

## A TEORIA DOS CAMPOS CONCEITUAIS E A DIVERSIDADE REPRESENTACIONAL: LEITURAS CONVERGENTES PARA A EDUCAÇÃO MATEMÁTICA E CIENTÍFICA

### *THE THEORY OF CONCEPTUAL FIELDS AND REPRESENTATIONAL DIVERSITY: CONVERGENT READINGS FOR MATHEMATICAL AND SCIENTIFIC EDUCATION*

KEILA TATIANA BONI\*  
CARLOS EDUARDO LABURÚ\*\*  
PAULO SÉRGIO DE CARMARGO FILHO\*\*\*

#### RESUMO

A partir de reflexões relacionadas à Teoria dos Campos Conceituais e à Diversidade Representacional, apresenta-se neste trabalho aspectos em que ambas as teorias convergem no que diz respeito ao ensino e à aprendizagem científico e matemático. Muito além de representar conceitos, mental ou externamente, ambas as teorias concordam que representações são essenciais para processos operacionais e comunicacionais, e que todos esses processos estão relacionados entre si e são dependentes de uma gama de contextos e de transformações inter e intrarepresentacionais. Tais transformações fortalecem a capacidade de significar conceitos, bem como de mover raciocínios livres e consistentes, conduzindo à conceitualização. Sem reduzir uma teoria a outra, nem tampouco favorecer uma em relação a outra, defende-se que a evidência de discursos conciliáveis entre elas implica na fundamentação de futuras perspectivas e práticas de ensino que, apoiadas nas atribuições da pluralidade representacional, contribuam com o desenvolvimento conceitual e a aprendizagem científica e matemática.

**Palavras-chave:** Educação Matemática. Educação Científica. Representações.

#### ABSTRACT

*From reflections related to Conceptual Field Theory and Representational Diversity, we present in this work aspects in which both theories converge with respect to scientific and mathematical teaching and learning. Rather than representing concepts, either mentally or externally, both theories agree that representations are essential for operational and communicational processes, and that all of these processes are interrelated and dependent upon a range of inter- and intra-representational contexts and transformations. Such transformations strengthen the capacity to signify concepts as well as to move free and consistent reasoning, leading to conceptualization. Not by reducing one theory to another, nor by extolling one to the detriment of the other, it is argued that the evidence of conciliatory discourses between them implies in the foundation of future perspectives and teaching practices that, supported in the attributions of representational plurality, contribute to the development conceptual and scientific and mathematical learning.*

**Keywords:** *Mathematical Education. Scientific Education. Representations.*

\* Doutoranda em Ensino de Ciências e Educação Matemática, Universidade Estadual de Londrina (UEL). Londrina, PR, Brasil. keilaboni@hotmail.com

\*\* Doutor em Educação. Docente do Programa em Ensino de Ciências e Educação Matemática, Universidade Estadual de Londrina (UEL). Londrina, PR, Brasil. Bolsista CNPq (proc.: 302281/2015-0). laburu@uel.br

\*\*\* Doutor em Ensino de Ciências e Educação Matemática. Docente do Programa em Ensino de Ciências Humanas, Sociais e da Natureza, Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR). Londrina, PR, Brasil. paulocamargo@utfpr.edu.br

## INTRODUÇÃO

O ensino e a aprendizagem científica e matemática, ainda que apresentem suas particularidades, compartilham de aspectos comuns no que diz respeito à conceitualização. Ainda que os objetos<sup>1</sup> de aprendizagem em ambos os campos educacionais sejam distintos, há um crescente reconhecimento em pesquisas que afirmam que tanto a aprendizagem científica quanto a aprendizagem matemática dependem da utilização e compreensão de representações (PINHEIRO; PINHO-ALVES; PIETROCOLA, 2001; LABURÚ; SILVA, 2011b; VERGNAUD, 2009a; entre outros). Em vista das atribuições das representações na educação científica e matemática, pesquisas recentes têm buscado compreender o papel instrucional do emprego de modos, registros e formas representacionais diversos no processo de cognição, objetivando fomentar resultados que contribuam com a qualidade educacional, abrangendo desde o processo instrucional à aprendizagem.

Em Laburú, Zômpero e Barros (2013) encontramos a defesa de que a linha de pesquisa em multimodos e múltiplas representações, que em nosso estudo generalizamos como Diversidade Representacional, tem como cerne a teoria de Vygotsky no que tange ao tema semiótico estar relacionado à linguagem e ao pensamento. No presente trabalho, reafirmamos essa defesa, contudo, não nos referimos diretamente à Vygotsky, mas à Teoria dos Campos Conceituais de Vergnaud, que se fundamenta em ideias vygotkianas e piagetianas na estruturação de sua teoria.

Contudo, ainda que tais fundamentos sejam sutilmente mencionados neste estudo, o foco das discussões pretendido não está em promover uma descrição detalhada da Teoria dos Campos Conceituais ou da Diversidade Representacional, mas em elucidar os aspectos em que ambas as leituras convergem ao defenderem a perspectiva plural de representações na instrução e, sobretudo, na aprendizagem científica e matemática.

Nesse intuito, estruturamos as reflexões de modo a apresentar, em princípio, um panorama da Teoria dos Campos Conceituais e da Diversidade Representacional e, a partir dessas apresentações, elucidarmos e justificarmos mais profundamente as abordagens convergentes em ambas as linhas de pesquisa.

## A TEORIA DOS CAMPOS CONCEITUAIS

O objetivo da seção é apresentar os principais elementos da Teoria dos Campos Conceituais de Gérard Vergnaud que subsidiarão as argumentações ulteriores. Trata-se de uma teoria cognitivista que objetiva descrever e analisar as relações entre os processos de aprendizado em situação, que ocorrem em curto prazo, e os processos de desenvolvimento cognitivo, que ocorrem em longo prazo (PLAISANGE; VERGNAUD, 2003). Com essa teoria objetiva-se, ainda, descrever e analisar as ligações

<sup>1</sup> Um objeto na Matemática é compreendido como um objeto abstrato de estudo como, por exemplo, os números e as funções. Portanto, os objetos matemáticos “não são objetos diretamente perceptíveis ou observáveis” (Duvall, 2003, p.14) e o acesso a eles só se dá por meio de representações. Já no âmbito das ciências naturais, como na Física, a ideia de objeto remete a ideia de materialidade: não há Física sem objetos materiais (DEKENS, 2008). Apesar de Vergnaud (1996a) referir-se a objetos matemáticos, sobretudo às estruturas aditivas e multiplicativas, estenderemos, no decorrer desse estudo, as abordagens para conteúdos (objetos) matemáticos e científicos, uma vez que, ainda que reconheçamos as particularidades de ambos os conhecimentos, defendemos a existência de inter-relações entre eles que podem ser evidenciados em seus estudos históricos e epistemológicos. Dentre essas inter-relações destacamos o conhecimento matemático como estruturante do pensamento físico, no sentido de que o primeiro fornece sua linguagem e um conjunto de estruturas dedutivas para o conhecimento físico, tornando possível a generalização de suas leis e princípios teóricos (PINHEIRO, PINHO-ALVES; PIETROCOLA, 2001). Destacamos, ainda, que as ciências naturais, sobretudo a Física, muito mais que contextualizar conceitos matemáticos a partir do fornecimento de problemas, auxilia nas soluções destes a partir de raciocínios e demonstrações pautados em analogias e imagens que possibilitam melhor entendimento a respeito de objetos abstratos (POINCARÉ, 1995).

entre a forma operacional do conhecimento e sua expressividade, ou seja, o “saber fazer” e o “saber explicitar” (VERGNAUD, 1996b).

