



O CONCEITO DE REPRESENTAÇÃO NA PERSPECTIVA DA TEORIA DOS CAMPOS CONCEITUAIS DE VERGNAUD

The concept of representation in perspective of Gerard Vergnaud's Theory of Conceptual Fields

Glauco Cohen Ferreira Pantoja [glauco.pantoja@ufopa.edu.br]
*Programa de Pós-Graduação em Educação/PPGE
Universidade Federal do Oeste do Pará
Avenida Marechal Rondon, S/N, Santarém, Pará, Brasil*

Resumo

Embora haja muitas pesquisas utilizando a teoria dos campos conceituais, o conceito de representação, central na psicologia cognitiva ainda é pouco abordado nelas, pois a maioria dessas investigações parece estar focada na detecção de invariantes operatórios. Nesse artigo, retomamos a noção de representação de Gérard Vergnaud e discutimos a diferença entre esse conceito e o de sistemas semióticos, na perspectiva dos Campos Conceituais. Trazemos o modelo de representação de Vergnaud e apresentamos, ainda, uma relação entre representação e realidade pautada nessa visão. Concluímos discutindo a aplicabilidade do conceito para pesquisas empíricas, propondo linhas de investigação relevantes para a pesquisa em conceitualização e reinterpretando problemas antigos persistentes, tais como a “mudança conceitual” e destacando a importância de uma visão desenvolvimental da representação para o Ensino de Ciências e Matemática.

Palavras-Chave: Representação; Teoria dos Campos Conceituais; Psicologia Cognitiva.

Abstract

Although there is a huge amount of research using the theory of conceptual fields, the concept of representation, central in cognitive psychology is still sparsely approached in them, because most of these works seems to focus on detecting operational invariants. In this article, we recover the notion of representation due to Gérard Vergnaud and discuss the difference between this concept and the one of semiotic system, on the light of the theory of conceptual fields. We bring out the model of representation due to Vergnaud and we, then, present a relation between representation and reality sustained on this framework. We conclude discussing the applicability of this concept to empirical research, proposing lines of lines of investigation which can be fruitful for the research on conceptualization and reinterpreting old but persistent problems, like “conceptual change” and we display the importance of a developmental view on representation for Science and Mathematics Teaching.

Keywords: Representation; Theory of Conceptual Fields; Cognitive Psychology.

INTRODUÇÃO

A teoria dos campos conceituais tem trazido importantes resultados, discussões e achados empíricos relevantes para a área de ensino de ciências e matemática nos últimos anos (Cunha & Ferreira, 2020; Heusy, Gaulke, & Rocha, 2022). No entanto, muitos desses trabalhos não adentram a discussão da relevância dessa teoria desenvolvimental para o processo representacional, tão caro às ciências da psicologia, incluindo a psicopatologia e a psicoterapia clínica (Arntz, 2021), e da educação. O conceito de representação é objeto de discussão na ciência cognitiva desde o século XX e, por isso, situar a noção de representação de Vergnaud nesse contexto traz contribuições não só para o ensino como para a própria psicologia, sobretudo a educacional e do desenvolvimento.

Em revisão de literatura recente, Cunha e Ferreira (2020) estabeleceram cinco categorias para analisar a produção científica relacionada à Teoria dos Campos Conceituais (TCC) no campo da educação. Dos 68 trabalhos arrolados, as autoras destacam que 29 pesquisas poderiam ser associadas à categoria “atividades centradas em situações-problema” e 14 à categoria “análise de invariantes operatórios”. Tais categorias enfocam processos de ensino que utilizam a teoria dos campos conceituais e pesquisas voltadas à detecção dos invariantes operatórios, respectivamente. Juntas, englobam mais de 60% das produções científicas sobre a temática. Por outro lado, a mesma revisão indica que a categoria “ponderações sobre a TCC e suas implicações no ensino”, que trata essencialmente de aspectos teóricos da TCC, cobre apenas cerca de 10% das publicações identificadas. Deve-se destacar que nenhuma delas debatia o conceito de representação na perspectiva de Vergnaud.

Os dados de Cunha e Ferreira (2022) são sustentados, em certa maneira, pelos de Heusy, Gaulke, e Rocha (2022). Esses autores mostram que de 52 pesquisas analisadas, 20 delas usam a TCC como aporte para construção de sequências didáticas e oito o fazem tomando como um dos referenciais teóricos utilizados para construção dessas unidades de ensino. Do total de pesquisas, apenas nove usam a teoria dos campos conceituais sem relação com sequências didáticas, mas se apropriam dela para avaliação de aspectos como os invariantes operatórios utilizados por estudantes, por exemplo. Por último, 15 lançam mão da teoria como elemento complementar de análise.

Com base nas informações presentes nessas revisões, aparentemente, os trabalhos que utilizam a teoria dos campos conceituais se voltam amplamente para aplicação em sala de aula, o que é positivo em certo sentido. Porém, o mero acúmulo de informação empírica na mesma direção pode caracterizar um aumento de conhecimento em área, mas, um pequeno crescimento em profundidade (Bunge, 2011). Ora, se quisermos fazer avançar a pesquisa em ensino, é importante que o façamos de maneira a aclarar novos aspectos confusos e explicar fatos novos (Chalmers, 1996).

Nesse sentido, muito se nota nas duas revisões supracitadas o conceito de representação aparecer poucas vezes nas investigações que citam. Quando as pesquisas referenciadas por essas revisões mencionam o conceito, em geral, ou o fazem: i) confundindo-o com a noção de sistema semiótico; ii) abordando-o a partir de outra teoria representacional. De certa maneira, Vergnaud permite a primeira confusão em diversos trabalhos (Vergnaud, 1990), principalmente ao introduzir a noção de conceito, no entanto, é importante ressaltar que ele esclarece a relevância do conceito de representação em trabalho posterior (1998) e o reitera em produções mais recentes (Vergnaud, 2009; Vergnaud, 2012; Vergnaud, 2013), enquanto o próprio Moreira, um dos responsáveis pela divulgação da teoria de Vergnaud no campo do Ensino de Ciências, já destacava essa questão há mais de 20 anos ao apontar essa importante polissemia (Moreira, 2002). Com respeito à segunda observação, há que se tomar cuidado com os ecletismos com que a noção de representação é abordada junto com a teoria dos campos conceituais, tais como a junção da teoria das representações sociais ou mesmo a dos registros representacionais, por exemplo.

Por alguma razão, as publicações mais recentes de Vergnaud sobre o tema (Vergnaud, 2012; Vergnaud, 2013) e o trabalho sobre representação (Vergnaud, 1998) parecem amplamente ignorados nas pesquisas. Nosso objetivo é apresentar o conceito de representação na TCC, de modo a ampliar o uso desse referencial teórico para além da detecção de invariantes operatórios (Greca & Moreira, 2002) e a demonstrar a autossuficiência do conceito na teoria (alertando para a falta de necessidade da construção de ecletismos desnecessários). Para isso, vamos fazer uma retomada da teoria dos campos conceituais antes de colocar em curso a discussão sobre representação nessa visão de mundo.

TEORIA DOS CAMPOS CONCEITUAIS

A teoria dos campos conceituais é uma teoria do desenvolvimento cognitivo. Ela estuda como a cognição dos sujeitos se desenvolve, quantitativamente e qualitativamente, ao longo do tempo e à medida que se confrontam com situações. A perspectiva adotada pelo autor é conceitual e radical, pois ele

considera que o desenvolvimento cognitivo é conceitual ou não é nada (Vergnaud, 2009). Sua relevância para o ensino pode ser destacada por dois aspectos: i) busca ser uma síntese entre a perspectiva piagetiana e a vygotskyana; ii) é mais conveniente que essas duas, para analisar as dificuldades dos estudantes em sala de aula, por considerar o conteúdo específico do conhecimento relacionado ao desenvolvimento¹.

Para Vergnaud (2009), a conceitualização, que significa a identificação de objetos, propriedades e relações no mundo real por meio do uso de conceitos, é o núcleo do desenvolvimento cognitivo. Dessa maneira, desenvolvemo-nos em longo prazo num domínio conceitual específico, o que pode demandar décadas. Exemplo disso são jovens que demoram mais de uma dezena de anos para dominar parte dos campos conceituais que Vergnaud denomina de estruturas multiplicativas e de estruturas aditivas, os quais se referem a conjuntos de problemas que são resolvidos usando uma multiplicação ou uma adição, respectivamente.

Assim, o conhecimento está distribuído para Vergnaud em campos conceituais, conjuntos informais e heterogêneos de situações, conceitos, relações, objetos, operações de pensamento, elementos de sistemas semióticos, invariantes operatórios todos relacionados ao longo do processo (Vergnaud, 2013). Em outras palavras, o campo conceitual é um conjunto de conceitos interligados, pois esses elementos são definidos por Vergnaud como sendo uma trinca de conjuntos: o de situações (S), que torna o conceito útil e significativo; o de invariantes operatórios (I), que constitui o conteúdo do significado desse conceito; o de sistema representacional semiótico (R), constituinte dos sistemas semióticos que servem de significantes desse conceito.

Cabe ressaltar que trazer a relação entre conceito e situação, essa última entendida como problema ou tarefa, evoca algo pouco discutido nas pesquisas em desenvolvimento e aprendizagem, que é a relação problema e conhecimento (Vergnaud, 1990). Tal ideia, que encontra eco na filosofia de Bachelard concebe que todo conhecimento é resposta a um problema (Bachelard, 1996). Nesse sentido, Vergnaud (2007) dirige críticas a Piaget, a Vygotsky e ao próprio Ausubel ao indicar que tais autores usavam como unidade de análise da cognição a relação entre um sujeito cognoscente e um objeto cognoscível quando, na verdade, deveríamos usar a referência a situações por meio de esquemas como unidade adequada, já que elas têm papel crucial no desenvolvimento.

Dito isso, entendemos ser importante trazer um exemplo do campo conceitual das estruturas multiplicativas para ilustrar tais termos de ampla generalidade. Suponha que você esteja entediado em casa e resolva chamar três amigos para passar um final de semana na praia. Suponha que queiram fazer arroz para uma refeição e que precisem de meio quilo de arroz para quatro pessoas em um fim de semana. Considerando que vocês tenham levado a quantidade requerida em um pote, mas que apareceram mais quatro “penetras” e acabaram ficando dois dias a mais na praia, quanto de arroz vocês deveriam ter comprado?

Uma possível resposta a esse problema envolve considerar que se são duas vezes mais pessoas e duas vezes mais dias, a quantidade adequada seria de dois quilogramas (quatro vezes mais a quantidade inicial de meio quilograma). Tecnicamente, a solução pode ser descrita por meio do isomorfismo da função linear, o conteúdo específico central para encontrar a resposta. Aqui, o produto importa menos que o processo, pois é possível demonstrar que essa situação envolve uma multiplicação, por isso que ela está no campo conceitual das estruturas multiplicativas (Vergnaud, 1983). No entanto, existem outros conceitos relacionados a essa situação, como o de fração, o de função linear e o de operador escalar por exemplo. Em nosso caso, para apresentarmos a resposta, utilizamos um sistema semiótico usual, o de linguagem natural, mas poderíamos tê-la expressado usando uma equação matemática da seguinte forma:

¹ Vergnaud afirma que “Neither Piaget nor Vygotsky realized how much **cognitive development depends on situations and on the specific conceptualizations that are required to deal with them**. The theory of stages is not by itself useful to teachers, because it does not offer them any concrete guidelines for teaching. This is the main reason why I have developed the theory of conceptual fields on the basis of both Piaget and Vygotsky’s legacies.” (Vergnaud, 1998, p. 181). Dessa forma, o autor é claro quanto ao seu posicionamento de que Piaget e Vygotsky não deram suficiente atenção ao conteúdo específico da atividade.

$$f(\lambda_1 x_1, \lambda_2 x_2) = \lambda_1 \lambda_2 f(x_1, x_2),$$

onde $f(\lambda_1 x_1, \lambda_2 x_2)$ é a quantidade total de arroz para $\lambda_1 x_1$ dias, $\lambda_2 x_2$ pessoas e $f(x_1, x_2)$ é a quantidade total de arroz para x_1 dias e x_2 pessoas (Moreira, 2002).

