

Fotossíntese

um Tema para o Ensino de Ciências?



Clarice Sumi Kawasaki e Nello Marco Vincenzo Bizzo

Que temas eleger para o ensino de ciências? Esta tem sido uma preocupação para o professor de ciências que, a despeito de sua formação inicial, precisa ensinar (e dominar), ao mesmo tempo, biologia, química e física. Propõe-se aqui um desafio para o professor de ciências: que ele eleja o tema da "fotossíntese" para o exercício do ensino. A fotossíntese, em conjunto com outros processos fisiológicos, cumpre uma importante função vital nos vegetais: a nutrição autotrófica. Esta requer o conhecimento integrado de diferentes áreas do conhecimento científico, como fisiologia, bioquímica, ecologia, além das áreas da física e química, dadas as diversas conversões de energia envolvidas nos processos respiratórios e fotossintéticos.

► fotossíntese, concepções dos estudantes, ensino de ciências ◀

24

Em artigo recente (Bizzo e Kawasaki, 1999) defendemos a idéia de que não existem professores de ciências hoje em nossas escolas, mas que, dentre os de sólida formação, há biólogos, geólogos, físicos, químicos e médicos que ensinam ciências. Na forma de uma paráfrase de Alberto Caeiro, procuramos chamar a atenção para a discussão atual sobre a formação de professores, remetendo-nos a uma reflexão sobre a especificidade dos professores de ciências. A escolha deste tema insere-se neste contexto, apresentando parte dos resultados obtidos em uma pesquisa¹ feita com estudantes, sobre as suas concepções de nutrição vegetal. O debate entre Joseph Priestley e Lavoisier revela a natureza da investigação de mais de 200 anos atrás, em uma época em que as academias de ciências reuniam experimentadores que se moviam em largo espectro do conhecimento. Hoje em dia as academias reúnem cientistas altamente especializados, que guardam muito pouca semelhança com seus colegas de dois séculos atrás, envolvidos com

a geração de conhecimento básico, alvo dos cursos de ciências de hoje em dia, pelo menos em seus fundamentos.

Além disso, cabe apontar a especialização das próprias disciplinas escolares, que fazem com que muitas vezes os estudantes se perguntem se o átomo da química é o mesmo átomo da física. É nesse sentido que o tema "fotossíntese" demonstra ser especialmente apropriado para abordar fundamentos científicos na escola básica. Exigindo conhecimentos de diferentes áreas, permite uma exploração criativa que integre diferentes conhecimentos, de diferentes disciplinas.

O que os estudantes pensam sobre nutrição vegetal?

O presente artigo analisa e discute os resultados de uma pesquisa (Kawasaki, 1998) que investigou a compreensão dos estudantes, de 5^ª a 8^ª séries do ensino fundamental, sobre o tópico da nutrição vegetal. Esta foi conduzida em três escolas

do ensino fundamental do Município de Ribeirão Preto (SP), duas delas pertencendo à rede estadual pública de SP e a outra à rede particular. Dezesete estudantes destas escolas, escolhidos aleatoriamente, foram entrevistados com uma média de 200 perguntas por aluno. As entrevistas foram norteadas por um roteiro semi-estruturado, buscando responder basicamente às seguintes questões: "Em que medida os estudantes compreendem que plantas realizam nutrição autotrófica?" e "Em que medida os estudantes compreendem a nutrição vegetal, enquanto um tópico complexo e integrado, no qual aspectos fisiológicos, bioquímicos, ecológicos e de conversões de energia

estão envolvidos?". A análise do conteúdo foi o método de tratamento e análise dos dados obtidos nas entrevistas (Bardin, 1991). O planejamento desta investigação e a análise dos dados foram feitas

dentro de uma abordagem qualitativa de pesquisa (Bogdan e Biklen, 1992; Kude, 1997; Lüdke e Andre, 1986).

