

# CONSTRUÇÃO EXPLORATÓRIA DO PERFIL DE NÍVEL DE MEDIAÇÃO EXTERNA: UM INSTRUMENTO DE ANÁLISE NA PESQUISA EM ENSINO DE FÍSICA

Juliana Rodrigues dos Anjos<sup>1</sup>  
Maira Giovana de Souza<sup>2</sup>  
Agostinho Serrano<sup>3</sup>

## RESUMO

O objetivo deste trabalho é apresentar uma ferramenta baseada em um método de análise qualitativo proposto para pesquisas em ensino de Ciências, com um exemplo de aplicação no ensino de Física. Este método utiliza as linguagens verbal e gestual combinadas com a Teoria da Mediação Cognitiva (TMC), em razão de sua perspectiva relacionada aos diferentes níveis de Mediações. Durante uma investigação que abordou o estudo das Mediações (Psicofísica, Social, Cultural e/ou Hipercultural) que facilitam o desenvolvimento de imagens mentais pelos estudantes ao responder perguntas sobre conceitos pertinentes à espectroscopia, percebeu-se uma diversidade de Mediações utilizadas para resolver um único problema. Como forma de análise das Mediações que se destacam no processo de definição de determinado conceito, preferencialmente expressadas individualmente pelos participantes, é proposta a construção exploratória de um Perfil de Nível de Mediação Externa (PNME) como ferramenta. A pesquisa foi realizada com 12 estudantes do Ensino Médio de forma remota (devido a pandemia), onde estes interagiram com simulações, apresentações, vídeos e um aplicativo de celular que faz a análise de espectros de emissão e absorção. O aporte teórico consistiu no uso da TMC e os Perfis Epistemológico e Conceitual, do Bachelard e Mortimer, respectivamente. Após a aplicação de pré e pós-teste e entrevistas individuais que seguem o protocolo *Report Aloud*, técnica que expõe o processo de cognição do estudante ao responder determinadas questões, as entrevistas foram transcritas e examinadas com base na Análise Gestual Descritiva, extraindo as imagens mentais presentes na estrutura cognitiva dos entrevistados. Nossa interpretação dos resultados é de que no mínimo, duas Mediações são expostas por cada indivíduo ao resolver problemas relacionados com a espectroscopia. Neste sentido, apresenta-se a construção do PNME, um eficiente instrumento de análise para a identificação da origem e transições das imagens mentais formadas pelos alunos sobre os conceitos científicos que estudaram.

**Palavras-chave:** Perfil de Nível de Mediação Externa, Teoria da Mediação Cognitiva, Perfil Epistemológico, Perfil Conceitual, Ensino de Física.

## INTRODUÇÃO

A espectroscopia desempenhou papel de destaque na evolução do conhecimento científico, primeiramente sobre a natureza da luz e em seguida na identificação de elementos

---

<sup>1</sup> Doutoranda no Programa de Pós-Graduação em Ensino de Ciências e Matemática da Universidade Luterana do Brasil - ULBRA, [juranjos@rede.ulbra.br](mailto:juranjos@rede.ulbra.br);

<sup>2</sup> Doutoranda no Programa de Pós-Graduação em Ensino de Ciências e Matemática da Universidade Luterana do Brasil - ULBRA, [maira.souza@rede.ulbra.br](mailto:maira.souza@rede.ulbra.br);

<sup>3</sup> Professor orientador: Doutor em Física pela Universidade de São Paulo - USP, Universidade Luterana do Brasil - ULBRA, [agostinho.serrano@ulbra.br](mailto:agostinho.serrano@ulbra.br).

químicos (FILGUEIRAS, 1996). Devido à sua natureza interdisciplinar, esta técnica tem grandes potencialidades para integrar a área de Ciências da Natureza, que engloba as disciplinas de Física, Química e Biologia. Além disso, favorece a inserção de atividades experimentais em ambientes formais de ensino (VANDERVEEN, MARTIN; OOMS, 2013).