Difícilmente os alunos utilizam esse tipo de sistema semiótico para expressar esse tipo de raciocínio. Mesmo em linguagem natural, é mais difícil a formalização da ideia de que a quantidade total de arroz $f(\lambda_1 x_1, \lambda_2 x_2)$ é proporcional ao número de dias quando a quantidade de pessoas é mantida constante e proporcional à quantidade de pessoas quando o número de dias é mantido constante. Tudo isso se dá, pois a referência a objetos, propriedades e relações do mundo real (conceitualização) é operada de diversas formas, numa coletânea muito grande de situações ao longo da vida. Reiteramos: Vergnaud (1990) fala da realização do desenvolvimento cognitivo em períodos de uma década!

Temos notado em artigos da área de educação em ciências uma confusão entre sistemas representacionais semióticos com a representação, algo que não deveria ocorrer. Reafirmando nosso objetivo, começamos aqui discutindo a diferença entre essas duas coisas. Entendemos que Vergnaud pode ter dado a entender em alguns trabalhos (Vergnaud, 1990) a igualdade entre esses dois elementos ao denominar os sistemas semióticos de *representações simbólicas*, mas ele sustenta outro tipo de pensamento em outros artigos posteriores (1998; 2009; 2013). Nosso compromisso nesse manuscrito é o de retomar a teoria dos campos conceituais e reapresentar uma noção de representação compatível com o pensamento de Vergnaud (1998; 2009; 2013). Na sequência, discutimos a primeira diferença entre esses os conceitos de sistema semiótico e de representação. Um aprofundamento maior será realizado em seção separada.

Se, por um lado, um sistema semiótico é um sistema relativamente organizado de símbolos utilizados para simbolizar invariantes operatórios e situações, seja a linguagem natural, seja um diagrama, seja uma equação matemática, a representação, por outro, é entendida aqui como relação entre a atividade do sujeito e as situações em que ela se desenvolve (Vergnaud, 1998). Naturalmente, a representação depende, em partes da mediação desses sistemas semióticos, mas não é idêntica aos signos e símbolos, uma vez que ela envolve aspectos implícitos na ação.

Para Vergnaud (1998), há duas razões pelas quais não podemos descartar o conceito de representação da educação em ciências e matemática: i) experimentamos um fluxo de consciência; ii) a comunicação se dá por meio de símbolos que medeiam a nossa conexão com o real. Cabe ressaltar que a representação não é algo estático, mas um processo dinâmico que deve muito de sua construção à forma pela qual a ação é organizada (Vergnaud, 1998). Isso difere muito da noção do triângulo aristotélico que considera o objeto, o significado do objeto e o símbolo associado ao objeto. Para o autor, essa noção é simplista e não explica a relação entre os conceitos (Vergnaud, 1998).

Para Vergnaud, a representação é baseada não só na ação, mas, também na linguagem (Vergnaud, 1998). Esse ponto de vista reúne, de alguma forma, as visões de Piaget e Vygotsky sobre o desenvolvimento. Vergnaud (2012) denomina a forma de conhecimento presente nos textos de predicativa e a forma de conhecimento incorporada na ação de operatória. Em outras palavras, a representação é tributária tanto da forma predicativa como da forma operatória do conhecimento (Vergnaud, 1998).

Nesse ponto, é produtiva a síntese de Vergnaud, relativa às formas operatória e predicativa do conhecimento (Vergnaud, 2012). O autor as trata como uma unidade, pois são entendidas como inseparáveis. Para ele, embora essas duas formas de conhecimento tenham estados diferentes, ambas compartilham o aspecto de serem conceituais. No exemplo da compra de arroz, citado anteriormente, somente uma parte da solução do problema é expressa linguisticamente, pois grande parte da computação da resposta está implícita na ação.

Para juntar as partes predicativa e operatória do conhecimento, Vergnaud traz a noção de invariante operatório, a base conceitual implícita ou explícita da conceitualização (Vergnaud, 2012; Vergnaud, 2013). Esses são divididos em conceitos-em-ação, que são categorias, predicados, objetos

considerados pertinentes em relação à realidade, e em teoremas-em-ação, proposições tomadas como verdadeiras sobre o real (Vergnaud, 2009). Os invariantes operatórios podem ser explícitos ou implícitos, conscientes ou inconscientes, como expressa Vergnaud (2019). É oportuno que não violamos Vergnaud ao “dividir” a denominação invariantes operatórios para incluir invariantes implícitos e invariantes explícitos.



Figura 1 - Diagrama expressando a relação entre conhecimento predicativo e conhecimento operatório adaptado de Vergnaud (2019)

Nesse sentido, por não haver como reduzir conceitos científicos a outros conceitos, nós devemos fazer a análise do conhecimento dos estudantes em termos dos primeiros (Vergnaud, 1982). Como destaca Vergnaud, é importante estruturarmos os campos conceituais relativos aos campos do conhecimento nos quais desejamos analisar o desenvolvimento cognitivo (Vergnaud, 2009; Pantoja, 2019; Pantoja, 2021a; Pantoja, 2021b). Isso acontece, pois esse processo depende fortemente do conhecimento específico. Portanto, no dizer de Vergnaud (1982), desenvolver estruturas de conhecimento em química não é o mesmo que em biologia, física ou história, por exemplo. Em outras palavras, o desenvolvimento cognitivo é mais bem descrito levando-se em consideração a epistemologia do conhecimento específico. Trata-se, portanto, de uma síntese entre aprendizagem e desenvolvimento, conforme indica o próprio autor.

É importante entender que os invariantes operatórios podem ser simbolizados por meio de linguagem, mas que o que importa neles é seu conteúdo, que pode ser expresso das mais diversas formas. Eles compõem o conteúdo específico dos conceitos e estão explícitos na forma predicativa e implícitos na forma operatória, sejam eles conscientes ou inconscientes (Vergnaud, 2007). Essa é uma das etapas importantes na argumentação de que sistemas semióticos fazem parte da representação e não a totalizam. Outra parte importante no processo representacional se envolve nos invariantes operatórios.

Nesse sentido, passamos a argumentar sobre a forma operatória do conhecimento, implícita na ação. Vergnaud postula que a ação se refere a situações, tais como ter que fazer um salto em altura ou mesmo resolver um problema de matemática, enquanto a linguagem se refere a objetos (Vergnaud, 1998). Portanto, falando de maneira metafórica, é como se mudar da ação para a linguagem fosse necessário “virar uma chavinha” de referência.

Por isso, Vergnaud fala que para analisar a atividade, é importante que tenhamos uma unidade específica para isso. Tal peça é aprimorada de Piaget e se trata do conceito esquema (Vergnaud, 2009). Dessa maneira, entendamos que o esquema se refere a situações, portanto, para avaliar o desenvolvimento cognitivo é importante compreendermos como os esquemas se adaptam a situações. Mas, como Vergnaud (1998; 2009; 2013) define o esquema?

Um esquema possui quatro definições complementares (Vergnaud, 2009): i) é uma totalidade dinâmica funcional; ii) é a organização invariante do comportamento para certa classe de situações; iii) possui metas, invariantes operatórios, regras de ação e possibilidades de inferência; iv) é uma função de um espaço temporalizado de n dimensões (espaço de informação) a um espaço temporalizado de n' dimensões (espaço de ação), onde n e n' são muito grandes.

A primeira definição considera que o esquema é dinâmico, ou seja, ele não é um estereótipo, mas muda com o tempo e conforme a situação. Afinal, contar cinco vacas num pasto não é o mesmo que contar dez pessoas numa sala, embora guardem semelhanças. A segunda é relevante, pois considera o esquema

um universal e, em conjunto com a primeira, torna possível verificá-lo como uma entidade flexível, pois gera atividade para diferentes situações dentro da mesma classe (Vergnaud, 2013). O mesmo exemplo da contagem se aplica para a segunda: se chegar mais uma no pasto ou se sair uma pessoa da sala, o esquema é adaptável.

A terceira definição congrega os elementos do esquema. Toda atividade tem um aspecto intencional, pois é orientada a metas e objetivos, portanto, esses devem ser considerados (Vergnaud, 2009; Vergnaud, 2013). A atividade tem um aspecto gerativo, pois inclui a construção de sequências de ação, o controle e o provisionamento de informação, assim, esse aspecto é levado em conta na admissão de regras de ação condicionais do tipo SE... ENTÃO (Vergnaud, 2009; Vergnaud, 2013). Toda atividade tem também um aspecto computacional, isso é, a atividade é composta de computações a todo momento, ou seja, a produção de raciocínio inferencial, logo o esquema deve permitir a realização de inferências. Por último, toda atividade tem um aspecto epistêmico, de conteúdo específico, que inclui os invariantes operatórios. Passemos a discuti-los.

Os invariantes operatórios compõem o aspecto epistêmico do esquema. Os conceitos-em-ação servem à seleção da informação disponível, além de permitirem a identificação dos objetos, categorias e predicados pertinentes à situação. Já os teoremas-em-ação permitem fazer juízo de verdade ou falsidade, o que concretamente nos permite a computabilidade de informações. Portanto, eles permitem a representação computacional e a constituição de inferências. Tomemos os conceitos-em-ação de triângulo e a ideia de simetria como exemplos. Eles podem formar os teoremas-em-ação: “um triângulo retângulo tem um ângulo de 90 graus” e “a simetria é uma isometria”.

Teoremas-em-ação e conceitos-em-ação não podem ser reduzidos uns aos outros, pois o status de uma proposição inclui julgamento de verdade ou falsidade, enquanto o de uma categoria, objeto ou predicado envolve pertinência. O conceito de elétron não pode ser verdadeiro ou falso, somente pertinente, porém, dizer que “a carga do elétron é igual à carga do próton” tem estatuto de veracidade ou falsidade (Pantoja, 2021a). Nesse caso, vale a última opção, pois, embora o valor numérico da carga do elétron seja idêntico ao do próton, essas cargas elétricas são opostas em sinal. Pode-se ver que conceitos-em-ação constituem teoremas-em-ação e esses constituem os significados daqueles (Vergnaud, 2009). Em suma, os invariantes operatórios compõem dialeticamente o conteúdo dos esquemas.

É importante destacarmos que os estudantes não conseguem explicar, mesmo em linguagem natural, todos os seus teoremas-em-ação e conceitos-em-ação utilizados, embora consigam aplicá-los muito bem em diversas situações. Nesse sentido, uma das metas da educação científica e matemática é construir conceitos e teoremas explícitos/gerais a partir de informações locais (Vergnaud, 2019). O professor deve atuar, portanto, como mediador nesse processo ao explicar procedimentos, propor situações compatíveis com as capacidades cognitivas dos alunos e expressar em diferentes formas linguísticas os diferentes significados dos conceitos científicos (Vergnaud, 2013).

Voltemos à quarta definição do esquema. Ela formaliza o esquema como uma função (mapeamento), o que permite incorporar a noção de computabilidade, uma vez que essa entidade mapeia o espaço de informação no de ação e permite aproximar a noção de esquema da de algoritmo (Vergnaud, 2013). Como estamos partindo do pressuposto de que a representação se relaciona fortemente de um sistema de esquemas, tais estruturas devem garantir a computabilidade da representação por correspondência.

