

MULTIMODOS E MÚLTIPLAS REPRESENTAÇÕES, APRENDIZAGEM SIGNIFICATIVA E SUBJETIVIDADE: TRÊS REFERENCIAIS CONCILIÁVEIS DA EDUCAÇÃO CIENTÍFICA

Multimodal and multiple representation, significant learning and subjectivity: three reconcilable scientific education frameworks

Carlos Eduardo Laburu¹
Marcelo Alves Barros²
Osmar Henrique Moura da Silva³

Resumo: A linha de pesquisa em multimodos e múltiplas representações vem atualmente sendo inspiradora de ações instrucionais na educação científica. Partindo dos fundamentos que justificam um encaminhamento didático à luz dessas referências, este trabalho procura mostrar que há compatibilidade dos seus fundamentos com a teoria da aprendizagem significativa de Ausubel e com as questões levantadas pelas pesquisas que indicam a necessidade de se considerar a subjetividade dos alunos presentes numa sala de aula. Essencialmente, procuramos argumentar que a promoção de um ensino por meio de multimodos e múltiplas representações é consistente com o ambiente plural das subjetividades existentes numa sala de aula e com uma aprendizagem significativa.

Palavras-chave: Multimodos e múltiplas representações. Aprendizagem significativa. Subjetividade.

Abstract: The research line in multi-modal and multiple representations is being currently inspiring instruction of actions in the scientific education. Starting by the foundations that justify a didactic direction in the light of these references, this work tries to show that there is compatibility of their foundations with the theory of the significant learning of Ausubel, and with the lifted up subjects for the researches that indicate the need to consider the students' subjective diversity present in a classroom. Essentially, we tried to argue that the promotion of a teaching through multiple and multi-modal representation is consistent with the plural atmosphere of the existent subjectivities in a classroom and with a significant learning.

Keywords: Multi-modal and multiple representations. Significant learning. Subjectivity.

¹ Graduados em Física, doutores em Educação. Docentes, Departamento de Física, Universidade Estadual de Londrina. Londrina, PR, Brasil. <laburu@uel.br>, com apoio CNPq, Fundação Araucária e Faep/Uel. <osmarh@uel.br>

² Graduado em Física, doutor em Educação. Docente, Instituto de Física de São Carlos, Universidade de São Paulo. São Carlos, SP, Brasil. <mbarros@ifsc.usp.br>, com apoio CNPq.

³ Departamento de Física, CCE, Universidade Estadual de Londrina
Caixa Postal 6001
Londrina, PR
86.051-970

Introdução

O conhecimento das ciências, assim como da matemática, não se compõe apenas de conceitos altamente abstratos, mas sua estrutura comunicativa se baseia em uma linguagem de grande diversidade simbólica. A aprendizagem de novos conceitos e de suas representações simbólicas não é um processo que se pode separar, já que não é possível, cognitivamente, dissociar a forma de representar os conceitos daquilo que eles significam (TYTLER; PRAIN; PETERSON, 2007; DUVAL, 2006). Ademais, o significado de uma representação outra coisa não pode ser senão uma representação. Indo mais além neste ponto, Pierce (apud ECO, 1985) afirma que toda vida mental é organização de signos, sendo que não ocorre pensamento sem um processo sógnico. Consequentemente, ensinar ciências ultrapassa a esfera de preocupação eminentemente conceitual ou epistemológica, promovida por uma longa tradição de pesquisa na área, e acaba por envolver, simultaneamente, a compreensão dos desafios representacionais por que passam os estudantes nas mais variadas esferas, tais como a computacional, a semiótica e a mental (DUVAL, 2004).

Tendo isto em vista, consolida-se, na educação matemática e científica, uma tradição de pesquisa de orientação cognitivista, que busca inspiração na ciência semiótica. Com as pesquisas proporcionadas por essa tradição, procura-se aprofundar a compreensão dos aspectos fundamentais relacionados à formação das representações e que afetam a aprendizagem de conceitos (DUVAL, 2004; DÍAZ GODINO, 2003). Entre outros enfoques dessas pesquisas, há aquelas que se preocupam com o papel da imagem para a compreensão e auxílio na interpretação de textos (PERALES PALACIOS, 2006; MAYER; GALLINI, 1990); as que fazem uso de desenhos para explicitar os modelos dos alunos (PACCA et al., 2003); os que consideram as representações simbólicas criadas pelos próprios alunos para substituir, inicialmente, os símbolos oficiais, com o objetivo de identificar dificuldades conceituais em processo de ensino (LABURÚ; GOUVEIA; BARROS, 2009); ou que estudam as dificuldades de ler e entender representações gráficas (TYTLER; PETERSON; PRAIN, 2006; SHAH; HOFFNER, 2002) e matemáticas (DUVAL, 2004). No primeiro caso, a despeito de haver trabalhos indicando que as ilustrações melhoram o rendimento em determinados tipos de provas (MAYER; GALLINI, 1990), ou, de maneira geral, de que, se satisfeitas certas condições, há probabilidade de uma melhor aprendizagem quando os alunos dispõem de informação verbal e visual simultaneamente (PERALES PALACIOS, 2006), a dificuldade dos alunos do Ensino Básico em ler imagens e dar-lhes interpretação coerente e compatível com a significação para que foram propostas vem sendo objeto específico de estudo (COLIN; VIENNOT, 2002; STYLIANIDOU; ORMEROD; OGBORN, 2002). As primeiras conclusões são de que as imagens não podem ser consideradas trivialmente inteligíveis e diretamente transparentes para os estudantes. Para uma leitura correta de um documento contendo imagens, é preciso um conhecimento de fundo capaz de entrar em ressonância com a mensagem que a imagem pretende transmitir (PINTÓ; AMETTLER, 2002).

Uma linha de investigação que caminha em paralelo com as citadas se preocupa com o emprego de multiplicidade de modos e formas de representação durante o ensino. Reconhecem, nestes, uma condição fundamental para o aprimoramento da aprendizagem, na medida em que os estudantes precisam entender e ligar, dentro de uma integrada totalidade discursiva, diferentes modos com suas variadas formas representacionais científicas, tais como: descritti-

vas (gráfica, verbal, tabular), matemáticas, cinestésicas, experimentais, ou figurativas (pictórica, analógica, metafórica) (PRAIN; WALDRIP, 2006). Os pontos de interesse que se colocam para essa linha de investigação são: os de compreender as dificuldades dos estudantes em interpretar diferentes representações; se eles notam similaridades entre os modos representacionais, e se são capazes de integrá-los em um discurso científico. De outro lado, também, procuram-se determinar os desafios que enfrentam os professores quando encaram a tarefa de capacitar os seus estudantes para que consigam interpretar as diferentes representações, a fim de levá-los ao desenvolvimento conceitual.

Nas linhas que se seguirão, explicitamos os fundamentos que justificam o emprego de multimodos e múltiplas representações na educação científica, mostrando que eles são consistentes com o referencial da teoria da aprendizagem significativa de Ausubel (AUSUBEL; NOVACK; HANESIAN, 1980) e com uma prática plural de ensino que leva em conta as formas idiossincráticas de aprender (LABURÚ; CARVALHO, 2005). Enquanto a primeira argumentação volta-se para uma esfera cognitiva de discussão, pois tece ponderações a respeito da trajetória lógica do pensamento de cada um, a segunda compreende comportamentos e atitudes, na medida em que considera aspectos de âmbito da subjetividade. Todavia, como veremos, no quesito referente à melhor apreensão dos conceitos, ambas as considerações são interdependentes, pois estabelecem a necessidade de se considerar e respeitar a aprendizagem científica como um processo singular. Em relação especificamente à subjetividade, cruzaremos com estudos que apontam a existência de diversificados componentes pessoais dentro da sala de aula e que justificam um apelo a uma prática de multimodos de representações no ensino.

