

## QUAL MEDIAÇÃO SOBRESSAI NO APRENDIZADO DE SOMA VETORIAL? UMA INVESTIGAÇÃO NO ENSINO DE CAMPO ELÉTRICO EM FÍSICA

### Which mediation excels in learning vector summation? An investigation in the teaching of Electrical Field in Physics

*Graciela Paz Meggiolaro*

*Agostinho Serrano de Andrade Neto*

#### Resumo

Neste trabalho, buscamos mostrar uma investigação em relação à compreensão do conceito de vetor campo elétrico de alunos de Licenciatura em Física do sexto semestre, por intermédio de uma simulação computacional no *software* GeoGebra, cujo objetivo era investigar/identificar quais as mediações de acordo com a TMC são determinantes na aprendizagem de vetor campo elétrico com estudantes do ensino superior. Para isso, utilizamos a Teoria da Mediação Cognitiva (TMC) (SOUZA, 2004), que faz uma abordagem baseada no processamento de informações e é capaz de explicar o funcionamento da cognição humana, uma vez que os processos mentais de um indivíduo ocorrem a partir do processamento de informações por estruturas em seu ambiente. Por meio de gestos descritivos e suas correspondentes imagens mentais, foram realizadas as análises dos dados coletados, as quais nos deram indícios de que as mediações oriundas da interação social que os estudantes tiveram anteriormente com professores em sala de aula são fundamentais para o aprendizado de soma vetorial.

**Palavras-chave:** Teoria da Mediação Cognitiva. Vetores. GeoGebra. Campo Elétrico.

#### Abstract

In this work we aim to show an investigation regarding the concept of the electric

field vector of sixth semester Physics students by means of a computational simulation in the GeoGebra Software, which objective was to investigate / identify which mediations according to TMC Are determinants in the learning of electric field vector in higher education students. For this, we use the CNMT (Cognitive Networks Mediation Theory) (SOUZA, 2004) that takes an approach based on information processing, and is able to explain the functioning of human cognition, as the mental processes of an individual occur from the Information processing by structures in his environment. By means of depictive gestures and their corresponding mental images, analyzes of the collected data were carried out, which gave us indications that the mediations resulting from the social interaction that the students had previously with teachers in the classroom are fundamental for the learning of sum Vector.

**Keywords:** Cognitive Networks Mediation Theory. Vectors. GeoGebra. Electric Field.

#### Introdução

Este artigo foi feito com a pretensão de responder à seguinte pergunta-chave: quais são as mediações, de acordo com a TMC (psicofísica, social, cultural e hipercultural), determinantes na aprendizagem de vetores em estudantes do ensino superior? E duas perguntas auxiliares, cujas respostas sustentaram a própria pergunta-

chave: quais são as mediações que os estudantes espontaneamente descrevem durante a entrevista referente à atividade de vetores? Os estudantes demonstraram evidências no uso de *drivers* e representações provenientes do *software* GeoGebra de ensino no âmbito de campo elétrico?

A partir das nossas perguntas, o objetivo deste trabalho é investigar/identificar quais são as mediações, de acordo com a TMC (psicofísica, social, cultural e hipercultural), determinantes na aprendizagem de vetores em estudantes do ensino superior. Nossas conclusões preliminares são que a mediação social é predominante da análise dos alunos envolvidos e que os alunos demonstram evidências da mediação hipercultural proveniente do GeoGebra.

Segundo Pietrocola, “é inegável que a Matemática está, hoje mais do que nunca, alojada de forma definitiva no seio da Física” (PIETROCOLA, 2002, p.90). Para discutirmos os conceitos de física, precisamos refletir sobre o papel da matemática dentro de um fenômeno físico. Dessa maneira, a matemática, enquanto linguagem, permite a estruturação do pensamento científico para compor modelos físicos que se relacionam ao mundo mediados pela experimentação (PIETROCOLA, 2002).

Por outro lado, se a matemática é a linguagem que permite ao cientista estruturar seu pensamento para apreender o mundo, o ensino da ciência deve propiciar meios para que os estudantes adquiram essa habilidade (PIETROCOLA, 2002). Com toda a certeza, o professor também precisa ajudar o aluno a desenvolver a competência de aprender, dando suporte, estrutura e estimulando a aprendizagem e autoconfiança, direcionando a informação processual (ALARCAÑO, 2003), uma vez que a sala de aula é um espaço onde o professor e o aluno se encontram para, juntos, realizar uma série de interações, como ler, estudar, debater e ouvir o professor (MASETTO, 2003).

A ligação do processo de ensino e aprendizagem de ciências e matemática foi trabalhada por Santos (2014, 2015) quando ele desenvolveu uma proposta didática utilizando os conceitos e as ferramentas gratuitas de Big Data. Como mediadores, ele usou o computador, o Google Correlate e Big Data Google Trends e colocou o aluno em contato com a realidade complexa dos interesses e necessidades reais.

A atividade da nossa pesquisa está relacionada aos conceitos da física de campo elétrico, porém com o foco nos vetores resultantes, conceito esse desenvolvido na matemática, em disciplinas de Geometria Analítica e Vetorial. Castro (2001) indica que as disciplinas de Álgebra Linear e Geometria Analítica e Vetorial possuem um alto índice de reprovação e desistência dos alunos ao longo do curso de engenharia. As dificuldades estão relacionadas ao conceito de vetor. Castro (2001), Karrer (2006) e França (2007) enfatizam que os alunos desconhecem a importância desse conceito para a sua formação e apresentam dificuldades na sua utilização.

