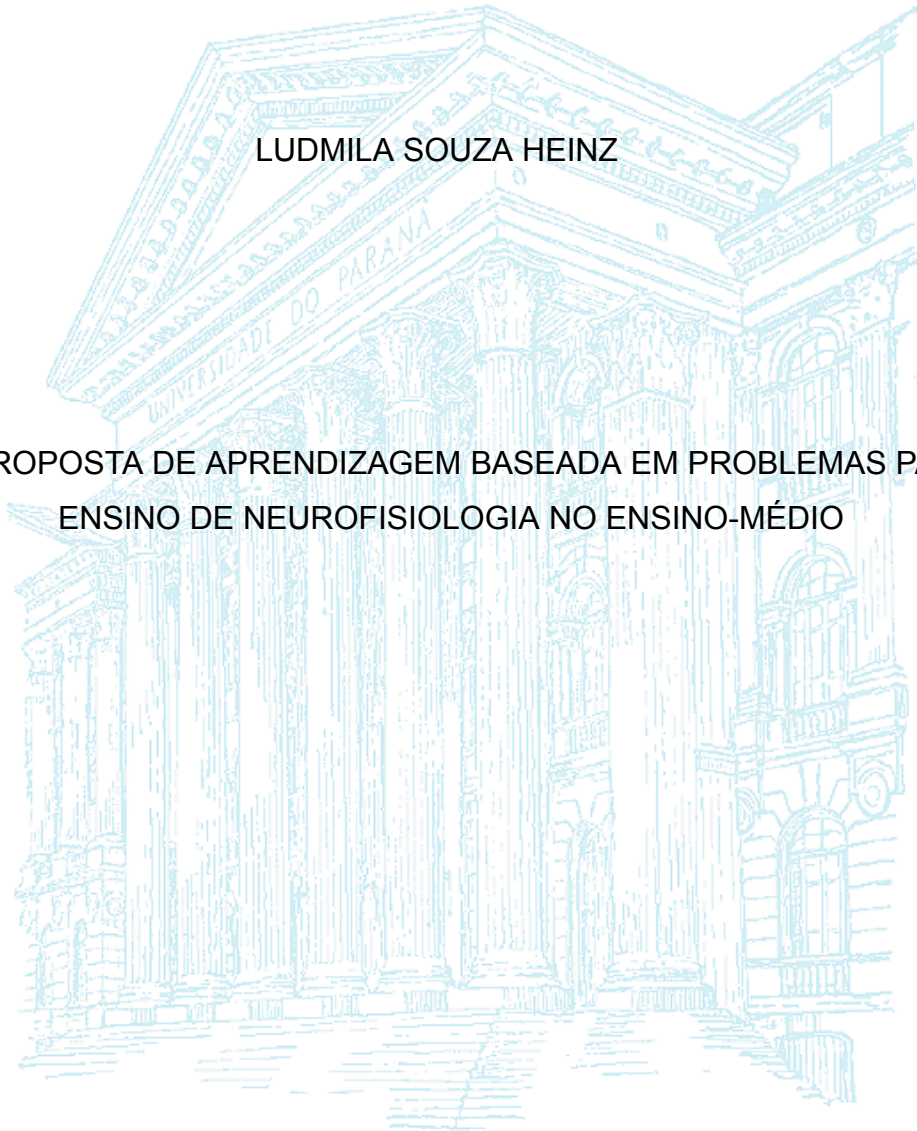


UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ

LUDMILA SOUZA HEINZ

UMA PROPOSTA DE APRENDIZAGEM BASEADA EM PROBLEMAS PARA O
ENSINO DE NEUROFISIOLOGIA NO ENSINO-MÉDIO



CURITIBA

2024

LUDMILA SOUZA HEINZ

UMA PROPOSTA DE APRENDIZAGEM BASEADA EM PROBLEMAS PARA O
ENSINO DE NEUROFISIOLOGIA NO ENSINO-MÉDIO

Trabalho de Conclusão Curso apresentado como
requisito à obtenção do título de Licenciado, Curso
de Ciências Biológicas, Setor de Ciências Biológicas,
Universidade Federal do Paraná.

