

# **DIÁLOGOS ENTRE A TEORIA DA APRENDIZAGEM SIGNIFICATIVA E A NEUROAPRENDIZAGEM PARA O ENSINO DE FÍSICA.**

DIALOGUES BETWEEN THE THEORY OF SIGNIFICANT LEARNING AND NEURO LEARNING FOR PHYSICS TEACHING.

**Mateus Henrique de Melo Lima**

mateus.henrique.fisica@gmail.com

**Thiago Vinicius Sousa Souto**

thiago.souto@pesqueira.ifpe.edu.br

---

## **RESUMO**

Esse artigo é um estudo bibliográfico de caráter qualitativo, sobre a Teoria da Aprendizagem Significativa (TAS) e Neuroaprendizagem (NA). A TAS tem Marco Antonio Moreira como seu principal teórico citado neste artigo, já a NA as pesquisas são escassas, mas destacamos o trabalho de Guilherme Brockington que relaciona neurociência e ensino de Física. Este artigo teve como objetivo encontrar pontos de convergência e divergência entre essas duas teorias. A partir dessas relações desenvolvemos um material que contém orientações que visam auxiliar professores e professoras de Física do Ensino Médio na construção de aulas que contribuam para uma aprendizagem significativa. Além do material com as orientações, essa pesquisa traz subsídios teóricos/práticos para professores na área de Ensino de Física, contribuindo com sua prática docente.

Palavras-chave: Aprendizagem Significativa. Neuroaprendizagem. Ensino de Física.

## **ABSTRACT**

This article is a bibliographic study of a qualitative nature, on the Theory of Meaningful Learning (TML) and Neurolearning (NL). The TML has Marco Antonio Moreira as its main theoretician mentioned in this article, while the NL research is scarce, but we highlight the work of Guilherme Brockington that relates neuroscience and physics teaching. This article aimed to find points of convergence and divergence between these two theories. From these relationships, we developed a material that contains guidelines that aim to help high school physics teachers in the construction of classes that contribute to a meaningful learning. In addition to the material with the guidelines, this research brings theoretical/practical subsidies for teachers in the area of Physics Teaching, contributing to their teaching practice.

Keywords: Significant Learning. Neurolearning. Physics Teaching.

## 1. INTRODUÇÃO

A Física no Ensino Médio deve instigar os estudantes a obterem uma competência investigativa e o desejo de compreender o mundo onde se habita (ANTONOWISKI, 2017).

Mas a Física tem sido ensinada de forma fragmentada e com simples apresentação de conceitos, leis e fórmulas matemáticas de forma desestimulante, em que o objetivo é a resolução de exercícios repetitivos de vestibulares que apenas estimulam os estudantes a decorar e automatizar (ANTONOWISKI, 2017).

Na graduação tive a oportunidade de realizar trabalhos voltados para o Ensino de Física no Ensino Médio, com os programas de formação docente PIBID(Programa Institucional de Bolsas de Iniciação à Docência) e Residência Pedagógica, nas escolas que passei, observei que era recorrente o uso de questões do ENEM (Exame Nacional do Ensino Médio) e vestibulares no Ensino de Física, acarretando em uma automatização do aprendizado.

Diante desse contexto, a teoria da aprendizagem significativa de David Ausubel (1918 - 2008) é utilizada por diversos autores como forma de amenizar os problemas atuais do ensino/aprendizagem de Física (BARBOSA, 2021).

Visto que a TAS proporciona que os estudantes aprendam por múltiplos caminhos, possibilitando que o aluno utilize os conhecimentos adquiridos para elaborar projetos, desenvolver ideias, resolver problemas e aplicar os conceitos no seu cotidiano (BARBOSA, 2021).

Outra teoria que nos auxilia na compreensão dos processos de aprendizagem é a Neuroaprendizagem (NA) que é fundamentada, no propósito de compreender a forma como se desenvolvem os mecanismos cerebrais e o desenvolvimento de novas aprendizagens do indivíduo, investigando como estímulos externos interferem no cérebro e no processo de aprendizagem. A Neuroaprendizagem desenvolve métodos adequados para melhorar a prática do professor em sala, dessa forma, melhora o ensino e aprendizagem (CAPELO, 2020).

Diante da importância fundamental das teorias da aprendizagem como guia para a prática docente, nos vem a seguinte pergunta: como utilizar a TAS e NA na construção de aulas de Física que favoreçam a aprendizagem dos estudantes?

Nesse artigo foi desenvolvido um estudo bibliográfico que teve como objetivo identificar pontos de convergência e divergência nas Teoria da Aprendizagem Significativa (TAS) e Neuroaprendizagem (NA) e a partir disso, construímos um material didático contendo orientações para professores de Física do Ensino Médio, baseados na relação entre essas teorias, a fim de auxiliá-los na construção de aulas que favoreçam a aprendizagem.

## 2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

### 2.1 TEORIA DA APRENDIZAGEM SIGNIFICATIVA (TAS) E ENSINO DE FÍSICA

David Paul Ausubel (1918 - 2008) foi um psiquiatra e psicólogo da educação estadunidense, sua teoria é classificada como cognitivista e construtivista. (MORAES, 2012).

O cognitivismo é uma corrente da psicologia que acredita que cada indivíduo possui uma estrutura de conhecimentos, onde ocorre uma organização e integração desses conhecimentos. Já o construtivismo relacionado com a TAS, diz que cada indivíduo constrói seu próprio conhecimento, sendo a aprendizagem significativa um método construtivo e reconstrutivo, o conhecimento é construído ativamente pelo indivíduo (MORAES, 2012 ; VALADARES 2011).

Essas duas teorias são os pilares da Teoria da Aprendizagem Significativa (TAS). Oferecem aos professores de Física uma gama de materiais teóricos/práticos para contribuir com o processo de ensino e aprendizagem de Física.

As ideias de Ausubel foram pioneiras na construção de propostas psicoeducativas que tentam explicar a aprendizagem escolar e o ensino, distanciado dos conceitos behavioristas (PELIZZARI, 2002).

Essas propostas psicoeducativas se expandiram para o ensino e aprendizagem de várias disciplinas, se destacando no Ensino de Física, onde ganhou notoriedade pelas práticas desenvolvidas pelos pesquisadores na área de Ensino de Física.

A Teoria da Aprendizagem Significativa (TAS) de Ausubel se propõe a explicar como os aprendizes criam significados no processo de aprendizagem e a partir deles, elaborar parâmetros que propiciam uma aprendizagem significativa (TAVARES, 2008).

Os significados são concebidos a partir de um novo material potencialmente significativo, que é incorporado à estrutura cognitiva de forma substantiva e não - arbitrária. Não - arbitrária significa que o novo conhecimento irá se relacionar com um subsunçor já existente na estrutura cognitiva e de forma substantiva quer dizer que o conhecimento não será exatamente do modo que foi escrito ou exposto (NETO, 2006).

A estrutura cognitiva, a qual nos referimos, é uma rede complexa de armazenamento de conhecimentos, organizada de modo hierárquico na mente do indivíduo (PELIZZARI, 2002). É importante ressaltar que não é objeto de pesquisa na TAS como se dá o processamento neurológico das informações no cérebro do indivíduo, atendo-se a indícios de aprendizagem que são externamente observáveis.

A aprendizagem significativa ocorre quando há disposição do aluno de relacionar o novo conhecimento de forma substantiva e não arbitrária às ideias já armazenadas (subsunçores) na estrutura cognitiva através da utilização de um material potencialmente significativo, esse material para o Ensino de Física é uma aula experimental, aula de robótica, lista de exercícios, simuladores(phet) e etc (NETO, 2006).