A presente pesquisa constatou a existência de concepções de nutrição

Exigindo conhecimentos de diferentes áreas, o estudo da fotossíntese permite uma exploração criativa que integra diferentes conhecimentos, de diferentes disciplinas

A seção "Conceitos científicos em destaque" tem por objetivo abordar, de maneira crítica e/ou inovadora, conceitos científicos de interesse dos professores de química.

vegetal em estudantes que pouco se aproximam do modelo admitido pela ciência atual, apesar destes estudantes terem estudado formalmente este tema em sua escolaridade anterior. Eles não compreendem que plantas realizam nutrição autotrófica e possuem idéias genéricas de aspectos isolados de seus processos, que não permitem uma compreensão do funcionamento desta função vital em plantas. Verificou-se ainda que esses erros não estão circunscritos ao contexto escolar, mas encontram-se difusos na sociedade e que a escola, ao invés de recolocá-los, os veicula, como também os estimula e os perpetua.

Vários equívocos podem ser encontrados neste contexto. Um deles, bastante freqüente, refere-se à idéia de que devemos preservar as matas, pois estas garantem e suprem a maioria do oxigênio que respiramos. Outra, bastante relacionada à anterior, é a crença generalizada de que plantas são importantes agentes despoluidores, já que nos livrariam de toda espécie de poluição. Tais abordagens não

permitem compreender a discussão atual sobre o possível aumento de biomassa em grandes áreas verdes, como a Floresta Amazônica, e que sua preservação é importante por razões ligadas à manutenção da biodiversidade e das condições climáticas. Por meio de equívocos como estes prejudica-se a atuação social dos cidadãos escolarizados, que não podem compreender as razões mais profundas da importância da preservação de matas e florestas.

Qual tem sido o papel da escola neste cenário? Apesar de todo conhecimento anterior que o estudante traz para a escola, tal fato é desconsiderado no processo de ensino de ciências. Via de regra, o tema da "fotossíntese" é introduzido, a partir da clássica definição "fotossíntese é o processo pelo qual plantas produzem seu alimento", que vem totalmente "descolada" daquilo que o aluno já sabe do assunto. Este enun-

ciado aparentemente simples não faz sentido para o estudante, que não consegue ter uma compreensão global e coesa de "como as plantas se alimentam e qual o papel da alimentação em seu crescimento e desenvolvimento". Para esta questão, ele tem suas próprias explicações.

As concepções de nutrição dos estudantes

Algumas afirmações correntes dos estudantes foram destacadas, em uma tentativa de síntese de suas principais concepções sobre o tema.

"Fotossíntese é o processo pelo qual plantas produzem seu alimento; a folha é o local onde a planta produz esse alimento"

Esta é a definição que introduz o aluno ao termo científico "fotossíntese" no

ensino de ciências, embora, anteriormente, em séries iniciais, o aluno já tenha sido apresentado ao tema da nutrição em vegetais. A abordagem tradicional do tema no ensino fundamental reserva para as séries iniciais tópicos denominados "nutrição das

plantas" ou "como as plantas se alimentam", cuja ênfase recai no papel nutricional das raízes. Nas séries posteriores, normalmente este tema é abordado através de tópicos isolados, como fotossíntese, respiração, desenvolvimento e crescimento nas plantas, cuja

ênfase passa a ser o papel das folhas na fotossíntese e na respiração celular. Paralelamente, introduz-se a versão bioquímica da fotossíntese e da respiração. Somente no ensino médio há uma ênfase nos aspectos fisiológicos e bioquímicos destes processos, que passam a se realizar no interior das células. Estes tópicos são tratados isoladamente no ensino de ciências.

Nesta definição de fotossíntese, as

folhas verdes são consideradas as "fábricas" da planta, pois são os locais onde se produz o alimento, ou seja, se realiza a fotossíntese. Há aqui uma ênfase exagerada no papel das folhas na realização da fotossíntese. Esta decorre da abordagem presente no ensino de ciências, que parte de uma visão compartimentada do funcionamento dos vegetais. Há um modelo de uma planta-padrão, na qual cada estrutura cumpre uma determinada função.

Em suma, trata-se de uma definição eminentemente escolar, cujo enunciado o aluno memoriza, mas não compreende, pois não consegue relacioná-lo a outros conhecimentos que lhe permitiriam ter uma visão global dos processos envolvidos na nutrição vegetal.