Nesse sentido, algoritmos são regras ou conjuntos de regras efetivos para solucionar uma classe de problemas em um número finito de passos ou para demonstrar que não existe solução (Vergnaud, 1998). A atividade pode, no entanto, levar a canto nenhum ou mesmo pode se dirigir a algo sem solução e, por isso, um algoritmo não pode ser modelo universal para a atividade: deve haver algo mais amplo que ele (Vergnaud, 2009). Existem diversos exemplos de casos, que vemos em nossas salas de aula, nos quais os alunos não chegam a resposta alguma ao resolverem problemas ou usam procedimentos algorítmicos inadequados para determinados problemas (usar regras de três para problemas não-lineares, por exemplo).

Dessa maneira, os algoritmos são esquemas, mas nem todo esquema é um algoritmo. Como existe uma relação de inclusão de classe (com o esquema sendo mais geral que o algoritmo), então devemos ser capazes de incorporar essa característica ao esquema. Cabe destacar que a eficiência dos algoritmos depende, logicamente, dos conceitos e teoremas utilizados (Vergnaud, 2013).

Assim, em virtude de nem sempre alcançarmos a meta desejada ou de nem em todas as vezes conseguirmos provar que a atingiremos num número finito de passos, o esquema se torna o melhor ente para descrever a atividade, pois ele satisfaz essas condições e ainda orienta a atividade. Um algoritmo daria “bug” tentando resolver algo sem solução, isso é, não levaria a atividade a cabo. A regra de três simples é um algoritmo, mas quando esbarramos em um problema conhecido e não conseguimos resolvê-lo, a atividade não é simplesmente interrompida. Dessa maneira, reiteramos de forma alternativa que todo algoritmo é um esquema, mas nem todo esquema é um algoritmo.

Que exemplos poderíamos enumerar de esquemas? Podemos aproximar o esquema do gesto, pois esses são protótipos de esquemas (Vergnaud, 2012). Andar, correr, sentar-se, pegar um objeto numa mesa, no chão, dançar brega ou tango, pular alto, resolver problemas de física ou matemática (Vergnaud, 1998). Todas essas ações envolvem a possibilidade de nos referirmos gestualmente às situações.

Os esquemas perceptivos-gestuais não são estereótipos, são universais eficientes para toda uma classe de situações (Vergnaud, 2012). Se você tiver que andar para atravessar uma ponte e andar por solo firme, naturalmente, são situações diferentes, mas, ainda assim, você ainda tem um esquema adaptável de andar para as duas situações. Há diferentes sequências de ação, provisionamento ou controle, que são ajustadas à situação particular. Na matemática, Vergnaud (1998) cita como exemplos: contar um número de objetos; desenhar uma imagem simétrica de uma figura plana com régua e compasso apenas; desenhar um gráfico ou diagrama.

A maior parte da nossa atividade cognitiva é feita de esquemas cujo conteúdo é dado pelos seus conceitos-em-ação e teoremas-em-ação (Vergnaud, 1998). Tomando o primeiro exemplo da matemática citado anteriormente (contagem), devemos nos lembrar de que contar um conjunto de objetos envolve pelo menos o conceito de correspondência um-a-um e o conceito de número cardinal (Vergnaud, 2012), dois conceitos matemáticos que não podem ser reduzidos a outros mais fundamentais. No caso da simetria, usar régua e compasso envolve no mínimo o uso do conceito de ângulo reto e apropriar-se do teorema de que a simetria conserva ângulos e comprimentos (Vergnaud, 2009).

Após essa introdução da teoria dos campos conceituais (Vergnaud, 1998; Vergnaud, 2009; Vergnaud, 2012; Vergnaud, 2013; Vergnaud, 2019), passaremos à discussão do papel dos sistemas semióticos na representação e distinguiremos esses dois conceitos de forma mais aprofundada.

SISTEMAS SEMIÓTICOS SÃO A MESMA COISA QUE REPRESENTAÇÃO?

Finalmente, após uma reapresentação da teoria dos campos conceituais, chegamos à discussão acerca do papel dos sistemas semióticos e linguísticos no processo representacional. A forma predicativa (explícita e linguística) e a operatória (implícita e ativa) são ambos relevantes na representação. Embora a ação jogue um papel fundamental no processo de conceitualização e desenvolvimento cognitivo, como já nos dizia Piaget, a linguagem não pode ser desconsiderada e, assim, a teoria dos campos conceituais também se torna tributária do legado de Vygotsky (Vergnaud, 2009). Na perspectiva de Vergnaud, assim como na de Piaget, conhecimento é adaptação e isso envolve a lida com problemas e situações novos (Vergnaud, 1996). Mas, como incluir esse último aspecto na discussão?

Devemos considerar, em primeiro lugar, que o estado do conhecimento é diferente quando ele é explícito, justamente porque dessa maneira pode ser comunicado e debatido (Vergnaud, 1990). Dessa maneira, Vergnaud poderia ter proposto uma expressão como invariantes de conhecimento², por exemplo, e

² É sempre bom mencionar que as formas predicativa e operatória ocorrem simultaneamente na ação. A proposição da “separação”

ter traçado uma linha, imaginária, diga-se de passagem, que demarcasse os invariantes operatórios e os invariantes predicativos, já que eles têm status diferentes. No entanto, ele optou por uma denominação mais conveniente que mantivesse suas raízes piagetianas. Nessa veia, um aspecto relevante dos invariantes operatórios explícitos e formalizados, aqueles que assumem a forma de categorias e sentenças científicas, é de a invariância ser mais facilmente reconhecida quando se associa ao uso das mesmas palavras e símbolos (Vergnaud, 1998). Nesse caso, por exemplo, o uso repetido da letra q para denotar a carga elétrica pode ser mais facilmente identificada do que expressões que fiquem subentendidas ou implícitas.

É bom mencionar que a matemática e a física não são linguagens, elas são formas de conhecimento (Vergnaud, 2013). Embora se expressem por meio de sistemas linguísticos e semióticos, tais como equações, gráficos, diagramas, palavras de linguagem natural, o que consideramos “verdadeiro” nesses campos de conhecimento o continua sendo independente da forma pela qual nos referimos a elas (Vergnaud, 1998). Alguém poderia tanto dizer que o “o produto do fluxo do campo elétrico através de uma superfície gaussiana pela permeabilidade do vácuo se iguala à carga elétrica líquida no seu interior” ou expressar isso por meio de uma expressão de fluxo “ $\epsilon_0 \oint \vec{E} \cdot d\vec{S} = q_G$ ”.

Outro elemento relevante é a relação estabelecida em relação a objetos, no caso da forma predicativa. Os textos e sentenças envolvem objetos e predicados em níveis variáveis que dependem das mais distintas condições e circunstâncias, inclusive, eles podem ser mais concretos ou mais abstratos (Vergnaud, 2009). Por exemplo, você pode falar sobre conservação de momentum linear, algo altamente abstrato e geral, ao discutir o movimento de grãos de arroz em um silo, uma contrapartida mais concreta e específica. Por outro lado, os invariantes operatórios têm um escopo de validade pequeno e costumam estar pobremente relacionados uns aos outros, pois costumam ser implícitos (Vergnaud, 1998). No entanto, quando postos na forma de teoremas e conceitos explícitos podem ser ampliados e postos em sistemas fortemente relacionados, como Vygotsky já apontava na sua diferenciação entre conceitos científicos e cotidianos (Vygotsky, 2005).

Por isso, a expressão linguística e simbólica tem um papel central na educação. Existe ainda uma questão importante a ser levada em conta nessa construção: a de que os objetos matemáticos têm status diferentes do ponto de vista conceitual e do ponto de vista linguístico (Vergnaud, 2009). Por exemplo, as crianças costumam usar verbos temporais para discriminar os conceitos de estado inicial e estado final (Vergnaud, 1998), mas estado inicial e final em matemática não necessariamente tem a ver com antes e depois. Deve-se considerar a possibilidade de que a linguagem natural seja responsável por estabelecer correspondência entre distintos sistemas semióticos: é uma das conclusões que Vergnaud chega em sua teoria de representação e referência (Vergnaud, 1998). Portanto, “ler” uma equação mobiliza uma relação entre compreensão matemática e compreensão linguística.

Uma terceira questão que Vergnaud chama atenção é à noção de nível de conceitualização (Vergnaud, 1998; Vergnaud, 2009; Vergnaud, 2013), que está ligada à complexidade com que são expressos os textos. Para exemplificar, trazemos o exemplo clássico que envolve o conceito de simetria, duas situações e quatro proposições, tal como é apresentado em Vergnaud (2009). A primeira das situações requer completar o desenho de uma catedral de maneira que o lado direito seja simétrico ao esquerdo. A segunda situação requer que se desenhe um triângulo A'B'C' simétrico a um triângulo ABC em relação a uma linha d. As duas outras proposições apresentadas em nível de conceitualização maior completam o exemplo a seguir:

- A catedral é simétrica
- O triângulo A'B'C' é simétrico ao triângulo ABC em relação à linha d
- A simetria conserva comprimentos e ângulos
- A simetria é uma isometria

entre invariantes operatórios e invariantes predicativos ocorre somente no sentido de destacar que o estado desses conhecimentos é diferente. Ainda restariam dúvidas e críticas quanto a isso como, por exemplo, são predicativos ou operatórios os conhecimentos implícitos e explicitáveis? Notadamente são operatórios e se tornam predicativos no ato da explicitação frente a algum desequilíbrio.

Na primeira frase, a noção de simetria aparece como predicado de catedral, mas faz referência a esse último objeto (Vergnaud, 2009). Na mudança para a segunda, simetria ainda continua sendo um predicado, mas agora se refere a três objetos: o triângulo A'B'C', o triângulo ABC e a linha d (Vergnaud, 1998; Vergnaud, 2009). Isso implica mudança quantitativa no nível de conceitualização, pois lidar com três objetos é mais difícil que lidar com somente um.

Na mudança da segunda para a terceira afirmação, a simetria, que era um predicado, se transforma num objeto de pensamento cujo predicado é conservar comprimentos e ângulos (Vergnaud, 2009), e essa mudança qualitativa do nível de conceitualização implica em maior dificuldade na compreensão. Por último, existe a relação entre dois objetos de pensamento, na forma de uma inclusão de classe (Vergnaud, 1998). Por mais bonita e erudita que possa parecer a frase, ela pode ser uma “dor de cabeça” para os alunos que a ouvem sem estarem preparados para tal. Nesse sentido, a representação depende, também, do nível de capacidade de explicitação e de clareza dos invariantes operatórios.

No dizer de Vergnaud (1998), quando os invariantes operatórios se expressam e são envolvidos por um conjunto de conceitos e símbolos, o estado cognitivo deles muda para o ponto em que esquemas podem se transformar em algoritmos. Em outras palavras, a capacidade de computabilidade fica mais sistemática que contingente nessas condições (Fanaro, Otero & Moreira, 2009), o que facilita a construção de novos esquemas por parte dos alunos.

Em suma, nessa seção, consideramos as discussões mais recentes de Vergnaud sobre o papel da linguagem na representação, elemento muito relevante para a compreensão de processos psicológicos e educacionais. Ao mesmo tempo, queremos reiterar o papel da forma operatória do conhecimento na representação, haja vista que a maioria dos nossos invariantes operatórios são implícitos e dele depende o processo representacional. Destacamos que: i) o estado do conhecimento é diferente nas formas predicativa e operatória; ii) a forma predicativa faz referência a objetos; iii) objetos científicos diferem do ponto de vista conceitual e do ponto de vista linguístico; iv) o nível de conceitualização deve ser levado em conta; v) a forma predicativa do conhecimento contribui para a sistematização da computabilidade da atividade.

Para concluirmos a seção, a resposta à pergunta feita no início da seção, que questionava se um sistema semiótico é o mesmo que representação, é não! A representação depende dos sistemas semióticos, mas não se iguala a eles, por aquela se tratar de uma noção mais geral que inclui essa. Há que se criticar alguns textos que fazem uma confusão dessas noções, em virtude de Vergnaud (1990) considerar as representações simbólicas (sistemas semióticos) como componentes dos conceitos ao falar do campo conceitual. Espero ter aclarado essa noção. Para completar a discussão, apresentamos a noção de representação que Vergnaud (1998) propõe desde o século XX e que se ampara, de uma forma conveniente, no seio da ciência cognitiva e propondo interessantes ajustamentos a ela.

