

Física no corpo humano: uma abordagem temática no ensino do eletromagnetismo

RESUMO

Em um cenário de controvérsias sobre composições curriculares na Educação em Ciências, evidenciam-se as abordagens temáticas e suas potencialidades concernentes à vinculação a aspectos contextuais subjacentes à ação educativa e à inter-relação entre as áreas de conhecimento. Pertinente a esse panorama, neste trabalho, analisou-se as percepções e relações estabelecidas por estudantes em abordagem temática, envolvendo material e atividades educacionais sobre o corpo humano em associação com o eletromagnetismo. Nesta pesquisa, concatenaram-se aspectos qualitativos e quantitativos, agregando a participação de discentes do 3º ano do Ensino Médio de uma instituição pública da cidade de Curitiba, no estado do Paraná, com dados constituídos por meio de questionários. As proposições de interpretações envolveram pressupostos de Análise de Conteúdo e estatística descritiva e abrangeram dois eixos: percepções sobre as composições curriculares e a aprendizagem, e as relações envolvendo conteúdos de Física associados ao corpo humano. Através dos dados levantados na intervenção em sala de aula, indícios de motivação e correlação com aspectos de aprendizagem foram evidenciados. Averiguou-se, ainda, a vinculação entre conteúdos de Física e de outras áreas de conhecimentos envolvendo a temática. Cabe salientar nesse contexto a viabilidade de abordagens temáticas para o Ensino Médio no que se refere às potencialidades de aprendizagem e de atribuição de sentido e significado às composições curriculares.

PALAVRAS-CHAVE: Ensino de Física. Abordagem temática. Corpo humano. Eletromagnetismo.

Vinicius Pereira dos Anjos

viniciusanjo1@gmail.com

0000-0001-8066-2714

Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Curitiba, Paraná, Brasil.

Rita Zanlorensi Visneck Costa

ritazvc@gmail.com

0000-0001-9882-7003

Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Curitiba, Paraná, Brasil.

Katia Elisa Prus Pinho

katiaprus35@gmail.com

0000-0002-3542-9283

Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Curitiba, Paraná, Brasil.

Noemi Sutil

noemisutil@utfpr.edu.br

0000-0003-3095-3999

Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Curitiba, Paraná, Brasil.

INTRODUÇÃO

A Física descontextualizada da realidade e com caráter de matemática aplicada compõe as percepções dos discentes, as quais reportam as composições curriculares e a aprendizagem. Em referência a esse cenário, demanda-se processos de ensino e aprendizagem de Física que propiciem a atribuição de sentido e significado ao estudante.

Pertinente a essa conjuntura, neste trabalho, salienta-se a abordagem temática referente ao corpo humano em associação ao eletromagnetismo, com proposição de material e atividades educacionais, considerando os três momentos pedagógicos (3MP). São enfatizadas as potencialidades de contextualização e articulação entre as áreas de conhecimento relacionadas à aprendizagem, delineada em termos de motivação e das relações entre os conteúdos.

Em referência a essas produções, objetiva-se analisar as percepções e relações estabelecidas por estudantes do 3º ano do Ensino Médio de uma instituição pública da cidade de Curitiba, no estado do Paraná. As proposições de interpretação sobre essas percepções e relações reportam a apreciação de expressões dos discentes em dois conjuntos de questionários (A e B), envolvendo procedimentos analíticos inerentes à estatística descritiva e à análise de conteúdo. Evidenciam-se as percepções sobre as composições curriculares e a aprendizagem e as relações envolvendo conteúdos de Física referentes ao corpo humano.

REFERENCIAL TEÓRICO

Em referência a composições curriculares, Delizoicov, Angotti e Pernambuco (2002) evidenciam a dependência de docentes em relação a livros e apostilas em sua ação didática. A partir dessa problemática, salienta-se a demanda por superação da forma tradicional de abordagem de conteúdos. No tocante a essa conjuntura, reivindica-se um currículo escolar que propicie a contextualização e a atribuição de sentido e significado ao estudante (HALMENSCHLAGER, 2011; HALMENSCHLAGER; DELIZOICOV, 2017).

No âmbito de instituições educacionais imersas em contextos sociais, o currículo assume caráter e compromisso histórico-social. Nessa perspectiva, ressalta-se a imprescindibilidade de abordagem da ciência contemporânea e de aspectos referentes ao seu desenvolvimento em sala de aula (SILVA; ARENGHI; LINO, 2013). Pertinente a esse delineamento, alude-se à articulação entre domínios de conhecimento, inerente à pesquisa científica, evidenciando novas áreas que se estabeleceram ao longo dos últimos anos, como a Física Médica, a Biotecnologia, a Bioengenharia, a Econofísica e a Física Computacional (KLIPPEL, 2012; SANTOS, 2018). Nessa direção, contrapõe-se a fragmentação em Física, Química e Biologia, no que diz respeito à abordagem das Ciências da Natureza no Ensino Médio.

A esse encadeamento, relaciona-se a abordagem temática, referente a uma perspectiva curricular em que os conteúdos a serem ministrados em uma disciplina são norteados em relação a um tema (DELIZOICOV; ANGOTTI; PERNAMBUCO, 2002). Esse enfoque propicia uma compreensão mais ampla sobre um determinado assunto (AUTH, 2015). Cabe mencionar a ressalva apresentada por Strieder, Watanabe-Caramello e Gehlen (2012) sobre a não restrição da

abordagem temática à perspectiva das proposições de Paulo Freire, reportando, também, a outras correntes teóricas. Em vertente temática, são salientadas as relações estabelecidas entre os conteúdos da ação educativa e os contextos vivenciais dos estudantes, agregando a vinculação entre campos e perspectivas distintas (STRIEDER *et al.*, 2011; MUNDIM; SANTOS, 2012); reporta-se à contextualização e à articulação entre áreas de conhecimento.

Pertinente à abordagem temática, ressalta-se a composição de repertório de estabelecimento de relações referentes a aspectos contextuais e diversos domínios de conhecimento. Nesses termos, alude-se à inter-relação entre novos conteúdos e outros saberes constituintes da estrutura cognitiva do sujeito, em referência à aprendizagem significativa. No escopo dessa vertente, em menção a aspectos motivacionais, enfatiza-se a disponibilidade do sujeito ao estabelecimento de relações entre conhecimentos (AUSUBEL; NOVAK; HANESIAN, 1980).

Sob tais considerações, coaduna-se a abordagem temática aos 3MP: problematização inicial; organização do conhecimento; e aplicação do conhecimento. No que tange à problematização inicial, enfatiza-se a identificação de experiências prévias e a proposição de situações a serem analisadas. O reconhecimento de diferentes perspectivas e a consolidação de afinidades com outras disciplinas e o domínio de saberes remete à organização do conhecimento. A aplicação do conhecimento propicia a compreensão de aspectos problematizados sob o prisma dos conteúdos abordados nas ações educativas e sua extrapolação para discernimentos em outras situações com aporte a esses conceitos (DELIZOICOV; ANGOTTI; PERNAMBUCO, 2002; KLIPPEL, 2012).