"Plantas alimentam-se através das raízes, absorvendo substâncias do solo"

Muito antes de ser apresentado à definição escolar de "fotossíntese", o aluno traz para dentro da escola idéias a respeito de "nutrição", "alimento", "energia" e "respiração", mesmo que estas estejam restritas a seus significados cotidianos. Outras pesquisas² realizadas em diferentes contextos culturais confirmam esta tendência. Parte-se também da premissa de que "plantas são seres vivos e por isso se alimentam". Tal afirmação foi feita por todos os entrevistados, sem exceção.

Todavia, diferentemente do conceito científico de que plantas realizam nutrição autotrófica, o modelo que prevalece nos estudantes é o de que plan-

tas obtêm seu alimento pronto diretamente do ambiente.

Neste modelo, os vegetais absorvem os nutrientes do solo, através de suas raízes (Kawasaki e Bizzo, 1999). Há uma ênfase no papel nutricional das raízes e na idéia do solo como o principal

"meio nutritivo" para as plantas, que lhes forneceria toda sorte de nutrientes, esquecendo-se que existem plantas que não vivem no solo, mas mesmo

Os alunos não compreendem que plantas realizam nutrição autotrófica e possuem idéias genéricas de aspectos isolados de seus processos, que não permitem uma compreensão do funcionamento desta função vital em plantas

Equívocos freqüentes referem-se à idéia de que devemos preservar as matas, pois estas garantem e suprem a maioria do oxigênio que respiramos. Outro, é a crença generalizada de que plantas são importantes agentes despoluidores

assim sobrevivem. Não há entre eles um modelo claro de crescimento e desenvolvimento em plantas, acreditando em sua maioria que os vegetais crescem porque "pegam" seu alimento do ambiente.

Apesar dos vários equívocos presentes, este é o modelo que para o aluno é coeso e coerente, pois garante-lhe uma explicação do funcionamento geral de "como as plantas se alimentam". Como a escola não oferece este tipo de explicação, os estudantes remetem-se a modelos baseados em analogias referen-

A freqüente oposição entre fotossíntese e respiração tem conduzido à idéia de que os animais respiram e plantas não, uma vez que elas realizam fotossíntese e os animais não, quando na verdade ambos respiram – de dia e à noite – mas apenas as plantas realizam fotossíntese, que depende da luz do dia

tes a fenômenos mais próximos de sua experiência, mas nem sempre apropriados: o modelo heterotrófico de nutrição.

A comparação da forma de obtenção de energia pelos vegetais com a nutrição animal, bastante freqüente no discurso dos estudantes, demonstra o quão arraigado este modelo heterotrófico de nutrição encontra-se neles, trazendo consequências diretas para a elaboração de concepções alternativas sobre fotossíntese e respiração. A pesquisa revelou que tais comparações também podem ser encontradas em textos didáticos e no discurso dos professores.

O professor de ciências pode partir deste modelo presente nos alunos e tentar superá-lo. Não no sentido de abandoná-lo, pois, apesar deste não representar o modelo autotrófico de nutrição vegetal, não há como negar a íntima relação entre raízes e solo, que não garante a realização da fotossíntese, mas proporciona os nutrientes minerais essenciais à síntese de um grande número de moléculas indispensáveis aos seus processos metabólicos, dentre eles, a própria fotossíntese. A nutrição mineral deve ser vista, juntamente com a fotossíntese, como parte da função mais geral de nutrição vegetal.

"Água e sais minerais, presentes no solo, são nutrientes das plantas"

Estas são as principais substâncias encontradas no solo e que são referi-

das como "nutrientes" ou "alimentos" dos vegetais. Na linguagem comum, alimento e nutriente são sinônimos e é difícil esperar que os alunos iniciem seus estudos no ensino fundamental sem terem sido influenciados pela

analogia de nutrientes da dieta animal e vegetal. A caracterização do adubo como importante fator de crescimento vegetal tem expressiva presença na crença popular que o toma por "alimento" da planta. Textos didáticos diferem largamente na definição de alimentos e estudantes possuem um conceito de alimento que é variável e de-

pendente do contexto (Barker, 1995).

