricas como de fontes distintas. Os endereços eletrônicos sugeridos a seguir são boas fontes para essa procura e localizações de interesse. Discutir e comparar, à medida do possível, os rendimentos, segurança, custos... utilizando tarifas, taxas e multas da fornecedora de sua região.

#### DADOS E COMENTÁRIOS SOBRE CONSUMO DE ENERGIA ELÉTRICA NO BRASIL

A indústria em geral é o maior dos consumidores de energia elétrica, mesmo com o auxílio de combustíveis derivados do petróleo e gás natural. Certos produtos, como o cimento e o alumínio (desde o mineral bruto, fios e embalagens diversas até o papel laminado), exigem grande quantidade de energia. O Brasil tem a terceira reserva de bauxita do planeta, entre as já prospectadas; a Companhia Brasileira de Alumínio (CBA) incorpora a geração de energia em suas instalações (cerca de 55%), a fim de minimizar os custos; a média mundial de geração própria da indústria de alumínio é cerca de 27%. O valor da tonelada do minério básico, a bauxita, é de 3 dólares; do metal processado é de 1.500 dólares e o do quilograma do material reciclado é cerca de R\$ 2,00 (já é hábito, no Brasil, a coleta de latas de cerveja e refrigerante e

estima-se que mais de 150 mil famílias sobrevivem desse trabalho em 2001).

#### CUSTO DO CONSUMO RESIDENCIAL NO ESTADO DE SC EM JUNHO/2001

Consumo – kWh	Preço: R\$/kWh	Taxa: ICMS – R\$
0 – 150	0,18773	3,38
> 150	0,22024	8,92

Com base na média do consumo pessoal dos alunos, propor que façam uma estimativa: para quantas residências, em média, uma usina (escolha uma delas) pode fornecer energia simultaneamente. Trabalhe com potências de dez. Lembre aos alunos a idealização desse cálculo, pois a usina fornece energia para o comércio, para a indústria e para a iluminação pública, e estes outros tipos de consumo não estão sendo considerados na estimativa. Com dados mais consistentes (radiografia), obter a média de consumo para os diversos setores da cidade ou região; mostrar os percentuais do consumo residencial.

Propor ainda a verificação do consumo médio mensal de energia elétrica em sua cidade, estado e país; grupos de alunos devem auxiliar na realização dessa tarefa, que não precisa ser imediata. Lembrar que a situação de hoje provavelmente vai perdurar nos próximos anos; considerar os riscos de apagões e transtornos decorrentes no campo socioeconômico, cultural, do lazer...

Debater com os alunos as mudanças eventuais de comportamento, em casa e no trabalho, resultantes do racionamento. Montar um jornal com as notícias mais pertinentes sobre o abastecimento de energia elétrica em sua região.

**Fontes impressas e imagéticas** (consultar referências completas das obras na 6ª Parte, bibliografia final)

Filme didático da Enciclopédia Britannica sobre energia nuclear.

GOLDEMBERG, J. *Energia no Brasil*.

Jornais diários, revistas semanais e jornais de TV do período maio/julho de 2001 (sobre a crise de energia).

PIRES F. B.; VACCAR, F. Alta tensão por um fio. *Ciência Hoje*, Rio de Janeiro, n. 23, mar./abr. 1986.

TERRY, L. et al. Nas malhas da energia. *Ciência Hoje*, Rio de Janeiro, n. 23, mar./abr. 1986.

#### Fontes digitais

Ministério da Ciência e Tecnologia (MCT): <[www.mct.gov.br](http://www.mct.gov.br)>.

Centro de Estudos Estratégicos do MCT: link — MCT.

Ministério de Minas e Energia (MME): <[www.mct.gov.br](http://www.mct.gov.br)>.

Anatel — Agência Nacional de Telecomunicações: <[www.anatel.gov.br](http://www.anatel.gov.br)>.

Rede Cidades Eficientes: <[www.ibam.org.br/rcidades](http://www.ibam.org.br/rcidades)>.

Bracier — Comitê Nacional Brasileiro da Cier — Comissão de Integração Elétrica Regional: <[www.bracier.org.br](http://www.bracier.org.br)>.

Chesf – Companhia Hidroelétrica do São Francisco: <[www.chesf.gov.br](http://www.chesf.gov.br)>.

Eletrobrás: <[www.eletrabras.gov.br](http://www.eletrabras.gov.br)>.

Furnas Centrais Elétricas S.A.: <[www.furnas.gov.br](http://www.furnas.gov.br)>.

Hidroelétrica Itaipu Binacional: <[www.itaipu.gov.br](http://www.itaipu.gov.br)>.

CNAA – Usina Nuclear Angra 2: <[www.abeuangra.com.br](http://www.abeuangra.com.br)>.