Subsunçores ou conceitos âncora são conhecimentos permanentes e relacionáveis presentes na estrutura cognitiva do estudante. O professor de Física deve partir dos conceitos âncora para relacionar o novo conhecimento apresentado na sala de aula, desse modo, ocorrerá uma aprendizagem significativa (TAVARES, 2010).

Para que ocorra aprendizagem significativa o estudante necessita 1) desejar relacionar de forma substantiva e não arbitrária o novo conhecimento com as ideias âncora que já existem na sua estrutura cognitiva. 2) o professor apresentar um material potencialmente significativo, as duas condições devem acontecer simultaneamente, se o estudante decidir não aprender de forma significativa, não haverá aula ou material didático potencialmente significativo que assegure a aprendizagem do estudante (LEMOS, 2013).

Quando o estudante não relacionar o novo conhecimento com seus conhecimentos prévios, estará realizando a uma aprendizagem mecânica. A aprendizagem mecânica é aquela que há acomodação literal e não substantiva do novo conteúdo (TAVARES, 2004).

Ressaltamos que a aprendizagem mecânica faz parte do processo para que a aprendizagem torne-se significativa, a TAS estabelece uma coexistência entre aprendizagem significativa e mecânica como sendo pólos dicotômicos, o problema está quando não há essa progressão à aprendizagem significativa (MOREIRA, 2016).

Para que a aprendizagem mecânica evolua para aprendizagem significativa a TAS propõe de abordagens que auxiliam o professor de Física no momento de planejamento de suas aulas. A seguir destacamos essas ideias.

A aprendizagem receptiva é aquela em que o conceito é apresentado ao estudante em sua forma total, onde o professor expõe todo conteúdo para que o estudante aprenda e recorde(MOREIRA, 2012).

O Ensino de Física nas escolas é por aprendizagem receptiva, pois seria inviável o estudante descobrir todo o conteúdo escolar de Física. A TAS é orientada pela realidade escolar, por isso, pode-se afirmar que a aprendizagem significativa dominante no ensino de Física é por recepção (MORAES, 2012).

Aprendizagem receptiva pode aparentar que se trata de uma aprendizagem passiva, onde o estudante seria um receptor do conhecimento físico, mas não é isso que ocorre, a aprendizagem significativa é ativa, o estudante também é sujeito de seu aprendizado, manifestando sua vontade de aprender o que está sendo exposto pelo professor (MORAES, 2012).

A aprendizagem por descoberta, em que o estudante no primeiro contato com o material apresentado pelo professor de Física descobre o que vai aprender. As condições para a aprendizagem significativa por descoberta são as mesmas supracitadas, ou seja, partir do conhecimento prévio do estudante e predisposição do aluno para aprender (MOREIRA, 2012).

A aprendizagem significativa subordinada acontece quando os novos aprendizados potencialmente significativos adquirem conceitos, por um processo de ancoragem cognitiva, entre os conhecimentos prévios relevantes mais gerais e inclusivos já existentes na sua estrutura cognitiva (MOREIRA, 2012).

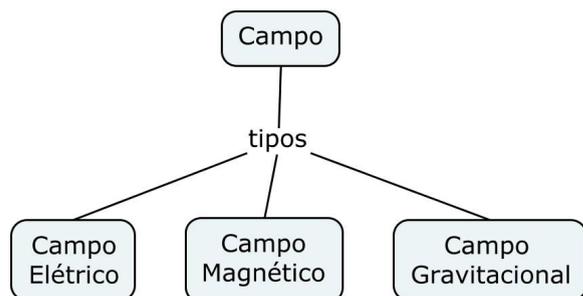
Para o melhor entendimento sobre aprendizagem subordinada devemos abordar o conceito de diferenciação progressiva.

Quando aprendemos de forma significativa devemos diferenciar os novos conceitos apresentados pelo professor dos já existentes, com objetivo de analisar diferenças entre eles, mas posteriormente reconcilia-los, se o professor somente diferenciar o conteúdo o aluno não irá perceber as relações entre os conceitos (MOREIRA, 2012).

A diferenciação progressiva é quando o professor de Física apresenta um conteúdo de modo geral e progressivamente vai diferenciando em termos de detalhe e especificidade (MOREIRA, 2009).

No Ensino de Física, a diferenciação progressiva junto com aprendizagem subordinada ocorre quando, por exemplo, o estudante tem o conhecimento estável do conceito de *campo*, assim os conceitos de campo elétrico, campo magnético e campo gravitacional estão subordinados ao subsunção campo, conforme exemplificado na Figura 1.

Figura 1 - Exemplo de diferenciação progressiva a partir do conceito de Campo.



Fonte: próprio autor.

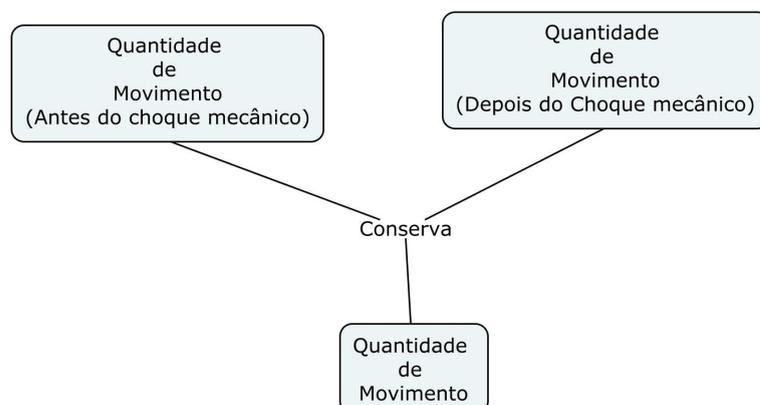
Quando conceitos potencialmente significativos, mais abrangentes são relacionados, passando a subordinar conhecimentos prévios já armazenados na estrutura cognitiva do estudante, diz-se que ocorreu uma aprendizagem superordenada (PRAIA, 2000).

A aprendizagem superordenada está relacionada com o conceito de reconciliação integradora.

Reconciliação integradora são relações que o estudante faz entre o novo conceito e os conhecimentos já existentes, partindo de conhecimentos específicos e ancorando-se com subsunçores presentes na sua estrutura cognitiva, reorganizando-se para adquirir novos conhecimentos (MORAES, 2012).

A aprendizagem superordenada junto com a reconciliação integradora não é muito comum, mas pode ser aplicada em uma aula, por exemplo, sobre a conservação da quantidade de movimento. O professor de Física começa explicando os conceitos de choques mecânicos, para que o estudante perceba que quando acontece um choque mecânico, haverá uma transferência de quantidade de movimento de um objeto para o outro, mas essa transferência não altera a quantidade de movimento total, conforme exemplificado na Figura 2 (MOREIRA, 2012).

Figura 2 - Reconciliação integradora a partir do conceito de Quantidade de movimento.



Fonte: próprio autor.

Aprendizagem combinatória é uma forma de aprendizagem significativa em que a interação do novo conhecimento com as ideias âncora do estudante, acontecem em toda estrutura cognitiva, e não somente entre conceitos específicos (MOREIRA, 2012).

Esse tipo de aprendizagem é utilizada, por exemplo, no estudo do movimento uniforme, depois de apresentar os conceitos, o professor de Física “busca” no subsunçor função do 1ª grau visto em matemática pelo estudante, a partir dele, faz uma análise mais detalhada do movimento uniforme.