Tal teoria é fundamentada em elementos das ideias piagetianas e vygotskianas. Da primeira no que compete à noção de esquema, em que Vergnaud complementa fatores que, segundo ele, Piaget desconsiderou em sua elaboração, tais como, as particularidades de aprendizagem em cada campo conceitual e que o desenvolvimento cognitivo depende de situações. Das ideias vygotskianas, a Teoria dos Campos Conceituais se fundamenta nas atribuições da linguagem e da simbolização na formação progressiva do sujeito em um campo conceitual.

Vergnaud (1996a) define um campo conceitual como um conjunto de situações em que para realizar atividades de análise, tratamento e assimilação sobre estas situações faz-se necessária a apropriação de conceitos, procedimentos e representações distintas, porém, relacionadas. Essa ideia de situação não é compreendida no sentido de situação didática (BROUSSEAU, 2008), mas no sentido de tarefa. Assim, situação pode ser entendida como uma combinação de tarefas progressivamente mais complexas, sendo o nível de complexidade dependente da classe de situações com que o sujeito lida. Dentre essas classes, Vergnaud (ibid.) menciona que existem duas: a classe de situações para as quais o sujeito dispõe, no seu repertório e em determinadas circunstâncias, das competências necessárias ao tratamento relativamente imediato da situação e a classe de situações para as quais o sujeito não dispõe de todas as competências necessárias e, por isso, necessita de um tempo de reflexão, de exploração e de tentativas que podem conduzi-lo ou não ao êxito.

Diante do exposto a respeito de classes de situações, sobretudo pelo que foi mencionado a propósito da segunda classe, podemos reconhecer a tese piagetiana a respeito de o conhecimento ocorrer a partir de um processo de adaptação (acomodação e assimilação). De fato, muitos aspectos dos estudos piagetianos embasam a Teoria dos Campos Conceituais, inclusive a ideia de adaptação. Contudo, Piaget trata a respeito de adaptação envolvendo o par sujeito/objeto, enquanto Vergnaud defende uma adaptação pautada no par esquema/situação. Em outras palavras, na Teoria dos Campos Conceituais, defende-se que são as formas de organização da atividade (os esquemas) que se adaptam às situações (VERGNAUD, 2009b). Nesse sentido, fica evidente que apesar das situações serem indispensáveis no processo de conceitualização, o sentido não depende das situações em si, mas das organizações sequenciais (dos esquemas) do sujeito quando defronte a tais situações. Assim, conclui-se que os esquemas evocados pelo sujeito em determinadas situações é que são os principais responsáveis pela formação de sentido pelo sujeito (MOREIRA, 2002) e, por esse motivo, as situações são categóricas para os seus processos cognitivos e respostas (VERGNAUD, 1996a). No entanto, diante dessa conclusão é preciso esclarecer que uma única situação não é o suficiente para evocar no sujeito os esquemas disponíveis, o que significa que o sentido atribuído em uma situação particular não corresponde diretamente ao sentido do conceito envolvido na situação.

A defesa de que a atribuição de sentido a um conceito engendra-se a partir de situações repousa na consideração de Vergnaud (1996a) de que um repertório de esquemas de tratamento de uma grande diversidade é desenvolvido pelo sujeito durante sua experiência, enfrentando situações e evocando, para isso, esquemas já construídos em situações familiares ou os adaptando quando frente a novas situações. E esse processo, em geral, é regido por representações. Portanto, na concepção de Vergnaud (ibid.), os esquemas correspondem a diferentes seqüências de ação, de coleta de informação e de controle que estão relacionados às particularidades de cada situação, sendo essa organização de comportamento invariante para situações semelhantes.

Em suma, um conceito é considerado como o triplete de três conjuntos: situações, invariantes operatórios e representações, sendo os invariantes operatórios a maneira como Vergnaud (1996a) designa o conjunto de objetos, propriedades e relações responsáveis pela operacionalidade dos esquemas. E como não se pode reduzir o significado aos significantes (representações), nem tão pouco às situações (VERGNAUD, 2009a), na Teoria dos Campos Conceituais defende-se que o desenvolvimento e o funcionamento de um conceito precisam ser estudados considerando os três conjuntos simultaneamente.

Os invariantes operatórios (ou conhecimentos-em-ação) são “ingredientes” dos esquemas, sendo os responsáveis por conduzir o sujeito a reconhecer os elementos pertinentes à situação. Tal reconhecimento é possibilitado pelos teoremas-em-ação e conceitos-em-ação, que constituem os invariantes operatórios. Os conceitos-em-ação correspondem aos conceitos que estão disponíveis para o sujeito em determinada situação, tais como, objetos, relações, condições ou circunstâncias e que, diante de uma determinada situação, são considerados como pertinentes. Os teoremas-em-ação são proposições consideradas pelo sujeito como verdadeiras, mas não necessariamente correspondem a verdades. Portanto, um teorema-em-ação pode ser teoricamente ou cientificamente falso, mas o sujeito o considera como verdadeiro frente a uma determinada situação.

Vale destacar que tanto os conceitos-em-ação como os teoremas-em-ação permanecem, muitas vezes, implícitos nas ações do sujeito, só podendo ser explicitados indícios por meio de representações.

Existe entre teoremas-em-ação e conceitos-em-ação uma relação dialética que justifica serem ambos constituintes do que Vergnaud designa como invariantes operatórios. Além de juntos serem responsáveis por gerarem as ações nos esquemas (MOREIRA, 2002), são responsáveis pela eficácia da representação em dois sentidos: permitem a representação refletir a realidade e a se prestar a um cálculo relacional<sup>2</sup>, garantindo às representações um caráter operatório (VERGNAUD, 2009a).

Objetos matemáticos são, em geral, representados mentalmente, sendo inacessíveis de outra forma que não seja pela representação mental. Entretanto, para Vergnaud (2009a), algumas representações mentais são objetiváveis, ou seja, permitem que o observador externo perceba indícios nas produções do sujeito, o que acontece por meio de representações externas, tais como, a linguagem natural, desenhos, operações matemáticas, gestos, entre outros.