Considerando o custo elevado de um instrumento óptico, a investigação visou o desenvolvimento de atividades referentes a espectroscopia, com alunos do Ensino Médio, utilizando um aplicativo de celular e materiais de baixo custo. Para isso, foi utilizado o aplicativo *SpectraUPB*, que está em fase de desenvolvimento pela Universidade Privada Boliviana, localizada em Colcapirhua, Bolívia. O *SpectraUPB* se apropria da câmera do celular, acoplada a uma grade de difração (como, por exemplo, um CD), para instantaneamente mostrar o espectro de luz visível e um gráfico, dado em termos do comprimento de onda da luz, da amostra em análise. O aplicativo está disponível gratuitamente para plataformas *Android*.

Com o auxílio de guias (roteiros) elaborados pela pesquisadora o aluno faz o uso do aplicativo e analisa espectros de emissão e absorção. Outros trabalhos vêm sendo desenvolvidos utilizando o celular para estudar conceitos de absorção e espalhamento da luz em sala de aula (MALISORN et al., 2019), a utilização de LEDs como fontes de luminosas (SILVA et al., 2014) e corantes de alimentos (GRASSE et al., 2016). Assim como, ideias de construção de espectrofotômetros de baixo-custo portáteis estão sendo discutidas, mas utilizando impressoras 3D para a confecção do suporte do instrumento (PAP, 2021; BRUININKS; JUURLINK, 2022).

A presente contribuição busca identificar a origem da produção de imagens mentais, evidenciadas após a intervenção, com o intuito de compreender quais Mediações (SOUZA, 2004) facilitam e/ou estimulam a criação de representações sobre a temática. Com as ideias abordadas nos referenciais utilizados na pesquisa, sendo a Teoria da Mediação Cognitiva (TMC) (SOUZA, 2004), o Perfil Epistemológico de Bachelard (1985) e o Perfil Conceitual de Mortimer (1995), traça-se o esboço do que é proposto neste trabalho como um “Perfil de Nível de Mediação Externa” (PNME), expondo as Mediações (Psicofísica, Social, Cultural e Hipercultural) que se destacam no processo de definição de determinado conceito, conforme a frequência de utilização efetiva da noção dos fenômenos, preferencialmente expressadas individualmente pelos participantes.

## **METODOLOGIA**

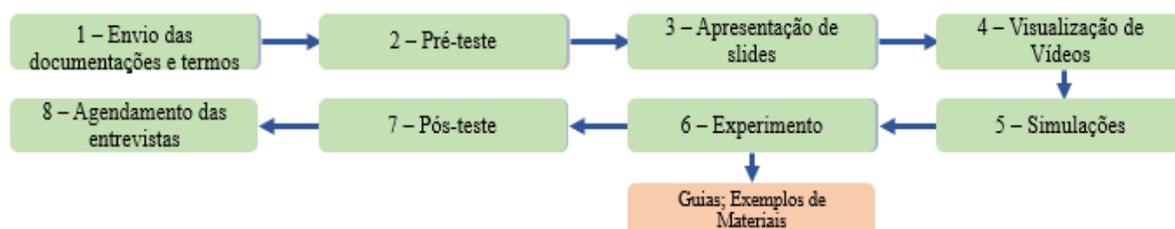
O problema de pesquisa norteador deste trabalho circunda a seguinte questão: É possível traçar um Perfil de Nível de Mediação Externa emergente em cada estudante ao responder

perguntas sobre os conceitos de luz? Pergunta relacionada com o objetivo da investigação, que é identificar as diferentes mediações utilizadas por cada estudante.

As atividades foram desenvolvidas com estudantes dos segundo e terceiro anos do Ensino Médio, da rede pública de ensino, da região metropolitana de Porto Alegre/RS. A pesquisadora não lecionava durante o período de aplicação da investigação e produção de dados, portanto, optou-se por alunos de diversos colégios, mediante assinatura dos Termos de Assentimento e Consentimento. Ao todo, 35 estudantes foram convidados e 12 realizaram todas as etapas da pesquisa.

A investigação foi realizada no ambiente remoto, possuindo, dentre as tarefas (como apresentação de aulas, vídeos, simulações e testes), o desafio de elaborar uma atividade experimental conduzida virtualmente. Na Figura 1 há um esquema simplificado das etapas da pesquisa que os estudantes precisavam completar. A Tarefa 6 contava com guias, elaborados segundo o protocolo P.O.E (Predizer-Observar-Explicar) (WU et al., 2001), e todo o suporte para a configuração experimental.