Orientador: Prof. Dr. Bruno Jacson Martynhak

CURITIBA

2024

TERMO DE APROVAÇÃO

LUDMILA SOUZA HEINZ

UMA PROPOSTA DE APRENDIZAGEM BASEADA EM PROBLEMAS PARA O ENSINO DE NEUROFISIOLOGIA NO ENSINO-MÉDIO

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao curso de Licenciatura em Ciências Biológicas, Setor de Ciências Biológicas, Universidade Federal do Paraná, como requisito parcial à obtenção do título de Licenciado em Ciências Biológicas.

Prof. Dr. Bruno Jacson Martynhak

Orientador – Departamento de Fisiologia, UFPR

Prof(a). Dr(a). Claudia Maria Sallai Tanhoffer

Departamento de Fisiologia, UFPR

Prof. Dr. Marcelo Valério

Departamento de Teoria e Prática de Ensino, UFPR

Curitiba, __ de Dezembro de 2024.

AGRADECIMENTOS

Agradeço aos meus pais, Kelly e Rodolfo, por compreenderem minhas ausências em casa durante os períodos de estudo, pelo esforço que dedicaram a mim e pelo apoio constante ao longo da faculdade.

Aos meus irmãos, Lari, Rico e Pedro, que sempre me distraíam e animavam quando ficava triste ou queria desistir de algo.

À minha amiga Najmi, por me escutar reclamar tanto e por sempre estar presente na minha vida com tanta ternura.

Ao Lucas, que conheci por meio da SBPC na universidade e que me proporciona tantos momentos de alegria.

A Edimara, que me incentivou, animou e ajudou de diferentes formas.

Agradeço também a todos os meus amigos da universidade, que fizeram parte dessa jornada, e aos amigos do Pibid, que foram fundamentais para minha formação.

A todos os professores que participaram da minha formação e aqueles que, além de ensinar, trouxeram significado à graduação e ao aprendizado.

E, ao professor Bruno, por me orientar e ser atencioso em todo o processo do TCC.

*“Antigamente quando eu me excedia
Ou fazia alguma coisa errada
Naturalmente minha mãe dizia
Ele é uma criança, não entende nada*

*Por dentro, eu ria
Satisfeito e mudo
Eu era um homem
E entendia tudo”.*

Erasmu Carlos

RESUMO

Nas escolas, as neurociências contemplam principalmente o estudo da neuroanatomia e da neurofisiologia, abordando aspectos morfológicos e funcionais do Sistema Nervoso. Frequentemente conceitos das neurociências são discutidos no dia a dia, entretanto, por tratar de conceitos abstratos e complexos existem dificuldades em torno do seu aprendizado. Nesse cenário, ressalta-se, a importância da alfabetização em neurociência, que mune os estudantes contra a desinformação, fortalecendo o pensamento crítico. A partir disso, o presente trabalho apresenta uma proposta didática de Aprendizagem Baseada em Problemas (ABP), para o ensino de neurofisiologia aos estudantes do ensino médio, por meio de uma metodologia ativa. Uma vez que, a aprendizagem mecânica e de memorização, sem considerar o papel ativo aluno no processo de ensino, são características associadas dificuldade em compreender conceitos de neurofisiologia. Foi construído uma ABP com 9 passos, a partir da adaptação das 7 etapas descritas na literatura. A ABP apresenta um problema em forma de narrativa fictícia denominada “O cérebro de Cris”, protagonizada por Cris e seu contexto adolescente de mudanças. Isso, com o objetivo de abordar a estrutura do neurônio, sinapse e estruturas do cérebro a partir da perspectiva de mudanças no cérebro adolescente. Tal tema pretende engajar e motivar os estudantes na ABP, a partir da narrativa, despertando a curiosidade para a resolução do problema. A ABP elaborada baseou-se na habilidade EM13CNT301 proposta na Base Nacional Comum Curricular, que busca de forma geral desenvolver a construção de questões, hipóteses, interpretações e avaliação de situações-problema sob uma perspectiva científica.

Palavras-chave: Neurofisiologia; Ensino médio; Metodologias Ativas.

