

A INTERAÇÃO ESQUEMA-SITUAÇÃO EM UMA ATIVIDADE DE INVESTIGAÇÃO SOBRE INDUÇÃO ELETROMAGNÉTICA: DISCUSSÃO PRELIMINAR DE DADOS

Felipe Rafael Gomes Beato¹, Gabriel Dias de Carvalho Junior²

¹ GRUPECC, IFMG Campus Congonhas, felipergbeato@hotmail.com

² GRUPECC, IFMG Campus Congonhas, gabriel.carvalho@ifmg.edu.br

Resumo

Este trabalho é uma análise inicial de uma pesquisa desenvolvida sobre a construção do conceito de campo magnético, cujo referencial teórico é a partir da Teoria dos Campos Conceituais. Apresentamos, neste trabalho, os resultados prévios da pesquisa conduzida no âmbito do conceito de indução eletromagnética. Esta pesquisa foi realizada com 25 alunos de uma turma de 5º período do curso de Engenharia de Produção de uma instituição federal do interior de Minas Gerais. Nosso principal objetivo era o de investigar como estudantes que já estudaram o eletromagnetismo valem-se de seus conceitos principais para explicar uma situação experimental envolvendo a queda de um ímã por dentro de dois canos, um de plástico e o outro de cobre. Nesse sentido, procuramos investigar quais os conceitos os estudantes julgam como pertinentes e quais as proposições esses estudantes constroem com eles. De uma forma geral, o modelo científico baseado na indução eletromagnética não foi utilizado pelos estudantes. Na maior parte das explicações, o conceito reconhecido como pertinente foi o atrito, sendo que muitos estudantes utilizaram tal conceito a partir do estabelecimento de que uma proposição que todos os metais são ferromagnéticos, sendo atraídos pelos ímãs. Apresentaremos, neste trabalho, os principais modelos dos estudantes.

Palavras-chave: teoria dos campos conceituais; conceitualização; indução eletromagnética

Introdução

Este trabalho apresenta uma análise inicial sobre uma das pesquisas desenvolvidas pelo Grupo de Pesquisa em Teoria dos Campos Conceituais (GRUPECC). O GRUPECC foi criado em 2013 com o objetivo geral de investigar o processo de conceitualização em Física usando como referencial teórico principal a Teoria dos Campos Conceituais (VERGNAUD, 2007). Participam do GRUPECC docentes e estudantes do curso de Licenciatura em Física do Instituto Federal de Minas Gerais – Campus Congonhas (IFMG), além de contar com a colaboração de pesquisadores externos ao campus, brasileiros e estrangeiros.

Em uma primeira etapa, o grupo se dedicou a estudar os fundamentos da Teoria dos Campos Conceituais (CARVALHO JR, AGUIAR JR & BRUNO, 2013; VERGNAUD, 2009). Nessa fase, pretendíamos subsidiar teórica e metodologicamente a organização dos posteriores projetos de pesquisa. Após essa fase inicial, foram organizados subgrupos compostos por dois estudantes cada um

deles, sob a orientação de um pesquisador. Cada um dos subgrupos ficou, então, responsável pelo planejamento, pela coleta e análise de dados sobre um dos temas a seguir: (1) Princípio de conservação de energia; (2) Formação de imagens; (3) Noção de campo de forças.

A condução das pesquisas exploratórias ocorreram no primeiro semestre de 2014. Por isso, neste trabalho, apresentaremos os resultados preliminares da pesquisa realizada sobre a indução eletromagnética, a primeira atividade ligada à noção de campo de forças. Tal atividade foi conduzida durante 90 minutos com 25 estudantes do quinto período de um curso de Engenharia de Produção de um Instituto Federal do interior do estado de Minas Gerais e está mais bem descrita na seção que discute a metodologia da pesquisa.