É importante que tanto o professor quanto o aluno compreendam a distinção entre o alimento construtor e o alimento energético, como aportes necessários à nutrição vegetal. Uma forma seria diferenciar a terminologia, com finalidades didáticas, chamando de "alimento da planta" apenas o alimento energético, seja ele material (açúcar) ou na forma de luz. Assim, alimento das plantas deveria ser um termo restrito às substâncias com potencial energético, o que não seria o caso de sais minerais, por exemplo. Os nutrientes do solo são

essenciais ao desenvolvimento dos vegetais, da mesma forma que os sais minerais o são para os animais. No entanto, animais e plantas não sobrevivem "alimentando-se" de sais, já que eles constituem um com-

plemento alimentar, não no sentido de serem dispensáveis, o que evidentemente não é o caso, mas no sentido de que eles estão normalmente incorporados à dieta por meio do consumo de outros alimentos. As necessidades energéticas de plantas e animais têm que ser supridas por outro tipo de nutrientes que não os minerais, mas orgânicos, como no caso de açúcares,

lipídeos e mesmo de proteínas e aminoácidos. Ao contrário dos animais, as plantas podem produzir internamente tais açúcares, o que expõe a singularidade da natureza autotrófica.

"Na fotossíntese há absorção de gás carbônico e produção de oxigênio"

Quando os alunos são questionados a respeito do funcionamento da fotossíntese, estes situam-no, basicamente, nas trocas gasosas que a planta realiza com o meio: "na fotossíntese, as plantas absorvem o gás carbônico e liberam o oxigênio, renovando o ar atmosférico". Esta afirmação vem explicar a idéia bastante arraigada na sociedade que atribui à vegetação o importante papel na renovação ou na purificação do ar atmosférico.

"Fotossíntese é o oposto da respiração"

Arelado ao modelo anterior de fotossíntese, surge um modelo de respiração, que se opõe ao processo anterior, já que absorve oxigênio e libera gás carbônico. Esta freqüente oposição entre fotossíntese e respiração tem conduzido à idéia de que os animais respiram e plantas não, uma vez que elas realizam fotossíntese e os animais não, quando na verdade ambos respiram – de dia e à noite – mas apenas as plantas realizam fotossíntese, que depende da luz do dia.

O processo conhecido como respiração apresenta múltiplos significados. A respiração celular, que ocorre no interior das células, é, de fato, a base das trocas gasosas entre o meio interno e externo com a finalidade de transformar a energia química dos

alimentos, tanto em autótrofos como em heterótrofos. O envolvimento de um grande volume de gases neste processo implicou no estabelecimento de órgãos e sistemas diferenciados, que se incumbem de otimizar as trocas gasosas entre o organismo e o meio. "Ventilação pulmonar" e "inspiração e expiração" freqüentemente são designados por "respiração", dificultando a aprendi-

É importante que tanto o professor quanto o aluno compreendam a distinção entre o alimento construtor e o alimento energético, como aportes necessários à nutrição vegetal

zagem dos diferentes fenômenos associados em diferentes escalas de grandeza, existindo diversas interpretações para os mesmos fenômenos estudados.

"Fotossíntese é: gás carbônico + água + energia → glicose + oxigênio"

Por meio de tópicos como "reações químicas nos organismos vivos ou nos ecossistemas", textos didáticos de ciências apresentam a versão bioquímica da fotossíntese e da respiração.

A fotossíntese e a respiração são apresentadas na forma de equações químicas, que podem ser expressas de uma forma semelhante àquelas da matemática:



Não se chama a atenção para o fato de que tal representação pode conduzir o aluno a pensar (equivocadamente) que parte do oxigênio sai do gás carbônico, quando sabe-se que todo o oxigênio produzido vem da água e em processos bem distintos, pois para produzir 6 O₂ são necessárias 12 H₂O. Além disso, nesta versão reforça-se a oposição entre esses dois processos, que estequiometricamente são inversos, mas biologicamente são complementares. Tais reações químicas, que se realizam no interior das células, necessitam de uma energia de ativação, captada do Sol, através da clorofila e outros compostos fotorreceptores.