ABSTRACT

Concepts from neuroscience are frequently discussed in daily life; however, they involve abstract and complex ideas, which makes learning them properly challenging. In schools, neuroscience primarily encompasses the study of neuroanatomy and neurophysiology, addressing both morphological and functional aspects of the Nervous System. The importance of neuroscience literacy is emphasized, as it equips students to defend against the misinformation encountered nowadays, strengthening their critical thinking regarding such beliefs. Based on this, this work presents a didactic proposal for Problem-Based Learning (PBL) to teach neurophysiology to high school students through an active learning teaching practice. Since mechanical learning and memorization, without considering the student's active role in the teaching process, are characteristics often associated with difficulty in understanding neurophysiological concepts, a PBL was developed with 9 steps, adapted from the 7 steps described in the literature. The PBL presents a problem in a narrative called "O Cerebro de Cris," which highlights the character Cris and its adolescent context of change. This aims to explore the structure of neurons, synapses, and brain structures, focusing on changes in the adolescent brain. Such a theme seeks to engage and motivate students in the PBL through the narrative, sparking curiosity to solve the problem. The developed PBL is based on the skill EM13CNT301 proposed in the National Common Curricular Base of Brazil, which generally aims to develop the construction of questions, hypotheses, interpretations, and evaluation of problem situations from a scientific perspective.

Keywords: Problem-based-learning; PBL; Neurophysiology; High School; Active Learning.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Taxas de reprovação e desistência sob aprendizagem ativa e sob aula no modelo de palestras.....	16
Figura 2 - Princípios que constituem as metodologias ativas de ensino.....	17
Figura 3 - Fluxograma da ABP.....	29

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 - Objetivos específicos.....	25
---------------------------------------	----

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	10
1.1 CONTEXTO E PROBLEMA.....	10
1.1.1 Enunciado do problema.....	14
1.2 OBJETIVOS	14
1.2.1 Objetivo Geral.....	14
1.2.2 Objetivos Específicos.....	14
1.3 JUSTIFICATIVA.....	14
2 REVISÃO DE LITERATURA	15
2.1. METODOLOGIAS ATIVAS NO ENSINO DA NEUROCIÊNCIAS.....	15
2.2 APRENDIZAGEM BASEADA EM PROBLEMAS (ABP).....	17
2.3 CÉREBRO ADOLESCENTE.....	19
3 MATERIAIS E MÉTODOS	22
3.1 PROPOSTA DIDÁTICA.....	22
3.2 ESCOLHA DO CONTEXTO DO PROBLEMA.....	22
3.3 CONSTRUÇÃO DO PROBLEMA EM FORMA DE NARRATIVA.....	23
3.4 ELABORAÇÃO DOS PASSOS DA ABP.....	24
3.4.1 Adaptação da ABP.....	26
3.4.2 Leitura, interpretação e discussão do problema e identificação dos termos desconhecidos.....	27
3.4.3 Hipotetização e construção dos objetivos.....	27
3.4.4 Estudo em grupos.....	27
3.4.5 Rediscussão e socialização das explicações.....	28
3.4.6 Avaliação.....	28
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO	29
4.1 APRESENTAÇÃO DA ABP.....	29
4.2 PASSOS DA ABP.....	30
5 CONCLUSÕES	39
REFERÊNCIAS	40
APÊNDICES	43

1 INTRODUÇÃO

1.1 CONTEXTO E PROBLEMA:

A neurociência é uma área associada à biologia, que tem como objetivo estudar o sistema nervoso (SN) e todas as suas características (Silva *et al.*, 2020). Tal área compreende o estudo interdisciplinar com diferentes campos de estudo, os quais Lent (2010) organizou em cinco grandes áreas: a neurociência molecular, neurociência celular, neurociência sistêmica, neurociência comportamental e a neurociência cognitiva. Essas áreas muitas vezes são vistas de forma conjunta, sobrepostas, com o objetivo de entender o funcionamento do sistema nervoso.

O estudo do sistema nervoso é observado antes mesmo do estabelecimento das neurociências como campo de estudo, o qual no final do século XVIII, o SN já havia sido dissecado e descrito de forma geral. Dessa maneira, desde as civilizações antigas como Egípcios, Maias e Astecas, por exemplo, o cérebro já era alvo de investigação (Bear *et al.*, 2002). Assim, a pesquisa nas neurociências surgiu naturalmente na história, como uma área que discute o funcionamento do cérebro de diferentes formas.

Quando sentimos gostos, escutamos, observamos ou simplesmente percebemos um estímulo externo, estamos tratando de fenômenos estudados pela neurociência. Ainda, ao tentar entender como aprendemos, temos memória, fome, atenção e etc., também estamos pensando nas neurociências. Observa-se, assim, que as neurociências frequentemente são vistas na prática, existindo uma grande riqueza de informações em torno da área, a qual diversos conceitos são comumente discutidos no dia a dia.