Porém, Vergnaud (2009a) adverte que nem toda representação pode ser considerada como operatória, mas apenas aquelas que refletem a realidade de maneira pertinente e homomorfa, ou seja, com algumas semelhanças. Além disso, faz-se necessário que haja homomorfismos entre representações de um mesmo referente. Essa característica homomorfa das representações é essencial uma vez que permite a passagem de uma representação para a outra, bem como o reconhecimento de semelhanças e diferenças entre elas e com o referente. Segundo Vergnaud (ibid.), a passagem entre representações está diretamente relacionada ao raciocínio do sujeito, pois pensar não consiste apenas em passar de uma situação real para uma representação, mas de uma representação à outra e a ela retornar, uma vez que os critérios simbólicos implicam em certas invariâncias no funcionamento do pensamento.

Dentre as diversificadas representações externas, Vergnaud (1990) atribui à linguagem verbal maior relevância por apresentar duas funções: comunicar e representar. Aqui percebemos aspectos da teoria vygotskiana a respeito de pensamento e linguagem, uma vez que Vergnaud (ibid.) afirma que a linguagem verbal não só contribui para identificação de invariantes operatórios, mas contribui com o raciocínio e a inferência, bem como com a antecipação de efeitos e fins, com o planejamento e com o controle da ação. Quando o sujeito, em situação, precisa planejar uma sequência de ações,

<sup>2</sup> Vergnaud (2009a) distingue cálculo relacional de cálculo numérico, reduzindo este último à resolução de um algoritmo, enquanto o primeiro vai além: ele se apoia na conexão entre o cálculo numérico com os aspectos semânticos e estruturais da situação.

de modo interiorizado ele verbaliza seus procedimentos, até que essa sequência de ações se torne automatizada. Do mesmo modo, na conceitualização matemática e científica o funcionamento cognitivo do estudante comporta esquemas que são automatizados progressivamente e, certamente, essa constatação é que permite evidenciar o caráter invariante da organização da ação (VERGNAUD, 1990).

Tendo exposto os elementos principais da Teoria dos Campos Conceituais, considerando os propósitos desse trabalho, retratamos, na sequência, os elementos fundamentais do campo de estudo Diversidade Representacional.

## A DIVERSIDADE REPRESENTACIONAL

A menção à Diversidade Representacional abrange referenciais da multimodalidade representacional e das múltiplas representações, ao mesmo tempo que visa compreender e estimular a elaboração dos significados de conceitos pelos estudantes. Justificamos a inclusão desses referenciais a uma menção única por considerarmos que ambos são complementares e indissociáveis no ensino e na aprendizagem científica e matemática. Tal justificativa é embasada em estudos realizados em distintos referenciais teóricos que abordam a respeito da multimodalidade representacional e de múltiplas representações, que discutiremos na sequência.

Uma tentativa de trazer maiores esclarecimentos para multimodos e para múltiplas representações pode ser encontrada em Tytler, Prain e Peterson (2007), que consideram como multimodalidade representacional a integração do discurso científico em diferentes modos representacionais do raciocínio, dos processos e das descobertas científicas. Dentre esses diversificados modos podemos citar o verbal (escrito ou oral), o diagramático, o figurativo, o matemático, o analógico, entre muitos outros. Quanto às múltiplas representações, em Prain e Waldrip (2006) encontramos a referência à prática de representar um mesmo conceito de várias formas distintas: descritivas (incluídas nos modos verbal, diagramático ou matemático), figurativas (incluídas nos modos pictórico, analógico ou metafórico), cinestésicas (incluídas nos modos encenação e jogos), que utilizam objetos tridimensionais (3D) ou maquetes, experimentos, entre outros (LABURÚ; SILVA, 2011a). Na prática do ensino científico, e estendendo para o matemático, o objetivo da multimodalidade representacional e das múltiplas representações é que o estudante se aproprie do significado de um conceito a partir da compreensão a respeito das diferentes formas e modos representacionais de um mesmo discurso.

Entendemos, tal como Radford, Edwards e Arzarello (2009), que os modos representacionais podem ser entendidos como os “recursos perceptivos” por meio dos quais as diversas formas representacionais podem ser pensadas, expressadas, comunicadas ou executadas. Na sustentação dessa defesa, encontramos em Mortimer et. al. (2014) a menção de que há relação intrínseca entre modos, formas e registros de representação semiótica, quando afirma que a produção de sentidos em um evento comunicativo, como o que ocorre no momento instrucional em sala de aula, faz-se necessária a integração de diversificados modos e, para alguns dos distintos modos há a possibilidade de utilizar diferentes registros de representação semiótica, defendendo que nestes incluem-se diversas formas representacionais. Para ilustrar essa relação, Mortimer et. al. (2014) citam o exemplo da escrita no quadro de giz como um modo representacional. Nesse modo, diferentes registros podem ser representados, tais como linguagens escritas, equações, gráficos, entre outros. E, ainda, há a possibilidade de um mesmo registro ser apresentado em mais de uma forma como, por exemplo, o registro gráfico que pode ser representado na forma de barras ou em gráfico de setores. Logo, ao trocar de um registro para o outro, conseqüentemente realiza-se a troca entre formas representacionais.

E, estando os registros e formas contidos nos modos representacionais, a troca entre modos implica na troca de registros e formas (MORTIMER et. al, 2014).

Com base no que foi descrito sobre multimodos e múltiplas representações, a partir de agora passamos a integrar ambos os termos, os designando concomitantemente como Diversidade Representacional, considerando-os como complementares e indissociáveis, convergindo com a defesa de Chandler (2012, apud LABURÚ; ZÔMPERO; BARROS, 2013, p. 13) de que, em termos semióticos, formas e modos não permitem separação.

A defesa comum dentre estudos da Diversidade Representacional é a de que a compreensão do estudante não se limita a uma única forma ou modo representacional, referente a um determinado tópico ou conceito, mas depende da integração de formas e modos representacionais. Nesse mesmo direcionamento, na teoria dos Registros de Representação Semiótica<sup>3</sup> (DUVAL, 2009) encontramos a defesa de que a compreensão do estudante depende das atividades cognitivas de identificação, tratamento e conversão entre os registros de representação.