Assim, neste trabalho, situa-se o uso didático de multimodos e múltiplas representações para promover um desenvolvimento conceitual mais efetivo, compatível com os princípios da aprendizagem significativa, bem como as questões ligadas à subjetividade do aprender de cada estudante.

Na sequência, começamos introduzindo as bases do referencial de multimodos. Em seguida, selecionando alguns trabalhos que colocam a problemática ligada à subjetividade, e passando por uma apresentação-síntese da teoria da aprendizagem significativa, fazemos correlações entre esses temas e os multimodos de representação.

Multimodos e múltiplas representações

Nas pesquisas em educação científica, há um crescente reconhecimento de que a aprendizagem dos conceitos e dos métodos da ciência são realçados quando permanecem associados à compreensão de diferentes formas de representação e, conseqüentemente, ao ensino de várias linguagens, símbolos, palavras, imagens, ações etc. Referindo-se particularmente à aprendizagem de matemática, Duval (1993, 2006) toma por suposto que a compreensão integral de um conteúdo conceitual repousa sobre a coordenação de, ao menos, dois registros de representação⁴, e diz que a coordenação de registros semióticos proporciona extensão da capacidade mental (DUVAL, 2006).

⁴ No caso, dois registros de representação que poderiam ser citados são: as notações fracionárias e decimais.

Tanto quanto o processo de pensamento matemático, o pensamento científico igualmente depende da sinergia cognitiva de vários registros e modos de representação, sendo que a satisfatória coordenação dos mesmos vem a se manifestar pela rapidez e espontaneidade da atividade cognitiva de conversão dos primeiros, e da tradução e integração dos segundos.

Para que os estudantes construam uma compreensão dos conceitos científicos e matemáticos e dos vários significados de suas representações, é necessário que desenvolvam um entendimento das diversas formas e modos de representá-los, ao invés de ficarem dependentes de um modo ou forma particular, ligado a um tópico específico. Torna-se evidente que um enfoque instrucional baseado em multimodos de representação é consistente com a natureza do discurso científico, já que a menção a multimodos remete à integração desse discurso em diferentes modos para representar os raciocínios, processos, descobertas e explicações científicas. Aludir a múltiplas representações, por outro lado, refere-se à prática de representar um mesmo conceito de várias formas diferentes (PRAIN; WALDRIP, 2006, p. 1844; TYTLER; PRAIN; PETERSON, 2007). Estendendo o conceito referente a modos representacionais, se é capaz de compreendê-los como os “*recursos perceptivos*” (RADFORD; EDWARDS; ARZARELLO, 2009, p. 91) por meio dos quais as diversas formas representacionais podem ser comunicadas ou executadas. Os recursos ou modalidades incluem comunicações escritas e orais, como, também, desenhos, gestos, a manipulação de objetos físicos e vários tipos de movimento corporal (RADFORD; EDWARDS; ARZARELLO, 2009). A título de ilustração, vejamos que diversos modos podem ser empregados para apresentar uma forma gráfica cartesiana: em papel milimetrado, numa tela dinâmica computacional, gesticulado ou ditado oralmente. Por sua vez, uma equação matemática pode ser apresentada num mesmo modo representacional (por exemplo, visualizada em papel), mas na forma de registro algébrico, gráfico ou escrita em linguagem natural.

Durante a aprendizagem das ciências, é facilmente constatável que os estudantes se submetem a diferentes modos de representação, quer sejam eles descritivos, experimentais e matemáticos, ou por meio de outros modos complementares e auxiliares destes, como a linguagem figurativa, por gestos corporais, entre outros possíveis. Smith (1997) denomina “*transmediação*” o processo gerador que translada significados de um sistema de signos para outro. Por esse processo, procura-se construir significados análogos em sistemas de sinais diferentes do sistema de signos usado para entregar a mensagem original. A princípio, o êxito na apreensão de conceitos passa por um mecanismo solidário que abarca a conversão do significado das formas de representação de partida para os de chegada, ao mesmo tempo em que acontece a tradução e integração dos diversos modos discursivos. No exercício de sala de aula, a transmediação é estimulada pela produção de diferentes modos de instrução, e a operação cognitiva de conversão pela exigência em realizar mudança de linguagens simbólicas. Ambas instigam a troca de significados, o que capacita apurar significações daquilo que é representado, ao mesmo tempo em que permite explicitar novas significações.

A multimodalidade e a multiplicidade representacional levantam algumas considerações de suma relevância para o ensino e a aprendizagem que agora serão assinaladas. Para começar, cada forma representacional carrega processos cognitivos que são mais ou menos fáceis de realizar em um sistema semiótico do que em outros, às vezes sendo possível, tão somente, um único sistema (DUVAL, 2006)⁵. Outra consideração diz respeito à composição multimodal que é responsável por carregar um elemento-chave para conceituar significados

topológicos e tipológicos das representações. Um exemplo deste último é a linguagem verbal. Esta forma é mais poderosa para expressar raciocínios semânticos, qualificar ideias ou realizar relações entre categorias. Opera, primariamente, por contrastes entre aspectos mutuamente exclusivos, sendo relativamente limitada e tendo poucos recursos para expressar significados quantitativos ou de grau. Quando se faz necessário estabelecer referências desses tipos, as linguagens topológicas visuais, como gestos ou desenhos, são recursos semióticos que melhor exprimem significados dessa natureza, apresentando maior força do que a linguagem tipológica (PRAIN; WALDRIP, 2006; LEMKE, 2003).

Para complementar as duas considerações anteriores, podemos igualmente observar que a fala e o gesto são elementos de um único e integrado processo de formação da expressão em que há uma síntese de modos opostos de pensamento. Enquanto a fala é composta de segmentos que são produzidos segundo uma temporalidade linear e que precisam ser estruturados numa hierarquia analítica possível de ser decomposta, o gesto, em contraste, tem seu significado derivado de um todo e é fixo. Ele resulta de uma imaginação instantânea, sinteticamente global, não sendo decomponível em partes separadas (RADFORD; EDWARDS; ARZARELLO, 2009). Isomorfa ao gesto nesses pontos, a figura joga outro papel heurístico ao permitir trabalhar numa dimensão superior à das unidades figurais que representam (DUVAL, 2004), e que, dependendo da situação, pode exercer uma ação pedagógica positiva ou negativa, como demonstra, no caso desta última situação, a lei gestática do fechamento ou da continuidade⁶ dos estímulos visuais (DUVAL, 2004). As figuras ou esquemas têm a característica de representar a totalidade das relações entre os elementos que constituem um objeto ou uma situação. Ambos possibilitam modificações visuais proporcionais surgidas das relações das partes com o todo e que podem ser realizadas mentalmente ou fisicamente, independentes de qualquer conhecimento específico. O ato de conhecer, como lembra Gehlen (apud RADFORD, 2009), só pode ser assegurado mediante uma experiência multisensorial do mundo e por um tipo de apreensão autossensorial das coisas. A plasticidade e colaboração dos múltiplos sentidos humanos contribuem para essa apreensão. A compreensão inicial mais completa de um objeto como uma vara, por exemplo, passa pela avaliação visual de seu comprimento, mas sua rigidez ou peso só podem ser abstraídos por meio de uma experiência tátil, pouco contando o aspecto visual.

⁵ A história da teoria da eletrodinâmica quântica, que trata da interação da radiação com a matéria e que unificou a eletrodinâmica clássica com a mecânica quântica, é bem ilustrativa nesse ponto. Ao comparar as ideias de Feynman com as de Schwinger e Tomonaga a respeito da eletrodinâmica quântica, que abordam o mesmo conjunto de ideias, mas sob pontos de vista diferentes, Dyson, em 1948, demonstrou que a simplificação dos cálculos da teoria de Feynman, em relação ao tratamento dos outros dois autores, em grande parte, deveu-se à introdução dos seus diagramas. Feynman emprega um método muito mais simples do que a longa série de cálculos formais de Schwinger, baseado em uma representação visual dos seus gráficos ou diagramas (CASTELLANI; CASTELLANI, 2005, p. 62a).