### **2.3 NEUROAPRENDIZAGEM E ENSINO DE FÍSICA**

O conhecimento sobre neurociência possibilita ligar as medidas indiretas realizadas por autores clássicos da psicologia da aprendizagem com o funcionamento do cérebro. Conhecer neurociência, juntamente com as teorias da aprendizagem advindas da psicologia, traz ao professor de Física a reflexão de quais estratégias de ensino possibilitam uma maior aprendizagem (VIZZOTTO, 2019).

Atualmente a neuroaprendizagem ou neuroeducação busca a partir do conhecimento neurocientífico compreender e melhorar o processo de ensino e aprendizagem (EVANGELISTA, 2019).

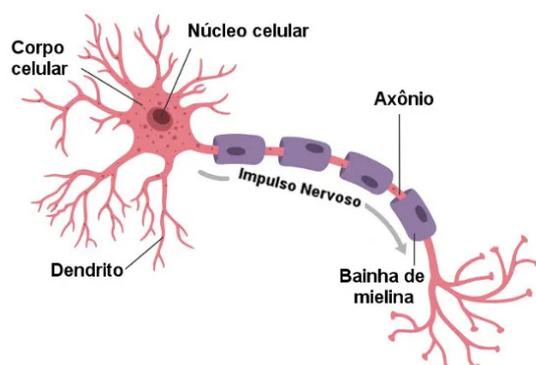
A neuroaprendizagem traz o conhecimento da memória, do esquecimento, sono, atenção, medo, humor, afetividade, movimento, sentidos e linguagem, mostrando como esses fatores influenciam no processo de aprendizagem do indivíduo. Todo esse conhecimento é fundamental para o planejamento pedagógico do professor, de forma geral, a educação pode se beneficiar dos conhecimentos da neurociência para abordagem das dificuldades escolares e suas intervenções terapêuticas. As interações entre esses dois ramos do conhecimento possibilitam avanços para ambas as áreas (GUERRA, 2011).

O conhecimento sobre o funcionamento do sistema nervoso (SN), teve seu ápice na década de 1990, chamada de Década do Cérebro, estudando as moléculas que constituem os neurônios, os órgãos do SN, suas funções específicas e o comportamento humano resultante da atividade dessas estruturas. Pesquisadores buscam aplicar essa década de conhecimento em outras áreas de forma multidisciplinar, agregando em áreas de pesquisa específica como neuroaprendizagem (GUERRA, 2011).

O neurônio é uma célula estrelada, constituída por um corpo celular, axônio e dendritos (ver Figura 3). Eles recebem, respondem, decodificam e armazenam estímulos do ambiente transformando em informações, as informações passam por

um número médio de 100 bilhões de neurônios, essa passagem de informações é chamada de sinapse. O axônio transmite um impulso nervoso, a informação é transmitida pelos dendritos, passando pelo corpo celular, codificada e armazenada, então impulsionada através também do axônio para o sistema nervoso central. Na prática educativa se o estudante não está aprendendo é porque ele não encontrou referências na sua estrutura neural para interagir com novas informações (GUERRA,2011).

Figura 3 - estrutura do neurônio.



Fonte: <<https://mundoeducacao.uol.com.br/biologia/neuronios.htm>>

Para a neuroaprendizagem, o processo de aprendizagem é a formação e consolidação das ligações entre os neurônios, é um processo individual e privado, o professor de Física se torna um facilitador do conhecimento (EVANGELISTA, 2019).

Quanto mais o aluno reorganizar suas redes neurais<sup>1</sup>, mais ele irá aprender. Logo, aprendizagem é reorganizar, eliminar, construir e otimizar informações dentro dessas redes (PANTANO; ZORZI, 2009).

A atenção é uma função mental indispensável para a aprendizagem, permite que o estudante escolha o estímulo mais relevante e significativo, cabe ao professor de Física despertar a atenção do seu estudante a cada aula. Em um processo atencional o estudante tem controle voluntário sobre ele, não é possível que o estudante tenha mais de um esforço atencional em um processo de aprendizagem (PANTANO; ZORZI, 2009).

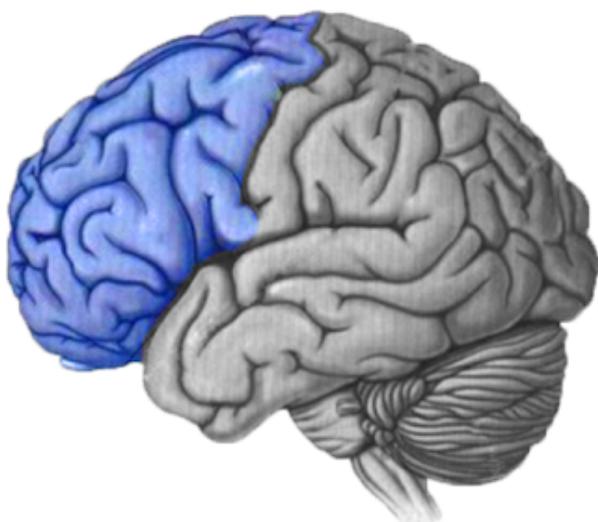
Com esse foco na atenção do estudante, o professor de Física deve usar uma abordagem contextualizada para “prender” a atenção do aluno a todo momento da explicação, ou utilizar um experimento, recursos multissensoriais ativam múltiplas redes neurais que estabelecem associações. Para a função atenção é necessário o trabalho de áreas corticais e subcorticais (GUERRA,2011).

<sup>1</sup> Uma rede neural é um sistema de neurônios interconectados, projetado para modelar a maneira como o cérebro irá realizar determinada atividade (FLECK, 2016).

A memória armazena informações e as evoca quando for desejável, a aprendizagem requer competências para organizar os conhecimentos novos com os já existentes no cérebro. Quando evocamos os conhecimentos e associamos com alguma informação nova, esse processo é chamado de *aprendizagem*. De modo geral a memória pode ser um conjunto de processos neurobiológicos e neuropsicológicos que permitem a aprendizagem (GUERRA,2011).

A memória operacional é a capaz de manter novas informações e antigas ativas, onde o estudante usa para realizar determinada tarefa. Os conhecimentos na memória operacional devem ser utilizados imediatamente para não serem descartados, é a responsável pela compreensão da linguagem, aprendizagem, funções executivas e raciocínio, envolve o funcionamento do córtex pré-frontal, essa área do cérebro é evidenciada na Figura 5. O termo operacional está ligado ao conceito de memória de curto prazo. Antes do estudante obter essa memória de curto prazo, há duas funções que antecedem o processo de memória operacional: memória explícita e memória implícita (PANTANO; ZORZI, 2009).

Figura 5 - Córtex - pré frontal.



Fonte:<<https://neuropsicopedagogianasaladeaula.blogspot.com/2013/01/seu-cerebro-pode-fabricar-felicidade.html>>.

As Memórias Implícitas estão ligadas ao sistema sensorial e motor, proporcionando a aprendizagem de regras, habilidades motoras, perceptivos e procedimentos. Essas características são ativadas em qualquer aula tradicional, mas para ativar com maior intensidade o professor de Física pode usar um experimento ou robótica educacional. Em uma aula experimental ou robótica educacional o aluno irá trabalhar suas habilidades motoras e perceptivas, utilizando os conceitos da aula anterior irá aplicar procedimentos e regras para resolver atividade proposta pelo professor (PANTANO ; ZORZI,2009).