Concatenam-se essas potencialidades de contextualização e articulação entre os domínios de conhecimento, alocadas no escopo da abordagem temática, ao estudo do corpo humano. Desde o início dos tempos, o homem procura conhecer a si mesmo e o próprio corpo. Diferentes perspectivas e filosofias acompanham diversos povos e culturas a respeito desse tema. No final da Idade Média, o corpo humano passa a ser estudado de forma racional, reduzindo o conceito de sagrado (MORAES; GUIZZETTI, 2016). Atualmente, há diversos campos da ciência que o estudam, como a Psicologia, a Antropologia, a Sociologia e as Ciências Biológicas.

Em relação a esses aspectos, no 3º ano do Ensino Médio, modalidade regular, em que comumente se ministram aulas sobre eletromagnetismo, o discente vivencia a faixa etária que compreende a adolescência. Segundo o psiquiatra Maurício Knobel (citado por DELIZOICOV; ANGOTTI; PERNAMBUCO, 2002), uma das características dos adolescentes (contemplada na Síndrome Normal da Adolescência) remete à compreensão de si e de sua identidade. Pertinente a essas circunstâncias, Delizoicov, Angotti e Pernambuco (2002) sugerem que nas Ciências Naturais, incluindo a Física, as abordagens didáticas possam abranger as mudanças corporais.

Nesta pesquisa, articula-se o tema corpo humano e o eletromagnetismo conciliando os 3MP, com o objetivo de elaborar e avaliar uma proposta educacional para abordagem do eletromagnetismo com associação entre a Física e o corpo humano. A vinculação de aspectos do eletromagnetismo ao tema refere-se a composições docentes associadas à abordagem temática, conforme os apontamentos de Silva *et al.* (2019). O corpo humano como temática propicia ao estudante sua contextualização, abrangendo a análise de tecnologias

contemporâneas e cotidianas e seu desenvolvimento. Demanda-se a articulação entre áreas de conhecimento, não se restringindo a aspectos fisiológicos, em perspectiva da Biologia, incorporando, também, a visão da Física. Nesse direcionamento, viabiliza-se a composição de repertório de estabelecimento de relações em menção à aprendizagem e à motivação para aprender. Neste caso específico, cabe salientar a premência da identificação de conhecimentos prévios sobre a temática, considerando particularmente a abordagem do corpo humano nas disciplinas de Ciências no Ensino Fundamental e Biologia no Ensino Médio.

METODOLOGIA

Esta pesquisa envolve aspectos qualitativos (FLICK, 2009) e quantitativos (MOREIRA, 2011) e abrange a elaboração de material (produto educacional) e atividades educacionais (GIL, 2019) atinentes à associação entre o corpo humano e o eletromagnetismo. As atividades educacionais foram desenvolvidas no primeiro semestre de 2019, em uma turma de 30 alunos do 3º ano de Ensino Médio de uma instituição pública de Curitiba, Paraná, em referência ao Capítulo 4 do produto educacional (composto por seis capítulos).

Pertinente a essas ações, averiguou-se dois conjuntos de questionários, com questões abertas e fechadas, respondidos por discentes: num momento anterior às ações educativas (Questionário A) e em ocasião posterior a essas atividades (Questionário B). Esses procedimentos abrangem pressupostos de Análise de Conteúdo (BARDIN, 2011) e estatística descritiva (MOREIRA, 2011).

Esta pesquisa, com parecer favorável do Comitê de Ética em Pesquisa envolvendo Seres Humanos (CEP) da Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR), obteve Certificado de Apresentação para Apreciação Ética (CAAE) através do número 08933319.7.0000.5547. As ações e as análises empreendidas se reportam a documentos de autorização viabilizados pelos sujeitos envolvidos no estudo, após prévia exposição de objetivos e procedimentos da pesquisa aos discentes e seus responsáveis.

PRODUTO EDUCACIONAL

Com respeito ao supracitado produto educacional, no Quadro 1, a seguir, explicitam-se os capítulos e os assuntos pertinentes a estes.

Quadro 1 – Organização do produto educacional

Capítulo	Assunto
1	A origem de tudo
2	Neurônios: diferença de potencial e corrente elétrica
3	Choque elétrico
4	Membranas celulares = capacitores
5	Campo magnético do cérebro
6	Atividade elétrica no olho e na pele

Fonte: Autores (2019).

Para a elaboração do produto educacional, direcionado a professores e estudantes de Ensino Médio, foram analisados materiais bibliográficos de Física, Biofísica, Anatomia e Fisiologia. Os textos abrangem, entre outros, os conceitos de diferença de potencial, força eletromotriz, corrente elétrica, efeito Joule e carga elétrica. Expressam associações entre conceitos físicos e aspectos cotidianos, corpo humano e tecnologias contemporâneas em saúde. No início de cada capítulo, destacam-se conhecimentos sobre Anatomia e Fisiologia Humana e atividades ao aluno para a identificação de aspectos dos órgãos do corpo humano.

O capítulo 1 (A origem de tudo) apresenta a introdução à temática e ao eletromagnetismo. Aborda aspectos históricos sobre a constituição da matéria e o átomo de Tales a Faraday. Salienta elementos de definição de eletrostática, eletrodinâmica e eletromagnetismo, em alusão a fenômenos e equipamentos cotidianos. Nesse seguimento, destaca-se a associação do corpo humano, por exemplo, na comunicação das células por sinais elétricos e na diferença de potencial de uma membrana celular. Expande as vinculações às tecnologias em saúde, evidenciando, por exemplo, a ressonância magnética e o marca-passo para o coração. Ainda, explicita particularidades da história do estudo da Biofísica e, mais especificamente, do Bioeletromagnetismo.

No capítulo 2 (Neurônios: diferença de potencial e corrente elétrica) evidencia-se a anatomia e fisiologia de um neurônio, sua função e características. Associa-se o neurônio a um fio condutor e a Bainha de Mielina a um dielétrico. Para explicar a diferença de potencial, reporta-se à bomba de sódio e potássio. Considerando a quantidade de carga elétrica que a bomba transporta em um neurônio, calcula-se a corrente elétrica no mesmo. Vincula-se a definição de corrente elétrica a sinapses e comunicação no tecido neural. Ressalta-se, ainda, inter-relação entre o funcionamento da célula e as doenças.

No início do capítulo 3 (Choque elétrico), enfatiza-se a definição e a classificação de choques em estático e dinâmico e descargas atmosféricas. Aponta-se as distinções entre corrente contínua e alternada. Explicita-se análises sobre intensidade da corrente elétrica e efeitos causados no corpo humano. No decorrer do texto, delinea-se a resistência elétrica em referência à pele, sangue e músculos. Em citação às possíveis queimaduras relacionadas ao choque elétrico no corpo humano, apresenta-se o efeito Joule. As ponderações se estendem às recomendações de segurança e saúde pertinentes ao atendimento à pessoa vítima de choque elétrico, incluindo aporte às instalações elétricas residenciais. Nos estudos propostos, sobressaíram-se os efeitos de campos eletromagnéticos no organismo humano.