⁶ Essa lei determina que contornos simples e fechados de uma figura geométrica são vistos separados como se fossem um todo, uma vez que predominam as unidades de dimensões maiores em relação às inferiores quando do estímulo visual.

Uma última consideração a ser assinalada trata da sustentação da aprendizagem possibilitada pelo engajamento multimodal e múltiplas representações. Ainsworth (apud PRAIN; WALDRIP, 2006) fornece três motivos para isso acontecer. Primeiramente, uma nova representação retoma, complementa, confirma ou reforça conhecimentos passados, o que é muito importante, já que, como veremos, a comunicação humana é um sistema sujeito a falhas. Segundo, uma nova representação propicia restrição e refinamento do sentido de uma interpretação que está sendo construída, por limitação do foco sobre os conceitos-chave. Por fim, diferentes representações capacitam o aprendiz a identificar um conceito subjacente, através dos modos ou das diferentes formas dentro do mesmo modo. A esses três motivos juntamos um quarto, que também será mais aprofundado à frente. Este leva em conta que uma nova representação pode vir a se acomodar melhor, não só cognitivamente a um indivíduo, por servir-lhe de elo apropriado para compreender um conceito, em razão da existência de esquemas prévios já construídos pelo sujeito e que são próprios dele, mas por, igualmente, se conformar subjetivamente ao seu estilo de aprender.

Forçosamente, então, aprender ciência envolve um desafio representacional em uma variedade de contextos. Todo conceito científico é, simultaneamente, um sinal num discurso semântico verbal, num sistema operacional de significados de ação e, usualmente, num sistema de representação matemático e visual (LEMKE, 2003). Seus significados não surgem simplesmente da adição ou da justaposição de cada sistema de representação com outro, mas da combinação integrada e da multiplicação do significado de cada um com os outros. Desta multiplicação vem a força dos conceitos e pensamento científico que aparece da capacidade de mover raciocínios livremente e consistentemente entre diversas formas e modos representacionais.

Quanto à aprendizagem de conceitos, esta não pode ser separada de como aprender a representá-los e do que significam. O entendimento conceitual é reforçado na medida em que o estudante aprende a reconhecer os distintos aspectos e ulteriores implicações de uma mesma ideia, por meio de diferentes representações (TYTLER; PRAIN; PETERSON, 2007). Uma atenção centrada na representação provê novos *insights* na tarefa conceitual científica. Oferece, igualmente, um elemento de controle das respostas dos estudantes, possibilitando um alerta sobre as suas elaborações. Nesse sentido, os estudos de Tytler, Prain e Peterson (2007) indicam que uma negociação dos problemas representacionais, mediada pelo professor, ao tempo em que os estudantes constroem diferentes considerações sobre os modos e formas trabalhadas, realça a aprendizagem por enriquecimento conceitual e melhora a percepção daquele que ensina acerca dos pensamentos dos estudantes. A fim de assegurar isto, os aprendizes necessitam confrontar e consolidar entendimentos a respeito de como as ideias científicas são construídas e interpretadas. As diferentes representações dos conceitos e dos processos da ciência chegam a alcançar sucesso somente quando se é capaz de traduzir coordenadamente uma representação para outra, bem como empregá-las em um discurso integrado.

A diligência vinculada à pluralidade de modos e formas representacionais cumpre outro papel didático importante que permanece inerentemente ligado a qualquer situação de realidade instrucional. Não é difícil constatar que a dinâmica do ensinar e do aprender numa sala de aula é corrida e dá-se em torno de um complexo ambiente, onde vários acontecimentos ocorrem simultaneamente. Isto faz com que frequentes falhas de comunicação do professor com seus alunos aconteçam, sendo possível presenciar: informações erradas, incompletas, insuficientes, ausentes, confusas, mal localizadas e, às vezes, escritas adiantadas ao conteúdo

de interesse, inconvenientemente misturadas, com defasagens temporais de conhecimentos dos aprendizes etc. Para o estudante, acaba ficando o malabarismo da difícil tarefa de selecionar e unir a informação correta num todo coerente e sintético e chegar à compreensão do que o professor pretende. Afortunadamente, a linguagem humana é um sistema tolerante às faltas e incorpora uma grande redundância, especialmente quando se considera uma média num longo período de tempo. Para um mecanismo de autocorreção funcionar durante a aprendizagem, os estudantes precisam ser capazes de integrar significados daquilo que está sendo comunicado, e, para isso, é vital que o professor utilize diferentes sistemas semióticos, como recurso de comunicação (LEMKE, 2003). Decorre daí oportunizar que modos de comunicação já percorridos sejam repetidos, revistos, corrigidos, aprofundados, integrados e coordenados a outros, favorecendo a ultrapassagem das falhas mencionadas.

Veja-se que a necessária importância em direção a uma pluralidade semiótica, da qual se vale a construção do conhecimento científico, seja no nível do aprendiz ou do cientista, vai ao encontro de outros dois aspectos comuns, interdependentes e inerentes a toda comunicação, que são: a) Não há significação completa por si própria, mas ela se mantém dependente de diferentes fontes de informação e de um domínio contextual de experiências e significados; b) Todo aquele que realiza uma interpretação acha um caminho diferente para o significado (LEMKE, 2003). Consequentemente, toda comunicação faz assunções sobre o que o destinatário deverá saber, tomando-as como base para ulterior interpretação, e os indivíduos não interpretam um texto de maneira semelhante, visto que partem de diferentes condições iniciais de conhecimentos, experiências e habilidades.

As várias formas de comunicação, além de não serem completas, não são redundantes. Esse traço da comunicação humana e, em particular, da científica, conduz à conclusão de que um significado somente se vê preenchido pela integração de um somatório de significados levados pelas várias formas comunicativas, sem deixar de desconsiderar os já elaborados no passado. A significação de cada palavra enriquece-se pelo acúmulo do encontro de diferentes contextos, pela intersecção de muitas afirmações e pela confluência de muitos tipos discursivos. Toda palavra, assim como cada figura, diagrama, equação, simbolismo envolvido por detrás das ações, gestos e procedimentos etc., pertence a um contexto, e é parte de uma troca de significados entre diferentes membros de uma comunidade. Também é certo que, para cada sujeito, há um caminho particular para a construção desses significados. Respeitar esse caminho potencializa a mobilização do sujeito (CHARLOT, 2000), uma vez que a elaboração de suas ideias vai lhe fazer sentido. Assim, um círculo virtuoso se completa, na medida em que maior mobilização potencializa, também, maior sentido e interesse⁷.

A partir desse ponto, preparamos o caminho que vincula as correlações existentes entre multimodos de representações e os elementos de subjetividade e aprendizagem significativa que, respectivamente, passamos a apresentar.

⁷ Para Charlot (2000), há uma correspondência entre sentido e mobilização, e ambos são aspectos que vêm de dentro do sujeito. Entende que, para alguém se mobilizar, portanto, para haver atividade, a situação precisa apresentar significado para ele, precisa ter-lhe sentido, um valor e também um desejo.

Multimodos e subjetividade

Dadas as considerações anteriores que apontam a existência de uma trajetória individual para a construção de significados, vemos que há princípios pedagógicos correntes que levam isso em conta e atentam, não só para as necessidades cognitivas, quando se referem, respectivamente, à zona de desenvolvimento proximal (VYGOTSKY, 1978), mas, igualmente, para as preferências motivacionais pessoais e ao modo de aprender de cada um, direcionando a atenção para a diversidade das características particulares dos alunos (PERALES PALÁCIOS, 2006; ZABALA, 1998; SAINT-ONGE, 2001; GADOTTI, 1993).