A NOÇÃO DE REPRESENTAÇÃO NA TEORIA DOS CAMPOS CONCEITUAIS

Ao contrário da ciência cognitiva que, em diversas tentativas, tentou exaurir o conhecimento procedimental ou operatório do seu conteúdo, Vergnaud busca abordar a questão a partir da unidade entre as formas predicativa e operatória (Vergnaud, 2009; Vergnaud, 2013). Entendemos que isso é uma vantagem a favor de Vergnaud, haja vista que grande parte de nosso conhecimento está implícito na ação e desconsiderar seu conteúdo conceitual é contraproducente para a análise da cognição dos sujeitos. Dessa maneira, é importante lembrar que a forma operatória do conhecimento costuma se referir a situações por meio de esquemas enquanto a forma predicativa do conhecimento ocorre por meio da referência a objetos, propriedades, relações e transformações feita via mediação pelo texto (Vergnaud, 1998).

Em segundo lugar, precisamos entender como a forma predicativa e a forma operatória se vinculam para constituir essa unidade. Tal ligação se dá por meio da noção de invariante operatório, uma vez que neles reside o conteúdo conceitual da cognição e são eles que podem ser expressos linguisticamente, o

que implica valor essencial na articulação entre teoria e prática (Vergnaud, 1998; Vergnaud, 2009; Vergnaud, 2012; Vergnaud, 2013; Vergnaud, 2019). Em outras palavras, invariantes operatórios formam parte específica dos esquemas que tornam possível representar objetos, predicados, condições e teoremas, uma vez que constituem a base conceitual explícita ou implícita da conceitualização (Moreira, 2002).

No entanto, transformar invariantes operatórios implícitos em conhecimentos explícitos é algo complexo. Isso ocorre porque é preciso aprender e praticar linguagem natural ou outros sistemas semióticos como os de símbolos e equações matemáticas (Vergnaud, 2009; Vergnaud, 2013). Para aproximarmos mais da realidade, devemos considerar que um sistema semiótico não abarca exatamente o que o indivíduo tem em mente quando lida com uma situação, quando seleciona informação e quando a processa, uma vez que há importantes lacunas entre o que é representado na mente do sujeito e o significado usual das palavras (Vergnaud, 1998). Dito de outra forma, o mapeamento entre informação e linguagem é parcial e possivelmente inadequado.

Outro processo a se considerar é a seleção do que comunicamos aos outros, pois esse processo é ainda mais violento do que a seleção de informações novas (Vergnaud, 1998). Ao produto disso, cunhamos aqui o nome de simbolização. Trata-se da parte predicativa do processo de representação, daquilo que selecionamos apresentar de forma explícita aos outros no processo comunicativo. Entendemos ser oportuno mencionar que ela não totaliza o produto da expressão da representação, pois tem outra parte, dotada de conteúdo, que não é expressa em palavras, mas está implícita na ação. Chamamo-la de gesticulação para acompanhar a nomeação anterior. Embora sejam destacadas como aparentemente separadas, a gesticulação e a simbolização ocorrem de maneira interligada, pois são função dos esquemas (e, pois, dos invariantes operatórios), dos sistemas semióticos, do sistema de conceitos em jogo e, por último, do fluxo de consciência do sujeito.

Quando afirmamos que estamos mirando a representação estamos, muitas vezes, igualando simbolização e representação, enquanto essas duas coisas não são o mesmo. Muitas pessoas achariam absurdo igualar a gesticulação à própria representação, pois a acusação de que a parte predicativa da representação estaria faltando seria razoável para justificar uma redução tão drástica. Na noção representacional de Vergnaud, que depende essencialmente do esquema, temos partes que estão implícitas (Vergnaud, 1998). É possível que o sujeito tenha compreendido algo, mas não consiga expressar isso em termos explícitos³, porém isso não interrompe o processo representativo e tampouco a sua expressão.

Nesse sentido, cabe destacar que invariantes operatórios não são a mesma coisa que os significantes, ou seja, o símbolo, a palavra que simboliza um conteúdo não é a mesma coisa que o conteúdo em si (Vergnaud, 1998). De certa maneira, confundir um sistema semiótico com o processo representacional demonstra incompreensão do referente teórico trazido por esse autor como, por exemplo, os trabalhos dos anos de 1998, 2007, 2009, 2012, 2013, 2019⁴. Não é porque representação é diferente dos sistemas semióticos que esses não têm relevância. Vergnaud (1998) propõe, então, uma alternativa ao conceito do triângulo aristotélico que considera o objeto, o significado do objeto e o significante do objeto por uma sistemática mais complexa em cinco níveis:

- Nível 1: referência dos esquemas às situações;
- Nível 2: referência dos esquemas aos objetos;
- Nível 3: a referência dos esquemas ao significado de um sistema semiótico (não há correspondência um-para-um);
- Nível 4: a relação entre significado e significante (não há correspondência um-para-um);

³ Trata-se de um possível invariante operatório implícito, mas consciente, mesmo que não explicitável.

⁴ O trabalho de 1998 traz a teoria de representação, o de 2007 discute como a TCC é importante para a aprendizagem significativa, o de 2009 reinterpreta a teoria dos campos conceituais e a noção de representação, o de 2012 aborda a forma predicativa e a forma operatória do conhecimento, o de 2013 discute aspectos centrais ao desenvolvimento e à aprendizagem na perspectiva da TCC e o de 2019 traz as perguntas que a TCC quer responder.

- Nível 5: a referência da linguagem natural a outros sistemas semióticos (não há correspondência um-para-um).

Inicialmente, estabelecemos referência à situação por meio do esquema (nível 1), mas em seguida, precisamos lidar com os objetos, o que inclui identificá-los, descrever suas propriedades, suas relações e as transformações usando invariantes operatórios (nível 2). Em outras palavras, precisamos conceitualizar o real. Então, os esquemas se referem ao significado de um sistema semiótico, o que inclui a linguagem natural (nível 3). Na sequência, deve-se considerar a relação entre significado e significante (nível 4). Por último, há o mapeamento entre sistemas semióticos (nível 5), pois a linguagem natural é uma metalinguagem para todos os sistemas semióticos (Vergnaud, 1998). Ou seja, qualquer sistema semiótico tem correspondência no sistema de linguagem natural.

Dessa maneira, é importante que se entenda que um conceito não é uma definição, mas se refere a um conjunto de situações, envolve um conjunto de invariantes operatórios e suas propriedades podem ser expressas usando-se diferentes sistemas linguísticos e simbólicos (Vergnaud, 1990). Nesse sentido, representar um conceito é um processo que pode ser ambíguo, mas, permite a possibilidade de adequação (Vergnaud, 1998). Para Vergnaud, no entanto, o conhecimento não é em essência simbólico e mesmo assim, os símbolos têm papel relevante no pensamento (Vergnaud, 2009). Para ele, o reconhecimento de invariantes na ação e na percepção, além da construção progressiva de objetos de alto nível e predicados são os aspectos mais essenciais do conhecimento (Vergnaud, 1998).

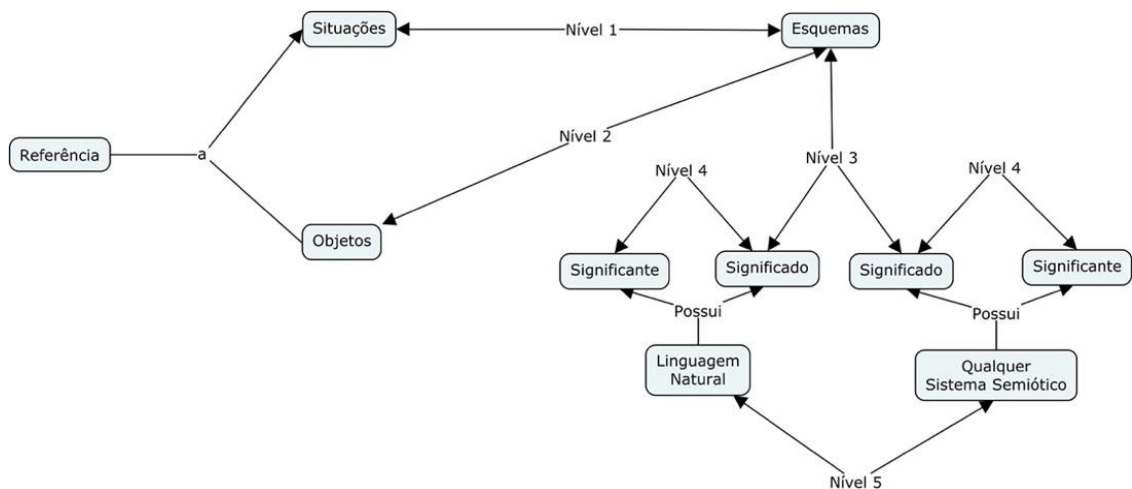


Figura 2 – Diagrama de referência à realidade: adaptado de Vergnaud (1998)

Disso decorre que a representação nos permite antecipar eventos e gerar comportamentos para alcançar efeitos positivos e evitar efeitos negativos. É nesse sentido que produzimos gestos e ações no mundo físico e social, bem como o comportamento verbal e a interação social. Entendemos que a ação social tem mecanismos de mediação por meio de símbolos que permitem a interação social e a constituição de esquemas que são alterados por isso. O mesmo acontece para as emoções, mas não é escopo desse trabalho debater isso.

RELAÇÃO ENTRE REPRESENTAÇÃO E REALIDADE

Vergnaud trata a representação e a realidade de forma similar a que trata a relação entre conjuntos matemáticos. Nesse sentido, a representação é produto de um mapeamento a partir da realidade. Vergnaud (1998) traça uma relação de homomorfismo entre esses dois domínios. Matematicamente, trata-se de uma aplicação que preserva a estrutura entre duas estruturas algébricas. Dito de outra forma, o processo

cognitivo preserva a estrutura da realidade na construção da representação. Considerando a noção de que a função é a relação entre dois conjuntos que leva cada elemento do domínio a pelo menos um no contradomínio, produzindo uma imagem (Iezzi & Murakami, 1993). Matematicamente o homomorfismo pode ser um:

- Isomorfismo, um homomorfismo bijetor;
- Epimorfismo, um homomorfismo sobrejetor;
- Monomorfismo, um homomorfismo injetor;
- Automorfismo, o isomorfismo de um objeto em si mesmo.

No isomorfismo, para cada elemento da realidade existe um, e somente um, na representação de forma a construir uma relação biunívoca entre esses dois conjuntos. Assim, a realidade é mapeada na representação de maneira análoga. Nesse caso, cada elemento da realidade produz uma imagem na representação, em outras palavras, qualquer elemento do real é representável por meio de processo cognitivo. Os modelos mentais seriam mapeamentos desse tipo, pois são análogos estruturais dos estados de coisas do mundo (Greca & Moreira, 2002).

No epimorfismo para cada elemento da realidade existe pelo menos um na representação e os elementos da representação são sempre imagem do conjunto realidade. Isso é facilmente visível quando associamos dois símbolos distintos à mesma coisa. Nesse sentido, é curioso como as letras gregas θ e φ são usadas corriqueiramente para simbolizar coordenadas esféricas, mas, em algumas literaturas aparecem trocadas. O ângulo polar e o ângulo azimutal podem se simbolizados ou por θ ou por φ , dependendo do autor que atribua o significado ao elemento semiótico em questão.