O capítulo 4 (Membranas celulares = capacitores) inicia com explicitação da célula animal e da função da membrana plasmática. Na Figura 1, apresenta-se a parte inicial do referido capítulo com expressões alusivas à anatomia e fisiologia.

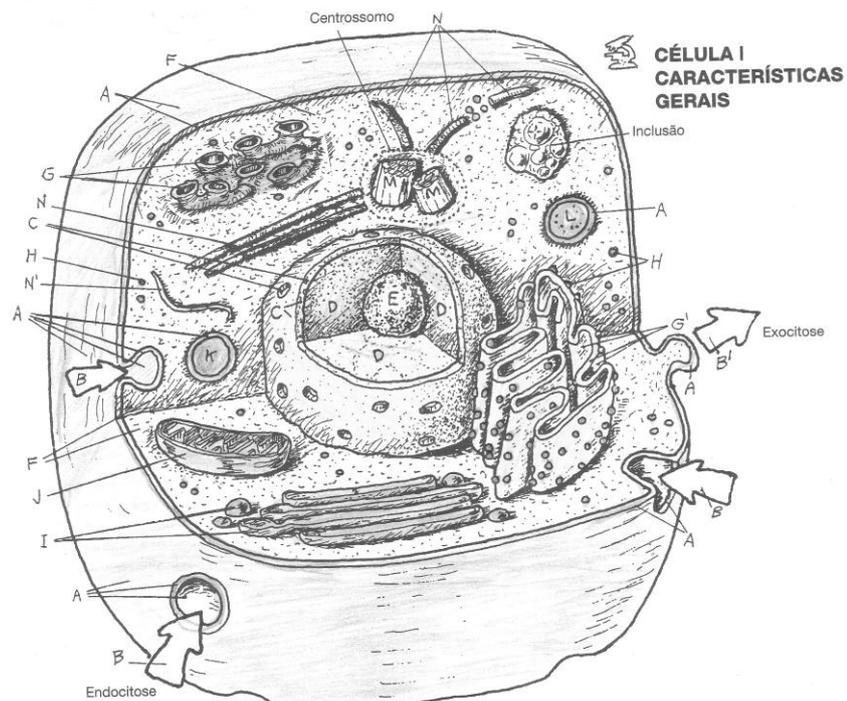
Figura 1 – Capítulo 4 - Parte inicial

4

**MEMBRANAS
CELULARES = CAPACITORES**

Há uma pequena e fundamental parte do nosso organismo, que recolhe substâncias, recicla-as e as liberta, chamada célula (Figura 1). Cada célula assume uma função especializada. Elas podem estar uma ligada à outra, por exemplo, formando tecidos, ou livres no organismo como é o caso dos glóbulos vermelhos. Sua estrutura básica é composta de: citoplasma e organelas, um núcleo e uma membrana que a envolve (MÜNCHEN, 2009). A membrana celular permite a entrada (endocitose) e saída (exocitose) de materiais para o interior e exterior da célula (conforme representação da Figura 1) (KAPIT; ELSON, 2018).

Figura 1: Características gerais da célula: Membrana celular (A): processo de Endocitose (B), processo de Exocitose (B1), Membrana nuclear (C), Nucleoplasma (D), Nucléolo (E), Citoplasma (F), Retículo Endoplasmático Liso (G) e Rugoso (G1), Ribossomo (H), Complexo de Golgi (I), Mitocôndria (J), Vacúolo (K), Lisossomo (L), Centríolo (M), Microtúbulo (N), Microfilamento (N1).



Fonte: KAPIT; ELSON (2018).

Fonte: Autores (2019).

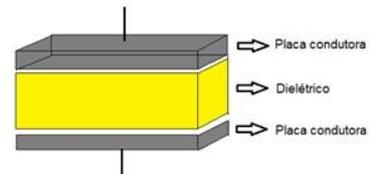
Em seguida, enfatiza-se o conceito de capacitores e sua aplicação no cotidiano. Entre os exemplares, destaca-se o desfibrilador, que contém o capacitor em seu circuito, o qual se usa quando o bombeamento de sangue do coração acontece em uma frequência atípica. A Figura 2, a seguir, expressa essas correlações no produto educacional.

Figura 2 – Capítulo 4 – Capacitor e desfibrilador

Os capacitores (Figura 2) são dispositivos que acumulam energia para ser liberada aos poucos (BISCUOLA; BÔAS; DOCA, 2010). Os capacitores são encontrados no *flash* de câmeras fotográficas, controles remotos, no rádio, etc. Toda diferença de potencial U entre placas a uma certa distância d gera um campo elétrico E .

$$U = E * d$$

Figura 2: Capacitor com dielétrico.



Fonte: Autoria própria (2019).

Em um circuito, a pilha ligada ao capacitor gera a diferença de potencial (d.d.p.). No caso do cérebro, a própria energia do corpo humano gera diferença de potencial para manter o neurônio em repouso e acumula energia.

$$Q = CU$$

C é a capacidade do condutor de armazenar cargas e chamamos de **capacitância**, U a d.d.p. e Q a carga elétrica armazenada. Ela depende de suas características geométricas e do meio em que se encontra.

Analisando um capacitor, quanto maior a área das placas, mais cargas podem ser acumuladas, mas a distância quanto menor, mais ideal será o capacitor. Então, entre as placas coloca-se um dielétrico.

$$C = \varepsilon * \frac{A}{d}$$

A unidade da capacitância é:

$$\text{farad} = \frac{\text{coulomb}}{\text{volt}}$$

Onde ε é a permissividade elétrica do material, A a área da placa e d a distância entre as placas do capacitor.

O coração humano bombeia sangue para todo o organismo, dentro de um determinado ritmo. Ele bombeia de 300 a 400 litros de sangue por hora. Os impulsos são originados em dois pequenos nódulos, localizados um na parede da aurícula direita: o nódulo sinusal desencadeia de 70 a 80 batimentos cardíacos por minuto (bpm) e outro nódulo auriculoventricular com uma frequência de 40 a 60 bpm (MÜNCHEN, 2009). Quando esse bombeamento ocorre numa frequência atípica ou alterada chama-se fibrilação ou arritmia cardíaca, o músculo ventricular não contrai de forma coordenada, o que é importante para o processo de bombeamento do coração. Para carregar e descarregar cargas elétricas nas fibras musculares do coração ou na parede torácica, usa-se o desfibrilador, ele contém um capacitor (GUYTON; HALL, 2011).

A energia acumulada de um capacitor é:

$$E_{pot} = \frac{CU^2}{2}$$

Fonte: Autores (2019).