Em relação às preferências para aprender, a literatura exhibe, há um bom tempo, um número expressivo de trabalhos descritivos que indicam a propriedade em considerar, durante uma prática de ensino, variáveis subjetivas presentes no aprendiz, como: comportamentos, atitudes, motivações e singulares histórias de vida. A confirmar isso, em Pask (1976) se observa que os indivíduos têm preferências quanto ao estilo de aprendizagem. Alguns estudantes obedecem a um estilo holista, preferindo formar uma visão mais global quando da resolução de problemas. Costumam trabalhar com várias hipóteses, simultaneamente, tendo por hábito adotar uma postura individualista de aprendizagem. Outros são serialistas, pois preferem integrar, passo a passo, tópicos separados daquilo que está sendo aprendido e examinar, progressivamente, uma hipótese por vez. Enquanto os primeiros têm preferência por construir uma descrição geral do que é conhecido, os segundos têm uma postura mais operacional, procurando dominar detalhes dos processos e dos procedimentos. Da mesma forma, existem estudantes com personalidade competitiva, que apreciam demonstrar sua capacidade intelectual. Por outro lado, há aqueles que são metodicamente estudiosos, gastando várias horas no estudo, enquanto outros são pessimistas sobre suas habilidades.

Investigações baseadas nas crenças de autoeficácia avaliam os julgamentos que estudantes fazem de si mesmos a respeito de suas capacidades para realizar uma tarefa acadêmica (PINTRICH; MARX; BOYLE, 1993). Para o que nos interessa, é importante dizer que a crença de autoeficácia não é um traço global da personalidade, mas é relativa a uma situação específica. Segundo Bandura (1997, p. 3), “a auto-eficácia se refere às crenças nas capacidades individuais em organizar e executar os cursos de ação necessários para a produção de determinado feito ou realização”. No contexto escolar, isto diz respeito às convicções pessoais sobre a capacidade de se resolver uma determinada tarefa. Não se trata de possuir tais capacidades, mas de acreditar que as possui. A intensidade das crenças de autoeficácia depende da interação entre fatores intrínsecos e extrínsecos. Os fatores intrínsecos (pessoais) se referem às particularidades de cada indivíduo, no caso, o estudante frente a uma determinada atividade. Os fatores extrínsecos (ambientais e sociais) se referem àqueles que não pertencem à esfera individual. Nesta perspectiva, o funcionamento psicológico de um estudante passa a ser visto como resultante da interação desses fatores, ou seja, as crenças dos indivíduos, suas atitudes e seus conhecimentos interagem com os recursos sociais e materiais disponíveis, o mundo físico e social, o que reflete suas ações. Isto se mostra interessante na medida em que explica a situação de muitos estudantes que se sentem motivados em algumas situações escolares e desmotivados em outras. Quanto à origem das crenças de autoeficácia, Bandura (1977) nos diz que elas surgem do relacionamento de quatro fontes distintas: experiências positivas, experiências vicárias, persuasão verbal e estados fisiológicos. As experiências positivas são relativas

às situações nas quais o sujeito se viu frente a uma situação difícil e conseguiu sucesso no seu enfrentamento, servindo para encorajá-lo a enfrentar outra situação semelhante. Bandura (1977) situa essa dimensão como a mais importante dentre as demais, pois a mesma se relaciona à capacidade do sujeito de obter sucesso em situações difíceis. Examinando os mecanismos autorregulatórios, pelos quais as pessoas exercem controle sobre a motivação, estilos de pensamento e vida emocional, o autor situou as experiências de êxito como principal veículo da mudança comportamental. As experiências de êxito, além de possibilitarem mudanças no comportamento, são muito importantes para a manutenção duradoura das mesmas, frente a situações ameaçadoras. As experiências vicárias se relacionam às situações nas quais a observação da execução de uma tarefa semelhante por outra pessoa influencia o desempenho do indivíduo. Quando vemos um dos nossos pares obtendo êxito na execução de uma atividade, motivamo-nos a fazer o mesmo. Esse fator é particularmente interessante no ambiente escolar, onde as atividades são compartilhadas por uma diversidade de estudantes. A observação da atuação dos pares mais experientes pelos novatos se mostra de grande importância para a motivação dos menos experientes. A persuasão verbal se refere às situações em que a comunicação entre os pares influencia a motivação dos indivíduos. Esse é um fator importante na situação escolar na qual os professores de uma instituição veiculam um determinado discurso, que tanto pode incrementar a motivação dos estudantes como diminuí-la. Os fatores fisiológicos se referem às reações do organismo do indivíduo quando do enfrentamento de situações ameaçadoras. Sintomas como estresse, suor, dores abdominais, tonturas são comuns nessas situações. A forma como o sujeito conhece e se relaciona com o funcionamento do seu organismo é vital para o nível da autoeficácia.

O estabelecimento de um alto nível de crenças de autoeficácia em um estudante determina uma maior consciência de suas capacidades e limitações na execução de uma tarefa específica. Isso é importante, sobretudo, no enfrentamento de uma situação particularmente difícil ou inesperada. Logo, o aparecimento de um eventual fracasso numa determinada situação relacionada a uma coleção de resultados satisfatórios, por parte do estudante, dificilmente diminuirá a motivação do mesmo. Por outro lado, um resultado positivo diante de um quadro de resultados negativos provavelmente não aumentará sua motivação. Segundo Bandura (1986), um incremento no nível de autoeficácia dos indivíduos é necessário na medida em que possibilita proporcionar melhorias nas suas características psicológicas. Dessa forma, pessoas que apresentam um alto nível de crenças de autoeficácia, costumam possuir maior liberdade na escolha de execução de tarefas específicas, pois a preferência é dada a situações semelhantes àquelas nas quais foram obtidos sucessos anteriores. As crenças de autoeficácia estão relacionadas também aos níveis de esforço e resistência a adversidades, encorajando os indivíduos no enfrentamento de situações difíceis e adversas. Pessoas que possuem um baixo nível dessas crenças costumam desistir mais facilmente, e são menos imunes a resultados inesperados.

A possibilidade de adequações das linguagens e das representações mais pessoais, de maior proximidade cognitiva e subjetiva, favorece elevar o nível de autoeficácia dos estudantes, já que os mesmos se tornam mais efetivos nas execuções de suas ações. Isto potencializa maior motivação e confiança, o que os habilita a buscar uma melhor forma de atuação em suas atividades. De fato, sujeitos motivados mostram melhores padrões emocionais e de pensamento, e costumam possuir menor quantidade de pensamentos negativos, maior serenidade e concentração.

Com a preocupação ainda de levar em conta as naturezas pessoais, possibilitada pela via multimodal, temos o trabalho de Lawson (2000) comentando dois estudos detalhados em que indivíduos criativos tendem a mostrar características de pouca sociabilidade, são brigões, hostis e, em processo de grande esforço criativo, frequentemente, se encontram fisicamente isolados de outros indivíduos. Kempa e Martin-Diaz (1990a, 1990b) dividem em quatro padrões de motivação a preferência dos estudantes pelos modos de instrução da ciência. São eles: 1) os executores, 2) os curiosos, 3) os cumpridores de tarefas, 4) os sociais. Estes últimos são os que mostram maior afinidade por atividades em grupo, enquanto os penúltimos preferem um ensino didático convencional com experimentos sustentados por instruções. Os segundos acham melhor aprender a partir de livros, por descoberta, e fazer mais atividades práticas. Por final, no caso dos executores, não há identificação de alguma das preferências anteriores, sendo que qualquer estilo lhes é indiferente. Assim, instruções baseadas exclusivamente em modos de oralidade, seja dialógica ou univocal (MORTIMER; MACHADO, 2000), ou em uma atividade individual rigidamente presa ao modo de leitura, por exemplo, podem favorecer certas características de alunos em detrimento de outros.