Comissão Nacional de Energia Nuclear: <[www.cnen.gov.br](http://www.cnen.gov.br)>.

Eletronuclear: <[www.eletronuclear.gov.br](http://www.eletronuclear.gov.br)>.

Energia alternativa: <[www.terravista.pt/enseada/4804](http://www.terravista.pt/enseada/4804)>.

Página desenvolvida por alunos de Engenharia de Computação da Universidade Federal de Goiás.

Usina Termelétrica de Santa Cruz: <[www.utesantacruz.hpg.com.br](http://www.utesantacruz.hpg.com.br)>.

Energia solar e energia alternativa:

- <[www.pyportal.com.brazil/index.htm](http://www.pyportal.com.brazil/index.htm)>. Institutos de pesquisa e universidades que trabalham com energia solar fotovoltaica no Brasil e em outros países.

- <[www.geocities.com/energiasolar](http://www.geocities.com/energiasolar)>. Informações sobre o Sol, unidades de energia e benefícios de um sistema de energia solar.

- <[www.ipuc.pucmg.br/green](http://www.ipuc.pucmg.br/green)>. Centro brasileiro para o desenvolvimento de energia solar. Desenvolvimento de *softwares* relacionados à área, consultoria a distância, ensaios de coletores solares, pesquisa e desenvolvimento de novas tecnologias.

- <[www.labsolar.ufsc.br](http://www.labsolar.ufsc.br)>. Dados sobre a radiação solar incidente no País e estudo das potencialidades e aplicações da energia solar como forma de energia alternativa.

- <[www.mecanica.ufrgs.br/solar](http://www.mecanica.ufrgs.br/solar)>.

- <[www.energia-alternativa.com.br](http://www.energia-alternativa.com.br)>. Energia solar, eólica e aquecimento de água, coletores e *boilers* solares, geração de energia elétrica. Página comercial com produtos, demonstrações, preços.

- <[www.eolica.com.br](http://www.eolica.com.br)>. Centro Brasileiro de Testes de Turbinas Eólicas – CBTE: centro de pesquisa e desenvolvimento em energia eólica em diversas áreas, como sistemas híbridos, fazendas eólicas, qualidade de energia, eletrificação rural, aerelasticidade, dinâmica estrutural, estudo dos recursos naturais, dessalinização, análises econômicas.

- <[www.geocities.com/baja/dunes/9404](http://www.geocities.com/baja/dunes/9404)>. Projeto de energia eólica dos alunos de eletrotécnica do Cefet/RJ.

- <[www.energiaapura.com](http://www.energiaapura.com)>. Fórum de discussão e divulgação de fontes renováveis: solar, eólica, biomassa, carro elétrico...

**Divulgação, comentários, debates, enquetes...**

- <[www.energiaatomica.hpg.com.br](http://www.energiaatomica.hpg.com.br)>. Informações sobre a Central Nuclear de Angra dos Reis, o acidente de Chernobyl, efeitos biológicos da radiação em seres humanos, acidente radioativo em Goiânia, lixo nuclear, etc.

- <[www.nuclear.radiologia.nom.br](http://www.nuclear.radiologia.nom.br)>. Página que aborda diversos temas sobre radiações ionizantes (alfa, beta, gama e X) e não ionizantes (celular), leis, normas e portarias...

- <[www.nuclear2000.hpg.com.br](http://www.nuclear2000.hpg.com.br)>. Aplicações, raios X, gamagrafia, radioterapia, radiofármacos, radioesterilização, proteção, riscos.

- <[radiativid.cjb.net](http://radiativid.cjb.net)>. Descoberta, características, efeitos da radiação, fenômenos de fissão e fusão.

**Crise de energia, racionamento, sobretudo na imprensa:**

- <[racionamentopaapago.cjb.net/](http://racionamentopaapago.cjb.net/)>.
- <[noescuro.com.br](http://noescuro.com.br/)>.
- <[www.apagao.com.br](http://www.apagao.com.br/)>.
- <[www.terra.com.br](http://www.terra.com.br/)>.
- <[www.ig.com.br](http://www.ig.com.br/)>.

#### **4. Leituras complementares**

DELIZOICOV, D. *Ensino de física e a concepção freiriana da educação*. Revista de Ensino de Física, São Paulo, v. 5, n. 2, p. 85-98, dez. 1983.

SNYDERS, G. *Satisfação de compreender, continuidade e ruptura em ciências*. In: \_\_\_\_\_. Alegria na escola. São Paulo: Manole, 1988.

ZYLBERSZTAIN, A. *Resolução de problemas: uma perspectiva kuhniana*. In: ENCONTRO DE PESQUISADORES EM ENSINO DE FÍSICA, 6., 1998. Florianópolis. Atas... Florianópolis, 1998. (CD-ROM.)

5<sup>a</sup>

Parte

*Temas de  
ensino e a escola*