A Memória Explícita depende das regiões dos lobos parietais, é utilizada para registrar e recordar informações relacionadas a pessoas e eventos. Também pode ser ativada com maior intensidade em uma aula experimental ou robótica educacional, uma aula experimental ou de robótica o estudante irá evocar a lembrança da aula, por ser diferente da aula tradicional. Quando ativamos a memória explícita e implícita obtemos uma memória operacional que é uma memória de curto prazo como vimos (PANTANO; ZORZI, 2009).

A consolidação dessas novas conexões demanda tempo e nutrientes, então o aprendizado não é imediato, não aprendemos tudo que estudamos em um dia. A consolidação do aprendizado ocorre durante o sono, descansar ajuda o cérebro a fixar o que foi aprendido e prepara o cérebro para novas ligações (COSENZA; GUERRA, 2011).

No ano de 2016 os pesquisadores Mason e Just (2016 Apud BROCKINGTON, 2020) realizaram uma pesquisa onde analisaram o comportamento neural de físicos e engenheiros quando pensavam em conceitos físicos, nesta pesquisa participaram 9 estudantes da universidade de Carnegie Mellon, eram graduados ou pós-graduados em Física e engenharia, foi utilizado ressonância magnética para identificar as atividades cerebrais de cada conceito físico pensado pelos participantes de uma lista de conteúdos selecionados.

Os estudantes pensaram no conteúdo e nas propriedades de cada conceito Físico, os conteúdos foram apresentados de seis maneiras distintas (Mason e Just 2016 Apud BROCKINGTON, 2020).

O objetivo da pesquisa era verificar se cada conceito Físico tem uma rede neural específica e com isso, categorizar cada conceito Físico em uma parte específica do cérebro (Mason e Just 2016 Apud BROCKINGTON, 2020).

Mason e Just (2016 Apud BROCKINGTON, 2020) concluíram que, de fato, cada conceito físico apresenta uma rede neural específica, cada participante tinha a mesma movimentação neural de acordo com o conteúdo apresentado, quando se apresentou, por exemplo, o conceito de campo elétrico, todos os participantes tiveram a mesma interação em determinada região do cérebro e observou – se que cada conceito físico aproveitava redes neurais já existentes (Mason e Just 2016 Apud BROCKINGTON, 2020).

Com isso, os pesquisadores criaram 4 grupos: movimento causal, periodicidade, fluxo de energia e representações algébricas. Cada grupo mostra as relações entre os conceitos físicos e as áreas do cérebro (Mason e Just 2016 Apud BROCKINGTON, 2020).

*Grupo I – Movimento causal:* aqui é categorizado os conceitos relacionados ao ensino de Mecânica: gravidade, energia potencial, deslocamento, torque e força centrípeta. Ao pensar nesses fenômenos Físicos, foram ativadas redes neurais da junção occipital-temporal-parietal esquerda, sulco intraparietal esquerdo e giro frontal médio esquerdo, essas partes do cérebro estão relacionadas à análise de objetos em movimento (Mason e Just 2016 Apud BROCKINGTON, 2020).

*Grupo II – Periodicidade:* aqui estão categorizados os movimentos ondulatórios, comprimento de onda, ondas de rádio, frequência, difração e ondas sonoras. As regiões cerebrais que interagem com esses conceitos apresentados são: giro parietal superior bilateral, sulco pós-central esquerdo, giro frontal superior posterior esquerdo e giro temporal inferior bilateral. Áreas associadas à percepção de fenômenos temporais (BROCKINGTON, 2020).

*Grupo III – fluxo de energia:* Este classificador está relacionado aos conceitos de campo elétrico, luz, corrente contínua, ondas sonoras e transferência de calor, disciplinas apresentadas no ensino de Eletricidade e Termodinâmica. Foram ativados o sulco intraparietal esquerdo, sulco pré-central esquerdo, giro temporal médio posterior esquerdo e giro frontal inferior. Esta parte do cérebro indica uma relação entre conceitos abstratos e a visualização de objetos concretos (Mason e Just 2016 Apud BROCKINGTON, 2020).

*Grupo IV – Representações algébricas:* Neste classificador estão os fenômenos de velocidade, aceleração e transferência de calor. Foram estimuladas a pré-cuneiforme, no lobo parietal esquerdo, no giro frontal inferior esquerdo e no giro occipital esquerdo. São áreas ligadas a processos algébricos, pois na aprendizagem destes fenômenos há uma gama de equações que são propriedades desses conceitos (Mason e Just 2016 Apud BROCKINGTON, 2020).

### **3. METODOLOGIA**

Essa pesquisa, predominantemente qualitativa, é de cunho bibliográfico, que tem o objetivo de validar os conceitos apresentados e contribuir para o pensamento científico (TRIVIÑOS, 1987).

Realizamos um estudo Bibliográfico, algumas das principais fontes em língua portuguesa, que discutem a Teoria da Aprendizagem Significativa de David Ausubel e Neuroaprendizagem a fim de encontrar pontos de convergência e divergência entre essas duas correntes que buscam compreender e favorecer o fenômeno aprendizagem.

Após a revisão bibliográfica foram criados dois quadros: concordâncias e discordâncias entre as teorias TAS e NA. Podemos observar esses quadros abaixo.

#### **3.1 Quadro de Concordâncias entre TAS e NA.**

<b>Aprendizagem Significativa.</b>	<b>Neuroaprendizagem</b>
<p>1. Estrutura cognitiva é um conceito para algo que não é material, usado de maneiras distintas por pesquisadores. Estrutura cognitiva é uma região complexa e específica de conhecimentos.(MOREIRA 2012)</p>	<p>O aprendizado do estudante envolve processos complexos e determinadas condições para o aprendizado efetivo. Com isso, o Sistema Nervoso (SN) é a estrutura fundamental para que ocorra a aprendizagem dos estudantes. (COSTA 2011).</p>
<p>2. Aprendizagem significativa é a aprendizagem em que o professor de Física tem que partir do conhecimento prévio do estudante, ou seja, já existente na sua estrutura cognitiva. (MOREIRA, 2016).</p>	<p>A neurociência na educação não traz uma nova pedagogia para o ensino de Física e nem soluções definitivas para o aprendizado, mas vem com intuito de fundamentar que a melhor prática pedagógica é a que respeita como o cérebro funciona. (CONSENZA ; GUERRA, 2011).</p> <p>Para que o estudante aprenda é necessário envolvimento, memória, atribuição de significados e relações entre o que se vai aprender com o que já está armazenado. (TELMA ; ZORZI, 2009).</p>
<p>3. Aprendizagem mecânica é aquela que o conhecimento passado pelo professor não se relaciona com os subsunçores já existentes na estrutura cognitiva. (MOREIRA, 2016).</p>	<p>No ensino de Física o que preocupa é que o estudante tenha que memorizar as fórmulas e as leis da Física. Mas memória é aquilo que é significativo, à medida que o estudante aprende, entende e compreende, é de fato memória, ao contrário disso, passa a ser algo decorado. (VIZOTTO, 2019).</p>