Dentro da questão da subjetividade, destacamos uma linha de pesquisa recente no Brasil que tem concentrado esforços na análise do processo de aprendizagem e que vem buscando contribuições da Psicanálise para salientar elementos de natureza inconsciente na conduta de alunos e professores, durante as aulas de ciências (VILLANI; CABRAL, 1997; VILLANI; BAROLLI, 2000; BARROS; LABURÚ; ROCHA, 2007, entre outros). Estes pesquisadores têm ressaltado a importância de fatores inconscientes que interferem na aprendizagem das ciências, caso se pretenda avançar em nossa capacidade explicativa da dinâmica de sala de aula, a partir da explicitação de elementos que ultrapassam o campo cognitivo. Do ponto de vista desse referencial, cabe ao professor reconhecer que, para o aluno vir a aprender de maneira marcante, é preciso que o novo conhecimento traga alguma satisfação para ele e, assim, seja sustentado por algum tipo de discurso. Talvez, mais do que ter algum significado, o novo conhecimento, para se tornar um saber próprio do indivíduo, tem de estar ancorado a um novo significante e, com ele, a uma nova satisfação, que é o que faz o sujeito investir na sua compreensão. Nessa perspectiva, o professor deve estar atento para propiciar momentos que privilegiem certos modos discursivos a serem empregados com seus alunos de maneira a tornar as atividades de ensino mais flexíveis, mas sem estereotipá-los num mesmo papel, nem fixá-los num mesmo modo ou forma representacional durante o ensino.

Para finalizar, em outras obras (SHADE, 1982; SWISHER; DEYHLE, 1987; HUBER; PEWEWARDY, 1990), vê-se que as características cognitivas e de aprendizagem de grupos de minorias étnicas e linguísticas são diferenciadas do grupo social dominante, sendo que a aprendizagem dessas minorias é afetada quando somente o estilo do grupo dominante é valorizado. Sem querer esgotar esse tipo de análise, é possível mencionar a influência devida à própria instituição, quando cria hábitos escolares que se mostram, mais tarde, nos graus posteriores, empecilhos ao processo formativo. Nesse sentido, um antigo trabalho de Schonell, Roe e Meddleton (1962), realizado na Austrália, verificou que crianças provenientes de escolas em que a ênfase era a instrução formal, achavam extremamente difícil ajustar-se às condições universitárias mais abertas. Mais preocupante, ainda, é um outro resultado mais recente encontrado por Baird e Mitchell (1986) naquele mesmo país, mostrando alunos pedindo a volta do ensino tradicional.

Pelos apontamentos levantados, é possível ver que, na sala de aula, presenciam-se miríades de elementos subjetivos. Tais elementos vão de encontro direto à perspectiva das pesquisas do passado que entendiam a aprendizagem como um processo que poderia ser moldado por fatores de desenvolvimento unicamente cognitivos e universais, em que diferenças individuais ou de grupos e variações nos recursos utilizados para a promoção de sentidos eram considerados insignificantes (TYTLER; PRAIN; PETERSON, 2007). Consequentemente, uma prática multimodal de ensino se torna condizente com a variabilidade de elementos subjetivos encontrados na sala de aula. Fundamentalmente, isto se deve a sua maior adequação às peculiaridades do perfil de cada estudante. Na oferta de variedade de modos de representação como formas de expressão, comunicação e, enfim, pensamento, sempre é possível estabelecer relações entre o perfil de aprender de cada sujeito e certos modos representacionais que melhor se acomodem a ele.

Multimodos, múltiplas representações e aprendizagem significativa

Teorizada por Ausubel, Novak e Hanesian (1980), a aprendizagem significativa é o processo pelo qual um novo conhecimento se relaciona de forma “não arbitrária” e “substantiva” com algum aspecto da estrutura cognitiva preexistente do aprendiz. Ocorre relacionamento não arbitrário quando conhecimentos especificamente relevantes para o sujeito, denominados de subsunçores, vinculam-se ao conhecimento a ser aprendido. Subsunçor é uma ideia, um conceito, uma proposição já existente e relevante na estrutura de pensamento, que serve de alicerce ou ancoradouro para uma nova informação, de modo que ela adquira significado para o sujeito. O subsunçor permite uma “matriz ideacional (*sic*) e organizacional” para congregar, compreender e fixar novos conhecimentos (AUSUBEL apud MOREIRA, 1999, p. 77), refletindo uma relação de subordinação do novo material à estrutura cognitiva preexistente (MOREIRA, 1999). Por sua vez, há possibilidade de substantividade quando se congrega, à estrutura cognitiva, a essência do novo conhecimento, das novas ideias, e não as palavras literais usadas para expressá-las.

Para que ocorra aprendizagem significativa, é necessário que o material a ser aprendido seja incorporável à estrutura cognitiva do aprendiz, de maneira não arbitrária e não literal. O material é dito potencialmente significativo caso se apresente logicamente e psicologicamente significativo (MOREIRA, 1999). Entende-se como logicamente significativo aquele material que não se apresenta suficientemente aleatório e arbitrário, e que estabeleça ligação com as ideias relevantes do sujeito, ou seja, com os seus conceitos subsunçores específicos disponíveis. O significado psicológico refere-se ao relacionamento substantivo e não arbitrário, do material logicamente significativo, com a natureza da estrutura cognitiva inteiramente idiossincrática do aprendiz, ligando-se, assim, à experiência individual. É na possibilidade de transformar o significado lógico em psicológico que a aprendizagem torna-se potencialmente significativa (MOREIRA, 1999).

A primeira e imediata vinculação entre multimodos, múltiplas representações e aprendizagem significativa se acha junto ao conceito de substantividade. Na medida em que este conceito denota incorporar à estrutura cognitiva a substância do novo conhecimento, das novas ideias, não as palavras precisas usadas para expressá-las, isto significa dizer que uma apren-

dizagem significativa passa a prevalecer quando um mesmo conceito ou uma mesma proposição consegue ser expressa de diferentes maneiras, por meio de distintos signos ou de grupos de signos, equivalentes em termos de significados, como afirma Ausubel (apud MOREIRA, 1999). Do ponto de vista da aprendizagem significativa, pode-se afirmar que um estudante aprende no momento em que ele for capaz de converter e expressar semelhança, em termos de significados, entre distintas linguagens ou formas representativas, sem que permaneça dependente da exclusividade de um signo em particular para exprimir suas ideias (AUSUBEL, 1963; DUVAL, 2004). O domínio restrito de uma forma representativa tem por trás uma aprendizagem geralmente mecânica, de reprodução literal e arbitrária, por consequência, não significativa. Vê-se que a proposta de múltiplas representações mantém concordância com essas colocações, pois, quando os aprendizes são incitados a gerar uma variedade de representações de um conceito e são levados a recodificá-las em diferentes modos, acabam por refinar e consolidar o conceito. Novas representações têm, de um lado, o potencial de convergir uma interpretação, uma vez que os conceitos principais vão se ajustando à ideia central e, assim, as significações relativas daquilo que é representado vão se firmando. Por outro lado, além de servir para reconfirmar e revisar conhecimentos passados, o uso de múltiplas representações é útil também para complementá-los, pois cada novo sistema semiótico provê significados específicos da representação e do processamento do pensamento científico (DUVAL, 1999). Essencialmente, o limiar para uma compreensão científica e matemática do aprendiz encontra-se na mudança de representações. Por Steinbring (2006) se reconhece que a construção de conexões estabelece significância e o signo tem esse papel, pois, como assegura Eco (1985, p. 96), “o signo é tudo que mantém relações de significação”. Para Pierce (apud ECO, 1985), conhecer significa relacionar, comparar e classificar por meio de signos. Por estas considerações semióticas presenciam-se, nitidamente, os fundamentos da aprendizagem significativa. Compreender, então, envolve conexões e processamento de pensamento em que se é capaz de substituir alguma representação semiótica por outra, sendo que, para a ciência e a matemática, o importante não são as representações, mas suas transformações, e, no caso da ciência, incluem-se, ainda, as operações realizadas sobre o empírico. Percebe-se que é por meio da observação do que faz o aluno, ao ser confrontado com as representações de diferentes situações, que é possível descobrir o grau de conexões conquistadas durante a aprendizagem.