**Figura 1** - Esquema da Metodologia de Pesquisa. Tarefas realizadas pelos estudantes



Fonte: A pesquisa.

A última tarefa eram as entrevistas realizadas individualmente com cada estudante, tendo como base as questões e as respostas dos testes (pré-teste, guias de atividade experimental e pós-teste), com o objetivo principal de proporcionar a explicação do aluno para as suas resoluções das perguntas. Nossa metodologia segue uma abordagem qualitativa. Erickson (1985) chama a pesquisa qualitativa de interpretativa por buscar os significados nas interações. A finalidade de uma pesquisa com tratamento qualitativo em educação consiste em compreender o fenômeno estudado pela perspectiva dos atores que o vivenciam, evidenciando suas ações. Através desta ideia, visamos compreender quais os níveis de mediações preferencialmente utilizados pelos estudantes ao responder questões referentes ao comportamento da luz.

## REFERENCIAL TEÓRICO

A presente pesquisa utilizou como eixo teórico a Teoria da Mediação Cognitiva em Rede (TMC) (SOUZA, 2004; SOUZA et al, 2012), que é uma abordagem à inteligência humana que tenta entender as mudanças cognitivas associados ao surgimento e disseminação de tecnologias de informação e comunicação ao longo das últimas décadas (SOUZA, 2012). A TMC tenta explicar os impactos que as tecnologias digitais têm no pensamento humano, apresentando uma visão da cognição como um fenômeno de processamento de informação onde boa parte do processamento é feito fora do cérebro devido às próprias limitações intrínsecas do cérebro para processar todas as informações disponíveis (como qualquer sistema de processamento de informações tem suas próprias limitações). Para contornar essa limitação, o próprio cérebro utiliza o processamento externo por meio da interação com estruturas do ambiente para aumentar sua própria capacidade de processamento de informações.

Por exemplo, quando utilizamos um computador ou celular para processar informações, ou mesmo realizar um cálculo mais complexo, estamos utilizando-o como mecanismo de mediação externa. A TMC define que a cognição e o aprendizado por meio do processamento extracerebral são realizados em diferentes níveis de mediação, interagindo com diferentes ferramentas de processamento externo, presentes no que pode ser agrupado em quatro diferentes níveis de mediação: Psicofísica (física dos objetos no ambiente), Social (outros indivíduos mais capazes), Cultural (objetos culturais, como livros ou televisão) e Hiper-cultural (máquinas programáveis, como computador ou celular).

É natural que os estudantes, ao resolver qualquer problema, utilizem não apenas uma, mas várias mediações externas diferentes que se entrelaçam e compõem o repertório de imagens mentais que o indivíduo utiliza para resolver o problema. Conforme discutido na contribuição de Meggiolaro (2019), em que o autor sugere que os alunos utilizem vários níveis de mediação ao relatar um único conceito, por exemplo:

Na discussão do vetor campo elétrico resultante, onde o aluno deve somar todos os vetores do campo elétrico individual produzidos por todas as mudanças, concluímos que os cinco alunos apontaram que o uso combinado do mecanismo externo de mediação social, cultural e hiper-cultural fornece subsídios para as representações e drivers adquiridos referentes aos cadernos, exercícios, aulas e simulação computacional em GeoGebra dos conceitos abordados. (Meggiolaro, 2019, p.153).

Para tanto, construímos o Perfil de Nível de Mediação Externa (PNME) para cada participante sobre um determinado conceito. A ideia de criar um PNME foi inspirada

originalmente nas construções de Bachelard (1985) e Mortimer (1995), que estudam a problemática da resolução de problemas científicos com os Perfis Epistemológico e Conceitual, respectivamente.

Bachelard, G. (1985, 1991) apresenta em suas obras, como “O Novo Espírito Científico” (1985) e “A Filosofia do Não” (1991) a necessidade de mostrar que diferentes filosofias podem estar presentes na mesma acepção de um conceito, ainda que algumas delas sejam, conscientemente, consideradas inadequadas para caracterizar determinada noção do conhecimento científico. Para isso, Bachelard (1991) expõe ideias vinculadas ao termo por ele denominado como “perfil epistemológico”, que caracteriza justamente as diversas escolas filosóficas e posturas de natureza epistemológica dos sujeitos. Isto é, essa pluralidade representa diferentes formas de ver e representar a realidade, tanto para o mesmo sujeito em relação a um conceito científico, quanto para um mesmo conceito em diferentes contextos históricos.