<p>4. Subsunçor é um conhecimento já existente na estrutura cognitiva do estudante, que será usado para ancorar-se com o novo conhecimento apresentado ou descoberto. O subsunçor a princípio é instável, tendo maior ou menor estabilidade cognitiva. Quando o conhecimento prévio interage com as novas informações ele se modifica, adquirindo maior estabilidade cognitiva. (MOREIRA, 2012).</p>	<p>Para a neuroaprendizagem, o processo de aprendizagem é a formação e consolidação das ligações entre os neurônios, é um processo individual e privado, o professor de Física se torna um facilitador do conhecimento. (EVANGELISTA, 2019).</p>
<p>5. A estabilidade do subsunçor varia ao longo do tempo, por haver uma reorganização na estrutura cognitiva do estudante. (MOREIRA, 2012).</p> <p>Na Estrutura cognitiva do estudante pode haver uma obliteração de um subsunçor bem elaborado, ao longo do tempo os significados são excluídos pela própria cognição. (MOREIRA, 2012).</p>	<p>Quanto mais o estudante reorganiza suas redes neurais, mais ele irá aprender, aprendizagem é reorganizar, eliminar, construir e otimizar. (TELMA ; ZORZI, 2009)</p> <p>Lapidação cerebral é um processo onde fortalece e mantém o que é usado e deixa sumir o que não é, no ambiente escolar o estudante tem que estar focado nos conceitos físicos que serão apresentados pelo professor e o professor tem que “fortalecer” o cérebro do seu estudante com uma didática explícita, invocando e registrando de forma consciente as informações do conteúdo. (TELMA ; ZORZI, 2009)</p>
<p>6. Em qualquer conceito físico que o estudante tenha adquirido de forma significativa, mas depois fora do ambiente escolar não fosse trabalhado por ele ou passasse muito tempo sem envolver-se com o conceito, a estrutura cognitiva do estudante “absorverá” o</p>	<p>A memória operacional ou memória de curto prazo é um conjunto de habilidades cognitivas que relaciona o conhecimento já armazenado com o novo conhecimento, deixando as informações ativadas com o objetivo de realizar determinada atividade. Envolve o córtex pré-frontal e a</p>

<p>mínimo do conceito físico. (MOREIRA, 2012).</p>	<p>atividade deve ser executada imediatamente, para que não seja transformada em uma aprendizagem mínima ou totalmente descartada. (TELMA ; ZORZI, 2009)</p>
<p>7. Para que ocorra aprendizagem significativa o professor de Física terá que usar materiais potencialmente significativos (apostilas, livros, experimentos,etc), que irão ancorar-se com os conhecimentos prévios do estudante. É importante lembrar que não existem livros significativos ou aulas significativas, o significado está nos estudantes e não nos materiais. (MOREIRA, 2012).</p>	<p>É importante que, em sala de aula, o professor ofereça materiais que provoquem reações positivas nos estudantes. Se isso não acontecer, a aprendizagem será afetada. (EVANGELISTA, 2019).</p>
<p>7. O estudante deve querer relacionar os conhecimentos prévios já existentes na sua estrutura cognitiva com o novo conhecimento apresentado pelo professor, ou seja, uma predisposição a aprender. (MOREIRA, 2012).</p>	<p>Atenção é uma função mental indispensável para a aprendizagem, permite que o estudante escolha o estímulo mais relevante e significativo, cabe ao professor de Física despertar a atenção do seu estudante a cada aula. Em um processo atencional cognitivo complexo como o da aprendizagem, o estudante não pode ter mais de um foco. (TELMA ; ZORZI, 2009).</p> <p>Com isso, o professor de Física deve usar uma abordagem contextualizada para “prender” a atenção do aluno a todo momento da explicação, ou utilizar um experimento, recursos multissensoriais, ativam múltiplas redes neurais que estabelecem associações.(GUERRA, 2011).</p>

Fonte: próprio autor.

### 3.2 Quadro de Discordâncias entre TAS e NA.

<p>1. O conhecimento prévio é a variável isolada mais importante para aprendizagem significativa dos estudantes. (MOREIRA, 2012).</p>	<p>Para o estudante desenvolver melhor sua aprendizagem, é necessário que o professor considere aspectos culturais, sociais, econômicos e políticas educacionais adequadas. Com isso, a neurociência oferece mais uma contribuição para o processo da aprendizagem. (HELPA, 2015).</p>
<p>2. Aprendizagem receptiva o estudante “recebe” o conhecimento, de forma não passiva. A “recepção” em uma aula de Física pode ser por livros, experimentação, simuladores, robótica e etc. aprender de forma receptiva significa que o estudante não precisa descobrir para aprender. (MOREIRA, 2012).</p> <p>Aprendizagem por descoberta o estudante descobre o que vai aprender, relacionando seu conhecimento prévio e tendo predisposição a aprender. (MOREIRA, 2012).</p> <p>Aprendizagem significativa subordinada é quando o estudante relaciona a nova informação potencialmente significativa por um processo de ancoragem, dos seus conhecimentos prévios com o novo conhecimento. (MOREIRA, 2012).</p> <p>Na aprendizagem superordenada o estudante aprende uma nova informação que passa a abranger um conceito geral já existente na estrutura cognitiva. (MOREIRA, 2016).</p>	<p>A aprendizagem significativa tem diversas abordagens de aprendizagem, por descoberta, receptiva, subordinada e etc. Todos esses tipos de aprendizagem não têm validação neurocientífica, pois a (TAS) envolve somente processos psicoeducativos.</p> <p>Cada conteúdo de Física ativa regiões específicas do cérebro, não existem tipos de aprendizagem, e sim, tipos de ativações neurais e a partir delas o professor deve construir sua didática em sala de aula. (BROCKINGTON, 2020).</p>

Fonte: próprio autor.

O quadro 3.1 detalha sete pontos de convergência entre TAS e NA e o quadro 3.2 indica dois pontos de discordância entre as já citadas teorias. Tais quadros serviram como forma de sistematizar uma síntese das leituras feitas que depois deram origem ao material que pode servir como orientação para o uso da

TAS e NA nas aulas de Física no Ensino Médio, tal material será apresentado mais adiante.

#### **4. RESULTADOS E DISCUSSÕES**

A Neuroaprendizagem faz essa ligação entre os conhecimentos de autores clássicos da psicologia da aprendizagem e o conhecimento neurocientífico, possibilitando um avanço na prática docente e estratégias efetivas para o Ensino de Física (VIZZOTTO, 2019).

No estudo bibliográfico encontramos vários artigos que tratam de Ensino de Física e TAS e poucos que tratam de Ensino Física e NA, destaca-se Marco Antônio Moreira que tem uma gama de artigos sobre Ensino de Física e TAS, já as pesquisas em Ensino de Física e NA são escassas.

Após o estudo bibliográfico e a sistematização das duas teorias, a seguir são discutidos os pontos de convergência e divergência entre a TAS e NA que embasaram a produção do material de orientação para professores de Física do Ensino Médio.

##### **4.1 Convergências entre a Teoria da Aprendizagem Significativa e Neuroaprendizagem**

O primeiro ponto de convergência entre a TAS e NA é as definições de estrutura cognitiva e sistema nervoso.

Estrutura cognitiva é um conceito para algo que não é material, usado de maneiras distintas por pesquisadores. Estrutura cognitiva é uma região complexa e específica de conhecimentos (MOREIRA 2012).

Estrutura cognitiva pode ser relacionado com o sistema nervoso, com isso deixa de ser um conceito não material, analisando as duas teorias, podemos dizer que a estrutura cognitiva está em alguma parte específica do sistema nervoso.

O Sistema Nervoso é a região onde tudo acontece, pensamentos, emoções, movimentos e os processos de aprendizagem. (SANTOS, 2016).

O aprendizado do estudante envolve processos complexos e determinadas condições para o aprendizado efetivo. Com isso, o Sistema Nervoso (SN) é a estrutura fundamental para que ocorra a aprendizagem dos estudantes (COSTA, 2011).