A falta de entendimento em relação à formação do vetor também é discutida por Nehring e Roncanglio (2015). Os autores analisam exercícios, provas, registros em cadernos e atividades de monitoria dos alunos da disciplina de Geometria Analítica e Vetores sobre os conceitos de vetores e suas operações a partir da Teoria dos Registros de Representação Semiótica, levando-os a concluir que existe, por parte dos alunos, a falta de compreensão em relação ao sentido da operação e aplicação de vetor.

Consideramos que as utilizações de metodologias de ensino, como o uso de recursos computacionais, podem auxiliar os alunos na aprendizagem desses conceitos. O GeoGebra é destacado por Medeiros (2012), por ser um *software* gratuito, de fácil utilização e instalação. Além disso, seu uso é dinâmico para o ensino, pois proporciona uma visualização, construção e a argumentação das relações geométricas. Barbosa et al. (2010) ressaltam que o GeoGebra permite conceber um cenário novo através de análises das figuras geométricas em variadas posições, uma vez que as construções não são fechadas e nem estáticas. Dessa forma, levam o aluno a ultrapassar expectativas, ampliando e aprofundando seus conhecimentos.

O diferencial do GeoGebra também está na representação, visualização e movimentação dos objetos, o que permite aos estudantes construir conceitos geométricos. Esse é um importante recurso didático no processo de ensino e aprendizagem da matemática (DALL'ALBA, KAIBER, 2015). Os alunos desenvolvem, assim, habilidades para a investigação e a compreensão do papel sociocultural da Matemática, sendo agentes potencializadores na mobilização e compreensão

de alguns conceitos matemáticos através do uso de tecnologias (SIMON; DALCIN, 2016).

Sobre os conceitos de vetores e plano cartesiano, Mello e Silva (2012) trabalharam, com o *software* GeoGebra, atividades na disciplina Geometria Analítica I e perceberam que os alunos demonstraram o desenvolvimento das habilidades características do pensamento matemático, como formular hipóteses e argumentos para resolver os problemas e apropriação dos conceitos envolvidos pelas representações extraídas das situações propostas e pela utilização do ambiente virtual pelos alunos.

Para o aprofundamento da discussão sobre a Matemática na Física através de uma simulação desenvolvida no *software* GeoGebra com o foco no conceito de vetor, abordaremos a fundamentação teórica da Teoria da Mediação Cognitiva (TMC). Essa teoria busca explicar os impactos das tecnologias digitais no pensamento humano, apresentando uma visão da cognição como um fenômeno de processamento de informações em que uma boa parte do processamento é feita fora do cérebro.

Logo, a cognição humana ocorre pela interação com o ambiente que fornece à estrutura cognitiva uma capacidade adicional de processamento por meio do mecanismo de mediação psicofísica, social, cultural e hipercultural. A mediação pode ser definida como um conjunto de conceitos, esquemas e competências mais amplos que possibilitam facilidade na representação e manipulação do saber com maior quantidade e variedades de mecanismos de registros. Além disso, é capaz de decompor, distribuir, gerenciar e recompor tarefas cognitivas ao longo de diferentes mecanismos de mediação interna e externos utilizados.

### Teoria da Mediação Cognitiva (TMC)

A Teoria da Mediação Cognitiva (TMC) (SOUZA, 2004) utiliza uma abordagem baseada no processamento de informações capaz de explicar o funcionamento da cognição humana, seu desenvolvimento, as relações com a sociedade, com a cultura e a tecnologia. Importante ressaltar que os processos mentais de um indivíduo ocorrem a partir do processamento de informações e por estruturas em seu ambiente, agindo como *templates* para agregar informações.

Essa fundamentação teórica está voltada para a compreensão referente à comunicação dos *drivers* e imagens mentais com os conceitos de vetor campo elétrico no ensino superior. A TMC busca explicar os impactos das tecnologias digitais no pensamento humano, apresentando uma visão da cognição como um fenômeno de processamento de informações em que uma boa parte do processamento é feito fora do cérebro.

A Teoria da Mediação Cognitiva estabelece que a interação dos mecanismos externos gera mudanças internas e aumentam a capacidade cognitiva do indivíduo, resultando no processamento cerebral, em que atuam como próteses cognitivas (SOUZA; MOURA, 2012). Nesse sentido, a TMC permite a comunicação entre a estrutura cognitiva do sujeito e o mecanismo externo de processamento de informações por intermédio de representações mentais, onde o cérebro cria competências específicas para se comunicar com esse mecanismo e propicia a aquisição de conhecimentos (RAMOS, 2015). A cognição extracerebral é uma mediação que depende das estruturas externas nas quais o processamento de informações é realizado pelo cérebro (SOUZA et al., 2012).

A mediação é composta pelo objeto, pelo processamento interno e por mecanismos internos e externos. O objeto refere-se ao conceito abstrato, problema, situação ou relação em que o indivíduo busca conhecimento, aprendizagem. O processamento interno é o mecanismo fisiológico que envolve a execução individual do cérebro em operações lógicas. Os mecanismos internos também são fisiológicos e geram algoritmos que permitem a conexão, interação entre o processamento interno do cérebro e o processamento extracerebral, envolvendo gerenciamento de *drivers*, algoritmos, protocolos, códigos e dados. Os mecanismos externos pertencem ao ambiente, podendo ser de diversos tipos e de capacidade variável, desde objetos físicos simples (dedos, pedra) até práticas sociais complexas, como artefatos culturais e redes de computadores.

A TMC considera os *drivers* como mecanismos internos presentes na estrutura cognitiva do indivíduo e possibilitam a utilização de mecanismos externos. Portanto, os *drivers* permitem a comunicação entre a estrutura cognitiva do sujeito e o mecanismo externo de processamento de informações de maneira que

ambos possam interagir e o sujeito possa entender o funcionamento desse mecanismo externo a ponto de compreender e internalizar as informações nele contidas, tecendo uma analogia com a computação, uma abordagem baseada na metáfora computador-cérebro da psicologia cognitiva (RAMOS, 2015).