Bachelard exhibe a proposta de que os conceitos se encontram, no seu curso de desenvolvimento, um tanto presos a alguns pontos de vistas filosóficos (animista, realista, empirista, racionalista) dependendo do seu estágio de maturidade. Ou seja, um estudante pode apresentar diversas representações ou formas de ver a realidade sobre um conceito científico. Sendo que, as correntes filosóficas, para cada estudante, são traçadas de acordo com a evidência do grau de importância ao expressar a frequência de utilização efetiva da noção dos conceitos trabalhados.

A partir das ideias de Bachelard, surge a noção de perfil conceitual de Mortimer (1995, 2000), em que um único conceito pode estar disperso em diferentes zonas que correspondem as diversas maneiras de ver, representar e significar o mundo, de maneira que, qualquer pessoa pode possuir mais de uma forma de compreensão da realidade, que poderá ser usada em contextos apropriados. O perfil conceitual pode se constituir num instrumento para planejamento e análise do ensino de Ciências. A partir dele, obstáculos à aprendizagem dos conceitos podem ser identificados e trabalhados em sala de aula numa visão de aprendizagem de ciências como mudança de perfis conceituais, onde o aluno não necessariamente precisa abandonar as suas concepções ao aprender novas ideias científicas, mas tornar-se consciente dessas diversas zonas e da relação entre elas. Para o autor “as ideias prévias dos estudantes desempenham um papel fundamental no processo de aprendizagem” (MORTIMER, 2000).

Mortimer (1995) aplicou a noção de perfil conceitual a dois conceitos relacionados à teoria da matéria: a concepção atomística e os estados físicos. Nesses trabalhos, o autor analisou os obstáculos surgidos a partir de cada zona do perfil que foi estabelecida, o que permite descrever o processo de formação de conceitos, em salas de aula de ciências, numa forma que

é coerente com a ideia de que diferentes pontos de vista podem ser complementares. Cada zona em um perfil conceitual oferece uma maneira de olhar o mundo que é única e diferente das outras zonas, o que corresponde a diferentes formas de Mediação, a diferentes teorias e linguagens, que traduzem o mundo em suas próprias formas. A realidade em si mesma não pode ser entendida inteiramente a partir de uma única perspectiva, já que somente uma visão complementar pode produzir um quadro completo.

Usando as ideias de perfis dos autores Bachelard e Mortimer, construiu-se de forma exploratória o Perfil de Nível Mediação Externa, seguindo a TMC, para cada um dos conceitos que explanados pelos estudantes. O que possibilitou a visualização das Mediações (Psicofísica, Social, Cultural e Hiper-cultural) mais relevantes para a criação das imagens mentais que auxiliaram no entendimento dos temas, assim como, mostra-se as transições entre os mecanismos externos.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

Apresentamos os resultados obtidos, principalmente, por meio das entrevistas com os estudantes. As entrevistas foram realizadas através do protocolo *Report Aloud* (TREVISAN et al., 2019), gravadas na íntegra, e a análise das mesmas se deu através dos vídeos e de suas transcrições, por meio da Análise Gestual Descritiva (CLEMENT; STEINBERG, 2002; MONAGHAN; CLEMENT, 1999; STEPHENS; CLEMENT, 2010). Nas transcrições não são utilizados os nomes dos alunos, eles serão chamados pela letra “E”, seguida de um número, como, por exemplo, E1 (Estudante 1), e assim para os demais estudantes. Os gestos produzidos pelos estudantes estão identificados em “[hashtag]” (#) e letras que correspondem a imagem mental identificada através do movimento ou posição das mãos de cada participante.

A construção que permite identificar quais mecanismos de processamento externo são mais utilizados para a criação das imagens mentais, evidenciadas durante as explicações das respostas, é o Perfil de Nível de Mediação Externa. A partir da análise das mediações, três grupos emergiram naturalmente no método de análise qualitativa: o grupo de alunos em que as imagens mentais são, predominantemente, originárias da Mediação Psicofísica (Grupo P), o da Mediação Hiper-cultural (Grupo H) e o grupo com preferência pela Mediação Cultural (Grupo C). O Grupo C é composto por apenas um estudante (E9), no Grupo P encontram-se os estudantes E1, E2, E6 e E13 e no Grupo H estão os alunos E3, E4, E5, E7, E10, E11 e E12, sendo o grupo que possui o maior número de participantes.