Entretanto, estabelecida como ciência na década de 1970, o avanço da tecnologia e a crescente sistematização dos conteúdos neurocientíficos permitiram que, ao longo do tempo, a refutação de diversas ideias equivocadas, evidenciando o papel da ciência (Bear *et al.*, 2002). Isso pode ser visto através do estudo da pesquisadora Brasileira Suzana Herculano-Houzel (2005), que questionou-se sobre a origem do número de neurônios existentes no cérebro. Frequentemente, em livros e artigos, contava a existência de 100 bilhões de neurônios no cérebro. No entanto, tal informação não tinha sido explorada, a qual nenhum estudo indicava a contagem dessas células no SN. Logo, havia um impasse, no qual uma informação era amplamente disseminada, mas não comprovada cientificamente. Identificado o

problema, Herculano-Houzel desenvolveu uma técnica de contagem de núcleos, encontrando o número médio de 86 bilhões de neurônios e não 100 bilhões. Tal estudo é um marco que ressalta a relevância da ciência e seu estudo, a qual oportuniza investigação de questões e perguntas presentes em diferentes contextos.

O entendimento dos conhecimentos biológicos, e outros saberes, permite a compreensão e participação das questões contemporâneas, sendo parte dos direitos imprescindíveis de todo cidadão (Krasilchik, 1995). A alfabetização em neurociência mune os estudantes contra os neuromitos vistos hoje, fortalecendo a opinião crítica frente tais crenças e contribuindo para o entendimento de si e do outro (Lourenço, 2016). Salienta-se assim, o ensino de ciências e a ligação entre neurociências e a prática educacional.

Na escola, as neurociências contemplam principalmente o estudo da neuroanatomia e da neurofisiologia, as quais respectivamente abordam aspectos morfológicos e funcionais do SN. As neurociências, na escola, compõem o conteúdo previsto no componente curricular de ciências, para o ensino fundamental e biologia, para o ensino médio (Brasil, 2018). De maneira que, segundo a Base Nacional Comum Curricular (2018), para a disciplina de ciências observa-se as seguintes habilidades para o estudo do sistema nervoso:

(EF06CI07) - Justificar o papel do sistema nervoso na coordenação das ações motoras e sensoriais do corpo, com base na análise de suas estruturas básicas e respectivas funções, (EF06CI10) - Explicar como o funcionamento do sistema nervoso pode ser afetado por substâncias psicoativas, (EF06CI09) - Deduzir que a estrutura, a sustentação e a movimentação dos animais resultam da interação entre os sistemas muscular, ósseo e nervoso e (EF08CI08) - Analisar e explicar as transformações que ocorrem na puberdade considerando a atuação dos hormônios sexuais e do sistema nervoso. (Base Nacional Comum Curricular, 2018, p. 345, 349)

Já em relação à Biologia no ensino médio, encontra-se o estudo do sistema nervoso organizado em competências, habilidades e objetos de conhecimento, respectivamente no documento Referencial Curricular para o Ensino Médio do Paraná (2021). Observa-se desse modo a habilidade neste documento:

(EM13CNT207) - Identificar, analisar e discutir vulnerabilidades vinculadas às vivências e aos desafios contemporâneos aos quais as juventudes estão expostas, considerando os aspectos físico, psicoemocional e social, a fim de desenvolver e divulgar ações de prevenção e de promoção da saúde e do bem-estar (Referencial Curricular para o Ensino Médio do Paraná, 2021, p.

308).

Referente aos objetos de conhecimentos encontra-se: *“Drogas lícitas e ilícitas, Gravidez na adolescência, Infecções sexualmente transmissíveis (IST) e Sistemas endócrino e nervoso (desenvolvimento do corpo)* (Referencial Curricular para o Ensino Médio do Paraná, 2021, p. 398).

E, na unidade temática I “Organização dos seres vivos e Biodiversidade” identifica-se nos objetos de conhecimentos, Sistemas biológicos e Saúde, as seguintes sugestões de conteúdos: *“Sistemas Biológicos (Digestório, Respiratório, Cardiovascular, Urinário, Endócrino, Nervoso e Sensorial); Sistemas endócrino e nervoso (desenvolvimento do corpo)”* (Referencial Curricular para o Ensino Médio do Paraná, 2021, p. 412).