Ainda a respeito das considerações da Diversidade Representacional, vale destacar que cada representação traz em si processos cognitivos distintos, que fazem com que uma possa ser mais fácil ou mais difícil do que outra em um sistema semiótico. Esses distintos processos cognitivos contribuem para a compreensão do estudante a partir da troca de significados que advém ao converter formas representacionais e ao traduzir e integrar diversos modos de representação. Mas não apenas distinções podem ser observadas dentre representações, mas, para que o mesmo referente possa ser reconhecido, aspectos comuns devem ser evidenciados. Entretanto, isso não significa dizer que as diversas representações sejam redundantes, mas suas particularidades e similaridades as tornam complementares, sendo essa a característica emergente nas conversões entre formas e nas traduções e integrações entre modos representacionais e, conseqüentemente, sendo essa a característica atrelada às atribuições de significados e às compreensões dos estudantes.

A perspectiva de ensino e de aprendizagem pautada na Diversidade Representacional possibilita ao estudante realizar transladações de significados, num processo que Smith (1997, apud LABURÚ; BARROS; SILVA, 2011) denomina de “transmediação”, em que o estudante translada significados de um sistema de signos para outro, construindo significados equivalentes em sistemas de sinais distintos daquele utilizado na mensagem original. Dessa forma, o estudante apura significações daquilo que é representado, bem como pode explicitar novas significações.

O caminho para a construção de significados é particular para cada sujeito. E, para considerar as necessidades e preferências individuais cognitivas de cada um, é preciso que o ensino seja promovido numa perspectiva plural em termos representacionais. Isso significa dizer que o professor precisa ponderar que um único modo e forma representativa pode não ser eficaz para determinadas finalidades pedagógicas para um particular estudante, seja para iniciar ou aprimorar suas ideias para um conteúdo conceitual. O trabalho pedagógico desenvolvido numa perspectiva singular em termos representacionais pode provocar obstáculos conceituais para alguns estudantes, e a alternativa proposta para superar tal obstáculo é propor um ambiente de ensino fundamentado na Diversidade Representacional. Tal proposta fundamenta-se nas habilidades ou capacidade humana que são distintas, bem como no histórico cognitivo construído pelo estudante (LABURÚ; SILVA, 2011a).

<sup>3</sup> Sendo os estudos da Diversidade Representacional predominantemente direcionados à educação em ciências, e a teoria de Duval (2009) diretamente atrelada à Educação Matemática, nos pautamos em convergências, tal como a supracitada, para estender aspectos da Diversidade Representacional à Educação Matemática.

Em direcionamento ao que foi exposto, Ainsworth (1999) apresenta que é possível que o estudante alcance uma compreensão mais aprofundada a partir do estabelecimento de ligações cognitivas das representações e, conseqüentemente, melhor compreensão do conteúdo conceitual a que estas se referem, a partir de uma estratégia de “andaimos”, em que a Diversidade Representacional serve como alicerce para que o estudante possa construir o conceito balizado pelo currículo e almejado pelo professor.

Ainsworth (ibid.) justifica que as múltiplas representações auxiliam a atrair o interesse do aluno, além de conduzi-lo a uma compreensão mais profunda do assunto que está sendo ensinado. A autora ressalta ainda, que há três funções principais das múltiplas representações em situações de aprendizagem, e que as estendemos ao engajamento multimodal ao considerarmos suas intrínsecas relações com a multiplicidade representacional.

A primeira função é a de complementação, que diz respeito à utilização de representações que contêm informações complementares ou que apoiam processos cognitivos complementares. Com a utilização de mais de uma representação o estudante evidencia os procedimentos diferentes suportados por cada forma representacional, o que o auxilia a determinar suas preferências representacionais, a selecionar uma forma representacional quando frente a determinadas tarefas e a utilizar mais de uma estratégia para potencializar o seu desempenho. Afinal, raramente uma representação única será eficaz para toda uma gama de tarefas. Além disso, a função de complementação compreende a exploração de diferenças na informação que é expressa por cada representação, de modo que essas diferenças entre representações permitam a complementação entre distintas formas representacionais. Entretanto, não somente as diferenças entre representações permitem a função de complementação, mas, do mesmo modo, a redundância parcial de informações entre elas suporta novas interpretações dos domínios do referente (AINSWORTH, 1999).

A segunda função elencada por Ainsworth (ibid.) é a de restrição, que se refere à utilização de uma representação para restringir possíveis interpretações equivocadas na utilização de uma outra. Essa função pode ser cumprida de duas maneiras: utilizando uma representação familiar, para apoiar a interpretação de uma ou mais representações menos familiares, ou por exploração de propriedades inerentes de uma representação para restringir a interpretação de outra.

E, por fim, a terceira função apresentada por Ainsworth (ibid.) é a de construir compreensão mais profunda, que considera a utilização de diversas representações para promover a abstração, para incentivar a generalização e para ensinar a relação entre representações.

Vale destacar que a separação das funções da Diversidade Representacional é apenas teórica, uma vez que, segundo Ainsworth (ibid.), as representações utilizadas em um mesmo sistema podem cumprir com duas ou mais das funções relatadas, simultaneamente ou sequencialmente, sendo que o conhecimento a respeito de cada função é relevante por cada uma delas proporcionar previsões distintas a propósito de como as metas de aprendizagem precisam ser apoiadas.

Além dessas três funções, podemos acrescentar uma quarta: de melhor acomodação. Nessa função, considera-se que uma nova representação pode se acomodar melhor ao sujeito devido ao seu estilo de aprender ou, ainda, em termos cognitivos, por servir de elo apropriado para que o sujeito compreenda um conceito porque melhor se acomoda aos seus esquemas prévios (LABURÚ; BARROS; SILVA, 2011).

A colocação anterior nos remete a concluir que as experiências anteriores do sujeito e, conseqüentemente, seus esquemas prévios, justificam as interpretações distintas entre sujeitos diante de um mesmo referente. Para Lemke (2003), ao realizar uma interpretação, cada sujeito encontra

caminhos diferentes para o significado, o que justifica evidenciarmos interpretações distintas para um referente comum. Isso acontece, sobretudo, porque cada sujeito tem como ponto de partida, no momento de realizar uma interpretação, conhecimentos, experiências e habilidades diferentes (LABURÚ; SILVA, 2011a).

Considerando as explicações realizadas até então e que nenhuma significação é completa em uma única representação, mas é dependente de distintas fontes de informações e de um domínio contextual que engloba experiências e outros significados, estudos da Diversidade Representacional convergem para a consideração de que um sujeito aprendeu um conteúdo conceitual (científico, mas que estendemos para o matemático) quando manifesta a capacidade de mobilizar conhecimentos dentro e fora do contexto de cada representação ensinada. Assim sendo, em termos semióticos, a compreensão está condicionada às competências de trânsito inter e intrarepresentacional de um mesmo referente (LABURÚ; ZÔMPERO; BARROS, 2013). Afinal, quando conhecimentos são limitados a uma única representação, que é justamente o que mais se observa em sala de aula, provoca-se uma aprendizagem frágil e limitada, em que dificilmente algum estudante atinge um nível de compreensão conforme delimitado pelo currículo e esperado pelo professor. Isso porque, fora do perímetro contextual dessa única representação semiótica estudada, dificilmente o aprendiz será capaz de aplicar os conhecimentos construídos. Dessa forma, a aprendizagem fica encapsulada e as novas representações semióticas de um mesmo referente se configurarão como obstáculos (LABURÚ; SILVA, 2011b).