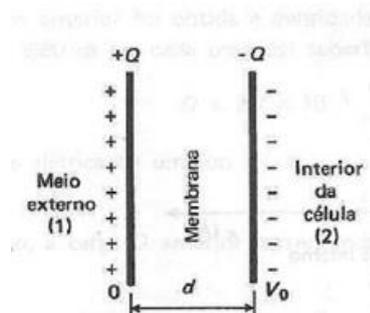
Associa-se as células a um capacitor com dielétrico, especificando que dentro e fora destas há uma diferença de cargas elétricas (diferença de potencial). Para exemplificar, utilizando a espessura da membrana e sua área, calcula-se o valor da capacitância celular por unidade de área. Por fim, apresenta-se um exemplo de medição de capacitâncias nas fibras de Purkinje. Na Figura 3, a seguir, apresentam-se os elementos finais do capítulo.

Figura 3 – Capítulo 4 – Capacitor e células

Os axônios (prolongamentos dos neurônios que conduzem impulsos elétricos) podem ser, de forma simplificada, considerados capacitores. É possível calcular a carga elétrica armazenada no axônio conhecendo seu tamanho e a diferença de potencial a que ele é submetido (QG do ENEM, 2017).

Pode-se associar as células a um capacitor com dielétrico, como representado na esquematização da Figura 3. Tanto o interior quanto o exterior de uma célula estão cheios de soluções salinas bem diluídas, decompostas em íons. Essas soluções salinas condutoras estão separadas por uma camada isolante: a membrana (OKUNO; CALDAS; CHOW, 1982).

Figura 3: Membrana celular vista como capacitor de placas paralelas.



Fonte: OKUNO; CALDAS; CHOW (1982).

A espessura de uma membrana é de cerca de 80 \AA e sua área de $6 * 10^{-2} \text{ m}^2$. Calculando a capacitância celular por unidade de área (onde o valor característico para a constante de permissividade elétrica da membrana é $\epsilon \cong 10\epsilon_0$, ou seja, 10 vezes a permissividade elétrica do vácuo):

$$C = \frac{\epsilon}{Ad}$$

$$\frac{C}{A} = \frac{\epsilon}{d} = \frac{10 * 8,85 * 10^{-12}}{80 * 10^{-10}} = 1,1 * 10^{-2} \text{ F/m}^2$$

Nas fibras de *Purkinje* (localizadas no coração), mediu-se capacitâncias de até 12 \mu F/cm^2 (OKUNO; CALDAS; CHOW, 1982; GARCIA, 2002).

Fonte: Autores (2019).

No capítulo 5 (Campo magnético do cérebro), enfatiza-se conceitos de magnetismo. No início, apresenta-se a anatomia do cérebro humano e suas estruturas e destaca-se o interesse no estudo deste órgão por cientistas e o método da magnetoencefalografia (MEG) em pesquisas e exames. A partir da apresentação deste exame, salienta-se que correntes elétricas geram campos

magnéticos (pulsos elétricos transmitidos pelo cérebro produzem os campos magnéticos detectados pela MEG). Evidencia-se, ainda, a ressonância magnética funcional, explicitando a produção de imagens no exame e a ordem de grandeza de resolução. Este capítulo aborda um evento marcante da história da ciência: a constatação de Oersted (1820) sobre o desvio na agulha com a aproximação de um fio elétrico percorrido pela corrente elétrica. Em referência a este conteúdo, exemplifica-se o cálculo do módulo de um campo magnético detectado pela MEG devido aos impulsos elétricos do cérebro. No final do capítulo, aborda-se pesquisas relacionadas ao tratamento de doenças neurológicas envolvendo nanopartículas magnéticas.

O capítulo 6 (Atividade elétrica no olho e na pele) engloba a visão, a função dos olhos e a formação de imagens (desde a entrada de raios luminosos na pupila até os impulsos elétricos chegarem ao cérebro). Apresenta-se o exame eletro-oculograma, que envolve a detecção de um campo de potencial elétrico estável (potencial corneorretiniano), para estudo do movimento dos olhos. No decorrer do texto, menciona-se que doenças como catarata e glaucoma podem ser diagnosticadas a partir de um exame chamado eletrorretinograma, que detecta campos eletromagnéticos na retina. Os conceitos de condutância e resistência elétrica foram abordados em referência à pele. Salienta-se que tais propriedades (como diferença de potencial entre dois pontos) da pele ajudam, por exemplo, na investigação de psicopatologias ou detecção de mentiras. Este capítulo apresenta informações sobre o desenvolvimento da ciência e de tecnologias e suas implicações para a saúde e a segurança do ser humano.

ATIVIDADES EDUCACIONAIS E QUESTIONÁRIOS

As atividades educacionais desenvolvidas com uma turma de 30 discentes do 3º ano do Ensino Médio, conforme os 3MP, envolveram estudos sobre membranas celulares e sua associação com capacitores, com a utilização em sala de aula do capítulo 4 do produto educacional, em duas horas-aula (tempo consentido pelo professor da disciplina). A opção pelo capítulo 4 deve-se à necessidade da articulação dessas ações com o plano de ensino da disciplina de Física da instituição onde se realizou a investigação. Em concordância com o professor regente, o tema capacitores foi o que melhor se enquadrou no planejamento da turma, pois os alunos já haviam estudado conteúdos, como carga elétrica, diferença de potencial e energia potencial, que seriam pré-requisitos.

As respostas dos estudantes no Questionário A (Quadro 2), em ocasião anterior às ações educativas, propiciaram, associados a interações discursivas envolvendo docente e discentes, elementos à problematização inicial. Esse documento viabilizou, ainda, a identificação de conhecimentos prévios dos alunos e aspectos sociais e idiossincráticos no que se refere às perspectivas de contextualização, articulação entre áreas de conhecimento e ampliação de repertório de estabelecimento de relações envolvendo conteúdos de Física. A seguir, apresentam-se as questões do referido documento:

1. Qual a sua motivação para estudar a Física? Assinale no quadro abaixo o seu nível de motivação, sendo 1 (muito baixa), 2 (baixa), 3 (mediana), 4 (alta), 5 (muito alta). Comente nas linhas abaixo.

2. Você consegue identificar a Física no seu cotidiano? Justifique sua resposta.
3. Explique o conceito de capacitores.
4. Onde você encontra capacitores no seu dia-a-dia?
5. É possível estudar a Física junto ao corpo humano? Justifique.
6. É possível estabelecer relações entre capacitores e o corpo humano?
7. Um médico, um fisioterapeuta, um biólogo precisam aprender Física? Se sim, você poderia citar um exemplo de onde encontrar a Física nessas profissões ou o que elas estudam?

Em referência ao 2ºMP (organização do conhecimento), envolvendo interações discursivas entre docente e discentes, foram retomados conteúdos de anos anteriores, como carga elétrica, campo elétrico e potencial elétrico, pertinentes à temática, e salientadas relações com aspectos da realidade vivencial dos envolvidos, com ênfase nas associações entre membranas celulares e capacitores (capítulo 4).