A organização das análises encontra-se a seguir. Em um primeiro momento, o estudante E9 é utilizado como exemplo da nossa metodologia de análise, apresentando os dados obtidos através das análises verbais e gestuais, para um das questões, e a construção do seu PNME. Posteriormente, apresenta-se os PNME dos Grupos P e H.

Durante a entrevista, cada estudante foi convidado(a) a relatar o que imaginou ao responder as questões do pós-teste, ou seja, precisava explicar o processo de pensamento utilizado no momento de resolver algum problema. Por exemplo, uma das questões realizadas estava relacionada com o conceito de luz - “Dada uma situação em que uma janela aberta permite a passagem de luz solar, a qual incide em uma parede. Explique, utilizando palavras e desenhos, o que é luz?”. Ao explicá-la, E9 aponta que:

**E9:** A primeira coisa que veio na minha cabeça quando li janela aberta imaginei uma janela [#JA] e nela [#JF] tem uma fonte de luz que nela incide e vai iluminar as partes [#IL] dentro da janela que podem ser visíveis pela fonte de luz. E esse foi o pensamento inicial, depois comecei a aprofundar mais, que a luz é uma radiação eletromagnética, o que vi em livros e fui escrevendo.

**Figura 2** - A imagem ilustra o discurso verbal do aluno que representa, com uma das mãos abertas em frente ao rosto um objeto parado, no caso, uma janela. Imagem estática. #JA



Fonte: A pesquisa.

**Figura 3** - A imagem mostra o aluno com uma mão aberta, parada, e a outra mais acima apenas com os dedos indicador e polegar se aproximando, demonstrando uma abertura. Imagem estática. #JF



Fonte: A pesquisa.

**Figura 4** - A sequência de imagens ilustra um movimento com uma das mãos, para o lado, enquanto a outra mão permanece parada, demonstrando os raios que passam por uma janela. Imagem dinâmica.

#IL



Fonte: A pesquisa.

De acordo com o que se obtém na entrevista, essa “janela”, mencionada na própria pergunta, é parte de um *driver*, originado ao ler a questão e a observação da luz, aspecto de uma Mediação Psicofísica, subsidiada, posteriormente, por uma Mediação Cultural. Após explicar o que é solicitado, o E9 começa a expressar a sua concepção quanto aos conceitos que envolvem a sua ideia de luz. Inicia seu raciocínio afirmando o mecanismo de processamento externo responsável pela imagem da radiação eletromagnética que havia escrito nos testes.

**E9:** Radiação Eletromagnética eu vi em livros de física, de conteúdo do ensino médio normal e eu não cheguei a estudar nada acerca de campo magnético e eletromagnético, então a minha concepção de radiação eletromagnética é uma onda [#ON] que executa um movimento ondulatório. Eu sei que vi na tua aula, na pesquisa, que a oscilação eletromagnética seria a oscilação de um campo elétrico e um magnético. Mas para mim é simplesmente uma onda [#ON] de alguma característica que faz uma oscilação.

**Figura 5** - A sequência de imagens indica um movimento com o dedo indicador, movimentando-o para cima e para baixo, demonstrando uma oscilação. Imagem dinâmica. #ON

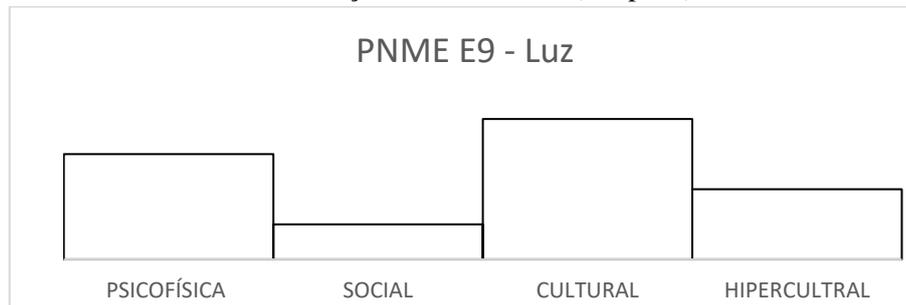


Fonte: A pesquisa.