No monomorfismo, para cada elemento na realidade existe um único elemento na representação, mas existem elementos na realidade que não possuem correspondência na representação. Lembra-nos da noção de real de Lacan (Zimmerman, 2007), aquilo que não pode ser nomeado, mas, claro que em outra perspectiva epistemológica, logicamente. Outro exemplo interessante são aquelas pessoas que simplesmente não conseguem representar um objeto por meio de uma representação matemática, mas o conseguem fazer por meio de linguagem natural, por exemplo. Nesse sentido, os sistemas semióticos de equações não existem na representação desse sujeito, mas os de linguagem natural, sim.

Vergnaud trata a relação entre representação e realidade como homomorfismo, pois a representação não é adequada em todos os aspectos, mas o é em alguns relevantes (Vergnaud, 1998). Nesse sentido, os símbolos linguísticos e semióticos não podem ser totalmente inadequados aos invariantes operatórios, caso contrário a comunicação seria impossível (Vergnaud, 1998). Assim, a relação de homomorfismo entre realidade e representação, que preserva a estrutura dessa, para relações predicativas leva aos casos:

- Unitário: $P(x) \rightarrow P'(x')$
- Binário: $R_2(x, y) \rightarrow R'_2(x', y')$
- Ternário: $R_3(x, y, z) \rightarrow R'_3(x', y', z')$

Vergnaud (1998) mostra que para o caso especial do predicado ternário da lei binária de combinação, a relação de homomorfismo permite simular eficientemente a realidade, para qualquer que seja a regra de combinação e os elementos em questão, desde que haja imagens adequadas na representação. Isso ocorre, pois formar representações de dois objetos x e y e então combiná-las com a operação apropriada é o mesmo que combinar os objetos de acordo com a operação e, então, formar a representação:

$$I. z = x \perp y \rightarrow z' = x'Ty'$$

II. Se se simboliza a função de representação por f , então: $x' = f(x); y' = f(y); z' = f(z)$

III. Disso, deriva-se que: $z' = x'Ty' \rightarrow f(x \perp y) = f(x)Tf(y)$

Nesse caso, se z equivale a uma operação entre x e y , então no espaço homomórfico, existe uma operação equivalente que relaciona os objetos z' , x' e y' dessa forma. Aplicando funções desses objetos, chega-se à mesma conclusão de homologia entre os dois espaços.

Vergnaud (1998) indica o exemplo da contagem como caso concreto dessa implicação. Todos sabemos que contar dois conjuntos e adicionar os cardinais é o mesmo que realizar a união em primeiro lugar e efetuar a contagem posteriormente. Isso prova, ademais, que as quantidades podem ser representadas por números, o que sustenta o argumento de que esse tipo de representação é eficiente. Nesse sentido, para predicados unitários, o principal papel da representação é tornar possível a categorização de objetos em classes e, então, operar nessas classes de diversas formas (Vergnaud, 1998).

No entanto, para o caso de predicados binários, a questão fica um pouco mais difícil, pois há relações diferentes (Vergnaud, 1998), tais como:

- Transitividade: $A < B \ \& \ B < C \rightarrow A < C$
- Antissimetria: $A < B \rightarrow B > A$
- Simetria: $A = B \rightarrow B = A$
- Condições mistas: $A < B \ \& \ B = C \rightarrow A < C$

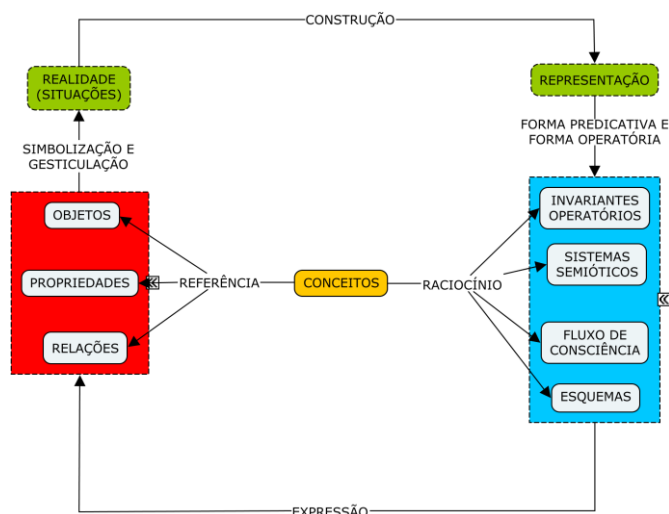
A noção de homomorfismo nos ajuda a entender como adequada ou parcialmente adequada a representação ainda nos dá poder de computar efeitos reais como, por exemplo, o uso de sistemas simbólicos que nos ajudam a raciocinar ou computar (algoritmo da adição ou tabela de dupla entrada, por exemplo). No caso da tabela de dupla entrada, principalmente, as propriedades do plano nos dão um sistema simbólico homomórfico aos ingredientes conceituais da tabela: tanto os movimentos de descida e subida, como os de ir para a esquerda ou para a direita, na tabela, correspondem a operações de mesma estrutura no processo quantitativo (Vergnaud, 1998).

Sugerimos, ainda, que o processo de expressão da representação envolva um segundo mapeamento da representação na realidade (figura 3). Essencialmente, é esse o processo ao qual temos acesso metodológico para estudar as representações de alunos na sala de aula. O que complica isso é o fato de a expressão da representação ter duas formas integradas em uma unidade, a saber, a gesticulação e a simbolização. Ambos dão vistas interrelacionadas do processo de representação, mas não são esse processo, pois resultam da externalização da representação, o que inclui, uma seleção, explícita ou não, consciente ou não, de determinados elementos do que é representado. Debateremos a questão dos aspectos metodológicos nas implicações didáticas.

À guisa de conclusão, trazemos os ingredientes que Vergnaud propõem em trabalhos mais recentes que os em que introduz a teoria dos campos conceituais (Vergnaud, 1998; Vergnaud, 2009; Vergnaud, 2013) para a construção do conceito de representação. Uma representação inclui, portanto:

- Fluxo de consciência;
- Conceitos e categorias;
- Sistemas semióticos;
- Esquemas.

Figura 3: relação de mapeamento realidade-representação-realidade



Segundo Vergnaud (2013), cada sujeito experimenta o fluxo de consciência e, embora isso não seja suficiente como prova do processo representacional, é algo que não pode ser deixado de ser considerado. O autor indica que o fluxo de imagens de diversas naturezas em nossa mente, produzido enquanto acordados ou mesmo dormindo, se manifesta assim como a consciência dos próprios gestos e palavras que algumas vezes são apenas esboçadas na mente (Vergnaud, 2009). Para ele, o fluxo de consciência é dependente, em partes, de percepção, que não é função somente de processos neurobiológicos, mas, também da identificação de objetos, propriedades e relações por meio de conceitos e categorias (Vergnaud, 2009; Vergnaud, 2013). Por outro lado, o fluxo de consciência é também função da imaginação, que envolve a evocação de objetos, propriedades e categorias na ausência deles, tal como acontece com a maioria dos conceitos científicos (Vergnaud, 2013). É importante destacar que a importância atribuída à consciência não é contraditória com a possibilidade (usual) de fenômenos inconscientes e que a consciência não se reduz à *awareness*⁵ (Vergnaud, 2009).

Quanto aos conceitos e categorias, refere-se a eles em sentido geral, de maneira a reconciliar conceitos como objetos de pensamento explícito e conceitos-em-ação e, a propósito, Vergnaud destaca porque usa tanto a noção de invariante operatório⁶ (Vergnaud, 2009). Os invariantes operatórios e conceitos são dotados de conteúdo e são importantes para a percepção e para a imaginação, mesmo que não tenhamos palavras para nos referir a eles (Vergnaud, 2013). Podemos relacionar o conteúdo dos invariantes operatórios em uma relação ternária, que os envolve em conjunto com os significados e os significantes. Dessa maneira, reiteramos, assim como faz Vergnaud, que não podemos confundir conceitos, símbolos e representações (Vergnaud, 2009).

Os sistemas semióticos têm uma função primordial à comunicação (Vergnaud, 2009) e transmissão da cultura (Vergnaud, 2008; Vygotsky, 2005). Ademais, a organização semiótica da linguagem tem um papel nesse sentido, pois, por meio dela, pode-se analisar de forma mais eficiente os objetos, propriedades e relações em uma situação (Vergnaud, 2009), bem como sistematizar a computação da atividade, tal como foi apontado na seção em que abordamos o papel dos sistemas semióticos do ponto de vista desse autor. Ademais, o processo representacional confia na referência indireta a objetos inacessíveis à percepção (imaginação) e a maneira pela qual podemos manipulá-los ao invés de operar diretamente sobre o mundo introduz um componente de mediação linguística (Vergnaud, 2013; Vygotsky, 2005). Isso é importante para o desenvolvimento das funções mentais superiores humanas como, por exemplo, a capacidade de planejar, prever e teorizar (Vergnaud, 2013).

⁵ Palavra sem correspondente direto no português, muito utilizada como conceito na Gestalt-terapia (Perls, Hefferline & Goodman, 1997), significa uma súbita tomada de consciência no aqui-e-agora.

⁶ Essa é mais uma razão pela qual seria útil falar em invariantes de conhecimento, sejam eles explícitos ou implícitos.

Por último, é importante considerar os esquemas, pois a representação é uma atividade dinâmica e não um epifenômeno que acompanha a atividade sem alimentá-la ou dirigi-la (Vergnaud, 2009). Ela não é um dicionário ou biblioteca de sistemas semióticos apenas, mas um recurso funcional e um conjunto de formas de organização da atividade (Vergnaud, 2013). O fluxo de consciência é parte que acompanha a atividade, mas somente parcialmente (Vergnaud, 2009). Os invariantes operatórios são essenciais aos esquemas, mas não totalizam a representação, embora cumpram função epistêmica (Vergnaud, 2013). Portanto, a forma operatória do conhecimento deve ser levada em conta como componente da representação (Vergnaud, 2009). Ainda é preciso considerar que a representação se relaciona ao estabelecimento de metas, da relevância da informação aprovionada, bem como aos controles dos efeitos da ação (Vergnaud, 2009) e à sua computabilidade (Vergnaud, 2013). A estrutura da consciência é diferente da estrutura da atividade, pois estamos conscientes das propriedades mais relevantes dos objetos, mas mais ou menos ignorantes sobre a maneira pela qual a atividade é gerada e esquemas são ativados (Vergnaud, 2009). É isso que permite a improvisação e a contingência, pois esquemas são trazidos à tona sob aspectos contingentes das situações, o que Vergnaud chama de caráter recíproco da função adaptava do esquema (Vergnaud, 2009) e, pois, da representação.

CONCLUSÕES E IMPLICAÇÕES DIDÁTICAS

Esse trabalho teve como objetivo central discutir o conceito de representação na teoria dos campos conceituais, de maneira a ampliar o uso desse referencial teórico para além da detecção de invariantes operatórios e demonstrar a autossuficiência da noção de representação na TCC (chamando atenção para ecletismos desnecessários resultantes da junção da TCC com outras teorias versando sobre representação). Para alcançá-lo, discutimos de maneira geral a teoria dos campos conceituais, distinguimos os conceitos de sistema semiótico e de representação, apresentamos a noção de representação na teoria dos campos conceituais e abordamos uma relação entre representação e realidade, de acordo com a teoria de Vergnaud. Agora, finalizaremos a discussão relacionando esses pontos à pesquisa em ensino de ciências.

Começamos abordando a questão de ir além da detecção de invariantes operatórios, pois ela parece ser recorrente nas revisões de literatura trazidas no texto (Cunha & Ferreira, 2020; Heusy, Galke & Rocha, 2022). As questões de pesquisa propostas por muitas delas são do tipo “quais invariantes operatórios são possivelmente utilizados pelos estudantes em determinado conteúdo?”. Não se trata de invalidar ou diminuir esses trabalhos, pois tais investigações possuem boa estruturação teórico-metodológica e contribuem para o desenvolvimento de conhecimento na área. Naturalmente, elas são necessárias, no entanto, não podem constituir a única meta da pesquisa em conceitualização.