Torna-se claro o fato de que a mediação cognitiva depende diretamente do suporte dos mecanismos internos, *drivers*, para possuir a capacidade de acessar corretamente os mecanismos externos. O autor compara os *drivers* às “máquinas virtuais” internas, possuindo um papel importante na definição do pensamento humano, indo além da “conexão” com o mecanismo externo (SOUZA, 2004).

Existem quatro formas de mediação, de acordo com a TMC (SOUZA, 2004):

- A Mediação Psicofísica, relacionada às características fisiológicas do sujeito com a composição do objeto, bem como a posição espacial de ambos e da natureza do ambiente;
- A Mediação Social é quando ocorre a interação com diversos sujeitos em um mesmo ambiente;
- A Mediação Cultural, que é a linguagem e sua organização textual e a capacidade de a sociedade relatar experiências e acontecimentos envolvendo categorizações complexas de ideias e conceitos;
- A Mediação Hipercultural que se utiliza do acesso à tecnologia, ao computador, às simulações, ou seja, ao uso de ferramentas tecnológicas.

Em virtude desses aspectos, torna-se perceptível que a mediação cognitiva depende diretamente do suporte dos mecanismos internos, *drivers*, para possuir a capacidade de acessar corretamente os mecanismos externos. Dessa forma, esse mesmo autor compara os *drivers* às “máquinas virtuais” internas, pois eles possuem um papel importante na definição do pensamento humano, indo além da “conexão” com o mecanismo externo.

## Metodologia

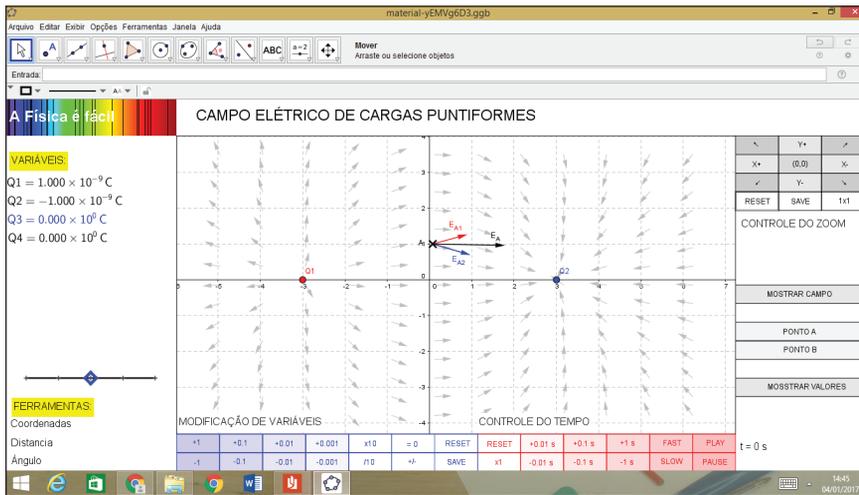
As análises apresentadas neste trabalho referem-se a um recorte da pesquisa de doutorado que envolveu oito alunos do ensino superior. Quatro alunos cursavam o sexto semestre de Licenciatura em Física. Estes foram renomeados da seguinte maneira: A1, A2, A3 e A4, preservando seus nomes. A professora pesquisadora também foi renomeada, como sendo P. Nossa metodologia é de natureza qualitativa por se tratar de uma busca de informações na tentativa de identificar e compreender as mediações de acordo com a TMC. Essa metodologia fundamenta-se em Moraes e Galiazzi (2007) a partir da Análise Textual Discursiva – (ATD) empregada neste trabalho na análise da linguagem verbal presente nos instrumentos para as coletas dos dados produzidas. A atividade consistia em:

*Pré e pós-teste* – Envolvia quatro questões com variantes de cargas distribuídas, ora sendo de mesmo sinal, ora de sinais contrários. Como por exemplo: *No quadro a seguir, encontramos distribuídas duas cargas positivas. Estas cargas, separadas por uma distância  $d$ , criam um campo elétrico resultante  $\vec{E}_{res}$ . Dessa forma, represente no ponto  $P_0$  vetor campo elétrico  $\vec{E}_1$  (criado pela carga  $Q_1$ ),  $\vec{E}_2$  (criado pela carga  $Q_2$ ) e  $\vec{E}_{res}$  o campo elétrico resultante criado por ambas as cargas. Inicie atribuindo valores a elas.*

Do ponto de vista da física, isso implicava que haveria vetores com orientações espaciais de direções e sentidos diferentes, por causa da variação do sinal da carga. E o estudante teria que efetuar essas subtrações e adições de vetores, mentalmente para chegar no resultado.

*Simulação* – Com o auxílio de um guia de simulação, cujo objetivo era orientar os alunos através do *software* GeoGebra (disponível em: <https://www.geogebra.org/m/eHyU8ZmU>, produzido por Francisco Ricardo Moreira Sampaio), os alunos podiam manipular livremente o programa. Dessa forma, acreditamos que, nesse momento, ocorreu a internalização dos *drivers* inerentes.

Figura 1 – Simulação computacional do GeoGebra.



Fonte: a pesquisa.

*Entrevista* – As entrevistas foram realizadas individualmente, gravadas e posteriormente transcritas para análises. Para a sua realização, utilizamos o protocolo “*think aloud*” (SCHERR, 2008; CLEMENT; STEPHENS, 2010), cuja técnica consiste na coleta de dados, em que o entrevistador e o entrevistado mantêm constante diálogo a respeito do que o entrevistado está pensando durante a execução de uma tarefa.