Nesta abordagem, surge a necessidade de incorporar novos conhecimentos, que expliquem como ocorrem estas transformações químicas e qual o papel da energia nesses processos, que nem sempre o professor de ciências consegue responder.

Na ausência destas explicações, mais uma vez, os estudantes remetem-se a outros modelos, nem sempre apropriados. Há uma visão entre eles de que na fotossíntese há uma "mistura" de gás carbônico, água, clorofila e Sol, que, magicamente, transformam-se em glicose e

oxigênio. Neste modelo, há uma compreensão de que algumas substâncias aparecem ou desaparecem, sem que se compreenda que os átomos que fazem parte das substâncias iniciais, e isso pode ser o caso de substâncias gasosas, podem apenas se combinar de maneira diferente. De fato, as substâncias moleculares envolvidas nas transformações químicas devem ser ressaltadas. Há, ainda neste modelo, uma concepção vitalista de energia, específica para os processos biológicos, que diferentemente da energia envolvida nos processos físicos, realiza esta "mágica" transformação. "Por que existe uma concepção de energia própria para os processos físicos e outra própria para os processos biológicos?" Talvez esta questão possa se configurar em um interessante tema para o professor de ciências, já que ele terá a oportunidade de desenvolver conceitos de química e física para a compreensão de processos biológicos.

Um breve histórico das idéias de nutrição vegetal

Na história das idéias científicas, três momentos representaram mudanças significativas nas teorias de nutrição vegetal.

O primeiro momento foi a passagem de uma botânica, predominantemente morfológica, anatômica e exaustivamente descritiva das estruturas externas dos vegetais, para outra em que se buscava compreender a função de cada órgão para o organismo, para em seguida compreender como cada um de seus aspectos, fenômenos ou partes contribui para essa função (Martins, 1990). Este é o pensamento que traduz a concepção teleológica

da natureza orgânica presente na metodologia fisiológica de Aristóteles. Os estudos teleológicos e comparados

de Aristóteles representaram um verdadeiro avanço na época, pois trouxeram as primeiras preocupações sobre o funcionamento dos vegetais: *"tudo que cresce deve necessariamente se alimentar"*³.

Aristóteles acreditava que a chave para a compreensão de plantas estava para ser encontrada no estudo de animais, afirmando que *"a planta é compa-*

rável a um animal da cabeça para baixo" (Barker, 1995). Para ele, as funções da nutrição vegetal deveriam se realizar passivamente na planta, sendo que o solo ofereceria às plantas os princípios nutritivos já preparados e a obra do crescimento poderia ser comparada a uma espécie de cristalização, sem transformação química. Acreditava que os sucos nutritivos sofriam na terra as transformações análogas àquelas que sofreriam no estômago dos animais. Este modelo, denominado "terra-raízes" por Barker (1995), predominou por muito tempo, pois, ainda no século 17, Jethro Tull igualava intestinos a raízes e comparava a ação de absorção de vasos lenhosos no interior e exterior das respectivas estruturas. É interessante observar que o modelo predominante entre os estudantes entrevistados é aquele que situa a nutrição na interação "solo-planta", bastante semelhante ao modelo "terra-raízes" aqui referido.

Segundo Martins (1990), diferentemente do que ocorreu na física e na astronomia, o Renascimento não produziu uma revolução biológica, pois apesar dos avanços, estes foram e devem ser vistos como o aperfeiçoamento e não como uma derrubada da biologia aristotélica. Assim, o pensamento aristotélico fez escola e perdurou durante séculos, até o surgimento dos fisiologistas experimentalistas, na segunda metade do século 17.

Este período representou para Sachs (1892) o momento de virada entre aquilo que chamou de "observação teleológica da natureza" para uma "observação dos fatos certos", que por meio da experimentação foi possível

O pensamento aristotélico fez escola e perdurou durante séculos, até o surgimento dos fisiologistas experimentalistas, na segunda metade do século 17

conduzir aos conhecimentos científicos. Surge aqui a geração de fisiologistas experimentalistas que introduz uma mudança de paradigma nas idéias de nutrição vegetal, introduzindo o modelo "ar-folhas" (Barker, 1995).