O objetivo desta atividade era o de investigar de que maneira os estudantes organizam seus conhecimentos a partir da visualização de um experimento sobre indução eletromagnética, cujo resultado é inusitado. Por meio da análise dos registros escritos produzidos pelos estudantes e pelos pesquisadores, procuramos investigar como se dá interação esquema-situação – uma das formulações centrais da Teoria dos Campos Conceituais – e inferir os conceitos que os estudantes julgam pertinentes na ação e as proposições estabelecidas entre eles para compreender de que forma ocorre a interação entre as situações apresentadas e os esquemas do sujeito.

Iremos focar, neste trabalho, na análise sobre os enunciados produzidos pelos estudantes após terem visualizado a realização de um experimento sobre indução eletromagnética (descrito em detalhes na seção de metodologia de pesquisa). Com isso, queremos subsidiar nossa análise sobre como atribuição de pertinência a certos conceitos influencia na resolução de situações. Esse tipo de investigação, ponto central do GRUPECC, tem nos permitido avaliar a validade da unidade de análise que coloca os invariantes operatórios como um elo entre os domínios subjetivo e cultural proposta por Carvalho Jr. (2013).

Referencial Teórico

O referencial teórico principal das pesquisas conduzidas no GRUPECC é a Teoria dos Campos Conceituais (TCC), desenvolvida desde os anos 1980 pelo psicólogo francês Gérard Vergnaud. Apesar de ser originada a partir das pesquisas em didática da Matemática, a TCC tem sido usada, já há algum tempo, na análise do processo de conceitualização em Ciências (REZENDE JR, 2006; MOZZER, 2013; CARVALHO JR, 2013; CAMPOS, 2014).

Um dos pontos centrais da TCC, assumido por nosso grupo como sendo um elemento-chave, é um caráter situado para a conceitualização. Para Vergnaud, os conceitos só adquirem significado dentro de um grupo de situações que devem ser dominadas (VERGNAUD, 2007). Entendemos, nesse contexto, que os conceitos são entidades culturais, que podem ser utilizadas pelos sujeitos quando necessitam realizar alguma tarefa. Na TCC, os conceitos são constituídos por (1) as representações simbólicas; (2) as situações; (3) os invariantes operatórios.

O outro ponto central da TCC está ligada a uma dimensão mais subjetiva, que organiza a ação dos sujeitos: os esquemas. Os esquemas são, para Vergnaud, a organização invariante da atividade para uma classe de situações (VERGNAUD,

2009). Essa noção revela uma filiação da TCC com a epistemologia piagetiana (PIAGET, 1967). No entanto, Vergnaud amplia a noção piagetiana de esquema ao descrever sua ação e seus elementos constitutivos (VERGNAUD & RECOPE, 2000). Assim, em Vergnaud, os esquemas são compostos por (1) regras de ação e de antecipação; (2) mecanismos de controle da atividade; (3) metas e objetivos; (4) invariantes operatórios (MOZZER, 2013).

É possível perceber que os invariantes operatórios estão, simultaneamente, na constituição dos conceitos e dos esquemas. Para que se compreenda, então, a forma como determinada situação é interpretada por um sujeito, é importante investigar o papel que tais invariantes operatórios cumprem no estabelecimento da interação entre sujeito e objeto.

Quando colocado frente a uma situação, o sujeito reconhece, de forma inconsciente na maioria das vezes, alguns conceitos como pertinentes à ação. Esse reconhecimento está ligado à comparação entre as características da situação que o sujeito conseguiu assimilar e os conhecimentos que ele conseguiu mobilizar. Esse processo está intimamente relacionado com as metas e os objetivos reconhecidos em ação, um dos componentes dos esquemas. Os conceitos tidos como pertinentes em uma atividade são chamados de conceitos-em-ação.

Esses conceitos-em-ação permitem que se estabeleçam proposições, que são certos enunciados sobre a situação que podem ser falsos ou verdadeiros quando comparados a algum sistema conceitual. As proposições tidas pelo sujeito como verdadeiras em uma atividade são chamadas de teoremas-em-ação. Vergnaud chama de invariantes operatórios o conjunto formado pelos conceitos e teoremas em ação (VERGNAUD, 2007).