No 3ºMP (aplicação do conhecimento), ampliaram-se oportunidades aos discentes para o estabelecimento de relações envolvendo os conteúdos abordados e extrapolações a outras situações. Na ocasião, os estudantes responderam o Questionário B (Quadro 3). Destacam-se, a seguir, as questões desse documento.

1. É interessante estudar a Física no corpo humano? Justifique.
2. Avaliação do material. Assinale um nível de avaliação para cada item, sendo 1 (muito baixa), 2 (baixa), 3 (mediana), 4 (alta), 5 (muito alta).
3. O material traz a Física de forma mais interessante quando a relaciona com o corpo humano?
4. O material é de uma linguagem acessível e pouco cansativa?
5. Há algum comentário que você gostaria de fazer a respeito do material, tal como uma crítica ou sugestão?
6. É possível estabelecer relação entre capacitores e corpo humano?
7. Assinale no quadro a seguir o nível de sua compreensão a respeito de capacitores quando estudados juntamente com o corpo humano, sendo 1 (muito baixa), 2 (baixa), 3 (mediana), 4 (alta), 5 (muito alta). É mais fácil entender capacitores dessa maneira?
8. Explique o conceito de capacitores.
9. Você acredita que é possível relacionar a física a outros aspectos do corpo humano além do que foi estudado na aula? Se sim, cite exemplos.

ELEMENTOS DE ANÁLISE DE DADOS

As proposições de interpretações explicitadas se reportam às análises dos questionários A e B. No que se refere às questões fechadas, foi utilizada a estatística descritiva, evidenciando a média aritmética para representar os resultados (MOREIRA, 2011). Para análise das perguntas qualitativas, reportou-se

a pressupostos de Análise de Conteúdo (BARDIN, 2011). Com esse intuito, foram selecionadas palavras-chave, nos discursos dos alunos, que denotassem relação com o tema da pergunta, as quais foram categorizadas em diferentes grupos, salientando a frequência de ocorrência.

Pertinente à análise qualitativa, no Questionário A, instituem-se as referências motivação, contextualização, conteúdo específico e tema, conforme se apresenta no Quadro 2, concernente ao discurso do aluno e à interpretação do pesquisador.

Quadro 2 – Elementos de análise de dados – Questionário A

Referência	Pergunta	Classificação
Motivação	Qual sua motivação para estudar Física? [...] Comente [...].	Muito baixa – baixa
		Mediana
		Alta – muito alta
Contextualização	Você consegue identificar a Física no seu cotidiano? Justifique sua resposta.	Sim
		Não
Conteúdo específico	Explique o conceito de capacitores.	Envolve armazenagem de energia – adequada
		Não soube / Não respondeu
		Fuga de tema
Conteúdo específico	Onde você encontra capacitores no seu dia-a-dia?	Resposta / ideia adequada
		Não sabe / resposta inadequada / não respondeu
Tema	É possível estudar a Física junto ao corpo humano? Justifique.	Sim
		Não
		Não respondeu
Tema	Um médico, um fisioterapeuta, um biólogo, precisam aprender Física? Se sim, você poderia citar um exemplo de onde encontrar a Física nessas profissões ou no que elas estudam?	Sim
		Não / Não respondeu

Fonte: Autores (2019).

No Questionário B, enfatiza-se a motivação, a avaliação do material, o conteúdo específico e a contextualização, conforme se apresenta no Quadro 3, concernente ao discurso do aluno e à interpretação do pesquisador.

Quadro 3 – Elementos de análise de dados – Questionário B

Referência	Pergunta	Classificação
Motivação	É interessante estudar a Física no corpo humano? Justifique.	Sim
		Não
Avaliação do material	Há algum comentário que você gostaria de fazer a respeito do material, uma crítica ou sugestão?	Aspecto negativo
		Aspecto positivo
		Neutro/não deu parecer
Conteúdo específico	Explique o conceito de capacitores.	Envolve armazenagem de energia – adequada
		Não soube / Não respondeu
		Fuga de tema
Contextualização	Você acredita ser possível relacionar a Física a outros aspectos do corpo humano além do que foi estudado na aula? Se sim, cite exemplos.	Sim
		Não

Fonte: Autores (2019).

ANÁLISE DE DADOS

As proposições de interpretação compõem dois eixos analíticos: percepções sobre composições curriculares e aprendizagem; relações envolvendo conteúdos de Física em referência a associações com o corpo humano. Na apresentação de exemplares de expressões, os estudantes são designados pela letra E, seguida por número (E1 a E6).

Destacam-se, inicialmente, as análises de respostas do Questionário A, envolvendo 30 alunos. Em alusão às referidas percepções, segundo os dados obtidos, 63% dos alunos avaliaram-se com motivação mediana na primeira pergunta (“Qual a sua motivação para estudar Física?”); sobressaíram-se as justificativas atinentes à falta de afinidade com a disciplina para as asserções negativas sobre a motivação, por exemplo a resposta do estudante E1: “Não me dou bem com a matéria, prefiro Ciências Biológicas”, ou do estudante E2: “Não gosto muito de exatas”. Em contraposição a isso, diversos estudantes apontaram a relevância da Física no currículo e a vinculação com seu cotidiano, concatenando aspectos motivacionais e de aprendizagem, remetendo a pressupostos explicitados por Ausubel, Novak e Hanesian (1980).

Como é possível verificar na Figura 4, 13% dos discentes expressou motivação baixa e 7% muito baixa; segundo eles, não há nenhum interesse ou apreço pela Física. O restante dos alunos manifestou motivação alta (17%) e mediana (63%). Em referência a isto, os alunos salientaram a curiosidade de entender o mundo, a afinidade com atividades de laboratório e a importância da apropriação de conhecimentos como, por exemplo, na resposta do estudante E3: “Minha

motivação é de que os fenômenos físicos fazem parte de nossas vidas e a explicação, chegando a uma resposta espetacular”. Infere-se sobre a motivação associada à vinculação entre conteúdos de Física e aspectos vivenciais dos sujeitos, atinente à contextualização, em consonância a asserções de Strieder *et al.* (2011) e Mundim e Santos (2012).

Figura 4 – Frequência de respostas questão 1 (Questionário A): “Qual a sua motivação para estudar a Física?”



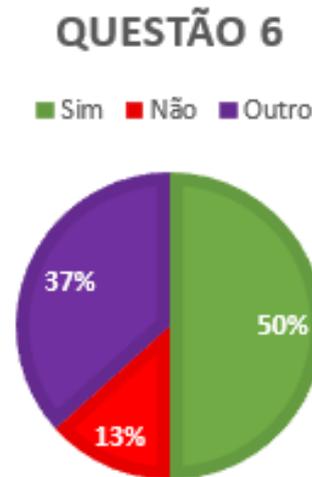
Fonte: Autores (2019).