*Análise* – A análise dos dados é gestual (MONAGHAN; CLEMENT, 1999), por intermédio do vínculo entre gestos descritivos e imagens mentais (CLEMENT; STEPHENS, 2010) com a simulação. É através do conteúdo verbal, juntamente com os gestos descritivos dos alunos, que analisamos as respostas escritas que emergiram do pré e pós-teste, bem como todas as respostas e interpretações para as questões e os possíveis *drivers* modificados e/ou construídos na estrutura cognitiva dos alunos ao longo da atividade.

### Análise dos resultados

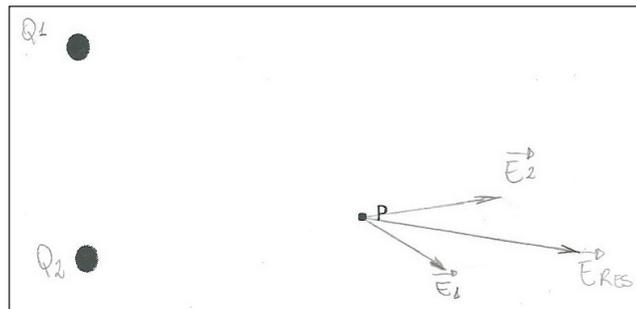
De acordo com a discussão nas seções anteriores sobre o uso do *software* GeoGebra e mediações ocorridas na TMC, apresentaremos agora um conjunto de evidências coletados nas entrevistas referente os alunos A1, A2, A3 e A4. Verificamos nas entrevistas que os quatro alunos evidenciaram os *drivers* ligados diretamente ao

professor, ou seja, oriundos da interação social que os estudantes tiveram com os seus respectivos professores em sala de aula. Demonstrações essas desenvolvidas a partir das análises gestuais dos discursos dos alunos no pré e pós-teste, no que se referem à origem dos *drivers* utilizados para resolver as questões de vetores, gerados a partir das cargas estacionárias criadas.

O aluno A2, no seu pré-teste, não respondeu a nenhuma questão, apontando que lembrava dos conceitos, porém não conseguia pensar como se comportariam os vetores do campo elétrico no ponto P determinado pela questão: “*Eu não consegui me lembrar porque fazia tempo que eu tinha feito esta cadeira*”; “*eu lembrava muito do meu caderno, eu lembrava bem dos desenhos que tinha no caderno*”. Com isso, verificamos na sua fala indícios de *drivers* culturais, por se lembrar dos conceitos das cargas positiva e negativa e indícios de *drivers* sociais devido à construção dos conceitos no caderno realizada pelo professor no quadro.

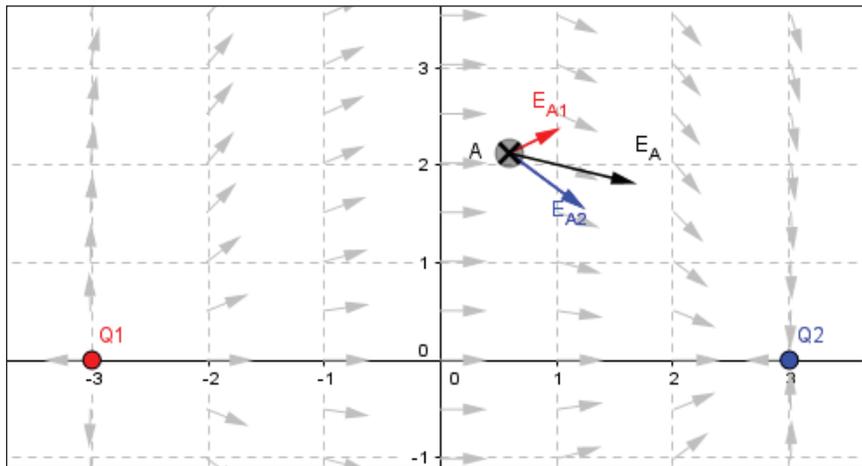
Por conseguinte, no pós-teste, o aluno A2 (Figura 2) representou os vetores e descreveu o que imaginou: “[...] *bom aí veio em mente a imagem do programa que a gente usou em relação às posições das cargas e a indicação do sentido do campo, isso eu lembrei bem, muito referente ao programa [...]*”. Percebemos, nessa fala, indicativos dos *drivers* hiperculturais devido às imagens do *software* GeoGebra, conforme Figura 3.

Figura 2 – Representa os vetores gerados pelas cargas no pós-teste.



Fonte: a pesquisa.

Figura 3 – Imagem do Geogebra sobre vetores.

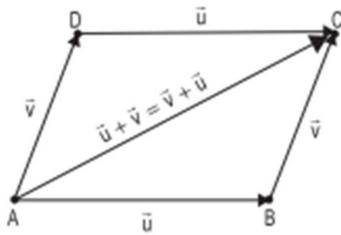


Fonte: a pesquisa.

Para esboçar o vetor campo elétrico resultante, o A2 detalha que traçou da seguinte maneira: “*Eu fiz como se fosse um paralelogramo, eu fiz assim*” (Figura 2), referindo-se a uma simulação mental através da utilização das novas imagens adquiridas com *software* GeoGebra, no qual os *drivers* culturais e sociais passaram a ser *drivers* hiperculturais relacionados com a interação do programa.

Esse aluno retrata a lei do paralelogramo (Figura 4) cuja regra é “A diagonal do paralelogramo construído sobre as imagens geométricas de  $\vec{u}$  e  $\vec{v}$  representa a soma  $\vec{u} + \vec{v}$ ”. Sabe-se que o paralelogramo apresenta duas diagonais distintas, sendo construído sobre a mesma origem (VENTURI, 2015)”.

Figura 4 – Representação de um paralelogramo.