Com base nessa discussão utilizamos a unidade de análise proposta por Carvalho Jr (2013) por acreditarmos que ela nos auxilia na investigação da interação entre os sujeitos e os conceitos. No contexto da TCC, essa unidade de análise deve dar atenção à evolução temporal dos conceitos e teoremas em ação porque eles são o elo entre as dimensões cultural e subjetiva.

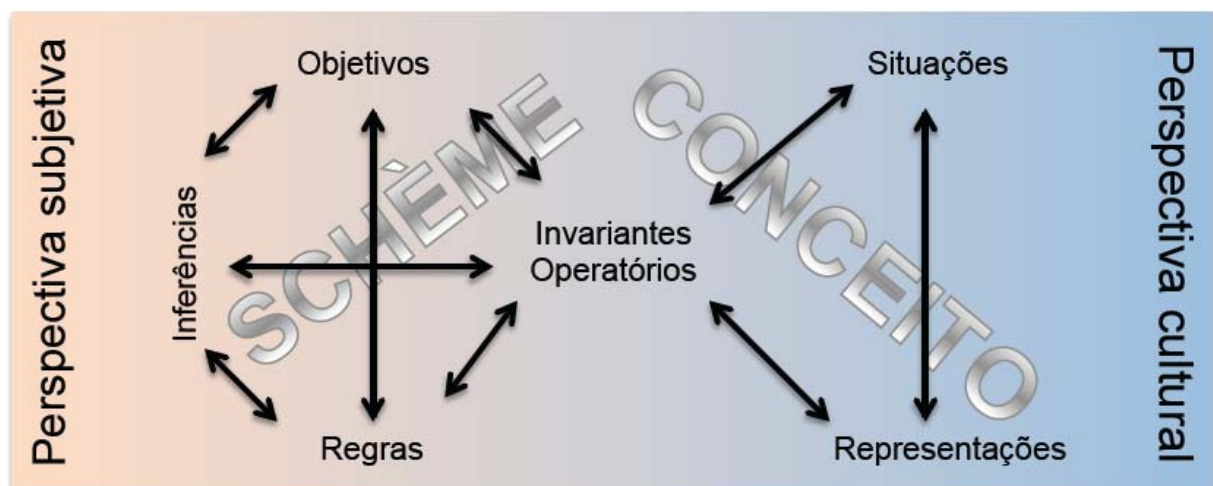


Figura 01: Unidade de análise que mostra a interação entre o esquema (schème) e o conceito (CARVALHO JR, 2013, p. 114).

Metodologia de Pesquisa

Essa pesquisa preliminar foi realizada no primeiro semestre de 2014 em uma escola federal no interior de Minas Gerais, com 25 alunos do quinto período do curso de Engenharia de Produção, que participaram de forma espontânea. Inicialmente, explicamos os objetivos e a metodologia da pesquisa, inclusive informando a todos sobre compromisso em manter os dados em sigilo. Solicitamos, então, a participação dos estudantes.

Esses estudantes foram escolhidos porque já cursaram todas as cadeiras de Física do curso e, por isso, já teriam condições, à princípio, de compreender os fundamentos dos fenômenos eletromagnéticos. Precisávamos desse perfil de estudantes pesquisados avaliarmos o maior número possível modelos explicativos para o experimento realizado. Acreditávamos, no planejamento da pesquisa, que estudantes que já haviam estudado o eletromagnetismo poderiam nos fornecer explicações mais detalhadas sobre os fenômenos magnéticos.

O experimento realizado utilizava dois canos de mesma bitola, mas de materiais diferentes. Um cano é de plástico e o outro é de cobre. Um ímã de neodímio é abandonado dentro de cada um dos canos, como mostra a ilustração a seguir.