O segundo ponto de convergência entre a TAS e NA está no fato de se levar em consideração o que o aluno já traz em sua estrutura cognitiva antes de ser apresentado ao novo conhecimento em uma aula de Física. Na TAS o professor de

Física tem que partir do conhecimento prévio do estudante, ou seja, já existente na sua estrutura cognitiva (MOREIRA, 2016).

A Neuroaprendizagem não traz uma nova pedagogia para o Ensino de Física e nem soluções definitivas para o aprendizado, mas vem com intuito de fundamentar que a melhor prática pedagógica é a que respeita como o cérebro funciona. Isso ocorre na aprendizagem significativa, neste processo ela respeita o funcionamento do cérebro do estudante. Para que o estudante aprenda é necessário envolvimento, memória, atribuição de significados e relações entre o que se vai aprender com o que já está armazenado (PANTANO; ZORZI, 2009, COSENZA; GUERRA, 2011).

No terceiro ponto de convergência analisamos a relação entre aprendizagem mecânica e decorar conceitos.

No Ensino de Física o que preocupa é que o estudante tenha que memorizar as fórmulas e as leis da Física. Mas memória é aquilo que é significativo, à medida que o estudante aprende, entende e compreende, é de fato memória, ao contrário disso, passa a ser algo decorado (VIZOTTO, 2019). E algo decorado retrata uma aprendizagem mecânica que é aquela que o conhecimento passado pelo professor não se relaciona com os subsunçores já existentes na estrutura cognitiva (MOREIRA, 2016).

No quarto ponto de concordâncias entre essas teorias discutimos sobre subsunçores e neurônios. Subsunçor é um conhecimento já existente na estrutura cognitiva do estudante, que será usado para ancorar-se com o novo conhecimento apresentado ou descoberto (MOREIRA, 2012).

O subsunçor a princípio é instável, tendo maior ou menor estabilidade cognitiva, essa estabilidade ocorre na interação entre o subsunçor e os conhecimentos já existentes. Quando o conhecimento prévio interage com as novas informações ele se modifica, adquirindo maior estabilidade cognitiva (MOREIRA, 2012).

Para acontecer uma aprendizagem significativa, deve ocorrer uma estabilidade cognitiva dos subsunçores, já para a neuroaprendizagem, o processo de aprendizagem é a formação e consolidação das ligações entre os neurônios, é um processo individual, o professor de Física se torna um facilitador do conhecimento (EVANGELISTA, 2019).

Subsunçores e neurônios teriam o mesmo objetivo de fazer ligações e estabilizar-se para que assim haja aprendizagem. A estabilidade do subsunçor varia ao longo do tempo, por haver uma reorganização na estrutura cognitiva do estudante (MOREIRA, 2012). E quanto mais o estudante reorganiza suas redes

neurais, mais ele irá aprender, aprendizagem é reorganizar, eliminar, construir e otimizar (PANTANO; ZORZI, 2009).

No quinto tópico foi abordado o esquecimento dos conceitos quando os estudantes não exercitam o que foi aprendido. Na estrutura cognitiva do estudante pode haver uma obliteração de um subsunçor bem elaborado, ao longo do tempo os significados são excluídos pela própria cognição (MOREIRA, 2012). Na Neuroaprendizagem esse fenômeno é chamado de Lapidação cerebral, que é um processo onde fortalece e mantém o que é usado e deixa sumir o que não é (PANTANO; ZORZI, 2009).

No ambiente escolar o estudante tem que estar focado nos conceitos Físicos que serão apresentados pelo professor e o professor tem que “fortalecer” o cérebro do seu estudante com uma didática explícita, invocando e registrando de forma consciente as informações do conteúdo (PANTANO; ZORZI, 2009).

No sexto tópico analisamos o que acontece após uma lapidação cerebral. Depois da ocorrência da lapidação cerebral o estudante acaba não assimilando o conteúdo por completo. Em qualquer conceito Físico que o estudante tivesse adquirido de forma significativa, mas depois fora do ambiente escolar não fosse trabalhado por ele ou passasse muito tempo sem envolver-se com o conceito, a estrutura cognitiva do estudante “absorverá” o mínimo do conceito Físico (MOREIRA, 2012).

Essa "absorção" mínima na Neuroaprendizagem é chamada de memória de curto prazo, que é um conjunto de habilidades cognitivas que relaciona o conhecimento já armazenado com o novo conhecimento, deixando as informações ativadas com o objetivo de realizar determinada atividade proposta pelo professor. Se a atividade não for executada imediatamente, o estudante “absorverá” uma aprendizagem mínima ou totalmente descartada (PANTANO; ZORZI, 2009).

Com isso, dizemos que essa compreensão mínima do conteúdo ocorre devido há uma falta de estímulos fora da escola por parte do estudante e a falta de “fortalecimento” neural do estudante provocado pelas ações do professor em sala de aula, por expor o conteúdo e não trabalhá-lo imediatamente, os estudantes precisam sentir-se “detentores” das atividades e temas que são apresentados pelo professor, com possibilidade de escolha das tarefas, aumentando a responsabilidade do estudante com seu aprendizado (BARTOSZECK, 2013).

Na sétima concordância entre as teorias foram abordados os critérios que fazem um estudante aprender de forma significativa, o primeiro ponto é o material a ser utilizado na sala de aula.

Para que ocorra aprendizagem significativa o professor de Física terá que usar materiais potencialmente significativos (apostilas, livros, experimentos, etc), que irão ancorar-se com os conhecimentos prévios do estudante. É importante lembrar que não existem livros significativos ou aulas significativas, o significado está nos estudantes e não nos materiais (MOREIRA, 2012). É importante que, em sala de aula, o professor ofereça materiais que provoquem aprendizagem significativa nos estudantes. Se isso não acontecer, a aprendizagem será afetada (EVANGELISTA, 2019).

Outro critério que faz com que o estudante aprenda de forma significativa é o estudante querer relacionar os conhecimentos prévios já existentes na sua estrutura cognitiva com o novo conhecimento apresentado pelo professor, ou seja, uma predisposição a aprender (MOREIRA, 2012).

Aprender Física depende de vários fatores, a motivação do estudante é essencial para o desenvolvimento das funções cognitivas, essa motivação surge da interação professor-aluno ( COSTA, 2021).

#### **4.2 Discordância entre TAS e NA.**

As discordâncias, identificadas em nossos estudos, entre TAS e NA são somente dois pontos.

A primeira discordância é sobre a redução que a TAS faz em expor que o conhecimento prévio é a variável isolada mais importante para aprendizagem significativa dos estudantes (MOREIRA, 2012). Isso é um equívoco, o processo de aprender tem outras variáveis relevantes que devem ser consideradas. Para o estudante desenvolver melhor sua aprendizagem, é necessário que o professor considere aspectos culturais, sociais, econômicos e políticas educacionais adequadas. Com isso, a neurociência oferece mais uma contribuição para o processo da aprendizagem (HELPA, 2015).

O segundo ponto de discordância está nos tipos de aprendizagem.

A aprendizagem significativa tem diversas abordagens de aprendizagem, por exemplo: descoberta, receptiva, subordinada e etc. Todos esses tipos de aprendizagem não têm validação neurocientífica, pois a (TAS) envolve somente processos psicoeducativos.

De acordo com a Neurociências cognitiva, que estuda as atividades cerebrais e os processos de cognição, a aprendizagem do indivíduo não decorre de um aglomerado de informações perceptuais, e sim do processamento e elaboração das informações (COSTA, 2021).

Cada conteúdo de Física ativa regiões específicas do cérebro, não existem tipos de aprendizagem, e sim, tipos de ativações neurais e a partir delas o professor deve construir sua didática (BROCKINGTON, 2020).