Sabemos que na sala de aula a dinâmica de ensino e de aprendizagem é complexa, envolve de muitos acontecimentos e, nessa complexidade, muitas falhas na comunicação entre professor e estudantes ocorrem como, por exemplo, quando o professor fornece informações incompletas, não sequenciais ou confusas. Frente a essas situações, um ensino pautado na perspectiva da Diversidade Representacional, possibilita ao estudante selecionar e unir em um todo coerente a mensagem do professor e a compreender tal mensagem, uma vez que os diversos modos e formas representacionais trazem em si redundâncias de um mesmo discurso, o que permite ao estudante a integração de significados daquilo que está sendo comunicado. Nesse sentido, Duval (2009) atribui à coordenação entre registros de representação um papel essencial na conceitualização porque essa ação cognitiva não consiste simplesmente em converter um registro em outro, mas em compreender que todos esses registros de representação se referem a um mesmo referente. Nesse direcionamento, temos que a compreensão se consolida no momento em que o aprendiz consegue coordenar distintas representações de um mesmo referente.

A eficácia, bem como a preferência de aprendizes relativa a uma representação, em particular diz respeito à intrínseca natureza da forma semiótica, que são elas as tipológicas e as topológicas. A linguagem verbal é uma representação de natureza tipológica, sendo ela considerada como a forma mais eficaz de expressar raciocínios semânticos, qualificar ideias ou realizar relações entre categorias. Contudo, não é eficaz para estabelecer relações quantitativas, sendo estas melhor expressas por representações de natureza topológica, tais como gestos ou desenhos, ou seja, de tipo visual (PRAIN; WALDRIP, 2006; LEMKE, 2003).

Apesar das representações de natureza topológica serem eficazes por facilitar a percepção de objetos e relações em um espaço de dimensão superior ao que permite explicitar as tipológicas, elas apresentam limitações, o que não significa dizer que as tipológicas também não apresentem. Para Bresson (apud DUVAL, 2009), as representações topológicas expressam apenas estados, configurações e produtos de operações, mas não são capazes de expressar ações ou transformações. Operações só podem ser representadas por registros de representação (DUVAL, 2009), que possuem



propriedades de linguagem. Essa característica da representação tipológica, sobretudo da linguagem oral, faz com que esta seja considerada como prioritária dentre os sistemas semióticos empregados na comunicação. Além disso, qualquer experiência humana e todo conteúdo que podem ser expressos a partir de outros meios semióticos são passíveis de serem traduzidos em termos verbais, mesmo quando o processo inverso não é possível. Nessa mesma defesa, encontramos em Lotman (apud ECO, 2003) que a linguagem verbal (na qual está inclusa a oral) pode ser definida como o sistema modelizante primário dos demais sistemas semióticos, ou seja, os demais sistemas são derivados da linguagem verbal.

Outros motivos para a defesa da linguagem verbal como prioritária dentre os sistemas semióticos podem ser acrescentados. Primeiro, porque ela é uma habilidade natural e espontânea do ser humano. Segundo, porque, de acordo com Bakhtin (apud VOLOSHINOV, 1992), o entendimento verdadeiro é dialógico por natureza e, assim, condiz dizer que a compreensão genuína repousa sobre a capacidade de corresponder às palavras de outrem em termos próprios, constituindo argumentos em termos de paráfrase. Nesse sentido, no contexto educacional, a verbalização é um conveniente instrumento para acompanhar e avaliar a construção do conhecimento. O terceiro motivo pode ser considerado como vinculado ao segundo: por ser um processo dinâmico, a linguagem verbal possibilita a correção e preenchimento de lacunas de aprendizagem de modo imediato, permitindo ao professor redirecionar o processo de construção do conhecimento do estudante. O quarto motivo está relacionado às atividades cognitivas relativas aos registros de representação semiótica, em que as atividades de tratamento, conversão e coordenação são mediadas pela palavra. Um quinto e último motivo que acrescentamos é a capacidade de compartilhamento da construção do conhecimento de forma simultânea e coletiva possibilitada pela linguagem verbal.

Com as considerações realizadas até então, retratamos dois panoramas referenciais, da Teoria dos Campos Conceituais e da Diversidade Representacional, em que nesta estão inscritas a modalidade representacional e as múltiplas representações. Por conseguinte, evidenciamos os elementos de ambos os referenciais que nos permitem estabelecer leituras convergentes.

## **LEITURAS CONVERGENTES ENTRE TEORIA DOS CAMPOS CONCEITUAIS E DIVERSIDADE REPRESENTACIONAL**

A partir das abordagens precedentes a respeito de elementos da Teoria dos Campos Conceituais e da Diversidade Representacional evidenciamos pontos de convergência no que compete às atribuições das representações semióticas no processo de conceitualização em ciências e matemática, atribuições essas que são apontadas e justificadas nas discussões subsequentes. Contudo, destacamos que as convergências entre ambos os referenciais não se limitam às representações. Gehlen (apud RADFORD, 2009) salienta que o conhecimento se firma mediante uma experiência multissensorial do mundo e, do mesmo modo, a partir da apreensão sensorial das coisas. Nesse direcionamento, entendemos que os conhecimentos científicos e matemáticos são circunstanciados por desafios representacionais em uma multiplicidade de contextos. Tal afirmação vem ao encontro do que é defendido pelos referenciais da Diversidade Representacional no que compete às vantagens de se promover um ensino com vistas à integração de multimodos representacionais e à conversão e coordenação entre múltiplos registros de representação, bem como vem ao encontro da defesa da Teoria dos Campos Conceituais a respeito das atribuições das situações e das representações no processo de conceitualização.

Diante desse panorama discutimos, primeiramente, as aproximações entre Diversidade Representacional e Teoria dos Campos Conceituais no que compete à multiplicidade contextual no ensino

matemático e científico. Segundo estudos da Diversidade Representacional, nenhuma significação é completa por si própria, mas depende de muitas fontes distintas de informação e de domínios contextuais, uma vez que as diferentes circunstâncias beneficiam as diversas mensagens admissíveis de um sinal<sup>4</sup>. Propendendo a essa defesa, na Teoria dos Campos Conceituais evidenciamos que as situações diversas, progressivamente mais complexas, são essenciais para a compreensão de um conteúdo de um campo conceitual, uma vez que a partir de situações, esquemas são engendrados pelo sujeito que, quando frente a situações cada vez mais complexas, busca adaptar seus esquemas previamente construídos a partir de situações familiares. É nesse processo de adaptação que repousa a compreensão conceitual.