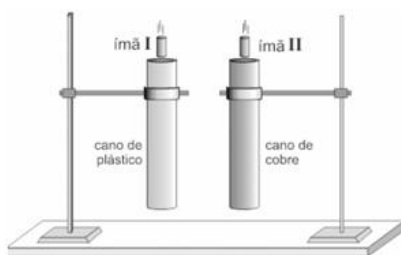


Figura 02: *Ilustração do experimento realizado.*

Nesse experimento, o ímã abandonado no cano de plástico cai sem que haja uma interação significativa com o cano. Dessa forma, seu movimento de queda é o mesmo que ele faria se não tivesse o cano. No entanto, o outro ímã cai muito lentamente. Ao se mover, o ímã induz correntes elétricas no cano de cobre (que é condutor) e, por isso, sofre uma sensível redução em sua velocidade de queda. O efeito da redução de velocidade é muito intenso, dando, às vezes, a impressão de que o ímã ficou parado dentro do cano.

O experimento foi descrito para a turma, sem que ele fosse realizado. Solicitamos, inicialmente, que cada estudante redigisse uma previsão sobre o que iria acontecer com o ímã após ser abandonado no interior de cada tubo. Queríamos, com isso, (1) apresentar um contexto para que os estudantes utilizassem seus conhecimentos; (2) verificar se algum estudante já conhecia o experimento.

Após os estudantes redigirem suas respostas realizamos o experimento. Em seguida, solicitamos que os estudantes redigissem um pequeno texto em que eles deveriam confrontar as suas previsões iniciais com o que eles assimilaram da realização do experimento. Por fim, conduzimos uma discussão com a turma sobre os motivos que os estudantes julgavam pertinentes para a confirmação ou não de suas previsões iniciais. Nossos objetivos, com isso, eram (1) analisar a forma como os estudantes iriam organizar os conceitos-em-ação a partir do momento em que já

conheciam os resultados do experimento e (2) verificar o papel que cumpririam os observáveis na constituição de teoremas-em-ação.

Nessa análise preliminar dos dados, avaliamos (1) os modelos iniciais apresentados pelos estudantes, procurando organizar os dados em grupos semelhantes de previsões e (2) os enunciados verbais mais comuns durante a discussão com a turma. A partir desses dois registros, procuramos identificar os invariantes operatórios utilizados e a relação deles com a situação a ser resolvida.

Apresentação e discussão dos dados

A primeira análise feita, relaciona-se com as previsões dos estudantes em relação ao experimento. Como já se poderia esperar, os estudantes procuraram construir modelos que levassem em conta os fenômenos magnéticos e diferenciaram os comportamentos dos ímãs nos dois canos.

No entanto, somente 2 estudantes fizeram menção à indução eletromagnética. Uma parcela significativa dos estudantes (13 estudantes em um universo de 25) apresentou a previsão de que o ímã deveria atrair o cobre e que, por isso, ele não cairia em queda livre. Os dois modelos apresentam resultados iguais (a diferença entre os tempos de queda dos dois ímãs, sendo que o ímã cai mais lentamente dentro do cano de cobre). No entanto, os conceitos-em-ação utilizados pelos estudantes nos dois casos são distintos. No primeiro caso, os estudantes percebem como pertinentes o campo magnético, a velocidade, a condução de corrente elétrica e a indução eletromagnética. No segundo caso, o campo magnético e a atração magnética.

Após ter sido feito o experimento, propusemos um debate com toda a turma, em que os estudantes deveriam apresentar as previsões realizadas e de que maneira interpretaram o resultado observado para o movimento dos ímãs.

No momento do debate com os estudantes, vários estudantes se esforçaram por realizar uma comparação entre os resultados do experimento com o cano de cobre e o funcionamento do trem de levitação magnética japonês. Com isso, percebemos que muitos dos estudantes de engenharia organizam-se a partir da tentativa de reconhecimento de aplicações prática para os experimentos que apresentamos. Nesse sentido, eles se mostraram mais voltados para buscar aplicações do que para uma análise dos conceitos físicos envolvidos.