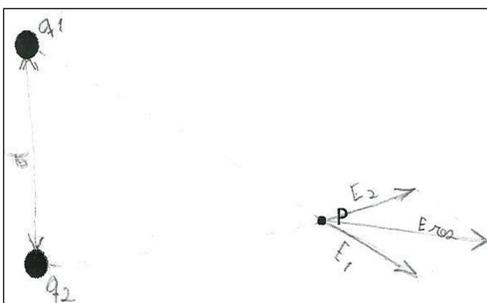


Fonte: Venturi, 2015, p.71.

O A2 também descreve que, depois da utilização do *software* GeoGebra, passou a lembrar das aulas de: “[...] geometria analítica e álgebra linear; [...] Vinha a imagem do quadro; [...] Eu acho que é uma maneira de enxergar, acontecer; [...] visto em pedaços, em diversas cadeiras, várias coisas diferentes, daí tu consegue unir, acho que aí foi o momento”, mediações sociais e culturais, enfatizando aqui a relação observada pelo aluno sobre as duas áreas do conhecimento, interligadas entre a Física e a Matemática, porém com a mesma discussão do conceito de vetores.

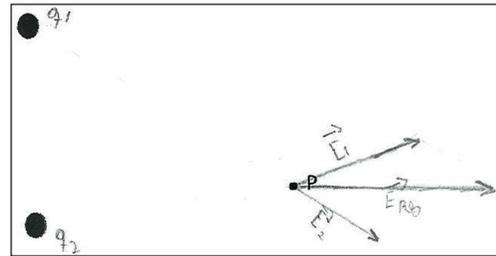
O aluno A4 também evidenciou mediações sociais devido às aulas do professor no momento que traçou os vetores no pré e pós-teste, pois explicou: “[...] eu aprendi na matemática que, é, como tu tem dois vetores com apenas com ângulo entre eles, neh, sem um sistema de coordenadas, vale a lei...dos cossenos”. Em seguida, ele se corrige e diz que é da aula de física por meio de decomposição de vetores e não de matemática: “era decomposição de vetores em dinâmica, [...] Física mecânica, [...] É, só que daí física vetorial, se aplica a vários campos da física, matemática vetorial, [...]”. Suas representações sobre os vetores foram evidenciadas corretamente, conforme Figuras 5 e 6.

Figura 5 – Pré-teste do aluno A4.



Fonte: a pesquisa.

Figura 6 – Pós-teste do aluno A4.



Fonte: a pesquisa.

Quando o aluno A4 foi questionado sobre o vetor resultante, ele relata a lei dos cossenos, que é a mesma da lei do paralelogramo: “[...] eu tracei no meio justamente pelos vetores, eles tinham aproximadamente o mesmo tamanho, não necessariamente está no meio, está um pouco abaixo, ele segue a questão de ângulos da seta, da soma de.. da lei dos cossenos”. Ou seja, a mediação cultural, relacionada aos exercícios, descrevendo que existe toda a questão vetorial envolvida, existindo um ângulo entre eles. Além da fala, com as mãos ele representa o movimento dos vetores, (Figura 7).

Figura 7 – Vetor resultante: movimento das mãos, representando a existência de dois vetores em direções e sentidos diferentes.



Fonte: a pesquisa.

O aluno A4 evidencia que o *software* GeoGebra facilitou a visualização dos módulos dos vetores no pós-teste, sendo esse um indício de mediação hipercultural: “Tudo foi no programa apresentado, [...], quando eu coloquei que as cargas

eram muito grandes, eu não conseguia ver os vetores acontecendo, aí depois quando a gente ajustou no programa lá os valores das cargas eu pude ver [...]”. E, semelhante ao A2, ele também delinea que o *software* traz uma riqueza muito maior em relação à visualização dos vetores e campo elétrico.

A aluna A1 também aponta igualmente aos colegas na entrevista a mediação social fazendo referência à aula de eletromagnetismo e em relação aos conceitos de campo elétrico: “Da aula mesmo do professor fazendo no quadro”. E da aula de geometria analítica sobre o vetor resultante: “Aula de cálculo, de geometria analítica”.

A mediação cultural pelo fato de o professor ter representado no quadro negro os conceitos de campo: “fazendo no quadro”.

Quando questionada sobre como encontrou os vetores  $E_1$  e  $E_2$ , a A1 justifica que: “Não fiz nenhum cálculo, só sabia que ele tinha que tá entre os dois, porque um puxava para um lado e o outro para o outro e ele tinha que da um médio”. Ou seja: “Pelo vetor mesmo, vetor resultante dos outros dois”, ela sinaliza com as mãos os movimentos (Figura 8). Acreditamos que aqui existem indícios da aula de geometria analítica, mediação social.

Figura 8 – Vetor resultante: movimento das mãos, representando a soma de vetores.

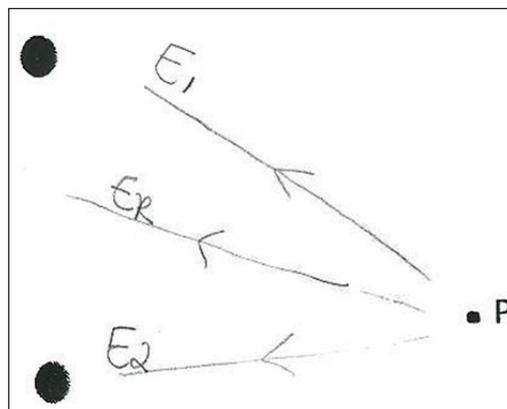


Fonte: a pesquisa.