A conversa se estende e outras questões começam a ser abordadas, incluindo as ideias de emissão e absorção. Não faz parte do escopo desta contribuição relatar cada questão e suas respostas, mas trazer um exemplo da metodologia utilizada e a construção dos PNME.

Investigando as zonas de Mediação explanadas pelo estudante, após a realização das atividades solicitadas, esboça-se a proposta de construção exploratória do Perfil de Nível Mediação Externa (Figura 6). No eixo das abcissas, são indicadas as Mediações sucessivas e, no eixo das ordenadas, um valor que corresponde à frequência efetiva com que tal Mediação é expressa pelo estudante a respeito da sua noção de cada conceito. A Mediação que se mostra mais representativa para a formação de ideia do A9 com relação ao conceito de luz, é a Mediação Cultural, com a qual ele consegue construir seus argumentos. Seguido da Psicofísica, Hiper cultural e, por último, Social.

**Figura 6** - Perfil de Nível de Mediação Externa do E9 (Grupo C) acerca do conceito de luz.



Fonte: A pesquisa

Justificam-se essas Mediações apontadas investigando as ideias relatadas pelo E9 durante toda a entrevista. A Mediação Cultural se sobressai nas diversas explicações em que o aluno utiliza termos ou expressões que ele mesmo aponta não ter visto em sala de aula, apenas nas suas leituras. A Mediação Psicofísica vem da imagem da janela, que a própria questão induziu, e para essa imagem surgem as diferentes mediações com as explicações propostas pelo aluno. As características da onda e a radiação, são apontadas como visualizadas nos slides da pesquisa, provenientes de uma Mediação Hipercultural. Apesar de mencionar algumas aulas de física, a Mediação Social, para formar uma ideia do conceito de luz, é a mediação que menos se sobressai no discurso.

O estudante E9 realizou 32 gestos descritivos ao longo da entrevista, sendo 24 gestos descritivos diferentes, ou seja, sem repetição. Destes, 8 foram classificados como estáticos (situações ou objetos parados) e 16 dinâmicos (situações em movimento). Todas as etapas do processo de análise foram realizadas com os 12 estudantes participantes da pesquisa. Vale destacar que o PNME pode ser realizado para um grupo de alunos, individualmente, para um determinado conceito ou, ainda, para uma única pergunta, dependendo da necessidade do(a) professor(a)/pesquisador(a).

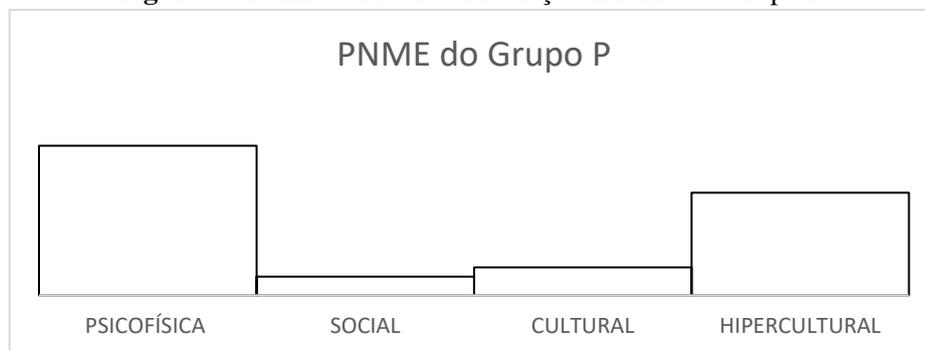
Contruiu-se os PNME de cada estudante, para cada uma das principais questões dos testes exploradas no momento da entrevista. Para facilitar a organização da análise, após uma amostra da metodologia utilizada, em seguida, encontram-se os PNME gerais de cada estudante dos Grupos Psicofísico e Hipercultural (Figura 7 e 9, respectivamente) e os Perfis Gerais dos Grupos P e H (Figuras 8 e 10, respectivamente).