Esse fato mostra e reforça a interpretação de Vergnaud sobre a ação dos esquemas na organização da atividade (VERGNAUD, 2009). Uma parte importante ligada à ação dos esquemas é o reconhecimento das motivações, dos objetivos pessoais. Nesse sentido, a tentativa de organizar a ação a partir da utilização de aplicações tecnológicas dos conceitos físicos é uma consequência direta das motivações e dos interesses dos sujeitos da pesquisa.

Alguns estudantes, após terem visto que o ímã desce lentamente dentro do tubo, propuseram um novo modelo baseado na ação de uma força de atrito. Para eles, nesse momento, o conceito-em-ação de atrito foi decisivo no estabelecimento de um teorema-em-ação, que pode ser apresentado como “o atrito diminui a velocidade dos corpos”. Tal teorema-em-ação é verdadeiro no contexto da análise

mecânica dos movimentos. No entanto, esses estudantes não explicaram corretamente o fenômeno observado porque se valeram de um conceito-em-ação não pertinente.

Os estudantes que mencionaram que acreditavam que o ímã iria grudar no tubo de cobre, por ser um metal igual ao ferro, conseguiram explicar o resultado do experimento a partir de seu modelo explicativo. No entanto, tiveram que buscar uma nova explicação ao perceberem que o ímã não gruda no cobre.

No caso da explicação baseada na atração entre ímã e cobre, percebemos que o conceito-em-ação utilizado por esses estudantes foi, também o de atrito, além do de atração magnética. No entanto, ele funciona de forma ainda mais subjacente do que no caso analisado acima. A atração magnética, nesse caso, provê a força de compressão entre as superfícies do cano e do ímã (força normal). Tal compressão está associada à existência do atrito entre as superfícies. Nesse sentido, explicar o maior tempo de queda do ímã que passa dentro do cano de cobre significa, para esses estudantes, usar os conceitos-em-ação de atração magnética e de atrito. Além disso, os teoremas-em-ação podem ser inferidos como sendo (1) a força magnética produz maior compressão entre as superfícies; (2) a compressão magnética aumenta o atrito; (3) o atrito retarda a queda.

Conclusões

Um dos problemas centrais do estudo sobre a conceitualização está ligado à compreensão sobre a maneira como um sujeito interage com as situações. Nesse processo, é essencial a compreensão dos mecanismos subjetivos que permitem ao sujeito reconhecer os elementos tidos como pertinentes para gerar proposições. É, também, essencial compreender o papel que cumprem as situações como elementos que desencadeiam a utilização de esquemas nos sujeitos.

A TCC apresenta um modelo para compreender essa interação a partir dos invariantes operatórios. A análise sobre a sua evolução temporal pode revelar possíveis caminhos seguidos pelos sujeitos em um processo contínuo em que conceitos-em-ação vão se transformando em conceitos verdadeiros.

No campo do ensino de Física, essa discussão é particularmente importante ao contribuir na compreensão dos processos que levam determinado sujeito a reconhecer alguns conceitos como pertinentes em uma ação em detrimento de outros. Compreendendo melhor esses processos de interação esquema-situação, poderemos analisar com mais profundidade as razões que levam determinados sujeitos a serem por demais refratários ao ensino de Física.

As pesquisas que começaram a ser realizadas no âmbito do GRUPECC procuram investigar essa dimensão a partir da unidade de análise que faz a relação entre esquemas e conceitos por meio dos invariantes operatórios. Por ainda se tratar de um grupo recente, as pesquisas estão em sua fase exploratória. No entanto, julgamos importante a apresentação desses resultados preliminares por conter tanto formulações teóricas quanto escolhas metodológicas essenciais baseadas na TCC.