Ao separar os pontos de convergência e divergência entre a TAS e NA, construímos um quadro em que são expostas algumas orientações que podem favorecer a prática do professor de Física que deseje utilizar a TAS e NA como fontes norteadoras de suas ações.

O Quadro **4.3** é formado por 3 colunas, com a primeira sendo intitulada de *Orientações*, a segunda *Fundamento* e a terceira de *Recursos didáticos*. São citadas cinco Orientações acompanhadas da devida Fundamentação e alguns exemplos de recursos didáticos a serem incluídos na aula.

### 4.3 Orientações para o uso da TAS e NA em sala de aula de Física.

Orientações para o uso das TAS e NA em sala de aula de Física		
Orientações	Fundamentação	Recursos didáticos
1. Comece a aula com uma pergunta	Mapear conhecimentos prévios da aula anterior, já que o estudante não aprende tudo em somente uma aula.	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Escreva a pergunta no quadro;</li> <li>- Faça a pergunta no whatsapp;</li> <li style="padding-left: 20px;">- Utilize um Quizz;</li> <li>- Utilize um recurso visual (imagem, vídeo) e em seguida faça uma pergunta;</li> </ul>
2. Utilize materiais multissensoriais.	Produza materiais potencialmente significativos que causem emoções positivas e despertem a atenção dos estudantes.	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Utilize experimentos.</li> <li>- Utilize simuladores laboratoriais(phet).</li> <li style="padding-left: 20px;">- Robótica.</li> <li style="padding-left: 20px;">- Gamificação</li> </ul>
3. Sala de aula invertida.	Utilize a aprendizagem por descoberta e estimule o estudante a reorganizar a sua estrutura neural e produzir seu próprio conhecimento.	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Utilize experimentos.</li> <li>- Utilize simuladores laboratoriais(phet).</li> <li style="padding-left: 20px;">- Robótica.</li> <li style="padding-left: 20px;">- Gamificação</li> </ul>
4. Atividades não tradicionais.	Realize atividades que façam os estudantes utilizarem sua memória operacional.	- Resolução de problemas que envolvam conceitos físicos de acordo com o ambiente social do estudante.
5. Checagem do aprendizado.	Produza um material didático com um "novo" fenômeno físico que não foi abordado anteriormente, observe se os estudantes conseguem evocar o que foi estudado e analise as argumentações apresentadas pelos estudantes.	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Escreva a pergunta no quadro;</li> <li>- Utilize um recurso visual (imagem, vídeo) e em seguida faça uma pergunta.</li> </ul>

Fonte: próprio autor

#### **4.3 Orientação embasada teoricamente 1: Comece a aula com uma pergunta.**

Inicie sua aula sempre com uma pergunta sobre o conteúdo que será abordado, essa pergunta ajuda a descobrir o que os estudantes sabem sobre o assunto e o que os estudantes têm de conhecimento prévio. O professor de Física deverá identificar os conhecimentos prévios dos estudantes, para assim, partir do que já foi visto por eles (MOREIRA, 2016).

#### **4.4 Orientação embasada teoricamente 2 - Utilize materiais multissensoriais.**

Utilize ou produza materiais didáticos potencialmente significativos que causem emoções positivas ao estudante, estas emoções positivas não estão relacionadas com as expressões faciais do estudante, e sim, com a maneira que eles interagem com o material, fazendo perguntas e buscando saber mais sobre o conteúdo do material, emoção e atenção estão altamente ligados ao processo de ensino-aprendizagem. A utilização de experimentos, robótica, simuladores, gamificação, etc favorece o aprendizado quando utilizados de forma motivadora. Esses são indispensáveis para ilustração dos fenômenos Físicos e para “prender” a atenção dos estudantes (PANTANO ; ZORZI, 2009 MOREIRA, 2016).

#### **4.5 Orientação embasada teoricamente 3 - Utilize a Sala de aula invertida<sup>2</sup>.**

Utilize a aprendizagem por descoberta e estimule o estudante a reorganizar a sua estrutura neural e produzir seu próprio conhecimento. Depois de executar a orientação 2, troque de lugar com o estudante e deixe ele manusear o que foi proposto na orientação 2. Possivelmente os estudantes irão fazer perguntas e questionamentos, então cabe ao professor direcionar os questionamentos para que o estudante possa encontrar a resposta sozinho (PANTANO ; ZORZI, 2009 MOREIRA, 2016).

#### **4.6 Orientação embasada teoricamente 4 - Leve para sala Atividades não tradicionais.**

Produza atividades em que os estudantes possam evocar seu conhecimento adquirido. Utilizando principalmente materiais multissensoriais e menos lista de exercícios. Direcione os materiais multissensoriais para situações que ocorrem no dia a dia do estudante (PANTANO ; ZORZI, 2009)

#### **4.7 Orientação embasada teoricamente 5 - Checagem do aprendizado.**

Produza um material didático abordando um “novo” fenômeno referente ao conteúdo que foi apresentado em sala de aula, questione os estudantes sobre o fenômeno e observe as argumentações. Com isso, faça uma análise e verifique com uma avaliação se houve uma aprendizagem significativa. Lembre-se, aprendizagem não é imediata, demanda tempo e nutrientes para uma estabilidade das redes neurais (PANTANO ; ZORZI, 2009).

---

<sup>2</sup> A Sala de Aula Invertida (SAI) trás uma proposta de tornar o estudante um indivíduo participativo no processo de ensino e aprendizagem (KRUPP, 2018).

## 5. CONCLUSÕES

Acreditamos que os objetivos da pesquisa foram alcançados, já que conseguimos relacionar conceitos das duas teorias em que foi possível produzir um material didático para professores de Física do Ensino Médio.

Esta pesquisa é relevante para o Ensino de Física por fornecer subsídios aos professores de Física do Ensino Médio, possibilitando uma discussão de como os conhecimentos neurocientíficos podem ser implementados na grade curricular das licenciaturas em Física em forma de minicurso ou formação continuada para melhorar a prática docente dos no Ensino Médio, oferecendo estratégias mais efetivas e com isso, melhorar a aprendizagem dos estudantes (VIZZOTTO, 2019).

Identificamos que há subsídios teóricos/práticos do uso da neurociência no Ensino de Física, mas o número de pesquisas nessa área é escasso, sendo necessário que haja mais professores pesquisadores na área de Neurociência correlacionada com Ensino de Física.

A disciplina Neuroaprendizagem poderia estar na graduação de professores como forma de auxiliar na formação docente que favoreça um ensino e aprendizagem significativos. Devemos através de políticas educacionais alfabetizar os professores em neurociência oferecendo formações e projetos de pesquisa em diferentes áreas, como currículo, avaliação, Ensino, aprendizagem e Estratégias para serem utilizados em sala de aula (PUEBLA ; TALMA, 2011; BARTOSZECK, 2013).

Temos a intenção de testar a eficácia do material didático produzido em contexto real de sala de aula e analisar os resultados a fim de melhorá-lo. Pretendemos publicar as pesquisas em eventos ou periódicos na área de educação.

## 6. REFERÊNCIAS

ANTONOWISKI, Ricardo. Dificuldades encontradas para aprender e ensinar física moderna. **Scientific Electronic Archives**. Mato Grosso, MT. Vol. 10, n. 4, p. 1-8, Ago. 2017.