**Figura 7** – Perfis dos estudantes, separados por cores, do Grupo P.



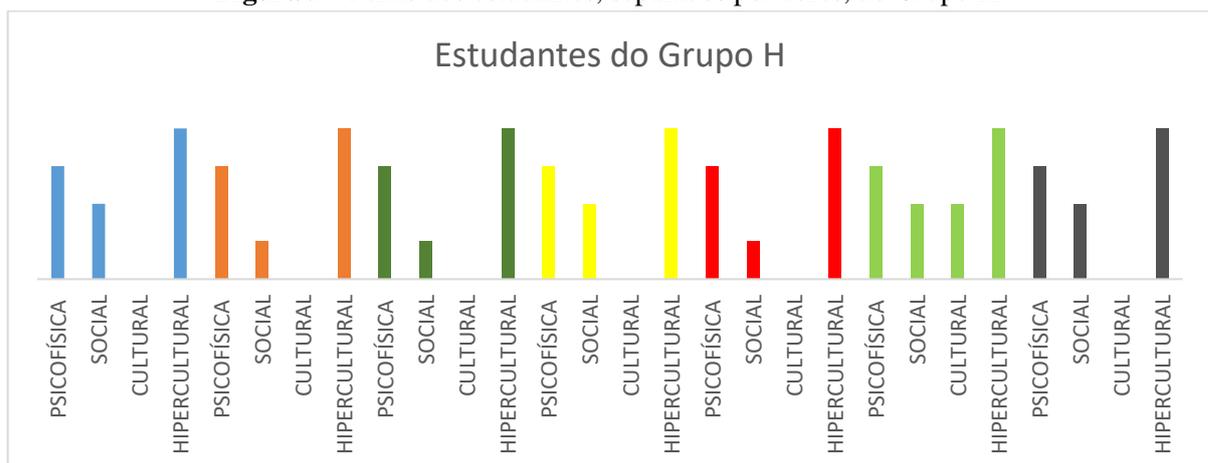
Fonte: A pesquisa.

**Figura 8** - Perfil de Nível de Mediação Externa do Grupo P.



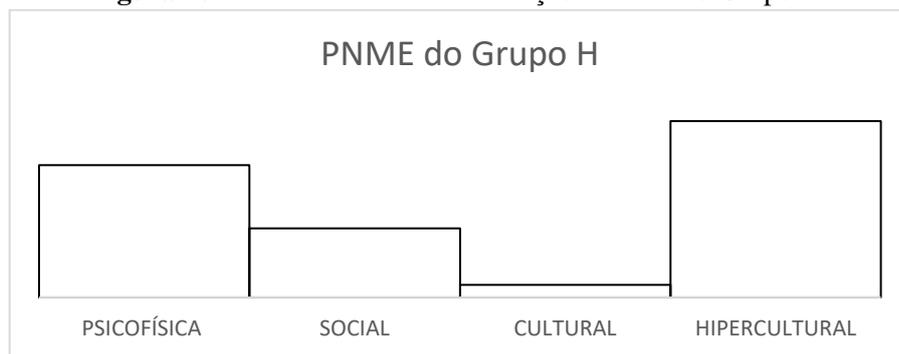
Fonte: A pesquisa.

**Figura 9** - Perfis dos estudantes, separados por cores, do Grupo H.



Fonte: A pesquisa.

**Figura 10** – Perfil de Nível de Mediação Externa do Grupo H.



Fonte: A pesquisa.

## CONSIDERAÇÕES FINAIS

Por meio dos dados interpretados em imagens mentais obtidas ao longo das atividades, em especial na etapa de entrevistas conduzidas pelo protocolo *Report Aloud* (TREVISAN et al., 2019), pode-se identificar as mediações preferencialmente utilizadas por cada estudante. A Mediação Hipercultural se sobressaiu entre as demais, já que foi a mais relatada entre os participantes.

Foi possível traçar o Perfil de Nível de Mediação Externa (PNME), abordando os mecanismos externos mais relevantes para a criação das imagens mentais e expondo as transições entre as mediações que o aluno utiliza ao relatar seu pensamento, mostrando-se como um eficiente instrumento de análise. Percebe-se que, nesta pesquisa, para cada pergunta, são relatadas no mínimo duas Mediações, sendo o papel da análise identificar o seu grau de relevância para cada questão.