Observa-se que, as neurociências são encontradas nos documentos normativos base dos currículos. Contudo, mesmo sendo estabelecida como um conteúdo do componente curricular nos documentos nacionais e estaduais, diversas questões permeiam o aprendizado do sistema nervoso.

Na biologia, diversos assuntos parecem complexos e abstratos para os estudantes (Santosh, 2024). E, do mesmo modo, a abordagem das neurociências também apresenta as mesmas questões em seu aprendizado. Visto que, comumente, as neurociências são vistas como um estudo de “difícil compreensão” (Filipin *et al.*, 2014). Na perspectiva dos estudantes, a neurofisiologia, por exemplo, é frequentemente vinculada a uma aprendizagem mecânica e de memorização (Essop; Bourdon, 2024). Nota-se a existência de abordagens que dão ênfase ao estudo mecanicista e convencional nas neurociências, que resultam na dificuldade de aprendizado do tema.

A prática pedagógica e a abordagem didática utilizada nas aulas de neurociências são de suma importância nesse cenário (Montrezor, 2016). E, não somente isso, as práticas significativas e contextualizadas são requeridas para a construção do pensamento crítico por meio do exercício da autonomia dos estudantes no processo de aprendizado (Freire, 2002).

O ensino ativo e suas abordagens são instrumentos didáticos a serem considerados no processo de ensino-aprendizagem. As premissas metodológicas vistas como “metodologias ativas” oportunizam a valorização do contexto dos estudantes, dos seus saberes, das suas atividades para a criação de uma ambiente

que favoreça o aprendizado (Borges; Alencar, 2014; Diesel *et al.*, 2017). Tais práticas, em diversas pesquisas, comparam o ensino ativo e o ensino convencional, apoiando a efetividade da metodologia ativa em relação ao desempenho e retenção dos estudantes (Freeman *et al.*, 2014; Prince, 2004). Desse modo, existem diferentes metodologias a serem consideradas para o ensino de ciências, as quais estão em constante modificação e são comumente vistas na educação.

Neste projeto, dentre as diferentes práticas pedagógicas atuais, foi escolhida a Aprendizagem Baseadas em Problemas - ABP (em inglês *Problem-Based Learning* - PBL) como alvo de pesquisa para a elaboração de uma proposta didática. Tal metodologia de ensino é comumente utilizada no ensino superior em cursos na área da saúde, uma vez que permite a contextualização prática do tema estudado (Allen; Tanner, 2003; Hung, 2009). Ainda, a ABP permite a evolução do conhecimento prévio sobre o tema, na qual a construção do conhecimento é vista durante a realização da atividade (Schmidt *et al.*, 2011). Questão que motivou a criação deste trabalho e surgiu durante uma conversa sobre as metodologias de ensino, nas quais, em sua maioria, há a necessidade de uma introdução conceitual do tema para a realização da atividade.

Para a construção ABP, trabalha-se com os conhecimentos e experiências que os alunos já possuem, pois “*o envolvimento no problema vem antes de qualquer preparação ou estudo formal*”, como evidenciado no estudo de Allen e Tanner (2003). Na ABP, não é obrigatória a introdução de conceitos em volta do tema, pois não só o “acerto” como também o “erro” são fundamentais nessa atividade. Já que o erro abre margem para as outras etapas da atividade, como, discussões e pesquisas de informações, assemelhando-se aos passos da investigação acadêmica. Foi escolhido, portanto, a temática “cérebro adolescente” como uma forma de contextualizar o aprendizado dos conceitos a respeito do sistema nervoso, pois trata-se de um assunto que os estudantes possuem experiências diversificadas que contribuem para o processo de aprendizado em sala. Assim, foi relacionado o tema a Aprendizagem Baseada em Problemas para o desenvolvimento de uma proposta didática para o ensino de neurofisiologia aos estudantes do ensino médio, utilizando um problema em forma de narrativa.

1.2 OBJETIVOS:

1.2.1 Objetivo Geral:

Desenvolver uma proposta didática de Aprendizagem Baseada em Problemas (ABP) para facilitar o aprendizado de conceitos de neurofisiologia aos estudantes do ensino médio.