BARBOSA, Jonas Fábio. Aprendizagem Significativa de Ausubel no Ensino de Física. **Uniube**. Minas Gerais, MG; 2021. Disponível em: <http://dspace.uniube.br:8080/jspui/bitstream/123456789/1774/1/11826884.pdf>. Acesso em: 13, jun. 2022

BARTOSZECK, Amauri Betini. Neurociência na educação. **docplayer**, 2013. disponível em: <https://docplayer.com.br/1245408-Neurociencia-na-educacao-a-b-bartoszeck.html>. Acesso em: 22, maio. 2022

BROCKINGTON, Guilherme. Neurociência e Ensino de Física: limites e possibilidades em um campo inexplorado. **Revista Brasileira de Ensino de Física**,

São Paulo, v. 43, n. 1, p. 1-21, 3 dez. 2020. FapUNIFESP (SciELO). <http://dx.doi.org/10.1590/1806-9126-rbef-2020-0430>.

CAMPELO, Maria Paula Silvestre et al. As Contribuições da Neuroeducação para a Aprimoramento e Resolução de Problemas de Aprendizagem / The Contributions of Neuroeducation to the Improvement and Resolution of Learning Problems. **Id On Line Revista de Psicologia**, [S.L.], v. 14, n. 53, p. 120-137, 28 dez. 2020. Lepidus Tecnologia.

COSENZA, Ramon ; GUERRA, Leonor.. **Neurociência e Educação: como o cérebro aprende**. Porto Alegre: Artmed, 2011

COSTA, Claudio. Compreensão do processo de aprendizagem: as contribuições da Neuroeducação. **Revista Pedagógica**, Rio Grande do Sul, v. 23, 2021 p. 1-28, Jan. 2021.

EVANGELISTA, Fábio Lombardo. O Ensino de Física e Matemática sob a Ótica da Neuroeducação. **Revista do Professor de Física**, [S.L.], v. 3, n. 2, p. 78-90, 24 ago. 2019. Biblioteca Central da UNB. <http://dx.doi.org/10.26512/rpf.v3i2.23196>.

FLECK, Leandro. Redes Neurais Artificiais: Princípios básicos. **Revista Eletrônica Científica Inovação e Tecnologia**. Universidade Tecnológica Federal do Paraná Câmpus Medianeira. Medianeira, Paraná, Brasil. v. 1, n. 13, p. 47-57, jan./jun. 2016 47 ISSN 2175-1846

GUERRA, Leonor Bezerra. O diálogo entre a neurociência e a educação: da euforia aos desafios e possibilidades. **Revista Interlocução**, v. 4, n. 4, p. 3-12, Jun. 2011.

HELPA, Juliana Pompeo. Neurociência aplicada à educação. **Xdocs**, 2015. Disponível em: <https://xdocs.com.br/doc/neurociencias-aplicada-a-educacao-juliana-pompeo-helpe-48gpykjd082> . Acesso em: 15 Jul. 2022.

KRUPP CONSUL CONFORTIN, Carolina. Uma aplicação da sala de aula invertida no ensino de física para a Educação Básica. **Revista Educar Mais**, [S. l.], v. 2, n. 1, Pág. 1-14, Dez. 2018.

LEMOS, Evelyse. A Aprendizagem Significativa: estratégias facilitadoras e avaliação. Série-Estudos - **Periódico do Programa de Pós-Graduação em Educação da UCDB**, [S. l.], n. 21, Jun. 2006.

MORAES, José Uibson Pereira. **título: As TIC como facilitadoras da aprendizagem significativa no ensino de física**. Orientador: Celso José Viana Barbosa. Dissertação (Mestrado em ensino de ciências naturais e matemática). Universidade Federal de Sergipe. São Cristóvão,p. 188. 2012.

MOREIRA, Marco Antonio. O que é afinal aprendizagem significativa? **Qurriculum, La Laguna**, Espanha, v.1 Pág. 29-56, Mar. 2012.

MOREIRA, Marco Antonio. Subsídios Metodológicos para o Professor Pesquisador em Ensino de Ciências, Pesquisa em Ensino: Aspectos Metodológicos, 2009 (1ª edição), 2016 (2ª edição revisada), Disponível em: <http://moreira.if.ufrgs.br/Subsidios10.pdf>. Acesso em : 26 jun. 2022

NETO, José Augusto da Silva Pontes. Teoria da aprendizagem significativa de David Ausubel: perguntas e respostas. *Série-Estudos - Periódico do Programa de Pós-Graduação em Educação da UCDB*, [S. l.], n. 21, 2013. DOI: 10.20435/serie-estudos.v0i21.296. Disponível em: <https://www.serie-estudos.ucdb.br/serie-estudos/article/view/296>. Acesso em: 18 jun. 2022.

PANTANO, Telma; ZORZI, Jaime Luiz / **Neurociência aplicada à aprendizagem**. São José dos Campos: Pulso, 2009.

PELIZZARI, Adriana *et al.* Teoria da Aprendizagem Significativa segundo Ausubel. *Revista PEC*, Curitiba, v. 2, nº 1, p. 37-42, jul. 2001/jul. 2002.

PRAIA, João Félix. Aprendizagem significativa em D. Ausubel: Contributos para uma adequada visão da sua teoria e incidências no ensino. In: MOREIRA, M. A. *et al.* (Org.). **Teoria da aprendizagem significativa**: Contributos do III encontro internacional sobre Aprendizagem Significativa. Peniche, 2000. p. 121 - 134.

PUEBLA, Ricardo; TALMA, M. Paz. Educación y neurociencias: la conexión que hace falta. **Estudios Pedagógicos (Valdivia)**, [S.L.], v. 37, n. 2, p. 379-388, 2011. SciELO Agencia Nacional de Investigacion y Desarrollo (ANID). <http://dx.doi.org/10.4067/s0718-07052011000200023>.

SANTOS, Calline Palma ; SOUZA, Késila Queiroz. A neuroeducação e suas contribuições às práticas pedagógicas contemporâneas. ENCONTRO INTERNACIONAL DE FORMAÇÃO DE PROFESSORES E FÓRUM PERMANENTE DE INOVAÇÃO EDUCACIONAL. **Anais**. Aracajú: Universidade Tiradentes, 2016. 1-11.

TAVARES, Romero. Aprendizagem significativa e o ensino de ciências. **Ciências & Cognição**, v. 13, n. 1, 94-100, Mar. 2008.

TAVARES, Romero. Aprendizagem significativa. <http://www.fisica.ufpb.br/>. 2004 Disponível em : <http://www.fisica.ufpb.br/~romero/pdf/2004AprendizagemSignificativaConceitos.pdf>; Acesso em: 23, jun. 2022.

TAVARES, Romero. Aprendizagem significativa, codificação dual e objetos de aprendizagem. **Revista Brasileira de Informática na Educação**, [S.L.], v. 18, n. 2, p. 04-16, maio 2010. Sociedade Brasileira de Computação - SB. <http://dx.doi.org/10.5753/rbie.2010.18.02.04>

TRIVIÑOS, Augusto Nivaldo Silva. Introdução à pesquisa em ciências sociais: a pesquisa qualitativa em educação. São Paulo: Atlas, 1987.

VALADARES, Jorge. A teoria da Aprendizagem Significativa como Teoria Construtivista. **Revista Meaningful Learning Review**, V(1) , P. 36-57, 2011.

VIZZOTTO, Patrick Alves. A Neurociência na formação do professor de Física: análise curricular das licenciaturas em Física da região sul do Brasil. **Revista Insignare Scientia - Ris**, [S.L.], v. 2, n. 2, p. 150-165, 19 set. 2019. Universidade Federal da Fronteira Sul. <http://dx.doi.org/10.36661/2595-4520.2019v2i2.10838>.