Entendemos que o conceito de invariante operatório é, sim, central à questão. Trata-se da base conceitual explícita e implícita da conceitualização, o elemento que permite o vínculo entre a forma operatória e a forma predicativa da cognição e é, ainda, o que possibilita o sujeito estar em atividade, conclui-la e generalizar seus resultados para outras situações de mesma classe. Por exemplo, os conceitos-em-ação de cardinal e ordinal em tarefas de contagem são dois dos constituintes de um esquema que se endereça universalmente a esse tipo de situação (Vergnaud, 2009). Isso é o que nos permite contar crianças numa sala ou vacas num pasto: embora as situações sejam diferentes, o esquema se adapta para ambos os casos, pois ambos estão na mesma classe de problemas (contagem).

Na teoria da representação de Vergnaud, os invariantes operatórios têm papel relevante como um dos eixos estruturantes, pois uma representação depende, essencialmente, do fluxo de consciência, de um sistema de esquemas, de um sistema linguístico-semiótico e, naturalmente, desses invariantes operatórios (Vergnaud, 1998). Tais invariantes operatórios são construídos e mobilizados quando um sujeito se defronta com uma situação e, ademais, são fortemente vinculados a conteúdos específicos (Vergnaud, 2009; Vergnaud, 2013). Eles podem ser entendidos como teoremas-em-ação e conceitos-em-ação que são, respectivamente, proposições tomadas como verdadeiras sobre o real e categorias consideradas como pertinentes (Vergnaud, 2009).

Nesse sentido, uma ampliação do uso da teoria dos campos conceituais de Vergnaud para além da detecção de invariantes operatórios pode ser pensada a partir do conceito de representação vinculado a esse referencial teórico. Isso pode ser feito de diversas formas, uma vez que esse conceito se estrutura em torno dos quatro eixos apresentados anteriormente: i) invariantes operatórios; ii) sistemas semióticos; iii)

esquemas; iv) fluxo de consciência (percepção e imaginação). Na sequência, discutimos como cada uma dessas dimensões pode ser relacionada ao conceito de invariante operatório.

Vergnaud relaciona o ubíquo fluxo de consciência a dois outros conceitos mais básicos, o de imaginação e o de percepção. Como foi afirmado, o conceito de percepção se relaciona ao processo de conceitualização, pois envolve a identificação de objetos, propriedades e relações do mundo real (fortemente ancorada nos invariantes operatórios) após a chegada de informação exterior, que dele provém, no cérebro. Por outro lado, nem todo processo pode ser percebido: um elétron, por exemplo, é algo imaginado, mas não pode ser visto ou ouvido, nem sentido por meio tátil, olfativo ou gustativo (somente em sentido amplo, pois tocamos, cheiramos e provamos coisas que contém elétrons). Portanto, no ensino de Ciências, a formação de conceitos envolve também forte componente imaginativo (Vergnaud, 2009). Estudar o processo de conceitualização em situação está relacionado, então, a entender como os alunos percebem e imaginam o mundo, bem como conseguem relacionar esses dois processos. A análise da representação-em-situação é, então, primordial para a realização desse tipo de pesquisa. As situações também podem ser dos mais variados tipos: o que importa como os estudantes desenvolvem conceitualizações em situações. Afinal, é a conceitualização que relaciona invariantes operatórios à percepção e à imaginação.

Com respeito ao papel dos esquemas na representação, poucos estudos têm-se debruçado em estudá-los e analisar como eles evoluem no longo prazo. Citamos os estudos de Pantoja e Moreira (2019, 2020, 2021), de Llancaqueo, Lebrecht e Jiménez-Gallardo (2013) e de Carvalho Junior e Aguiar Junior (2008), que buscaram entender como os conhecimentos dos estudantes evoluíam no largo prazo. Pantoja e Moreira (2019, 2020, 2021) usaram abordagens de cerca de 10-12 aulas cada, totalizando um semestre nos três trabalhos, Llancaqueo, Lebrecht e Jiménez-Gallardo (2013) analisaram dados de um semestre, enquanto Carvalho Junior e Aguiar Junior (2008) miraram numa sequência de 24 aulas. Estudos enfocando nos esquemas são tão ou mais importantes que os estudos de identificação de invariantes operatórios, pois precisam indicar os teoremas-em-ação e conceitos-em-ação dos estudantes como etapa necessária, já que os esquemas possuem invariantes operatórios como ingredientes (Vergnaud, 2009; Vergnaud, 1998). Ainda, esses estudos contribuem fortemente para a avaliação de processos de mudança ou evolução conceitual das representações.

Outro possível eixo de pesquisa é o papel dos professores e professoras nos processos didáticos. Como docentes, desenvolvemos atos de mediação⁷ (Vergnaud, 1998; 2009; 2013), pois ajudamos os alunos a desenvolverem o processo representacional que depende, essencialmente, dos quatro fatores supracitados (Vergnaud, 2013). Nesse sentido, apontaremos um a um:

- Propor situações frutíferas aos estudantes, ou seja, aquelas que se situam na zona de desenvolvimento proximal desses;
- Uso de sistemas semióticos variados para explicar, perguntar, selecionar informação, propor metas, expectativas, regras, planos, et cetera;
- Mediação na construção de novos invariantes operatórios;
- Auxiliar na construção de novos esquemas.

Esses atos de mediação acontecem quando o professor se utiliza da mediação no plano interpsicológico para facilitar a interação entre o esquema dos alunos (que são formas de atividade) e as situações propostas, muitas vezes, por meio de linguagem. Para promovê-los, ele pode (Vergnaud, 2009, 2013):

- Clarificar as metas a serem alcançadas, prover modelos de ação, contribuir para a escolha da informação relevante e a raciocinar com ela;
- Propor situações numa ordem particular, compatível com o conhecimento prévio dos alunos, com explicação e níveis de dificuldades específicos para o contexto;
- Promover o desenvolvimento de esquemas na zona de desenvolvimento proximal;

⁷ “Similarly, it is no longer possible to pass over the idea of mediation, with the **double meaning** which Vygotsky attributed to it: **the teacher is a mediator, language is also a mediator**” (Vergnaud, 1996 – grifo nosso)

- Trabalhar uma grande diversidade de situações, procedimentos, significados e símbolos visando apropriação e domínio de partes de um campo conceitual por parte dos alunos.

Nesse sentido, as pesquisas em conceitualização que, em geral, são feitas no campo das didáticas específicas podem, no futuro, focar em como os atos de mediação, nas relações estabelecidas entre professor-aluno-conhecimento, facilitam processos de construção de novos esquemas, novos invariantes operatórios e o domínio de novos sistemas semióticos. As possibilidades de pesquisa envolvem investigar como os docentes interagem com os alunos para compreender aspectos tais como: i) quais sistemas semióticos são mais eficazes para facilitar o domínio de um campo conceitual?; ii) como os docentes empregam diferentes sistemas semióticos para a constituição desses atos de mediação?; iii) como os discentes se apropriam desses sistemas semióticos para expressar seus invariantes operatórios? iv) que novos invariantes operatórios decorrem do emprego desses atos de mediação?; v) que esquemas são desenvolvidos nesse processo? Essas perguntas recrutam os eixos apresentados do conceito de representação.

Investigações desse tipo não requerem somente o uso de uma “estratégia didática inovadora” e análise dos invariantes operatórios que resultam dessa interação. Nesse caso, seria fundamental dar atenção especial ao primeiro ato de mediação e este requer, necessariamente, a classificação de situações de determinado campo conceitual (Pantoja, 2019; Pantoja, 2021a; Pantoja, 2021b; Vergnaud, 1983), algo ainda pouco explorado na literatura da pesquisa em ensino, sobretudo no campo das Ciências. No caso da educação matemática, existem referências de longa data sobre a classificação de situações de Vergnaud sobre as estruturas aditivas (Vergnaud, 1982) e multiplicativas (Vergnaud, 1983). Nesse sentido, é preciso levar em conta o caráter referencial dos conceitos nas investigações, haja vista que as representações vão depender fortemente de como são colocadas as situações.

Além de classificar problemas, é preciso fazer experimentos pedagógicos que mostrem como os alunos mobilizam invariantes operatórios e sistemas semióticos para dominar diferentes classes de situações. No caso da matemática, o exemplo clássico é derivado do trabalho de Vergnaud (1982): mesmo em problemas que requerem uma soma, a forma com que a situação é estruturada mobiliza diferentes invariantes operatórios e, portanto, essa estruturação resulta em um problema mais difícil. No caso em questão, Vergnaud traz dois diferentes problemas: “*problema A - há 4 garotos e 7 garotas ao redor de uma mesa. Quantas crianças há no total?; problema B: John gastou 4 francos. Ele agora tem 7 francos no seu bolso. Quanto ele tinha antes?*” (Vergnaud, 1982). Nos dois casos, o problema se resolve com uma simples adição do tipo 4+7, mas o problema B só é resolvido um ou dois anos depois do problema A, o que mostra sua dificuldade intrínseca, em virtude de mobilizar mais invariantes operatórios (Pantoja, 2021a).

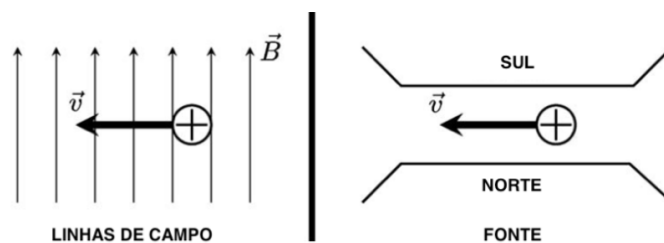
Um exemplo na Física pode ilustrar bem o caráter situacional da representação. Embora a tendência dos estudos realizados, em nível internacional, tenha seguido os moldes dos trabalhos de Guisasola, Almudí e Zuza (2011), que focam essencialmente na caracterização das ideias dos estudantes independente das situações (interação sujeito-objeto), existe um pequeno conjunto de pesquisas, tais como as de Scaife e Heckler (2010), que parecem levar em conta essa questão, pois analisam a problemática em termos de experimentos pedagógicos em que fazem mudanças nas situações e analisam a conceitualização resultante dos alunos (interação esquema-situação).

No primeiro dos trabalhos citados, os autores trazem o interessante resultado de que os alunos costumam ter dificuldades, no campo conceitual da indução eletromagnética, em explicar o mesmo fenômeno de maneira microscópica, mas não quando a pergunta se endereça a uma explicação macroscópica (Pantoja, 2021a; Guisasola, Almudí & Zuza, 2011). Repare que o único parâmetro variado entre as duas situações foi a forma pela qual foi feita a pergunta (por isso, há a mobilização de outros invariantes operatórios). Por outro lado, Scaife e Heckler (2010) demonstram que a compreensão de uma interação magnética entre uma carga elétrica em movimento e uma fonte de campo magnético é dificultada quando a fonte é explicitada (e ficam implícitas as linhas de campo), em comparação com quando as linhas de campo são apresentadas explicitamente (e ficam implícitas as fontes do campo). No caso de Scaife e

Heckler (2010), a mudança de situação aconteceu no sistema semiótico usado para representar o problema, tal como pode ser visto na figura 4. Naturalmente, o sistema semiótico escolhido influencia na representação.

Em nossa forma de compreender, o que há de fator integrativo desses dados é o de que a despeito da qualidade teórico-metodológica do trabalho de Guisasola, Almudí e Zuza (2011), eles não deram a atenção devida ao caráter situacional (referencial) da representação e da conceitualização. Os esquemas se referem a situações (o primeiro nível da referência conceitual apresentado na figura 2) e, naturalmente, se a situação muda, o esquema tende a se adaptar a ela, ou seja, tende a mudar também. Dessa maneira, pedir uma explicação microscópica requer a utilização de um esquema diferente daquele (embora integrável ao) que traz uma explicação macroscópica. Sem contar que requer diferentes grandezas: no caso do fluxo magnético, temos um escalar; já, no caso da força magnética, por exemplo, temos um vetor e todos esses conceitos recrutam diferentes elementos semióticos. Scaife e Heckler (2010) chamam atenção para esse fato, mesmo que não usem a teoria dos campos conceituais.