Mantendo relação indissociável com o que foi dito anteriormente, a segunda vinculação entre os referenciais pode ser estabelecida quando se imagina que o emprego de formas representacionais mais intuitivas, portanto, mais cognitivamente idiossincráticas para o sujeito, funcionam como subsunçores, tornando-se fontes precursoras para a construção não arbitrária de novos conceitos. Em relação à prática multimodal, esta tende a favorecer a manifestação de ressonâncias entre formas individuais de agir, pensar, sentir, de se expressar e certos modos correspondentes de representação. Enquanto se pode dizer que a ressonância cognitiva é decorrência da existência de relações entre a arquitetura cognitiva prévia do sujeito e formas representacionais mais intuitivas ou significativas já apropriadas por ele, também se pode afirmar que há ressonância subjetiva para com certos modos de representacionais, mais do que com outros. Para se aprender, alguns processos de pensamento e de expressão são mais fáceis em um sistema semiótico do que em outros (DUVAL 2006). A atividade de aprender os conhecimentos científicos e matemáticos requer certas estruturas cognitivas específicas (DUVAL, 2006) e certas afinidades afetivas com o material educativo, cujo desenvolvimento du-

rante o ensino tem de ser levado em conta. Ora, isto está inteiramente de acordo com o que Novak e Gowin (1996) delimitam para uma aprendizagem significativa, quando dizem que subjaz a ela a integração construtiva entre pensamento, sentimento e ação que conduz ao engrandecimento humano. É fundamental para essa teoria a ideia de que qualquer evento educativo implica uma ação de troca de significados e sentimentos entre professor e aluno. Para que o material de aprendizagem se torne potencialmente significativo, deve existir íntima predisposição do aprendiz com a experiência afetiva proporcionada pelo evento educativo (MOREIRA, 1999). Apesar da indissociável dinâmica entre multimodos e múltiplas representações, arriscamo-nos a dizer, sinteticamente, que o primeiro se volta para aspectos ligados à subjetividade, enquanto o segundo inclina-se para a cognição do sujeito.

Em consistência com o que foi argumentado, vejamos o trabalho de Prain e Waldrip (2006) realizado na Austrália. Os autores identificaram, entre outros objetivos, as crenças e práticas de um grupo de professores, de quarto e sexto anos de uma escola primária, a respeito do engajamento de seus estudantes em múltiplas abordagens de representação. Com a preocupação da apropriação do discurso científico pelos alunos, durante o enfoque de determinados conceitos, os professores implementaram uma variedade de modos de representação em sala de aula. Fazendo uso de questionamentos, Prain e Waldrip (2006) explicitaram as crenças dos professores a partir da análise dos motivos que os levaram a implementar diversas abordagens com seus alunos. Particularmente, comentam que professores do Ensino Fundamental, que normalmente utilizam, em sala de aula, variados modos instrucionais com seus alunos, trabalham desta forma em razão da importância que dão para diversificar os modos de representação com seus alunos. Tal diversificação é justificada por crerem que ela capacita e beneficia os alunos a relacionarem os recursos estudados às suas vidas cotidianas. Ademais, por detrás do uso de multimodos de representações, encontra-se a possibilidade de realçar a percepção dos professores sobre o pensamento dos seus estudantes, além de tentar tornar os tópicos de ensino mais palpáveis e interessantes para eles, tendo como fim a melhoria da qualidade da aprendizagem, pois, como comentado, os conhecimentos e experiências prévias dos aprendizes são relacionados, estimulando o desenvolvimento de ulteriores compreensões. Complementam os autores que, na existente tendência dos professores em usarem uma diversidade de recursos, como um expediente para promover o interesse dos estudantes e capacitá-los nos tópicos, há a preocupação em estimular os diferentes estilos de aprendizagem, compactuando, novamente, com a dimensão subjetiva tratada na seção anterior.

A pluralidade de modos e a multiplicidade de formas de representação, como meio auxiliar para construções de novos conceitos científicos, permitem a formação de pontes entre os conhecimentos prévios do sujeito e os novos conceitos, possibilitando a estruturação de sentidos e de relações argumentativas. Com o uso de multimodos e múltiplas representações ativa-se ou fica favorecida a constituição de uma base de elementos cognitivos (subsunçores) para a entrada nas formas representacionais mais abstratas exigidas pelo conhecimento científico. Se, na ocasião da apropriação do conhecimento científico, houver a oportunidade do aprendiz poder se expressar, logo, refletir por meio de modos representacionais alternativos ao padrão escolar, proporciona-se maior inteligibilidade e plausibilidade em relação ao conhecimento como consequência da confiabilidade e segurança do sujeito no modo ou modos alternativos.

Em síntese, como reconhece Presmeg (2006), é pela construção das conexões negociadas entre as representações alternativas e as escolásticas que se estabelece a significância desta

última; e é por meio da instalação multimodal ou transmediação que se cria uma condição favorável para maximizar o entendimento dos conceitos.

Considerações finais

O uso intencional de estratégias instrucionais com base na pluralidade semiótica para a realização de uma aprendizagem significativa vem na direção de assistir o professor a fazer com que seus alunos construam ideias conexas e substantivas nas aulas de ciências. Aprendizagens diferentes em suas motivações e preferências para aprender implicam perfis subjetivos e cognitivos próprios que precisam ser considerados durante o processo de ensino. A possibilidade de trabalhar diversos modos com os alunos, encaminhando-os para que traduzam os significados das diversas representações entre si, favorece a construção de novos entendimentos e permite maior aprofundamento cognitivo, fugindo de uma instrução estereotipada, mecânica e pouco significativa. É pertinente, conseqüentemente, o comentário de Perales Palácios (2006), quando diz que a possibilidade de aprendizagem fica acrescida no momento que o aprendiz dispõe de uma informação em várias formas, como a verbal ou visual, por exemplo.

Logo, incentivar os estudantes a participarem de atividades que incorporem múltiplos modos e formas de representação é estabelecer uma aproximação potencial com as suas estruturas cognitivas, com as suas particulares dimensões psicológicas e estilos subjetivos de aprendizagem. Ao se promover um trânsito entre os diferentes modos e formas de representação, ficam dadas as condições para que o conhecimento se torne substantivo e não arbitrário para o aprendiz.

Viu-se, também, que as dimensões subjetivas e cognitivas imbricam-se, portanto, quando se considera a primeira, aprofunda-se a segunda. Particularmente, é razoável supor que um baixo nível de crença de autoeficácia de estudantes pode ter origem em fracassos contínuos de aprendizagem, quando se lhes imputa, de primeiro, uma forma e um modo exclusivo de aprender que estejam substancialmente afastados da zona proximal de sua cognição e estilo subjetivo de aquisição do conhecimento. Uma maneira de aproximar esses níveis passa, então, pelo estímulo da crença do sujeito na sua capacidade de resolver com êxito as atividades propostas (PINTRICH; MARX; BOYLE, 1993), o que produz motivação por mobilização.

Pelas razões justificadas, a utilização de modos e formas de representação mais intuitivas e de maior proximidade com o sujeito faz com que o traslado desses modos e formas, para aqueles acadêmicos pouco ou nada intuitivos, se tornem mais efetivos. É preciso que se diga que estes não podem deixar de ser aprendidos, pois vão funcionar, para a memória, como poderoso instrumento de mediação da linguagem e do pensamento, ampliando a nossa capacidade de ação sobre o mundo, conforme ressalta Oliveira (1993).