Malpighi (em 1671), Hales (em 1727) e Mariotte (em 1679) são os precursores da visão moderna de nutrição vegetal, buscando as explicações nas relações da planta com a atmosfera. No século 18, Priestley (em 1774) é um dos maiores representantes desta geração, sendo o autor da idéia (mais tarde, derrubada) de que a vegetação tem um importante papel na purificação do ar e da água.

Contudo, para os fisiologistas do final do século 17 e início do século 18, havia uma interação entre plantas e atmosfera, cuja natureza permanecia obscura. Havia ainda pouca coisa esclarecida a respeito da transformação no interior das plantas de substâncias retiradas do meio externo e do papel do calor e da luz como agentes da nutrição e do desenvolvimento de plantas. Era necessário saber que sob a ação combinada da luz solar, captada pela clorofila, as matérias tiradas do solo e os princípios nutritivos gasosos contidos na atmosfera transformam-se em substâncias vegetais. Da mesma forma era necessário conhecer a relação existente entre a nutrição, o desenvolvimento e o deslocamento das matérias, assim como a ação da luz sobre a vegetação e a maior parte das funções das raízes. De fato, estas eram questões difíceis para uma época em que a química ainda não havia se desenvolvido e os experimentos ocorriam ainda no contexto da teoria do flogístico⁴ (Sachs, 1892).

Foi a partir dos princípios fundamentais da Química Nova de Lavoisier (em 1789) que os fisiologistas da época puderam estabelecer uma nova teoria da nutrição vegetal. A partir dos experimentos de Priestley (em 1774), que demonstravam que as partes vegetais exalam uma certa quantidade de oxigênio, Lavoisier constatou (em 1776) que o gás carbônico é composto

de carbono e oxigênio. As descobertas e os fatos que deram nascimento a estas novas doutrinas determinaram a queda completa da teoria do flogístico (Sachs, 1892).

Foram os estudos relacionados de fisiologia vegetal e a teoria de evolução de Darwin, no século 19, que fizeram entrever o momento em que a ciência poderia se desenvolver independentemente da teleologia. A fisiologia teve que remontar às leis naturais que regem as funções dos órgãos vegetais e a anatomia passou a representar um papel preponderante, em que os botânicos se familiarizaram com a estrutura interna das plantas e puderam melhor determinar as relações entre as estruturas microscópicas dos órgãos e as funções reveladas pela experimentação.

Se, na história da ciência, a introdução de novos conhecimentos representou um avanço nas idéias e mudança nos paradigmas, no ensino de ciências o mesmo não ocorreu. A pesquisa constatou que o aluno jamais conseguiu abandonar a idéia de que plantas alimentam-se de substâncias nutritivas obtidas no solo, mesmo que tenha "na ponta da língua" uma definição correta de fotossíntese. Cabe ao professor de ciências buscar a superação destes equívocos e impasses presentes no ensino deste importante tema.

Implicações para o ensino da fotossíntese

A partir de concepções dos estudantes em relação a esses aspectos elementares, torna-se possível traçar um programa de estudos em que eles possam colocar à prova seus modelos e idéias. Os modelos dos estudantes devem ser desafiados a esclarecer três aspectos fundamentais: a) de onde provém a energia utilizada por animais e vegetais?; b) de onde provém o material necessário para a síntese de substâncias orgânicas

diversificadas em animais e vegetais? e c) qual o local onde a energia presente nos alimentos é liberada com o auxílio do oxigênio, em animais e vegetais?

É evidente que não se espera a superação de todos os modelos e idéias errôneas em espaço curto de tempo, mesmo porque o contato com fontes de informações errôneas persistirá ao longo do processo de ensino e aprendizagem. Até mesmo do ponto de vista teórico tem sido questionada a idéia de que a aprendizagem conceitual possa ter caráter vicariante (Mortimer, 1995), onde novos conceitos devam necessariamente substituir modelos anteriores, que deveriam desaparecer sem deixar vestígios. É possível conceber um processo de aprendizagem que possa estruturar modelos corretos sobre nutrição vegetal, mesmo que ainda persistam antigas crenças e suposições.