Figura 4: Carga elétrica pontual movendo-se com velocidade constante em um campo magnético simbolizado de duas formas: por linhas de campo (esquerda); por explicitação da fonte (direita). Adaptado de Scaife e Heckler (2010).



Destacamos, mais uma vez, que a teoria dos campos conceituais reserva um papel importantíssimo aos sistemas semióticos e à forma predicativa do conhecimento na atividade. Para isso, não basta apontar que a noção de conceito de Vergnaud leva em consideração o significativo dos conceitos (os sistemas semióticos) na sua definição. É preciso elaborar e discutir isso de maneira mais detalhada, tal como feito nesse manuscrito, a partir do pensamento de Vergnaud. Nesse sentido, indicou-se cinco elementos centrais nessa questão, quais sejam: i) a diferença entre as formas predicativa e operatória; ii) a referência da forma predicativa do conhecimento aos objetos; iii) a diferença conceitual e linguística dos objetos científicos; iv) as variações no nível de conceitualização de enunciados apresentados e expressos pelos alunos; v) a contribuição da forma predicativa do conhecimento para a sistemática da atividade e sua computabilidade. Ainda, nesse manuscrito, chegamos à conclusão de que a representação não é idêntica aos sistemas semióticos, mas se nutre deles para existir.

Em nossa discussão, chegamos à conclusão de que o conhecimento explícito (seja ou não formal) é expresso por meio de sistemas semióticos. Essa expressão revela um processo de mapeamento da representação na realidade e pode ser entendida como a simbolização. Por exemplo, quando usamos uma equação, frases, diagramas ou outros elementos linguísticos, estamos selecionando elementos predicativos na nossa representação. Mas, em Vergnaud, grande parte do processo de representação é implícito. Dessa maneira, não se pode confundir o conceito de representação com o de sistema semiótico, com a combinação entre significado e significativo, ou sequer com a simbolização, pois esses são explícitos. A representação envolve um mapeamento dinâmico e computável da realidade internamente e, nesse sentido, a forma operatória da cognição é também importante. Na expressão da representação, a gesticulação, que é o correspondente expressivo da forma operatória do conhecimento, não pode ser desconsiderada se quisermos uma compreensão mais profunda da atividade dos sujeitos-em-situação.

Como Vergnaud aponta, o caráter do conhecimento muda quando ele é explicitado (Vergnaud, 1998), pois pode ser debatido. Dessa maneira, um invariante operatório explícito é qualitativamente diferente de um implícito, pois, pode ser enriquecido por meio de linguagem e discussão, o que não acontece com um invariante operatório implícito, que só pode ser elaborado no confronto com diversas

situações, até que seja finalmente explicitado por meio da relação estabelecida com elementos de um sistema semiótico ou por meio de uma tomada de consciência linguística. Ademais, a maneira com que a representação se refere à realidade na forma predicativa do conhecimento pressupõe referência a objetos e a sistemas semióticos, enquanto a forma operatória se refere a situações (figura 2), o que configura uma diferença no nível de conceitualização que ocorre na atividade do sujeito-em-situação.

Nesse sentido, é possível realizarmos o do estudo de apropriação de sistemas linguísticos e semióticos por parte dos sujeitos buscando domínio de um campo conceitual. Assim, poderíamos fazer-nos diversas perguntas tais como, por exemplo: como a linguagem é usada para a sistematização da conceitualização⁸?; que tipos de sistemas linguísticos e semióticos contribuem para que os estudantes consigam explicitar seus invariantes operatórios?; sob que condições os estudantes tornam-se capazes de dominar níveis mais avançados de conceitualização e usar sistemas semióticos mais complexos? como a forma predicativa da cognição interfere na operatória (e vice-versa)?

A produção da expressão da representação pressupõe sua construção: ambas possuem uma forma predicativa e operatória que compõem uma unidade (uma não existe sem a outra). No processo expressivo, explicitamos, de maneira formal ou não, um aspecto parcial do produto da construção representativa. Para tomar um exemplo, usemos a linguagem natural, que é um sistema semiótico explícito (predicativo), mas não formalizado. Quando a usamos para expressar uma representação, estamos usando a simbolização (parte explícita da expressão). Faltaria analisar a gesticulação. Para destacar a importância da última para o processo de expressão da representação, basta lembrarmos das pessoas que complementam o conteúdo da fala “falando com as mãos”. Logicamente, o conceito de gesticulação é mais amplo que o exemplo pode mostrar, mas esse caso particular ilustra muito bem o poder explicativo desse conceito. Ainda, o processo de expressão é sempre uma redução, pois por mais que introduzamos a forma operatória no jogo, expressar uma representação envolve sempre uma seleção do que será apresentado dela.

Um aspecto metodológico relevante é o de que nós inferimos representações a partir de símbolos resultantes de um processo de simbolização. Não temos acesso direto às representações dos sujeitos, pois se trata de um processo privado. Devemos lembrar que a simbolização envolve um novo mapeamento da representação onde partes relevantes são escolhidas para ficar de fora ou são desconsideradas, mas o que sobra é algo explícito expresso como um elemento de um sistema semiótico. No entanto, é preciso lembrarmos-nos que a construção da representação é operatória e essa parcela (Vernaud a considera a maior parte) não é esvaziada de conceitos. Portanto, a gesticulação tem um aspecto importante na atividade e, assim, na representação e na sua expressão. Sob tal perspectiva, Trevisan, Serrano, Wolff e Ramos (2019) trazem o uso da metodologia Report Aloud, que junta o *think aloud* com a *depictive gestural analysis*, o que parece ser uma metodologia fortemente compatível com essa proposta por juntar aspectos de simbolização e de gesticulação numa unidade de análise.

Ainda no que tange à gesticulação, ela surge de maneira natural nessa teoria de representação como vinculada à forma operatória do conhecimento. Mais precisamente, indicamos que a representação e a realidade têm uma relação de mapeamento: primeiro mapeamos a realidade na representação e depois, no processo comunicativo, realizamos um segundo mapeamento, mais drástico, da representação na realidade. Essa expressão é dupla, tanto predicativa (simbolização) como operatória (gesticulação), mas sempre vem de maneira integrada. Nesse sentido, a teoria dos campos conceituais com seu conceito de representação pode prover referencial teórico relevante para contribuir nos crescentes estudos sobre o tema da gesticulação (Freitas & Andrade Neto, 2023). A gesticulação requer o uso de invariantes operatórios, é gerada por meio de um esquema e se realiza por meio do fluxo de consciência, portanto, é um tema que pode ser amplamente explorado.

É importante lembrarmos, ainda, que os conceitos científicos e os conceitos escolares são explícitos e formalizados, portanto, se ancoram fortemente em sistemas semióticos. Aprender esses conceitos requer um forte apelo à forma predicativa do conhecimento, mas a maior parte da nossa ação é operatória.

⁸ Em outras palavras, qual a influência da linguagem na construção de esquemas

Portanto, articular as formas predicativa e operatória do conhecimento é necessário e as possibilidades de pesquisas que buscam a relação entre representação, invariante operatório e sistema semiótico perpassam, necessariamente, por articular, também, a forma com que o processo de construção representacional resulta em uma expressão da representação. Em outras palavras, como é possível articular a forma operatória e a forma predicativa do conhecimento tanto na construção de representações como na sua expressão? Outra pergunta relevante é, como a gesticulação e a simbolização estão relacionadas em situação?

É preciso que tenhamos, ainda, maior atenção ao ecletismo que se difunde na área. Parece haver uma preocupação em buscar, acriticamente, aproximações e distanciamentos entre teorias, tal como tem sido feito entre a teoria dos campos conceituais e outros aportes que, isoladamente, também podem dar boas explicações para os processos cognitivos, sobretudo, na educação matemática. Em uma intenção de contribuir para a área, confundem-se conceitos e esfacelam-se, pouco a pouco, diversas vertentes de pensamento que poderiam ser melhoradas cada uma à sua vez e com os referentes epistemológicos mais compatíveis com elas.

Esse trabalho busca chamar atenção para o fato de que a noção de representação não só é bem definida em Vergnaud (1998, 2009, 2012, 2013, 2019) como nos permite enxergar os processos de desenvolvimento cognitivo humano associadas às maneiras pelas quais os indivíduos se apropriam de informações de um campo conceitual. O processo representativo é o elo entre esquema e situação, a unidade de análise utilizada por Vergnaud para abordar a cognição humana. Dito de outra forma, precisamos de mais pesquisas empíricas que explorem a representação usando o referencial da teoria dos campos conceituais ao invés de tentar mesclar essa teoria com outras de representação que não parecem partir dos mesmos princípios que a TCC. Portanto, a tese defendida nesse texto é a de que a TCC tem um conceito de representação autossuficiente, ou seja, não precisa ser complementada por uma teoria de representação, justamente porque ela já tem uma.

Moreira e Greca (2003) afirmam que recolhemos muitos conhecimentos acerca das concepções alternativas na década de 70, sobre mudança conceitual, na década de 80, e sobre as aplicações da psicologia cognitiva (especialmente representações), na década de 90. Esses mesmos autores antecipam que é importante que nos posicionemos para além da detecção de modelos mentais e invariantes operatórios dos estudantes ao propor uma proposta representacional integradora (Greca & Moreira, 2002). Ironicamente, tanto Cunha e Ferreira (2020) como Heusy, Gaulke e Rocha (2022) nos apontam com suas revisões que o que mais se faz nessas pesquisas é justamente continuar a detectar invariantes operatórios.

Deve-se considerar ainda que a formação de conceitos científicos envolve tanto o curto como o longo prazo, em especial o último. Trata-se não só de um processo de aprendizagem, mas, também, de desenvolvimento. É um processo cheio de continuidades, rupturas, confusões, esclarecimentos, fortemente dependente do conteúdo específico, da história do sujeito no domínio das situações, da variedade delas e de sua história (Vergnaud, 1998; Vergnaud, 2009; Vergnaud, 2012; Vergnaud, 2013; Weil-Barais & Vergnaud, 1990; Leimegnan & Weil-Barais, 1994). Em outras palavras, o desenvolvimento cognitivo e a aprendizagem dependem da construção de representações tanto no curto prazo quanto no longo, mas, aparentemente, nossa pesquisa em ensino de Ciências parece fazer maior parte de suas investigações no primeiro caso, enquanto estudos mais longitudinais, tais como o de Llancaqueo, Lebrecht e Jiménez-Gallardo (2013), o de Carvalho Junior e Aguiar Junior (2008) e os de Pantoja e Moreira (2019, 2020, 2021), que nos brindariam com maior conhecimento sobre como a conceitualização (e, pois, as representações) evoluem ao longo do tempo, parecem ter sido pouco priorizados.

Nesse sentido, reforçando o que Greca e Moreira (2002) indicaram no início desse século, é preciso irmos além da detecção de invariantes operatórios. Além disso, é importante estudarmos as possíveis representações trazidas pelos alunos, como elas se desenvolvem no curto e no longo prazo, que tipos de sistemas semióticos são mais facilmente utilizados por eles, como empregar atos de mediação mais eficazes, entre outras questões relevantes para a pesquisa em ensino de Ciências, tais como a classificação situações, a evolução dos níveis de conceitualização ao longo do tempo e a relação entre as

formas operatória e predicativa da cognição nesses processos. A teoria dos campos conceituais nos traz todas essas possibilidades, mas é preciso aumentar a profundidade nas pesquisas e não somente a superfície (Bunge, 2011).