A questão 2 (“Você consegue identificar a Física no seu cotidiano?”) evidenciou a contextualização. A maioria dos alunos (93%) conseguiu identificar fenômenos físicos no cotidiano, como, por exemplo, na resposta do estudante E2: “(...) jogando basquete nós utilizamos a força, distância e peso, etc.”. Em referência ao Quadro 1, as respostas obtidas nas justificativas reportam, em grande parte, a conteúdos ministrados no 1º ano do Ensino Médio (mecânica). Houve também alunos que expressaram respostas envolvendo luz e tecnologias.

Sobre o conteúdo específico, na questão 3 (“Explique o conceito de capacitores”), verificou-se que 80% dos alunos não souberam responder adequadamente, escrevendo que não sabem o que é um capacitor ou respostas como a exemplificada pelo estudante E4: “São amplificadores de energia (potência)”, com conceito incorreto. Na questão número 4 (“Onde você encontra capacitores no seu dia-a-dia?”), a maioria não identificou exemplos.

Na questão 5 (“É possível estudar física junto ao corpo humano?”), não houve resposta negativa. Excluídas as abstenções, 28 discentes (93%) responderam afirmativamente e percebeu-se que identificaram fenômenos relacionados à mecânica, como força e movimento, e termologia. Na questão 6 (“É possível estabelecer relações entre capacitores e corpo humano?”), metade dos alunos (50%) respondeu positivamente. Devido ao grande número de alunos que respondeu “não sei” (37%), esse dado foi levado em consideração. Esses resultados são apresentados na Figura 5, a seguir.

Figura 5 – Frequência de respostas questão 6 (Questionário A): “É possível estabelecer relações entre capacitores e corpo humano?”



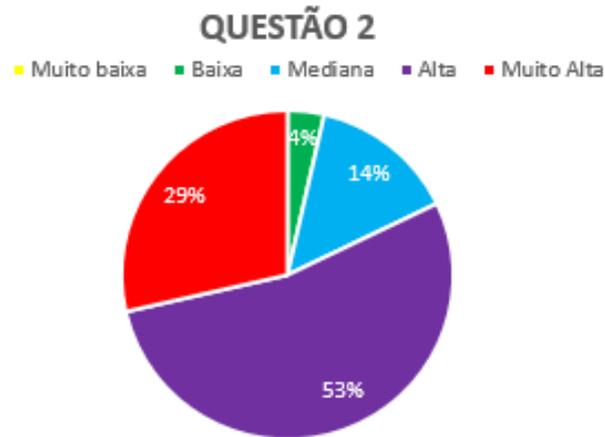
Fonte: Autores (2019).

“Um médico, um fisioterapeuta, um biólogo, precisam aprender Física? Se sim, você poderia citar um exemplo de onde encontrar a Física nessas profissões ou no que elas estudam?” era a última pergunta do Questionário A. A maioria dos alunos (83%) ressaltou a importância da Física nessas profissões, exemplificando que o médico precisa saber sobre ótica ou termologia, um biólogo precisa conhecer a mecânica para estudar os movimentos dos animais, etc., como por exemplo na resposta do estudante E5: “Médico: temperatura corporal e pressão. Fisioterapeuta: movimento dos músculos. Biólogo: cuidado com os animais e seus ambientes”. Em contrapartida, 10% dos alunos afirmaram que estes profissionais não precisam estudar Física.

A essas análises, associam-se proposições de interpretações pertinentes às respostas no Questionário B, abrangendo 30 alunos, em momento posterior às atividades educacionais. No escopo da abordagem temática vinculada ao corpo humano, nas respostas à pergunta 1 (“É interessante estudar a Física no corpo humano?”), 93% dos discentes expressaram percepção positiva sobre essa “nova” perspectiva. Apontaram que o estudo desse tema se referia a algo incomum no estudo da Física, com predominância em biologia, como nas expressões a seguir. “Ajuda a ter uma compreensão melhor do nosso corpo” (E3). “Para aprender coisas novas” (E4). “(...) aprimora seu conhecimento físico e biológico” (E5). Inferem-se aspectos motivacionais propiciados pela associação de conteúdos de Física à temática, em conjuntura envolvendo estudantes com interesses relacionados à contextualização e alguns discentes desafetos à disciplina (conforme análises da questão 1 do Questionário A). Em referência a tais aspectos, correlacionam-se as ponderações de Mundim e Santos (2012, p. 800), sobre a premência de propiciar aos estudantes “[...] compreenderem o significado do conhecimento científico para a vida e para as relações sociais que se estabelecem no decorrer dos tempos e das sociedades”.

Sobre o material educacional, na questão 2 (Quadro 3), 53% dos alunos classificaram como alto o nível de interesse e 29% como muito alto. Os resultados estão e na Figura 6, a seguir.

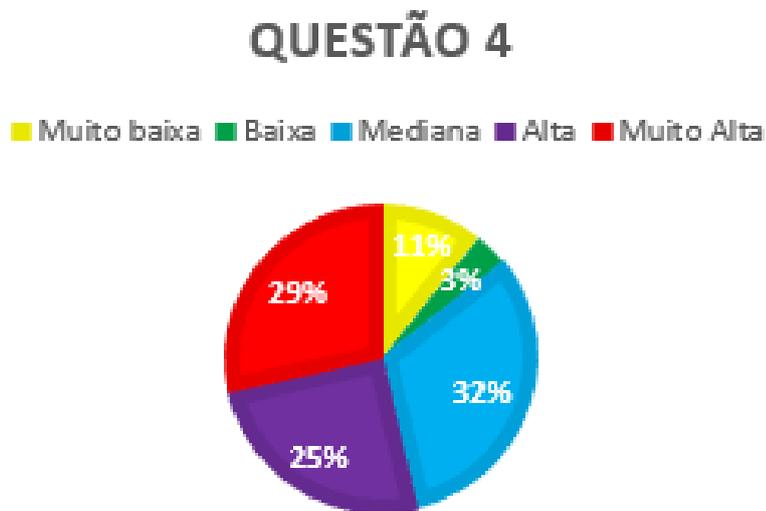
Figura 6 – Frequência de respostas questão 2 (Questionário B): Avaliação do material



Fonte: Autores (2019).

Na questão 4 (“O material é de uma linguagem acessível e pouco cansativa?”), 11% classificou como muito baixa e 3% como baixa, evidenciando maior percentual de percepções positivas sobre acessibilidade às discussões propostas. Os dados estão representados na Figura 7, a seguir.

Figura 7 – Frequência de respostas questão 4 (Questionário B): “O material é de uma linguagem acessível e pouco cansativa?”



Fonte: Autores (2019).