O segundo ponto de convergência que destacamos diz respeito a esquemas prévios. Com o objetivo de amparar a aprendizagem, encontramos na Diversidade Representacional argumentos fundamentados na Aprendizagem Significativa (LABURÚ; BARROS; SILVA, 2011) que mencionam que a estrutura cognitiva prévia do estudante deve ser considerada e, portanto, o processo de ensino e de aprendizagem deve ter início com representações mais próximas do aprendiz. Essa afirmação condiz com o que abordamos na apresentação da Teoria dos Campos Conceituais à respeito das situações, que precisam ser propostas aos estudantes em um nível gradativo de complexidade, uma vez que o significado do conceito envolvido emerge à medida que o estudante estabelece relações entre o que já sabe e o que é possível, dentre seus conhecimentos, de ser aplicado em novas situações. E, considerando que esse processo demanda de representações, pois de acordo com a Teoria dos Campos Conceituais representações e situações não podem ser considerados como dois domínios diferentes (VERGNAUD, 1996a), é possível estabelecermos a convergência entre ambos os referenciais.

O terceiro aspecto convergente entre ambas as teorias diz respeito ao papel das representações em permitir que um observador externo tenha acesso a indícios de representações mentais de outra pessoa. Duval (2009) profere que os registros de representação semiótica constituem um meio de exteriorizar indícios de representações mentais, tornando-as acessíveis a um observador externo, e ressalta que “as representações não são somente necessárias para fins de comunicação, elas são igualmente essenciais à atividade cognitiva do pensamento” (DUVAL, 2012, p. 270), o que vem ao encontro do que destaca a Teoria dos Campos Conceituais a respeito da relevância das representações no processo de conceitualização. Segundo a Teoria dos Campos Conceituais, para compreender a realidade e agir sobre ela, o sujeito constrói representações mentais que nem sempre são objetiváveis. Contudo, os invariantes operatórios constituem o elo que permite a expressão de esquemas mentais por meio de significantes (representações). Cabe ressaltar que essa transformação de invariantes operatórios em linguagem verbal (escrita ou oral) ou, até mesmo, em qualquer outra forma de representação externa não é simples, pois são muitas as lacunas existentes entre aquilo que é representado mentalmente e o significado do conceito (GRECA; MOREIRA, 2003) e, assim, em concordância com o defendido por Duval (2012), o que é exteriorizado das representações mentais são apenas indícios.

A quarta aproximação que discutimos diz respeito às congruências entre referente e representação e entre representações. Mais precisamente, a quarta aproximação corresponde à defesa comum entre ambos os referenciais de que a associação, as operações e a complementação só são factíveis quando há semelhanças entre representações e entre representação e seu referente, de modo que aspectos comuns não as caracterizam como redundantes. É a respeito dessa abordagem

<sup>4</sup> Em concordância com Lemke (2003) consideramos que todo conteúdo conceitual é, ao mesmo tempo, um sinal num discurso semântico verbal, num sistema operacional de significados de ação e num sistema de representação matemático e visual.

que na Teoria dos Campos Conceituais há a referência a homomorfismos, em que se defende que a representação só pode ser operatória quando aspectos similares do referente são refletidos por essa representação, bem como entre representações:

Em resumo, a noção de homomorfismo permite compreender as equivalências entre procedimentos operatórios, ao mesmo tempo, do ponto de vista das relações entre realidade e representação, do ponto de vista das relações entre diferentes planos de representação, e do ponto de vista das relações internas a um mesmo plano de representação (VERGNAUD, 2009, p.303).

Assim, aspectos invariantes só podem ser manifestados quando o aprendiz percebe que um conjunto de representações distintas são homomorfas entre si e a um mesmo referente.

Na Diversidade Representacional a defesa por um ensino plural pauta-se na ideia de que nenhuma representação é completa por si só, mas cada uma carrega em si informações particulares que se complementam, além de aspectos comuns que permitem reconhecer que há relação entre uma representação e outra, bem como entre cada representação e um mesmo referente.

Um quinto ponto em comum entre a Teoria dos Campos Conceituais e a Diversidade Representacional diz respeito à relevância do “saber expressar” para a aprendizagem do estudante. Segundo a Teoria dos Campos Conceituais a aprendizagem consiste no estudante saber operacionalizar o conceito e saber expressar o que faz, afinal, é justamente quando invariantes operatórios começam a ser expressos que o aprendiz propende à compreensão, pois ir além do “saber fazer”, a ponto de conseguir explicitar o que se faz, requer um nível mais elevado de conceitualização (GRECA; MOREIRA, 2003). Para que o aprendiz seja capaz de dizer a respeito do que faz é necessário que o conceito deixe de ser um simples instrumento operacional e se transforme em instrumento de pensamento, pois, só assim, o conceito poderá ser compreendido fora de uma situação determinada, podendo ser aplicado em diversas outras situações. Para ilustrar, tomemos o exemplo do conceito de dilatação térmica linear: saber calcular a dilatação de uma barra de cobre a partir do produto entre seu comprimento inicial, variação de temperatura e coeficiente de dilatação linear ( $\Delta L = L_0 \cdot \alpha \cdot \Delta T$ ), não requer o mesmo nível de conceitualização que expressar verbalmente a ideia de que a dilatação sofrida por essa barra será proporcional ao seu comprimento inicial, ao seu coeficiente de dilatação térmica e à variação de temperatura sofrida. Portanto, o estudante até pode saber desenvolver corretamente o cálculo para determinação da dilatação linear de um sólido, porém sem saber aplicá-lo. Para reverter esse cenário é preciso que o estudante enfrente diversas situações onde possa reconhecer esse princípio físico para que, gradativamente, consiga lhe atribuir sentido. Deste modo, a partir de uma pluralidade de situações, progressivamente mais complexas, o sujeito apreenderá como aplicar tal princípio para, posteriormente, conseguir explicitá-lo (GRECA; MOREIRA, 2003).

Considerando que a aprendizagem está atrelada ao “saber fazer” e ao “saber expressar”, e que ambas as competências ocorrem por meio de representações, encontramos na Diversidade Representacional a defesa de que os significados de um conceito surgem da combinação integrada e da multiplicação do significado de cada sistema de representação com outro. Para Laburú e Silva (2011b) a produção de estudantes atinge um patamar mais elevado de qualidade quando eles têm a oportunidade de descobrir, a partir da integração de distintos registros, formas e modos representacionais, a organização intelectual que devem expressar. Em outras palavras,

[...] aprendizes submetidos a um processo de negociação das questões representacionais, surgidas da provocação de transformações de registros e da necessidade de re-representar o mesmo conceito em diversos modos, ao mesmo tempo em que são instigados a integrá-los num discurso compreensível, tendem a demonstrar melhor entendimento conceitual do que aqueles que não têm ocasião de assim o fazer (LABURÚ; SILVA, 2011b, p.10).