1.2.2 Objetivos Específicos:

- Estruturar uma proposta didática para o ensino de neurofisiologia que promova o engajamento do estudante durante o processo ensino-aprendizagem;
- Relacionar conceitos de neurofisiologia as mudanças que ocorrem no cérebro adolescente;

1.3 JUSTIFICATIVA:

As neurociências fazem parte do contexto social de diferentes modos, inserindo-se na saúde e educação principalmente. Logo, seu entendimento é de suma importância atualmente, em decorrência da difusão de neuromitos observados na cultura popular (Tokuhama-Espinosa, 2008). Ainda, estudos indicam apoio a utilização da ABP na graduação de cursos da saúde em sua maioria. Sendo a maioria dessas investigações realizadas em universidades da América do Norte e da Europa. E há poucas publicações que relatam a utilização da ABP de neurociências no ensino, especificamente neurofisiologia para estudantes do ensino médio no Brasil. O que parece um contrassenso, visto que, dificuldades em torno do aprendizado de conceitos da área também são evidenciados, associados a aprendizagem passiva do estudante.

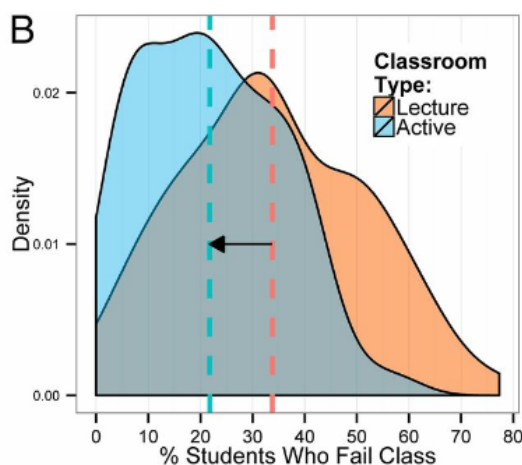
Além disso, nesse cenário, a utilização de práticas pedagógicas que dialogam sobre o cérebro adolescente buscando compreender como um processo contribuem para a reflexão crítica diante de tantas informações vistas no cotidiano (Howard-Jones, 2014).

2 REVISÃO DE LITERATURA

2.1. METODOLOGIAS ATIVAS NO ENSINO DA NEUROCIÊNCIAS:

Com o passar do tempo, as neurociências estão avançando e tornam-se cada vez mais presentes. Seu estudo é uma forma de entender o funcionamento do corpo e as suas relações, sendo necessário compreender conceitos e linguagens relacionadas ao sistema nervoso (Rezende, 2008). Entretanto, tais conceitos, se apresentam como “abstratos” na hora de aprender (Essop; Bourdon, 2024). A partir disso, a presença de abordagens didáticas que estimulam o pensamento sobre mecanismos fisiológicos é um recurso pedagógico requerido. Montrezor (2016) aponta em sua pesquisa, que a abordagem ativa contribuiu para a melhoria do entendimento sobre a integração entre fisiologia e neurologia, por exemplo. E investiga com estudantes de graduação a utilização de jogos de tabuleiro, quebra-cabeça, vídeos e discussões no ensino, entendidas como metodologias ativas, comparadas ao ensino convencional de formato expositivo. Seus resultados mostram que o envolvimento e desempenho dos estudantes com metodologias alternativas melhorou significativamente em relação à aprendizagem por palestras. Em consonância, o estudo de Freeman *et al.*, (2014), indica que a prática da metodologia ativa no ensino superior em ciências, engenharia e matemática, resultou em um menor número de reprovações e desistências, do que comparado às práticas convencionais de palestra (Figura 1). Assim, diversas revisões e investigações demonstram a efetividade do ensino ativo em relação ao desempenho dos alunos nas diferentes disciplinas, inclusive na neurofisiologia (Doolittle *et al.*, 2023; Prince, 2004).

Figura 1: Taxas de reprovação e desistência sob aprendizagem ativa e sob aula no modelo de palestras.



Fonte: Freeman *et al.*, 2014.

Gráfico de densidade de Kernel de taxas de reprovação e desistência sob aprendizagem ativa e sob aula no modelo de palestras. As taxas médias de reprovação sob cada tipo de aula (21,8% e 33,8%) são mostradas por linhas verticais tracejadas.