Representações alternadas aprimoram, ou mesmo, iniciam um processo de elaboração das ideias de um aluno, auxiliando-o a utilizar representações oficiais e a ultrapassar obstáculos conceituais. De fato, o emprego de multimodos e de múltiplas representações tem maior probabilidade de criar vínculos harmônicos com as características pessoais e cognitivas de cada aprendiz. Tais características, relembando, são fruto de uma histórica construção de vida de cada um, constituindo as habilidades cognitivas, anseios, comportamentos sociais e atitudes

que se encontram presentes no momento instrucional. Algumas formas representacionais alternativas às oficiais funcionam como “andaimes” para atingir novos conceitos, fornecendo um suporte para o sujeito construir o conceito almejado e a elaborar novas representações.

É essencial enfatizar que as colocações postas não devem exprimir uma ideia de ajustar um estilo particular preferido de aprendizagem a cada aluno (PRAIN; WALDRIP, 2006; KLEIN, 2003). Uma rigidez pedagógica assim entendida violentaria não apenas a linha central de argumentação desenvolvida neste trabalho, e que se apoia na diversidade representacional, mas, fundamentalmente, na destinação de um discurso integrado dos multimodos das representações científicas.

Sem dúvida, a exposição à pluralidade representacional não permite apenas potencializar a promoção de uma riqueza associativa conceitual e voltada para o interesse, mas, igualmente, permite a descentração cognitiva (VUYK, 1981) sempre que, ao aprendiz, são oferecidos novos caminhos de pensamento para a compreensão de um processo, ideia, conceito ou linguagem que está em vias de construir ou tem dificuldades de ultrapassar.

Na medida em que as reflexões anteriores reforçam o argumento de que um conceito, para fazer sentido, passa pela pluralidade de linguagens, e admitindo que a significação só seja alcançada pela negociação de diferentes interpretações, justifica-se a afirmação de que ensinar é, antes de tudo, um processo dialógico (LEMKE, 2003; MORTIMER; MACHADO, 2000). De fato, manter um diálogo oral com os estudantes, que é um modo representacional privilegiado, já que, de maneira geral, media os demais modos, favorece a produção de novos significados, a verificação e a regulação do encaminhamento dos pensamentos dos aprendizes. Ao proporcionar que os aprendizes façam um esforço para exprimir, em palavras, os seus pensamentos gerados por outros modos, abre-se a possibilidade para que seus conhecimentos se coordenem, organizem, estruturam e se aprimorem, sempre que traços-chave, ligações internas e entre representações sejam identificados, priorizados e novamente elaborados pelos estudantes.

A mencionada propensão para igualar o tipo de atividade à qualidade da aprendizagem é explicitamente considerada pelos defensores do uso da estratégia instrucional multimodal e de múltiplas representações. Confia-se que, se provocado maior número de sentidos humanos, mais realçada se torna a aprendizagem. O engajamento nessa estratégia encoraja os estudantes a manipularem a informação, fazendo com que seus conhecimentos e experiências prévias sejam relacionados, ao mesmo tempo em que estimula o desenvolvimento de ulteriores compreensões.

Como foi possível perceber pelos diversos trabalhos explicitados, os estudantes variam em suas motivações e preferências em relação ao estilo ou ao modo de aprender, assim como na sua afinidade com o conhecimento. Variam, igualmente, em suas habilidades mentais específicas ou crenças das mesmas, ritmos de aprendizagem, nível de motivação e interesse para uma determinada disciplina, persistência dedicada a um problema, em como abordá-lo, além de experiências vividas ou vínculos mantidos com o grupo social a que pertencem ou com o professor. Esses fatores, certamente, influenciam, entre outros, na qualidade e na profundidade da aprendizagem. Por conseguinte, é altamente questionável um esquema educacional baseado num único formato representativo que somente dá conta das necessidades de um tipo particular de aluno ou grupo de alunos e exclui outros.

Com as reflexões aqui expostas, tentamos ultrapassar uma possível retórica simplista e sedutora que viesse a defender os multimodos e as múltiplas representações na educação

científica sem uma maior fundamentação. Para que isso fosse satisfeito, procuramos argumentar que esse referencial se concilia, de forma consistente, com o referencial teórico da aprendizagem significativa e com os estudos contemporâneos que consideram a relevância da subjetividade dentro da sala de aula.

Como mensagem final, citamos Lemke (2003), que diz que é nossa responsabilidade, como professores, desenvolver os métodos necessários para ensinar todos os estudantes, e isso implica utilizar e integrar múltiplas formas. Em outras palavras, na diversidade representacional, jaz a qualidade e refinação da aprendizagem, e respeito ao singular.

Referências

- AUSUBEL, D. **The psychology of meaningful verbal learning**. New York: Grune and Stratton, 1963.
- AUSUBEL, D.; NOVAK, J.; HANESIAN, H. **Psicologia educacional**. Rio de Janeiro: Interamericana, 1980.
- BAIRD, J. R.; MITCHELL, I. J. (Eds.). **Improving the quality of teaching and learning: an australian case study - the PEEL project**. Melbourne: Monash University, 1986.
- BANDURA, A. Self-efficacy. In: _____. (Orgs.). **Social foundations of thought and action: a social cognitive theory**. Englewood Cliffs: Prentice Hall, 1986. p. 390-453.
- _____. **Self-efficacy: the exercise of control**. New York: W. H. Freeman, 1997.
- _____. Self-efficacy: toward a unifying theory of behavioral change. **Psychological Review**, Washington, v. 84, n. 2, p. 191-215, 1977.
- BARROS, M. A.; LABURÚ, C. E.; ROCHA, Z. F. D. C. Análise do vínculo entre grupo e professora numa aula de ciências do Ensino Fundamental. **Ciência & Educação**, Bauru, v. 13, n. 2, p. 235-251, 2007.
- CASTELLANI, E.; CASTELLANI, L. **Feynman, a lâmpada da nano**. São Paulo: Duetto, 2005. (Scientific American, Gênios da Ciência, 4).
- CHARLOT, B. **Da relação com o saber: elementos para uma teoria**. Porto Alegre: Artmed, 2000.
- COLIN, P.; VIENNOT, L. Reading images in optics: students' difficulties and teachers' views. **International Journal of Science Education**, London, v. 24, n. 3, p. 313-332, 2002.
- DÍAZ GODINO, J. **Teoría de las funciones semióticas: un enfoque ontológico-semiótico de la cognición e instrucción matemática**. 2003. 317f. Tesis (Cátedra de Universidad de Didáctica de la Matemática)- Departamento de Didáctica de la Matemática, Universidad de Granada, Granada, 2003.

DUVAL, R. Registre de représentation sémiotique et fonctionnement cognitif de la pensée. **Annales de Didactique et de Sciences Cognitives**, Strasbourg, v. 5, p. 37-65, 1993.

_____. Representation, vision and visualization: cognitive functions in mathematical thinking: basic issues for learning. In: ANNUAL MEETING OF THE NORTH AMERICAN CHAPTER OF THE INTERNATIONAL GROUP FOR THE PSYCHOLOGY OF MATHEMATICS EDUCATION, 21., 1999, Cuernavaca. **Proceedings...** Cuernavaca, 1999. p. 3-26.

_____. **Semiosis y pensamiento humano**: registros semioticos y aprendizajes intelectuales. Santiago de Cali: Universidade del Valle, 2004.

_____. A cognitive analysis of problems of comprehension in a learning of mathematics. **Educational Studies in Mathematics**, New York, v. 61, n. 1-2, p. 103-131, 2006.

ECO, H. **O signo**. Lisboa: Editorial Presença, 1985.