A aluna possivelmente se referia à lei do paralelogramo (Figura 4), por ter se lembrado das aulas de matemática e do professor. Porém, as representações dos vetores do campo elétrico estão incorretas, conforme o pré-teste (Figura 9), uma vez que a representação de campo elétrico de cargas de mesmo sinal é diferente da representação do campo elétrico de cargas iguais. Mas, no seu pós-teste, ela representou

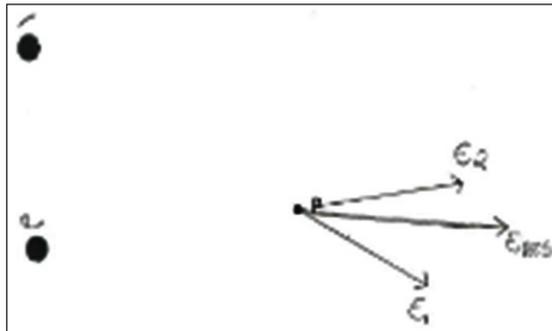
corretamente os vetores campo elétrico produzidos pelas cargas negativas (Figura 10), afirmando que: “Eu lembrei do GeoGebra, desenho do campo”. Ao responder o pós-teste, a A1 se valia de imagens metálicas adquiridas através da interação com a simulação, o que fica visível quando passa a utilizar *drivers* hiperculturais, e modifica os *drivers* que inicialmente utilizava que eram *drivers* culturais.

Figura 9 – Pré-teste: representação do vetor.



Fonte: a pesquisa.

Figura 10 – Pós-teste: representação do vetor.



Fonte: a pesquisa.

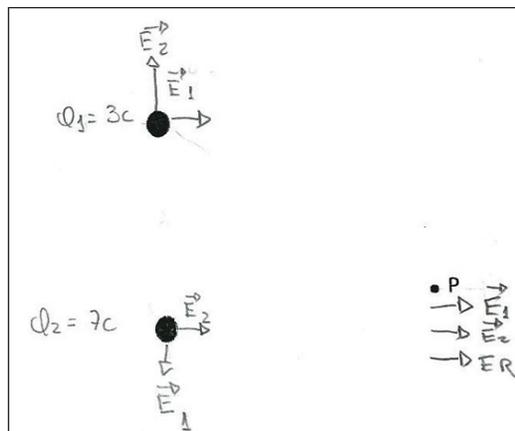
E a aluna A1 também apontou que lembrou da aula do professor para traçar as linhas de campo: “Da aula mesmo do professor fazendo no quadro”, sendo um *driver* cultural em relação ao professor e uma mediação social em que o professor estava fazendo no quadro, devido à interação com conceito, fazendo referência à aula de eletromagnetismo.

Outro indício de utilização de *drivers* sociais apontado é quando ela se refere à aula de geometria analítica: “Aula de cálculo, de geometria analítica”, pois ela descreve que: “Não fiz nenhum cálculo, só sabia que ele tinha que tá entre os dois, porque um puxava para um lado e o outro para o outro e ele tinha que dá um médio”. Possivelmente a aluna A1 estava se referindo à lei do paralelogramo (Figura 4), trabalhada na aula quando estudados conceitos de vetores.

A aluna A3 apresenta indícios de mudanças de mediação hipercultural para social quando diz que, depois de utilizar o *software* GeoGebra, fez associação, lembrou da aula de eletromagnetismo: “Da associação da aula, porque são exercícios semelhantes; [...] Eletro... Eletromagnetismo”. Possivelmente a aluna estava lembrando de exercícios semelhantes aos trabalhados dos autores Halliday, Resnick e Walker (2010), material esse utilizado no ensino superior de todo o país.

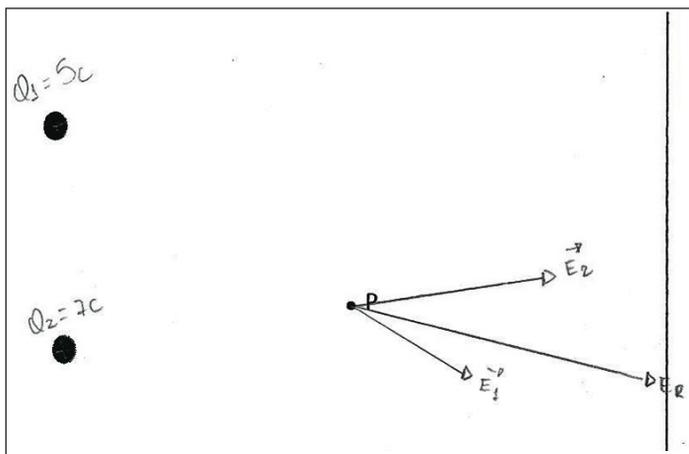
Essa aluna, durante a coleta de dados no pré-teste, na representação dos vetores no ponto P, não realizou corretamente os vetores de campo elétrico (Figura 11), porém, após a atividade desenvolvida no GeoGebra, percebemos uma alteração nos vetores gerados pelas cargas, principalmente no vetor campo elétrico resultante (Figura 12).

Figura 11 – Pré-teste da aluna A3.



Fonte: a pesquisa.

Figura 12: Pós-teste da aluna A3.



Fonte: a pesquisa.

Podemos, assim, afirmar que as imagens mentais obtidas pela mediação do mecanismo extracerebral da simulação no GeoGebra possibilitou que a A3 representasse corretamente os vetores campo elétrico: “Eu me baseei no aplicativo, que a gente fez, como era positivo, é repulsão, então só ali uma relação, comparação de tama-

nhos dada uma carga menor que é a carga dois, eu quis diferenciar ali” (Figura 13). Ela emprega o *driver* hipercultural obtido através da simulação para traçar os vetores, principalmente o vetor resultante, possivelmente trazendo a imagem da Figura 3 na sua mente sobre o programa.

Figura 13 – Representação do vetor: através da atribuição de valores para as cargas, o vetor possui um sentido ou direção.