Como sexta aproximação conciliável entre ambas as teorias elucidamos o destaque à linguagem oral (ou linguagem verbal) em relação aos demais sistemas semióticos de representação. Na Diversidade Representacional encontramos que a linguagem oral é prioritária dentre os sistemas semióticos por diversos motivos, dentre estes, destaca-se o fato de que qualquer experiência e todo conteúdo expresso por outros meios semióticos pode ser traduzido em termos verbais, até mesmo quando o inverso não é possível. Na Teoria dos Campos Conceituais atribui-se à linguagem verbal maior relevância dentre as possibilidades de representações externas por apresentar duas funções: comunicar e representar. Portanto, segundo Vergnaud (1990), quando o sujeito, em situação, precisa planejar uma sequência de ações, de modo interiorizado ele verbaliza seus procedimentos, até que essa sequência de ações se torne automatizada. Diante dessa afirmação, podemos inferir que a linguagem verbal antecede, inclusive, a sequência de ações que conduzem o sujeito a construir representações e a realizar transformações entre estas, o que a caracteriza como sistema semiótico primário de representação.

Certamente, um ponto de destaque entre a Teoria dos Campos Conceituais e a Diversidade Representacional diz respeito à conceitualização decorrer do transito entre representações, no sentido do que Duval (2009) denomina de coordenação entre registros de representação. Há concordância entre ambas as teorias de que a conceitualização ganha força na medida em que a capacidade de mover raciocínios livremente e de maneira consistente ocorre entre diversas formas e modos representacionais. Segundo pressupostos da Diversidade Representacional, “a atividade conceitual não se vê isolada da atividade semiótica, pois a formação e a aquisição de um conceito, ou “noésis”, permanecem essencialmente ligadas à descoberta de uma invariância entre as heterogêneas produções semióticas” (LABURÚ; SILVA, 2011b, p.17). Nesse mesmo direcionamento, Vergnaud (2009) afirma que o raciocínio depende da passagem de um plano de representação a outro em função de necessidades e relações frente a uma situação, envolvendo nessa passagem o transito de uma situação real à representação, bem como entre representações, pois “o critério simbólico implica certas invariâncias no funcionamento do pensamento” (VERGNAUD, 2009, p. 304).

## **CONSIDERAÇÕES FINAIS**

Neste trabalho buscamos relacionar conceitos integrantes da Teoria dos Campos Conceituais com a linha de pesquisa de Diversidade Representacional, argumentando a respeito de pertinências existentes entre ambos os referenciais teóricos no que diz respeito à educação científica e matemática, enaltecendo as atribuições da integração e valorização de uma pluralidade de modos, registros e formas representacionais no contexto educacional.

Evidenciamos que a convergência entre Teoria dos Campos Conceituais e Diversidade Representacional vai além da afirmação de que as representações são imprescindíveis na conceitualização científica e matemática. Tais representações, segundo referenciais da Diversidade Representacional,

devem estar presentes em uma diversidade de contextos, pois os conhecimentos científicos e matemáticos são circunstanciados por múltiplos desafios representacionais em distintos contextos. Tal afirmação vem ao encontro da ideia de situações defendida na Teoria dos Campos Conceituais, em que afirma-se que a conceitualização está atrelada ao envolvimento com situações diversas, em níveis graduais de complexidade, à respeito de um mesmo referente.

Ainda convergindo à ideia de situação, em que múltiplas situações são defendidas na Teoria dos Campos Conceituais por oportunizarem a evidenciação de diferentes aspectos de um conceito a partir das distintas representações envolvidas, defende-se, na Diversidade Representacional, que o ensino ocorra na perspectiva integradora de multimodos representacionais, nos quais contemplam-se múltiplas representações, que mesmo referentes a um mesmo conceito, não são redundantes entre si, mas apresentam características distintas que permitem complementações e, assim, uma atribuição de sentido mais próximo do significado do referente. Tais aproximações e particularidades entre representações também são contempladas na Teoria dos Campos Conceituais, em que aborda-se a respeito de homomorfismos entre representações que as permitem serem reconhecidas como referentes a um mesmo conceito e como relacionadas entre si.

Além da defesa de que representações são essenciais para o processo de conceitualização e de expressão de compreensões - que estão estritamente relacionados à coordenação de registros de representação -, em ambos os referenciais teóricos encontramos afirmações que nos conduzem à conclusão de que as representações também se constituem como meio em que o sujeito explicita indícios de suas representações mentais, o que permite ao professor reconhecer quais são as lacunas e dificuldades relacionadas à aprendizagem, permitindo-o reorientar a sua prática. E, dentre os diversificados sistemas semióticos, evidenciamos que ambas as teorias apontam a linguagem natural oral como meio primário de representação.

Com as reflexões que desenvolvemos, resgatamos os elementos principais da Teoria dos Campos Conceituais - que é uma teoria fortemente difundida em pesquisas a respeito da aprendizagem em ciências e matemática - relacionando tais elementos a alguns dos principais aspectos da Diversidade Representacional, não com o objetivo de apresentar esta como uma sequência ou complementação da primeira teoria, mas com o intuito de enaltecer as atribuições de se promover um ensino numa perspectiva de pluralidade representacional, em uma instrução que integra modos, registros e formas representacionais em uma gama de contextos, considerando que cada um destes apresenta diferentes pontos mais ou menos fortes em termos de precisão e clareza associados ao referente, bem como que estudantes de diferentes níveis instrucionais, em ciências e matemática, precisam compreender e integrar as ligações conceituais das representações para que possam atribuir sentido de maneira mais próxima ao significado do referente, não de maneira mecânica em que sejam capazes de reproduzir um conhecimento, mas que possam construí-lo, manifestando suas compreensões por meio de discursos genuínos e coordenações representacionais, uma vez que “para a ciência e a matemática, o importante não são as representações, mas suas transformações” (LABURÚ, BARROS, SILVA, 2011).

Em suma, de maneira a integrar ambas as teorias, ponderamos que as colocações anteriores conduzem ao entendimento de que o significado de um conceito é enriquecido a partir do encontro de diferentes contextos (sejam estes modos representacionais ou, em sentido mais amplo, como situações diversas) e a partir da intersecção e confluência de formas representacionais. Dessa forma, esquemas previamente construídos são evocados e, até mesmo, adaptados pelo sujeito a partir da evidenciação de elementos relevantes (conceitos-em-ação) e elaboração de regras e procedimentos (teoremas-em-ação) que podem ser explicitados por meio de representações. E, considerando

as representações mentais que estão envolvidas na evocação desses esquemas, bem como da possibilidade de tentar explicitá-los por meio de representações externas, conclui-se que as representações são fundamentais e indissociáveis de todo o processo de conceitualização. Tytler, Prain e Peterson (2007) afirmam que a aprendizagem conceitual não pode ser desvinculada de como aprender a representá-los e nem do que significam tais representações. Nesse sentido, para promover tais aprendizagens, é preciso sujeitar o aprendiz a contextos diversos, ou seja, a situações, que o empenhe a mobilizar representações distintas de um mesmo referente, evidenciando em cada uma delas características particulares e similares que o auxiliem a atribuir sentidos ao referente a partir da associação e complementação de tais características.