GADOTTI, M. **História das idéias pedagógicas**. São Paulo: Ática, 1993. (Série Educação).

HUBER, T.; PEWEWARDY, C. **Maximizing learning for all students**: a review of literature on learning modalities, cognitive styles and approaches to meeting the needs of diverse learners. [S. l.]: [s. n.], 1990.

KEMPA, R. F.; MARTIN-DIAZ, M. Motivational traits and preferences for different instructional modes in science. Part 1: Students' motivational traits. **International Journal of Science Education**, London, v. 12, n. 2, p. 195-203, 1990a.

_____. Students' motivational traits and preferences for different instructional modes in science education. Part 2. **International Journal of Science Education**, London, v. 12, n. 2, p. 205-216, 1990b.

KLEIN, P. D. Rethinking the multiplicity of cognitive resources and curricular representations: alternatives to "learning styles" and "multiple intelligences". **Journal of Curriculum Studies**, New York, v. 35, n. 1, p. 45-81, 2003.

LABURÚ, C. E.; CARVALHO, M. **Educação científica**: controvérsias construtivistas e pluralismo metodológico. Londrina: EDUEL, 2005. (Biblioteca Universitária)

LABURÚ, C. E.; GOUVEIA A. A.; BARROS, M. A. Estudo de circuitos elétricos por meio de desenhos dos alunos: uma estratégia pedagógica para explicitar as dificuldades conceituais. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, Florianópolis, v. 26, n. 1, p. 24-47, 2009.

LAWSON, A. E. The acquisition of biological knowledge during childhood: cognitive conflict or tabula rasa? **Journal of Research in Science Teaching**, New Jersey, v. 25, n. 3, p. 185-199, 1988.

_____. How do humans acquire knowledge? And what does that imply about the nature of knowledge? **Science & Education**, New Jersey, v. 9, n. 6, p. 577-598, 2000.

- LEMKE, J. L. **Teaching all the languages of science**: words, symbols, images, and actions. [S. l.]: [s. n.], 2003. Disponível em: <<http://www-personal.umich.edu/~jaylemlke/papers/barcelon.htm>>. Acesso em: 1 fev. 2007.
- MAYER, R. E.; GALLINI, J. K. When is an illustration worth ten thousand words. **Journal of Educational Psychology**, Washington, v. 82, n. 4, p. 715-726, 1990.
- MOREIRA, M. A. **Aprendizagem significativa**. Brasília: Editora Universidade de Brasília, 1999.
- MORTIMER, E. F.; MACHADO, A. H. Anomalies and conflicts in classroom discourse. **Science Education**, Salem, Massachusetts, v. 84, n. 4, p. 429-444, 2000.
- NOVAK, J. D.; GOWIN, D. B. **Aprender a aprender**. Lisboa: Plátano, 1996.
- OLIVEIRA, M. K. **Vygotsky, aprendizado e desenvolvimento: um processo sóciohistórico**. São Paulo: Editora Scipione, 1993. (Série Pensamento e Ação no Magistério).
- PACCA, J. L. A. et al. Corrente elétrica e circuito elétrico: algumas concepções do senso comum. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, Florianópolis, v. 20, n. 2, p. 151-167, 2003.
- PASK, G. Styles and strategies of learning. **British Journal of Educational Psychology**, Edinburgh, UK, v. 46, p. 128-148, 1976.
- PERALES PALLACIOS, F. J. Uso (y abuso) de la imagen en la enseñanza de las ciencias. **Enseñanza de las Ciencias**, Barcelona, v. 24, n. 1, p. 13-30, 2006.
- PINTÓ, R.; AMETLLER, J. Students' difficulties in readings images: comparing results from four national research groups. **International Journal of Science Education**, London, v. 24, n. 3, p. 333-341, 2002.
- PINTRICH, P. R.; MARX, R. W.; BOYLE, R. A. Beyond cold conceptual change: the role of motivational beliefs and classroom contextual factors in the process of conceptual change. **Review of Educational Research**, Thousand Oaks, USA, v. 63, n. 2, p. 197-199, 1993.
- PRAIN, V.; WALDRIP, B. An exploratory study of teachers' and students' use of multimodal representations of concepts in primary science. **International Journal of Science Education**, London, v. 28, n. 15, p. 1843-1866, 2006.
- PRESMEG, N. Semiotics and the "connections" standard: significance of semiotics for teachers of mathematics. **Educational Studies in Mathematics**, New Jersey, v. 61, n. 1-2, p. 163-182, 2006.
- RADFORD, L. Why do gestures matter?: sensuous cognition and the palpability of mathematical meanings. **Educational Studies in Mathematics**, New York, v. 70, n. 2, p. 111-126, 2009.
- RADFORD, L.; EDWARDS, L.; ARZARELLO, F. Introduction: beyond words. **Educational Studies in Mathematics**, New York, v. 70, n. 2, p. 91-95, 2009.

- SAINT-ONGE, M. **O ensino na escola**: o que é, como se faz. São Paulo: Loyola, 2001.
- SCHONELL, F. J.; ROE, E.; MEDDLETON, I. G. **Promise and performance**: a study of student progress at university level. Brisbane: University of Queensland Press, 1962.
- SHADE, B. Afro-american cognitive style: a variable in school success. **Review of Educational Research**, Thousand Oaks, USA, v. 52, n. 2, p. 219-244, 1982.
- SHAH, P.; HOEFFNER, J. Review of graph comprehension research: implication for instruction: education. **Psychology Review**, Washington, v. 14, n. 1, p. 47-69, 2002.
- SMITH, H. A. Peirce's sign and mathematics education: an introduction. **Philosophy of Mathematics Education Journal**, n. 10, 1997. Disponível em: <<http://people.exeter.ac.uk/PErnest/pome10/art3.htm>>. Acesso em: 12 maio 2008.
- STEINBRING, H. What makes a sign a mathematical sign? An epistemological perspective on mathematical interaction. **Education Studies in Mathematics**, New Jersey, v. 61, n. 1-2, p. 133-162, 2006.
- STYLIANIDOU, F.; ORMEROD, F.; OGBORN, J. Analysis of science textbook pictures about energy and pupils' readings of them. **International Journal of Science Education**, London, v. 24, n. 3, p. 257-283, 2002.
- SWISHER, K.; DEYHLE, D. Styles of learning and learning of styles: educational conflicts for American Indian/Alaskan native youth. **Journal of Multilingual and Multicultural Development**, London, v. 8, n. 4, p. 345-360, 1987.
- TYTLER, R.; PETERSON, S.; PRAIN, V. Picturing evaporation: learning science literacy through a particle representation. **Teaching Science**, Canberra, v. 52, n. 1, p. 12-17, 2006.
- _____. Representational issues in students learning about evaporation. **Research in Science Teaching**, s.l., v. 37, n. 3, p. 313-331, 2007.
- VILLANI, A.; CABRAL, T.C.B. Mudança conceitual, subjetividade e psicanálise. **Investigações em Ensino de Ciências**, Porto Alegre, v. 2, n. 1, p. 43-61, 1997.
- VILLANI, A.; BAROLLI, E. Interpretando a aprendizagem nas salas de aula de ciências. In: REUNIÃO ANUAL DA ANPED, 23., 2000, Caxambu. **Atas...** Rio de Janeiro: ANPED, 2000. 1 cd-rom.
- VOLOSHINOV, V. N. **Marxismo e filosofia da linguagem**. São Paulo: Hucitec, 1992.
- VUYK, R. **Overview and critique of Piaget's genetic epistemology 1965-1980**. London: Academic Press, 1981. 2 v.
- VYGOTSKY, L. S. **Mind in society**: the development of higher psychological processes. London: Harvard University Press, 1978.
- ZABALA, A. **A prática educativa**: como ensinar. Porto Alegre: Artmed, 1998.