Em uma situação de ensino, há possibilidade de se observar que um mesmo aluno pode apresentar mais de uma forma de resolver ou explicar questões sobre o conceito de espectroscopia. A criação de diferentes significados para um determinado conceito, em sala de aula, pode estar vinculada com as interpretações a partir das relações entre o que está sendo dito e o estudante, do mesmo modo que, diferentes formas de vida vão culminar nas mais variadas experiências dos alunos e, conseqüentemente, nas mediações utilizadas.

## REFERÊNCIAS

BACHELARD, G. **O Novo Espírito Científico**. 2.ed. Rio de Janeiro: Tempo Brasileiro, 1985.



BRUININKS, B.; JUURLINK, L. B. F. An Inexpensive 3D Printed Periscope-Type Smartphone-Based Spectrophotometer for Emission, Absorption, and Fluorescence Spectrometry. **Journal of Chemical Education**, 2022.

CLEMENT, J. J.; STEINBERG, M. S. Step-wise evolution of mental models of electric circuits: a “learning-aloud” case study. **Journal of Learning Sciences**, v. 11, n. 4, pp. 389-452, 2002.

ERICKSON, F. Qualitative methods in research on teaching. In Wittrock, M.C. (Ed.). **Handbook of research on teaching**. New York: Macmillan Publishing. p. 119-161. 1985.

FILGUEIRAS, C. AL. A Espectroscopia e a Química–Da Descoberta de Novos Elementos ao Limiar da Teoria Quântica. **Química Nova na Escola**, v. 3, p. 22-25, 1996.

GRASSE, E. K.; TORCASIO, M. H.; SMITH, A. W. Teaching UV–Vis spectroscopy with a 3D-printable smartphone spectrophotometer. **Journal of Chemical Education**, v. 93, n. 1, p. 146-151, 2016.

MALISORN, Khemchira et al. Demonstration of light absorption and light scattering using smartphones. **Physics Education**, v. 55, n. 1, p. 015012, 2020.

MONAGHAN, J. M.; CLEMENT, 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.

MORTIMER, E. F. Conceptual change or conceptual profile change? **Science & Education**, v. 4, n. 3, p. 267-285, 1995.

PAP, L. G. An Inexpensive 3D-Printable Do-It-Yourself Visible Spectrophotometer for Online, Hybrid, and Classroom-Based Learning. **Journal of Chemical Education**, v. 98, n. 8, p. 2584-2591, 2021.

SOUZA, B. C. **A Teoria da Mediação Cognitiva: os impactos cognitivos da Hipercultura e da Mediação digital**. 2004. 282 f. Tese (Doutorado em Psicologia), Centro de Filosofia e Ciências Humanas, Universidade Federal de Pernambuco, Recife, 2004.

SOUZA, B. C.; SILVA, A. S.; SILVA, A. M.; ROAZZI, A.; CARRILHO, S. L. S. Putting the Cognitive Mediation Networks Theory to the test: Evaluation of a framework for understanding the digital age. **Computers in Human Behavior**, v. 007, p. 10.1016, 2012.

STEPHENS, A. L. CLEMENT, J. J. Documenting the use of expert scientific reasoning processes by high school physics students. **Physical Review Special Topics-Physics Education Research**, 6(2), 020122, 2010.

STEPHENS, A. L.; CLEMENT, J. J. Use of physics simulations in whole class and small group settings: Comparative case studies. **Computers & Education**, v. 86, n. 86, 137-156, 2015.

TREVISAN, R.; SERRANO, A.; WOLFF, J. F. S.; RAMOS, A. F. Peeking into their mental imagery: The Report Aloud technique in science education research. **Ciência e Educação**, 2019.

VANDERVEEN, J. R.; MARTIN, B.; OOMS, K. J. Desenvolvimento de ferramentas para espectroscopia de graduação: um espectrômetro de luz visível de baixo custo. **Journal of Chemical Education**, v. 90, n. 7, 894-899, 2013.

WU, H-K.; KRAJCIK, J. S.; SOLOWAY, E. Promoting understanding of chemical representations: Students' use of a visualization tool in the classroom. **Journal of Research in Science Teaching: The Official Journal of the National Association for Research in Science Teaching**, v. 38, n. 7, p. 821-842, 2001.