Fonte: a pesquisa.

Ao comparar com o pré-teste, em que não foi identificada a utilização de *drivers* relacionados com os vetores do campo elétrico gerados a partir das cargas, conclui-se que ela adquiriu os *drivers* dos vetores relacionados com a simulação. E, para descrever como encontrou o vetor campo elétrico resultante, A3 refere-se à equação do campo elétrico: “É  $F/Q$ , Campo elétrico” equação essa  $\vec{E} = \frac{\vec{F}}{q_0} = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{q}{r^2}$  que utilizamos

para de fato verificarmos a intensidade do campo elétrico em um determinado ponto do espaço. A aluna, ao mencionar essa equação, emprega o *driver* cultural.

Ficou evidenciado na análise das entrevistas que os alunos A1, A2, A3 e A4 possuíam fortemente indícios da mediação social. A mediação está relacionada com a interação com o professor, sendo superior às demais interações, principalmente a hipercultural. Reforçamos que

se pense na importância do professor na hora da aprendizagem, pois será ele que ajudará o aluno a construir o seu conhecimento.

### Considerações finais

Utilizamos uma simulação computacional envolvendo conceitos de física e matemática relacionada ao vetor campo elétrico no *software* GeoGebra. A escolha por esse software deu-se também em concordância com os autores Dall’Alba, Kaiber (2015), que descrevem que o *Software* GeoGebra possui um diferencial relacionado à representação, visualização e movimentação dos objetos. Através da aplicação dessa simulação e dos dados coletados com o pré-teste e pós-teste, encontramos resposta para a nossa primeira pergunta auxiliar:

Quais são as mediações que os estudantes espontaneamente descrevem durante entrevista referente à atividade de vetores?

Com as análises dos dados coletados dos alunos A1, A2, A3 e A4, as mediações, de acordo com a TMC, que os alunos espontaneamente descrevem na entrevista na atividade de vetores são oriundas da mediação social que os estudantes tiveram com os seus respectivos professores de Geometria Analítica, Álgebra Linear, Física Mecânica e Eletromagnetismo. Também obtivemos indícios de mediações culturais em relação aos conceitos trabalhados pelo professor em sala de aula e a mediação hipercultural devido às imagens da simulação do *software* GeoGebra.

Nossa segunda pergunta auxiliar era: os estudantes demonstraram evidências do uso de *drivers* e representações provenientes do *software* GeoGebra de ensino no âmbito de campo elétrico?

Sim, os estudantes demonstraram evidências dos *drivers* hiperculturais provenientes do *software* GeoGebra, pois a simulação facilitou a visualização dos módulos das cargas. A simulação também se remeteu às aulas citadas na pergunta anterior, ou seja, a simulação reorganizou os conceitos aprendidos pelos alunos em outras disciplinas, relacionando essa concepção, sendo o *software* um organizador prévio. Ausubel (1968) explica que quando é estabelecida uma relação com os subsunçores já existentes, não é necessariamente um novo conhecimento. A aprendizagem significativa é utilizada unicamente para lembrar do conhecimento já armazenado,

uma vez que, a partir de uma simulação mental através da utilização das novas imagens adquiridas com *software* GeoGebra, os *drivers* culturais e sociais passaram a ser *drivers* hiperculturais relacionados com a interação do programa.

E, por fim, respondendo à nossa pergunta-chave, “Quais são as mediações de acordo com a TMC (psicofísicas, social, cultural e hipercultural) determinantes na aprendizagem de vetores em estudantes do ensino superior?”, concluímos que as mediações, de acordo com a TMC, determinantes na aprendizagem, foram as mediações social, cultural e hipercultural. O uso do *software* GeoGebra serviu como uma ferramenta para lembrar de um conhecimento já aprendido. Sendo assim, ele não acrescentou conhecimento, mas estimulou a lembrança dos *drivers* que foram adquiridos através da interação com os professores. A interação destacada é a mediação social no caso do aprendizado de soma vetorial, respondendo à nossa pergunta principal, o que é demonstrado com mais detalhes na seção anterior, através do resultado dos alunos A1, A2, A3 e A4. A mediação social mostrou-se superior à hipercultural, que foi intencionada por ser utilizada como um meio de aprendizagem de forma surpreendente, como foi demonstrado pelos alunos A1, A2, A3 e A4.

Ao finalizar, afirmamos que o ensino do professor é importante, pois ele é transmissor do conhecimento por orientar o processo de ensino e aprendizagem. Como descrito por Masetto (2003), a sala de aula é um espaço onde o professor e o aluno se encontram para, juntos, realizar uma série de interações. E o professor precisa ajudar o aluno a desenvolver a competência de aprender, dando suporte, estrutura e estimulando a aprendizagem Alarcão (2003).

### Referências

- ALARCÃO, Isabel. *Professores reflexivos em uma escola reflexiva*. São Paulo: Cortez, 2003.
- AUSUBEL, D. P. *Educational psychology: A cognitive view*. New York: Holt, Rinehart and Winston, 1968.
- BARBOSA, Andreia Carvalho Maciel et al. O uso de *softwares* educativos no ensino da Matemática. In: *X Encontro Nacional de Educação Matemática – ENEM*. Salvador: jul. 2010. Disponível em: <[http://www.lematec.net/CDS/ENEM10/artigos/PT/T15\\_PT1705.pdf](http://www.lematec.net/CDS/ENEM10/artigos/PT/T15_PT1705.pdf)>. Acesso em: 28 mar. 2017.
- CASTRO, Samira Choukri de. Os vetores do plano e do espaço e os registros de representação. Dis-