No caso específico da pesquisa ora relatada, pudemos perceber que, por se tratar de uma situação ligada ao movimento, houve uma tendência a reconhecer como pertinentes conceitos ligados ao movimento, como foi o caso da força de atrito. Além disso, verificamos que há uma tendência em ampliar para todos os metais o

comportamento magnético do ferro, como se todos os metais fossem ferromagnéticos.

A partir desses resultados exploratórios, precisamos ampliar o espectro de análise para outros níveis de ensino (o nível de conhecimento sobre o assunto influencia na escolha dos invariantes operatórios?), outros experimentos (situações cujos observáveis não estejam ligados ao movimento ensejarão a atribuição de outros invariantes operatórios?) e outros perfis de formação superior (estudantes de outras áreas que não as engenharias reconhecem como pertinentes outros aspectos das situações?). Queremos, com isso, ampliar as possibilidades de utilização da TCC como uma referência para a análise da construção de conceitos em Física.

Referências

- CAMPOS, A. *A Conceitualização do Princípio de Conservação de Energia Mecânica Os Processos de Aprendizagem e a Teoria dos Campos Conceituais*. Tese (Doutorado em Educação) – Faculdade de Educação, USP, São Paulo. 2014.
- CARVALHO JR, G. D., AGUIAR JR, O. G. e BRUNO, S. *Invariantes operatórios utilizados por estudantes do ensino médio: o caso da transição entre conceitos clássicos e relativísticos*. In: IX Encontro de Pesquisa em Ensino de Ciências. Atas. Águas de Lindoia : Abrapec. 2013
- CARVALHO JR., G. D. *Invariantes Operatórios na transição entre dois campos conceituais: o caso do tempo relativo*. Tese (Doutorado em Educação) - Faculdade de Educação, UFMG, Belo Horizonte. 2013.
- MOZZER, N. B. *O entendimento conceitual do processo de dissolução a partir da elaboração de modelos e sob a perspectiva da teoria dos Campos Conceituais*. Tese (Doutorado em Educação), Faculdade de Educação, UFMG, Belo Horizonte. 2013.
- PIAGET, J. *Biologie et connaissance : Essai sur les relations entre les régulations organiques et les processus cognitifs*. Paris: Gallimard. 1967.
- REZENDE JR. M. F. *O processo de conceitualização em situações diferenciadas na formação inicial de professores de física*. Tese (Doutorado em Educação) – CCE, UFSC, Florianópolis. 2006.
- RUSSELL, B. *Introduction à la philosophie mathématique*. Paris: Payot. 1991.
- VERGNAUD, G. & RÉCOPÉ, M. De Revault d'Allonnes à une théorie du schème aujourd'hui. *Psychologie Française*. N. 45-1. p. 35-50. 2000.
- VERGNAUD, G. La théorie des champs conceptuels. *Recherches en Didactique des Mathématiques*. v. 10, n. 23, p. 133-170, 1991.
- VERGNAUD, G. L'explication est-elle autre chose que la conceptualisation? In: LEUTENEGGER, F., SAADA-ROBERT, M. (Eds). *Expliquer et comprendre en sciences de l'éducation*. Genève: De Boeck, pp. 31-44. 2002.
- VERGNAUD, G. Représentation et activité: deux concepts étroitement associés. *Atas do 1º Congresso Internacional Lógico-Matemática en Educación Infantil*. 2006. Disponível em <<<http://www.waece.org/cdlogicomatematicas/>>>. Acesso em 10.dez.2007.

VERGNAUD, G. O que é aprender? In: BITTAR, M. e MUNIZ, C. A. (orgs). *A Aprendizagem Matemática na perspectiva da Teoria dos Campos Conceituais*. Curitiba: CRV. PP.13-35. 2009.

VIGOTSKI, L. S. *A Construção do Pensamento e da Linguagem*. São Paulo: Martins Fontes. 2009.

WELLS, G. Learning to use scientific concepts. *Cultural Studies of Science Education*. N.3. 329-350. 2008.