Por fim, esse trabalho visou trazer a noção de representação de Vergnaud, mas apontamos três limitações dele que ocorreram em virtude de saírem do escopo central da discussão, porém são relevantes para a realização de pesquisas sobre a representação-em-situação. No longo prazo, pretendemos abordar estes tópicos, que se relacionam ao processo representativo: i) oportunismo e contingência da conceitualização; ii) influência de aspectos socioculturais na conceitualização; iii) influência das emoções sobre a conceitualização (e vice-versa). O oportunismo e a contingência da conceitualização são centrais para a descrição de processos de aprendizagem, pois Vergnaud (2011) indica que a aprendizagem decorre do confronto com situações novas, para as quais não dispomos de esquemas prontos para dominá-las. A influência de processos socioculturais e emocionais na conceitualização são necessárias para uma discussão de explicações mais completas da cognição humana da sala de aula e, portanto, devem ser esclarecidas se quisermos compreender melhor nosso objeto de interesse: o ensino que visa à aprendizagem e ao desenvolvimento humano.

Agradecimentos

Agradeço à minha companheira, Amanda Cantal, pela leitura crítica do manuscrito. Sou grato, também, aos alunos do grupo de pesquisa que lidero, o Grupo de Ensino, Aprendizagem e Educação (GEAE), pelo incentivo à publicação desse trabalho. Ainda, estendo o agradecimento às professoras Silvana Perez e Simone Fraiha pelo encorajamento à redação desse artigo, após discussão sobre a teoria dos campos conceituais.

REFERÊNCIAS

- Arntz, A. (2021). A plea for more attention to mental representations. *Journal of Behavior Therapy and Experimental Psychiatry*, 67, 101510. <https://doi.org/10.1016/j.jbtep.2019.101510>
- Bachelard, G. (1996). *A formação do espírito científico*. Rio de Janeiro, RJ: Contrapunto.
- Bunge, M. (2011). *Caçando a Realidade*. São Paulo, SP: Perspectiva.
- Carvalho Junior, G. D., & Aguiar Jr, O. G. (2008). Os campos conceituais de Vergnaud como ferramenta para o planejamento didático. *Caderno Brasileiro de Ensino de Física*, 25 (2), 207-227. <https://doi.org/10.5007/2175-7941.2008v25n2p207>
- Chalmers, A. F. (1996). *O que é ciência afinal?* Brasília, DF: UNB.
- Cunha, K., & Ferreira, L. (2020). A Teoria dos Campos Conceituais e o Ensino de Ciências: Uma Revisão. *Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências*, 20, 523–552. <https://doi.org/10.28976/1984-2686rbpec2020u523552>
- Fanaro, M., Otero, M., & Moreira, M. (2009). Teoremas-en-acto y conceptos-en-acto en dos situaciones relativas a la noción de sistema cuántico. *Revista Brasileira De Pesquisa Em Educação Em Ciências*, 9 (3). Recuperado de <https://periodicos.ufmg.br/index.php/rbpec/article/view/3992/2556>
- Freitas, S., & Andrade Neto, A. S. (2023). Gestures in the teaching and learning process: a systematic literature review. *Educação em Revista*. 39, 239705. <http://dx.doi.org/10.1590/0102-469839705T>
- Greca, I., & Moreira, M. (2002). Além da detecção de modelos mentais dos estudantes: uma proposta representacional integradora. *Investigações em Ensino de Ciências*, 7(1), pp. 31-53. Recuperado de <https://ienci.if.ufrgs.br/index.php/ienci/article/view/568>

- Guisasola, J. Almodí, J. M., & Zuza, K. (2011). University Students' Understanding of Electromagnetic Induction. *International Journal of Science Education*. 35 (16), 2692–2717. <https://doi.org/10.1080/09500693.2011.624134>
- Heusy, F., Gaulke, A., & Rocha, C. (2022). Uma visão geral dos recentes trabalhos realizados sobre a teoria dos campos conceituais de Vergnaud. *Revista Ciência e Ideias*, 13(1). <https://doi.org/10.22407/21761477/2022.v13i1.1919>
- Iezzi, G., & Murakami, C. (1993). *Fundamentos de Matemática Elementar*. São Paulo, SP: Atua.
- Llancaqueo, A., Jiménez-Gallardo, C., & Lebrecht, W. (2013). Progresividad del aprendizaje de fuerza y energía mecánica. In *Actas del IX congreso internacional sobre investigación en didáctica de las ciencias* (p. 2047) Girona, España. Recuperado de <https://raco.cat/index.php/Ensenanza/article/view/307726/397702>
- Leimegnan, G., & Weil-Barais, A. (1994). A developmental approach to cognitive change. *International Journal of Science Education*, 16(1), 99-120. <https://doi.org/10.1080/0950069940160107>
- Moreira, M. (2002). A teoria dos campos conceituais, o Ensino de Ciências e a pesquisa nesta área. *Investigações em Ensino de Ciências*, 7(1), 7-29. Recuperado de <https://ienci.if.ufrgs.br/index.php/ienci/article/view/569>
- Moreira, M., & Greca, I. (2003). Cambio conceptual: análisis crítico y propuestas a la luz de la teoría del aprendizaje significativo. *Ciência & Educação*, 9(2), 301-315. Recuperado de <https://www.scielo.br/j/ciedu/a/PT4qZyPn3vfHNdtzFMx8Zjx/?format=pdf&lang=es>
- Pantoja, G. C., (2019). Classificação de problemas em eletrostática: uma análise epistemológica rumo à construção de um campo conceitual para o conceito de campo eletrostático. *Latin-American Journal of Physics Education*, 13(4), 4304. Recuperado de http://www.lajpe.org/dec19/13_4_04.pdf
- Pantoja, G. C., (2021a). Campos Conceituais e Indução Eletromagnética: Classificação de Problemas em Eletrodinâmica. *Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências*, 21(1), 1-33. <https://doi.org/10.28976/1984-2686rbpec2021u441473>
- Pantoja, G. C., (2021b). Conceptual Fields and Magnetic Field: a theoretical model for epistemological classification of tasks in magnetostatics. *Investigações em Ensino de Ciências*, 26(3), 82-101. <https://doi.org/10.22600/1518-8795.ienci2021v26n3p82>
- Pantoja, G. C., & Moreira, M. A. (2019). Investigando a implementação de uma Unidade de Ensino Potencialmente Significativa sobre o conceito de Campo Magnético em disciplinas de Física Geral. *Revista Eletrônica de Investigación en Educación en Ciencias*, 14(2), 1-16. Recuperado de <http://www.scielo.org.ar/pdf/reiec/v14n2/v14n2a01.pdf>
- Pantoja, G. C., & Moreira, M. A. (2020). Conceitualização do conceito de campo elétrico de estudantes de Ensino Superior em Unidades de Ensino Potencialmente Significativas sobre eletrostática. *Revista Brasileira em Ensino de Física*, 42(1), e20200288-2. <https://doi.org/10.1590/1806-9126-RBEF-2020-0288>
- Pantoja, G. C., & Moreira, M. A. (2021). Unidades de ensino potencialmente significativas em indução eletromagnética: um estudo sobre a conceitualização de estudantes de nível superior. *Caderno Brasileiro de Ensino de Física*, 38(3), 1420-1452. <https://doi.org/10.5007/2175-7941.2021.e75550>
- Perls, F., Hefferline, R., & Goodman, P. (1997). *Gestalt-terapia*. São Paulo: Summus.
- Scaife, T., & Heckler, A. (2010). Student understanding of the direction of the magnetic force on a charged particle. *American Journal of Physics*. 78(8), 869–876. <https://doi.org/10.1119/1.3386587>
- Trevisan, R., Serrano, A., Wolff, J., & Ramos, A. (2019). Peeking into students' mental imagery: the Report Aloud technique in Science Education research. *Ciência & Educação (Bauru)*, 25(3), 647-664. <https://doi.org/10.1590/1516-731320190030004>

- Vergnaud, G. (1982). A classification of Cognitive Tasks and Operations of Thought Involved in Addition and Subtraction Problems. In T. Carpenter, J. Moser & T. Romber. *Addition and Subtraction: a cognitive perspective* (pp. 39-59). Hillsdale, United States of America: Lawrence Erlbaum.
- Vergnaud, G. (1983). Multiplicative structures. In R. Resh & M. Landau, (Eds). *Acquisition of Mathematics Concepts and Processes* (pp. 127-174). New York, United States of America: Academic Press.
- Vergnaud, G. (1990). La théorie des Champs Conceptuels. *Recherche en Didactique des Mathématiques*, 10(2-3), 133-170. Recuperado de https://gerardvergnaud.files.wordpress.com/2021/09/gvergnaud_1990_theorie-champs-conceptuels_recherche-didactique-mathematiques-10-2-3.pdf
- Vergnaud, G. (1996). Education, the best portion of Piaget' heritage. *Swiss Journal of Psychology*, 55 (2/3), 112-118. Recuperado de <https://vergnaudbrasil.com/wp-content/uploads/2021/03/3.2-EDUCACAO-A-MELHOR-PARTE-DA-HERANCA-DE-JEAN-PIAGET.pdf>
- Vergnaud, G. (1998). A comprehensive theory of representation for Mathematics Education. *Journal of Mathematical Behavior*, 17(2), 167-181. [https://doi.org/10.1016/S0364-0213\(99\)80057-3](https://doi.org/10.1016/S0364-0213(99)80057-3)
- Vergnaud, G. (2007). ¿En Qué Sentido La Teoría De Los Campos Conceptuales Puede Ayudarnos Para Facilitar Aprendizaje Significativo? *Investigações em Ensino de Ciências*, 12(2), 285-302. Recuperado de <https://ienci.if.ufrgs.br/index.php/ienci/article/view/475>
- Vergnaud, G. (2008). Culture et conceptualisation: l'une ne va pas sans l'autre. *Carrefours de l'éducation*, 26 (2), 83-98. Recuperado de https://www.gerard-vergnaud.org/texts/gvergnaud_2008_culture-conceptualisation_carrefours-education-26.pdf
- Vergnaud, G. (2009). The theory of conceptual fields. *Human Development*, 52(2), 83-94. Recuperado de <https://www.jstor.org/stable/26764894>
- Vergnaud, G. (2011). O longo e o curto prazo em aprendizagem matemática. *Educar em Revista*, (n. esp. 1), 15-27. <https://doi.org/10.1590/S0104-40602011000400002>
- Vergnaud, G. (2012). Forme Operatoire et Forme Predicative de la Connaissance. *Investigações em Ensino de Ciências*, 17(2), 287-304. Recuperado de <https://ienci.if.ufrgs.br/index.php/ienci/article/view/187>
- Vergnaud, G. (2013). Conceptual Development and Learning. *Revista Currículum*, 26, 39-59. Recuperado de <https://www.ull.es/revistas/index.php/curriculum/article/view/65>
- Vergnaud, G. (2019). Quais questões a teoria dos campos conceituais busca responder? *Caminhos da Educação Matemática em Revista*, 9(1), 5-28. Recuperado de https://periodicos.ifs.edu.br/periodicos/caminhos_da_educacao_matematica/article/view/296
- Vygotsky, L. (2005). *Pensamento e Linguagem*. São Paulo, SP: Martins Fontes.
- Weil-Barais, A., & Vergnaud, G. (1990). Students' conceptions in physics and mathematics: biases and helps. In J. P. Caverni, J. M. Fabre, & M. Gonzalez (Eds.) *Cognitive Biases*. (pp. 69-84). North Holland, Netherlands: Elsevier Science Publishers.
- Zimmerman, D. (2007). *Fundamentos Psicanalíticos: teoria, técnica e clínica*. Porto Alegre, RS: Artmed.

Recebido em: 23.03.2023

Aceito em: 03.12.2023