Mais do que a correção conceitual que se espera nos estudantes, deve-se prestar atenção às relações funcionais entre as estruturas envolvidas na nutrição vegetal, a partir de uma abordagem integrada do organismo e deste com o ecossistema, envolvendo as transformações de matéria e energia que ocorrem nos processos biológicos. É importante também interrelacionar aspectos macro e microscópicos em um mesmo organismo, desde o nível celular até as trocas gasosas com o meio ambiente. Significa dizer que, no ensino de ciências, a fotossíntese não deve ser abordada como um tópico isolado, mas no contexto dos processos que realizam a nutrição autotrófica.

O tratamento conceitual deverá ser acompanhado de atenção à terminologia, procurando evitar a sobreposição de significados cotidiano e científico. As dificuldades semânticas relativas a interpretações variadas dos termos "nutrição", "alimento" e "energia", que são bastante frequentes, mesmo entre especialistas, devem ser explicitadas e contextualizadas no processo de ensino e aprendizagem.

Com essas diretrizes espera-se

No ensino de ciências, a fotossíntese não deve ser abordada como um tópico isolado, mas no contexto dos processos que realizam a nutrição autotrófica

Constatou-se que o aluno jamais conseguiu abandonar a idéia de que plantas alimentam-se de substâncias nutritivas obtidas no solo, mesmo que tenha "na ponta da língua" uma definição correta de fotossíntese

poder modificar a compreensão do aluno e professores a respeito deste importante componente do currículo das ciências: a fotossíntese. Certamente, nesta difícil tarefa, estarão juntos professores de ciências, quer sejam formados em biologia, química ou física.

Notas

1. Esta pesquisa resultou em uma tese de doutorado (Kawasaki, 1998).

2. Uma ampla revisão de trabalhos sobre pesquisas que investigam a compreensão dos estudantes sobre os processos envolvidos na nutrição vegetal foi feita antes do planejamento e reali-

zação das entrevistas com estudantes.

3. Existem muitas edições e traduções das obras de Aristóteles. A afirmação do texto faz parte de uma obra intitulada "*De partibus animalium*", referida por Sachs (1892).

4. A teoria do flogístico explicava que no processo de combustão o objeto queimado perdia uma substância chamada "flogístico" para o ar atmosférico, mesmo observando-se que após a combustão havia aumento e não perda de massa. Esta substância tornava o ar impróprio à respiração e à realização da combustão. Lavoisier demonstrou que o aumento da massa que ocorria na

combustão era proveniente da combinação de uma substância com o ar respirável, que mais tarde foi chamada de oxigênio. Concluiu que a respiração, inclusive a humana, era simplesmente um processo de combustão semelhante ao da queima de uma vela (São Paulo, Secretaria de Estado da Educação/CENP, 1994).

Clarice Sumi Kawasaki (sumi@fclrp.usp.br), bacharel em biologia pela UNICAMP, mestre em educação pela Unicamp e doutora em educação pela USP, é docente da Faculdade de Filosofia, Ciências e Letras de Ribeirão Preto da USP. **Nello Marco Vincenzo Bizzo** (bizzo@usp.br), bacharel e mestre em biologia pela USP, doutor em educação pela USP, é docente da Faculdade de Educação da USP.

Referências bibliográficas

BARDIN, L. *Análise de conteúdo*. Lisboa: Edições 70, 1991.

BARKER, M. A plant is an animal standing on its head. *Journal of Biological Education*, v. 29, n. 3, p. 201-208, 1995.

BIZZO, N.M.V. e KAWASAKI, C.S. Este artigo não contém colesterol: pelo fim das imposturas intelectuais no ensino de ciências. *Projeto - Revista de Educação*, ano 1, n. 1, p. 25-34, 1999.

BOGDAN, R. E BIKLEN, S. *Qualitative research for education: an introduction to theory and methods*. Boston:

Allyn and Bacon, 1992.

KAWASAKI, C.S. *Nutrição vegetal: campo de estudo para o ensino de ciências*. Tese de Doutorado. FE-USP, São Paulo, 1998.