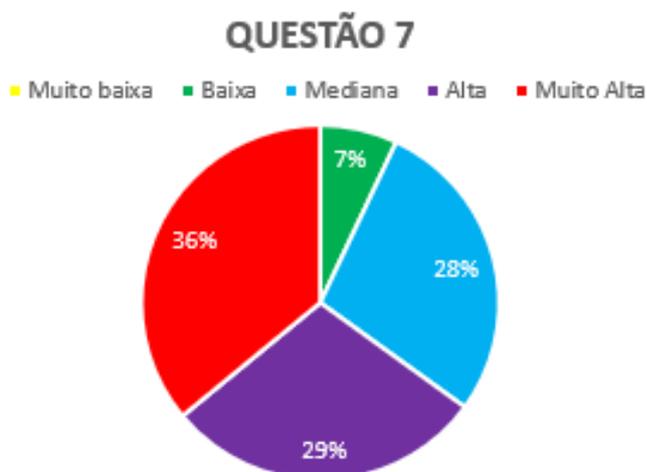
Entre as sugestões dos discentes, destaca-se a ampliação de aspectos lúdicos, considerados na revisão do produto educacional. Sobre essas expressões, cabe salientar a relevância de análises realizadas por discentes sobre motivação e aprendizagem no que se relaciona às suas experiências formativas.

As questões 6 e 7 do Questionário B apontaram percepções sobre abordagem temática e aprendizagem, em referência ao conteúdo específico, e viabilizaram análises concatenadas às perguntas 5 e 6 do Questionário A.

Na questão 6 (“É possível estabelecer relação entre capacitores e o corpo humano?”), aferiu-se que 96% dos alunos afirmaram positivamente, como no exemplo do estudante E6: “(...) temperatura, os batimentos e energia do corpo

humano”. Na pergunta 7 (“É mais fácil entender capacitores desta maneira?”), infere-se, atinente à representação na Figura 8, que a maior parte dos alunos percebeu aspectos de aprendizagem combinados a este tipo de abordagem que estabelece relação entre Física e o corpo humano (36% classificou como muito alta e 29% como alta).

Figura 8 – Frequência de respostas questão 7 (Questionário B): “É mais fácil entender capacitores dessa maneira?”



Fonte: Autores (2019).

As questões 8 e 9 do Questionário B (Quadro 3) reportam às relações estabelecidas pelos discentes envolvendo conteúdos de Física em referência à temática e permitem correlações com as perguntas 3 e 4 do Questionário A.

Na questão 8 (“Explique o conceito de capacitores”), averiguou-se que 86% dos alunos responderam de maneira coerente, evidenciando a ideia sobre armazenagem de energia. Infere-se sobre indícios de aprendizagem, relevando os resultados das questões 3 e 4 do Questionário A (Quadro 2), no qual se constataram lacunas em termos de fundamentos sobre o assunto apresentado.

Retomando a Física no corpo humano, na questão 9 (“Você acredita ser possível relacionar a Física a outros aspectos do corpo humano além do que foi estudado na aula? Se sim, cite exemplos”), apenas 14% dos alunos expressaram que não era possível estabelecer tal relação. Com relação aos discentes que afirmaram positivamente, estes apresentaram exemplos que relacionavam os conteúdos de mecânica, como força e velocidade, e terminologia (temperatura e energia térmica); a palavra energia, em alusão a conceito mais amplo, também, foi associada pelos alunos.

Na resposta 5 do Questionário A, anterior às ações desenvolvidas, notou-se que até então os alunos conseguiam identificar a Física no dia-a-dia, mas não no corpo humano. Após as atividades educacionais, no Questionário B, questão 9, os estudantes explicitaram exemplos da Física no corpo humano para além daqueles abordados em sala de aula. Aponta-se, em referência a esses casos, a ampliação do repertório de estabelecimento de relações, em alusão às orientações de Ausubel, Novak e Hanesian (1980), atribuindo maior complexidade a conteúdos estudados anteriormente com a associação à temática, em consonância a

proposições de Delizoicov, Angotti e Pernambuco (2002), Strieder *et al.* (2011), Mundim e Santos (2012) e Silva *et al.* (2019).

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Nesta pesquisa, em vertente de abordagem temática associada à contextualização e articulação entre áreas de conhecimentos, desenvolveu-se uma proposta educacional para o estudo do eletromagnetismo. Elaborou-se material e atividades educacionais, evidenciando a relação entre fenômenos elétricos e magnéticos e o corpo humano. Com base nas análises empreendidas (Estatística Descritiva e Análise de Conteúdo), a partir de dados constituídos por meio de questionários, ressaltam-se as potencialidades dessa proposta para a motivação e a aprendizagem dos estudantes.

Atinente a aspectos motivacionais, aponta-se a ampliação do espectro de interesses, agregando, inclusive, alunos que se identificam como não simpatizantes das ciências exatas. Foram evidenciadas relações estabelecidas entre eletricidade e magnetismo e o corpo humano pelos estudantes com o desenvolvimento da referida proposta. Notabilizam-se composição e ampliação de repertório de estabelecimento de relações, agregando perspectivas diferenciadas sobre conteúdos abordados na disciplina de Biologia e anos anteriores de Física.

Cabe mencionar limitações das proposições de interpretações explicitadas, referentes às dimensões restritas das ações empreendidas. Contudo, este estudo se coaduna a outras investigações sobre abordagens temáticas, evidenciando as referidas potencialidades para motivação, aprendizagem e atribuição de sentido e significado em processos educativos em Física e Ciências.

PHYSICS IN THE HUMAN BODY: A THEMATIC APPROACH IN TEACHING ELECTROMAGNETISM

ABSTRACT

In a context of controversies on curricular compositions in Science Education, thematic approaches and their potential concerning the link to contextual aspects underlying the educational action and the interrelation between the areas of knowledge are highlighted. Pertinent to this panorama, this work analyzed the perceptions and relations established by students in a thematic approach, involving educational material and activities on the human body in association with electromagnetism. In this research, qualitative and quantitative aspects were concatenated, aggregating the participation of students from the 3rd grade of high school at a public institution in the city of Curitiba, the state of Paraná, with data constituted through questionnaires. The propositions of interpretations involved assumptions of Content Analysis and descriptive statistics and covered two axes: perceptions about curriculum compositions and learning, and the relations involving Physics contents associated with the human body. Through the data collected in the classroom intervention, evidence of motivation and the correlation with learning aspects were evidenced. It was also investigated the link between Physics content and other areas of knowledge involving the subject. In this context, it is worth highlighting the feasibility of thematic approaches for high school in terms of the potential for learning and attributing meaning and significance to curricular composition.

KEYWORDS: Physics Teaching. Thematic Approach. Human Body. Eletromagnetism.

REFERÊNCIAS

AUSUBEL, D. P.; NOVAK, J. D.; HANESIAN, H. **Psicologia educacional**. Rio de Janeiro: Interamericana, 1980.

AUTH, M. Abordagem temática no ensino médio: decorrências na física e nas ciências da natureza. **Ensino Em Re-Vista**, Uberlândia, v. 22, n. 2, p. 299-309, 2015. Disponível em: <http://www.seer.ufu.br/index.php/emrevista/article/view/34459>. Acesso em: 20 jul. 2020.