Consideradas as colocações e pontos discutidos, ponderamos que as discussões fomentadas contribuem com o aperfeiçoamento educacional científico e matemático, no sentido de que apresentam um enfoque alternativo instrucional. Ao considerarmos que a Teoria dos Campos Conceituais não é exatamente uma teoria didática, apesar da ampla difusão em pesquisas na área de educação matemática e científica, entendemos que o reconhecimento de convergências entre essa teoria e a linha de pesquisa em Diversidade Representacional implica na fundamentação de perspectivas e práticas de ensino que contribuam com os aspectos de desenvolvimento conceitual e aprendizagem em matemática e ciências, em concordância com os pressupostos da Teoria dos Campos Conceituais.

## REFERÊNCIAS

AINSWORTH, S. The functions of multiple representations. **Computers & Education**, n. 33, p. 131-152, 1999.

BROUSSEAU, G. **Introdução ao estudo da teoria das situações didáticas**: conteúdos e métodos de ensino. São Paulo: Ática, 2008.

DEKENS, O. **Compreender Kant**. São Paulo: Edições Loyola, 2008.

DUVAL, R. Registros de Representações Semióticas e Funcionamento Cognitivo da Compreensão em Matemática. In: MACHADO, Silvia D. A. **Aprendizagem em**

**Matemática**: Registros de Representação Semiótica. Campinas: Editora Papyrus, 2003, p. 11-34.

DUVAL, R. **Semiósis e pensamento humano**: registros semióticos e aprendizagens intelectuais. 1. ed. São Paulo: Editora Livraria da Física, 2009.

DUVAL, R. **Registros de representação semiótica e funcionamento cognitivo do pensamento**. Trad.: Moretti, M. T. *Revemat*, v. 7, n. 2, p. 266-297, 2012.

ECO, H. **Tratado geral de semiótica**. São Paulo: Estudos, Editora Perspectiva S. A., 2003.

GRECA, I. M.; MOREIRA, M. A. Do saber fazer ao saber dizer: uma análise do papel da resolução de problemas na aprendizagem conceitual de Física. **Ensaio**, Belo Horizonte, v. 5, n. 1, p. 52-67, 2003.

LABURÚ, C. E.; BARROS, M. A.; SILVA, O. H. M. Multimodos e múltiplas representações, aprendizagem significativa e subjetividade: três referenciais conciliáveis da educação científica. **Ciência & Educação**, v. 17, n. 2, p. 469-487, 2011.

LABURÚ, C. E.; SILVA, O. H. M. O laboratório didático a partir da perspectiva da multimodalidade representacional. **Ciência & Educação**, v. 17, n. 3, p. 721-734, 2011a.

LABURÚ, C. E.; SILVA, O. H. M. Multimodos e múltiplas representações: fundamentos e perspectivas semióticas para a aprendizagem de conceitos científicos. **Investigações em Ensino de Ciências**, v. 16, n. 1, p. 7-33, 2011b.

LABURÚ, C. E.; ZÔMPERO, A. F.; BARROS, M. A. Vygotsky e múltiplas representações: leituras convergentes para o ensino de ciências. **Caderno Brasileiro do Ensino de Física**, v. 30, n. 1, p. 7-24, 2013.

LEMKE, J. L. **Teaching all the languages of science**: words, symbols, images, and actions. [S. l.]: [s. n.], 2003. Disponível em: <<https://bit.ly/2NiER5v>>. Acesso em: 18 nov. 2016.

MOREIRA, M. A. A teoria dos campos conceituais de Vergnaud, o ensino de Ciências e a pesquisa nesta área. **Investigações em Ensino de Ciências**, Porto Alegre, v. 7, n. 1, p. 7-29, 2002.

MORTIMER, E. F. et al. Interações entre modos semióticos e a construção de significados em aulas de ensino superior. **Revista Ensaio**, Belo Horizonte, v. 16, n. 3, p. 121-145, 2014.

PINHEIRO, T. F.; PINHO-ALVES, J.; PIETROCOLA, M. Modelização de variáveis: uma maneira de caracterizar o papel estruturador da Matemática no conhecimento científico. In: PIETROCOLA, M. (Org.). **Ensino de Física**: conteúdo, metodologia e epistemologia numa concepção integradora. Florianópolis: Editora da UFSC, 2001. p. 33-150.

PLAISANCE, E.; VERGNAUD, G. **Ciências da Educação**. São Paulo: Loyola, 2003.

POINCARÉ, H. **O Valor da Ciência**. Trad.: Maria Helena Franco Martins. Rio de Janeiro: Contraponto, 1995.

PRAIN, V.; WALDRIP, B. An exploratory study of teachers' and students' use of multi-modal representations of concepts in primary science. **International Journal of Science Education**, Abingdon, v. 28, n. 15, p. 1843-1866, 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**, Dordrecht, v. 70, n. 2, p. 91-95, 2009.

TYLER, R.; PRAIN, V.; PETERSON, S. Representational issues in students learning about evaporation. **Research in Science Education**, Dordrecht, v. 37, n. 3, p. 313-331, 2007.

VERGNAUD, G. La théorie des champs conceptuels. **Recherches en Didactique des Mathématiques**, v. 10, n. 23, p. 133-170, 1990.

VERGNAUD, G. A teoria dos campos conceituais. In: BRUN, Jean. **Didática das matemáticas**. Lisboa: Instituto Piaget, 1996a.

VERGNAUD, G. A trama dos campos conceituais na construção dos conhecimentos. **Revista do GEMPA**, Porto Alegre, n. 4, p. 9-19, 1996b.

VERGNAUD, G. **A criança, a matemática e a realidade**: problemas do ensino da matemática na escola elementar. Trad.: Maria Lucia Faria Moro. Curitiba: Editora da UFPR, 2009a.

VERGNAUD, G. The Theory of Conceptual Fields. **Human Development**, Suíça, n.52, p.83-94, 2009b.

VOLOSHINOV, V. N. **Marxismo e filosofia da linguagem**. São Paulo: Hucitec, 1992.

---

**RECEBIDO EM:** 23 nov. 2017

**CONCLUÍDO EM:** 20 fev. 2018