KAWASAKI, C.S. e BIZZO, N.M.V. Ideias de nutrição vegetal: o velho dilema entre o papel nutricional das raízes e da fotossíntese. *Projeto - Revista de Educação*, ano 1, n. 1, p. 2-9, 1999.

KUDE, V.M.M. Como se faz um projeto de pesquisa qualitativa em psicologia. *Psico*, v. 28, n. 1, p. 9-34, 1997.

LÜDKE, M. e ANDRE, M.E.D.A. de. *Pesquisa em educação: abordagens qua-*

litativas. São Paulo: E.P.U., 1986.

MARTINS, R.A. A teoria aristotélica da respiração. *Cad. Hist. Filos. da Ciência*, série 2, v. 2, n. 2, p. 165-212, 1990.

MORTIMER, E.F. Conceptual change or conceptual profile change? *Science & Education*, v. 4, 267-285, 1995.

SACHS, J.V. *Histoire de la botanique - du XVI^e siècle a 1860*. Trad. Henry de Varigny. Paris: C. Reinwald & Cie., 1892.

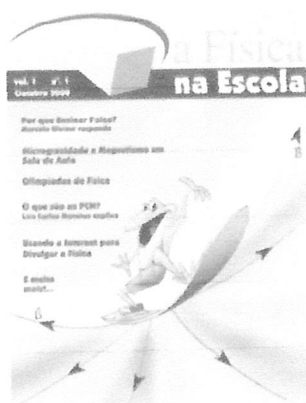
SÃO PAULO. SECRETARIA DE ESTADO DA EDUCAÇÃO/CENP. *Fotossíntese: uma abordagem histórica*. TV Escola: ensino a distância. São Paulo, SE/CENP, 1994.

Lançada Física na Escola

A revista *Física na Escola* foi lançada em outubro de 2000 com o objetivo de 'apoiar as atividades de professores de física do ensino médio e fundamental'.

Uma publicação da Sociedade Brasileira de Física (SBF), saiu como suplemento da *Revista Brasileira de Ensino de Física (RBEF)*, mas, conforme consta do editorial, "pretende alcançar a sua independência em um futuro próximo". Sua distribuição é gratuita aos assinantes de *RBEF* e sua anuidade (2 fascículos) custa R\$10,00 para demais interessados.

Este primeiro número, de 30 páginas a duas cores, contém os seguintes artigos: "Por que ensinar física", de Marcelo Gleiser; "Uma física para o novo ensino médio", de Luis Carlos Menezes;



"Divulgando a física pela internet: relato de uma experiência", de José Evangelista Moreira; "Olimpíadas de física"; "Navegando na web"; "Microgravidade na sala de aula", de Marcelo M.F. Saba, Bruno B. Silva e Paulo R.J. de Paula; "Levitação magnética", de Humberto de Andrade Carmona; "Magnetismo para crianças", de Marisa Almeida Cavalcante; "Problemas olímpicos"; "Notas da história da física no Brasil"; "Resenhas" e "Prêmio Nobel 2000 vai para a física e tecnologia de semicondutores".

Uma versão colorida da revista pode ser encontrada no sítio de internet da SBF: <http://www.sbf.if.usp.br>

Pedidos de assinatura devem ser enviados para: Sociedade Brasileira de Física, C.P. 66328, 05315-970 São Paulo - SP

Química Nova na Web

A revista *Química Nova*, órgão de divulgação bimestral da Sociedade Brasileira de Química, vem sendo publicada ininterruptamente desde janeiro de 1978 (a SBQ foi fundada em julho de 1977). Distribuída gratuitamente aos sócios, recentemente passou a estar disponível no sítio de internet da SBQ (<http://www.sbq.org.br/publicacoes/quimicanova/quimicanova.htm>). *Química Nova* publica artigos que cubram as áreas tradicionais da química, bem como artigos sobre ensino de química, história da química, política científica etc. No sítio de internet da SBQ estão disponíveis os dois últimos números de 2000; por outro lado, a partir de 1999, os números de *Química Nova* tem estado disponíveis no sítio *SciELO Brasil*: <http://www.scielo.br>. Em cada número da revista tem sido publicados de um a três artigos sobre ensino de química.