BARDIN, L. **Análise de conteúdo**. 1. ed. São Paulo: Edições 70, 2011.

BISCUOLA, G. J.; BÔAS, N. V.; DOCA, R. H. **Física: ensino médio**. v. 3. 1. ed. São Paulo: Saraiva, 2010.

DELIZOICOV, D.; ANGOTTI, J. A.; PERNAMBUCO, M. M. **Ensino de ciências: fundamentos e métodos**. 1. ed. São Paulo: Cortez, 2002.

FLICK, U. **Introdução à pesquisa qualitativa**. 3. ed. Porto Alegre: Artmed, 2009.

GARCIA, E. A. C. **Biofísica**. São Paulo: Sarvier, 2002.

GIL, A. C. **Métodos e técnicas de pesquisa social**. 7. ed. São Paulo: Atlas, 2019.

GUYTON, A. C; HALL, J. E. **Tratado de Fisiologia Médica**. 12. ed. Rio de Janeiro: Elsevier, 2011.

HALMENSCHLAGER, K. R. Abordagem temática no ensino de ciências: algumas possibilidades. **Vivências**, Recife, v. 7, p. 10-21, 2011. Disponível em: http://www2.reitoria.uri.br/~vivencias/Numero_013/artigos/artigos_vivencias_13/n13_01.pdf. Acesso em: 26 jul. 2021.

_____.; DELIZOICOV, D. Abordagem temática no ensino de ciências: caracterização de propostas destinadas ao ensino médio. **Alexandria**, Florianópolis, v. 10, n. 2, p. 305-330, 2017. Disponível em: <https://periodicos.ufsc.br/index.php/alexandria/article/view/1982-5153.2017v10n2p305>. Acesso em: 20 jul. 2020.

KAPIT, W; ELSON, L. M. **Anatomia – Um livro para colorir**. 4. ed. Rio de Janeiro: Roca, 2018.

KLIPPEL, C. C. **Física do corpo humano**: elaboração de um material didático para o ensino médio. 2012. 251 f. Dissertação (Mestrado em Ensino de Ciências e Matemática) - Pontifícia Universidade Católica de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2012. Disponível em:

http://www.biblioteca.pucminas.br/teses/EnCiMat_KlippelCC_1.pdf. Acesso em: 20 jul. 2020.

MORAES, V. R. A.; GUIZZETTI, R. A. Percepções de alunos do terceiro ano do Ensino Médio sobre o corpo humano. **Ciência & Educação**, v. 22, n. 1, p. 253-270, 2016. Disponível em:

https://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1516-73132016000100253&lng=pt&tlng=pt. Acesso em: 20 jul. 2020.

MOREIRA, M. A. **Metodologias de pesquisa em ensino**. 1. ed. São Paulo: Livraria da Física, 2011.

MÜNCHEN, E. G. **Atlas da anatomia**. Königswinter: H. F. Ullmann, 2009.

MUNDIM, J. V.; SANTOS, W. L. P. Ensino de ciências no ensino fundamental por meio de temas sociocientíficos: análise de uma prática pedagógica com vista à superação do ensino disciplinar. **Ciência & Educação**, v. 18, n. 4, p. 787-802, 2012. Disponível em:

https://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1516-73132012000400004&lng=pt&tlng=pt. Acesso em: 20 jul. 2020.

OKUNO, E; CALDAS, I. L; CHOW, C. **Física para ciências biológicas e biomédicas**. 1. ed. São Paulo: Harbra & Row do Brasil, 1982.

QG do ENEM. **Bioeletricidade e o Corpo Humano - Física e Biologia | Completo ENEM + 2017**. (1h10m04s). 2017. Disponível em:

<https://www.youtube.com/watch?v=hBvrnKXAJlk&t=868s>. Acesso em: 20 jul. 2020.

SANTOS, L. R. **A física do olho humano**: uma proposta para o ensino de óptica. 2018. 117 f. Dissertação (Mestrado em Ensino de Ciências e Matemática) - Centro Universitário Franciscano, Santa Maria, 2018. Disponível em:

<http://www.tede.universidadefranciscana.edu.br:8080/handle/UFN-BDTD/600>. Acesso em: 29 abr. 2020.

SILVA, J. R. N.; ARENGHI, L. E. B.; LINO, A. Por que inserir física moderna e contemporânea no ensino médio? Uma revisão das justificativas dos trabalhos acadêmicos. **Revista Brasileira de Ensino de Ciência e Tecnologia**, Curitiba, v. 6, n. 1, p. 69-83, jan-abr, 2013. Disponível em:

<https://periodicos.utfpr.edu.br/rbect/article/view/1170>. Acesso em: 20 jul. 2020.

SILVA, L. F.; TAVARES, S. S.; WATANABE, G.; HALMENSCHLAGER, K. R.; STRIEDER, R. B.; HUNSCHE, S. Elementos da abordagem temática no Ensino Médio: sinalizações para formação de professoras e professores. **Ciência & Educação**, v. 25, n. 1, p. 145-161, 2019. Disponível em: https://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1516-73132019000100145&tIng=pt. Acesso em: 20 jul. 2020.

STRIEDER, R. B.; WATANABE-CARMELLO, G.; HALMENSCHLAGER, K. R.; FEISTEL, A. B.; GEHLEN, S. T. Abordagem de temas na pesquisa em Educação em Ciências pressupostos teóricos-metodológicos. *In*: ENCONTRO NACIONAL DE PESQUISA EM EDUCAÇÃO EM CIÊNCIAS. 8., 2011, Campinas. **Anais [...]**. Campinas: ABRAPEC, 2011. p. s/n. Disponível em: http://abrapecnet.org.br/atas_enpec/viiienpec/resumos/R0467-1.pdf. Acesso em: 20 jul. 2020.

STRIEDER, R. B.; WATANABE-CARMELLO, G.; GEHLEN, S. T. Abordagem de temas no ensino médio: compreensões de professores de Física. **Ensaio**, v. 14, n. 2, p. 153-169, ago.-nov., 2012. Disponível em: <https://periodicos.ufmg.br/index.php/ensaio/article/view/34664>. Acesso em: 26 jul. 2021.

Recebido: 31 ago. 2020.

Aprovado: 05 ago. 2021.

DOI: 10.3895/rbect.v14n3.13098

Como citar: ANJOS, V. P.; COSTA, R. Z. V.; PINHO, K. E. P.; SUTIL, N. Física no corpo humano: uma abordagem temática no ensino do eletromagnetismo. **Revista Brasileira de Ensino de Ciência e Tecnologia**, Ponta Grossa, v.14, n. 3, p. 1-21, set./dez. 2021. Disponível em: <<https://periodicos.utfpr.edu.br/rbect/article/view/13098>>. Acesso em: XXX.

Correspondência: Vinicius Pereira dos Anjos - viniciusanjo1@gmail.com

Direito autoral: Este artigo está licenciado sob os termos da Licença Creative Commons-Atribuição 4.0 Internacional.