- sertação (*Mestrado em Educação Matemática*) da Pontifícia Universidade Católica de São Paulo. 2001.
- CLEMENT, J. J.; STEPHENS, A. L. Documenting the use of expert scientific reasoning process by high school physics students. *Physics Education Research*, v.6, n.2, p.20122-1-20122-15, 2010.
- DALL'ALBA, Cristiane; KAIBER, Carmen. Possibilidade de utilização do *software* GeoGebra no desenvolvimento do pensamento geométrico no sexto ano do ensino fundamental. *Educação Matemática em Revista – RS*. Ano 16, 2015, n.16, v.2. p.67-81.
- FRANÇA, Michele Viana Debus de. Conceitos fundamentais de Álgebra Linear: uma abordagem integrando Geometria Dinâmica. Dissertação (*Mestrado em Educação Matemática*) da Pontifícia Universidade Católica de São Paulo. 2007.
- HALLIDAY, David; RESNICK, Robert. *Fundamentos de física*, volume 3: eletromagnetismo. Jearl Walker: tradução e revisão técnica Ronaldo Sérgio de Biasi. Rio de Janeiro: LTC. 2010.
- KARRER, Monica. Articulação entre Álgebra Linear e Geometria: um estudo sobre as transformações lineares na perspectiva dos registros de representação semiótica. Tese (*Doutorado em Educação Matemática*) da Pontifícia Universidade Católica de São Paulo. 2006.
- MASETTO, M. T. *Competência pedagógica do professor universitário*. S.P.: Sumus. 2003.
- MEDEIROS, Margarete Farias. Geometria dinâmica no ensino de transformações no plano. *Dissertação de Mestrado*, Porto Alegre: UFRGS, 2012.
- MELLO, Kelen; SILVA, Rodrigo. Uma experiência sobre o ensino e aprendizagem de vetores no IFRS com o auxílio do Geogebra. *Cadernos de Aplicação*, Porto Alegre, v.25, n.1, jan./jun. 2012. Disponível em: <<http://www.seer.ufrgs.br/CadernosdoAplicacao/article/viewFile/41766/26466#page=299>>. Acesso em: 9 mar. 2017.
- MOLINA, Mônica Castagna; FREITAG, Helana Celia de Abreu (Org.). *Em aberto*. Brasília. v.24, n.85. p.1-177, abr. 2011.
- MONAGHAN, J. M.; CLEMENT, J. J. Use of a computer simulation to develop mental simulations for understanding relative motion concepts. *International Journal of Science Education*, v.21, n.9, p.921-944, 1999.
- MORAES, R; GALIAZZI, M. C. *Análise textual discursiva*. Ijuí: Editora Unijuí, 2007.
- NEHRING, Catia. RONCAGLIO, Viviane. *Entendimentos do conceito de vetor por estudantes de engenharia*. VIDYA, v.35, n.2, p.197-214, jul./dez. 2015 – Santa Maria, 2015. Disponível em: <<file:///C:/Users/Graci/Downloads/562-1855-1-PB.pdf>>. Acesso em: 28 mar. 2017.
- PIETROCOLA, Maurício. A matemática com estruturante do conhecimento físico. *Caderno Catarinense de Ensino de Física*, v.19, n.1, p.88-108, 2002.
- RAMOS, A. F. Estudo do processo de internalização de conceitos de química utilizando *software* de modelagem molecular: uma proposta para o ensino médio e superior. 2015. 230f. Tese (*Doutorado em Ensino de Ciências e Matemática*), Universidade Luterana do Brasil, Canoas, 2015.
- SANTOS, Renato. Aprender Física, Biologia, Química e Matemática com Big Data. *Educação Matemática em Revista – RS*. Ano 15, 2014, n.15, v.2.
- SANTOS, Renato. Big Data na Educação Matemática. *Educação Matemática em Revista – RS*. Ano 16, 2015, n.16, v.1, p.70-82.
- SCHERR, R. Gesture analysis for physics education researchers. *Physical Review Special Topics – Physics Education Research*, v.4, n.010101, 2008.
- SILVA, Domiciano. *Carga elétrica*. Disponível em: <<http://mundoeducacao.bol.uol.com.br/fisica/carga-eletrica.htm>>. Acesso em: 1 jan. 2017.
- SIMON, Irmgard. DALCIN, Andreia. Fotografia e GeoGebra em aulas de Matemática em uma escola do Campo. *Educação Matemática em Revista – RS*. Ano 17, 2016, n.17, v.2, p.85-97.
- SOUZA, Bruno. A teoria da mediação cognitiva: os impactos cognitivos da hipercultura e da mediação digital. Tese (*Doutorado em Psicologia Cognitiva*), Programa de Pós-Graduação em Psicologia, Universidade Federal de Pernambuco, Recife, 2004.
- SOUZA, Bruno. C. et al. Putting the cognitive mediation networks theory to the test: evaluation of a framework for understanding the digital age. *Computers in human behavior*. Elsevier, v.28, n.6, p.2320-2330, 2012.
- SOUZA, Bruno; MOURA, A. L. N. O papel da hipercultura na atividade de consultoria: um estudo com consultores na Região Metropolitana do Recife. In: XXXVI Encontro da ANPAD. *Anais*. Rio de Janeiro, 2012.

**Graciela Paz Meggiolaro** – Doutoranda do Programa de Pós-Graduação em Ensino de Ciências e Matemática da Universidade Luterana do Brasil. Professora da Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões, *campus* de Santo Ângelo. E-mail: [gracipmdalmolin@gmail.com](mailto:gracipmdalmolin@gmail.com)

**Agostinho Serrano de Andrade Neto** – Doutor em Física pela Universidade de São Paulo. Professor da Universidade Luterana do Brasil (ULBRA). E-mail: [asandraden@gmail.com](mailto:asandraden@gmail.com)