Diesel (2017) delimita a abordagem ativa de ensino definindo seus principais princípios: aluno como centro do processo de aprendizagem, autonomia dos estudantes, problematização da realidade e reflexão, trabalho em equipe, inovação e o professor como mediador, facilitador e ativador (Figura 2). Dessa maneira, a autora discute as articulações dos princípios considerando correntes teóricas de influência na educação. Tais correntes teóricas englobam trabalhos de educadores e pesquisadores, que possuem premissas importantes, como Paulo Freire, que vê como um problema a falta de estímulo para os alunos pensarem de forma autônoma. A aprendizagem significativa, defendida por Ausubel, também conversa com as metodologias ativas, a qual deve considerar o conhecimento prévio dos alunos. Ainda, a postura de “orientador” do professor, aproxima-se com os trabalhos de Moran, que discute que o professor da metodologia ativa, traz significado ao que está sendo aprendido e estimula o aprendizado. Assim, fica evidente a relevância da contextualização para a aprendizagem ativa, a qual deve-se valorizar e considerar as realidades e experiências de vida dos estudantes, como exposto por Dewey (Diesel, 2017). Tais pressupostos educacionais dialogam com os impasses vistos no ensino de neurofisiologia e na educação como um todo.

Uma vez que existe uma dicotomia entre teoria e a prática, que ocasiona distância na integração prática e significativa dos alunos com os conteúdos (Silva, 2020; Diesel, 2017).

Figura 2: Princípios que constituem as metodologias ativas de ensino.



Fonte: Diesel (2017).

Atualmente diversas metodologias ativas são observadas e se relacionam com as premissas apontadas por Diesel (2017). A utilização da aprendizagem baseada em problemas é uma dessas abordagens, que pretendem instigar a autonomia e envolver o estudante no processo de ensino-aprendizagem, desenvolvendo habilidades para a resolução de um problema definido (Wilder, 2014). Assim, observa-se que além de aprender os conceitos discutidos, os estudantes desenvolvem habilidade na geração de hipótese e raciocínio crítico, que segundo Krasilchik (1995) são imprescindíveis para a formação. Ainda, estudos indicam que alunos com baixo desempenho se beneficiam de tal abordagem, os quais tiveram maior pontuação na avaliação após a ABP (Franklin *et al.*, 2015).

2.2 APRENDIZAGEM BASEADA EM PROBLEMAS (ABP):

A aprendizagem baseada em problemas trata-se de atividades que os alunos trabalham em grupos, analisando, conversando e criando perguntas e hipóteses para investigar um problema proposto (Allen; Tanner, 2003). Ainda, ABP destaca também a relevância da contextualização no ensino.

Segundo Virginie e Servant-Miklosa (2019), a ABP surgiu por volta de 1965 na McMaster University Medical School e foi desenvolvida por Evans e sua equipe no Canadá. A universidade criou o projeto para os alunos de graduação e pós-graduação de medicina, oferecendo uma nova abordagem para a educação médica (Franklin *et al.*, 2015). Tal recurso didático substituiu as aulas com formato de palestra. E, a atividade foi desenvolvida a partir da perspectiva dos alunos como peça central no aprendizado, os quais se organizam em pequenos grupos para investigar um problema clínico ou médico de estudo de caso. Entretanto, a internacionalização de tal metodologia foi realizada na Holanda, por Wynand Wijnen e equipe na Universidade de Maastricht, que reestruturaram a ABP e adaptaram as demandas do seu contexto, sendo vista atualmente como pioneira em tal abordagem. Contudo, quando Maastricht estava reformulando a ABP, McMaster e outros também já estavam reformulando a prática, de modo que em outros lugares também havia variações da ABP. Isso estabeleceu que a ABP não se trata de um método inflexível e que não pode haver adaptação.

Assim, a ABP atualmente é vista principalmente nas graduações relacionadas à saúde, em diversas universidades do Globo. E é vista como uma metodologia didática importante para o aprendizado. Nas últimas décadas, a ABP foi bem difundida, atingindo diferentes níveis educacionais e disciplinas (Wilder, 2014). Sua aplicação no ensino médio é vista em estudos de caso e pesquisas que apontam implicações positivas. De modo que, para o ensino de biologia, a utilização da ABP mostrou impacto significativamente positivo nos ganhos cognitivos dos alunos (Santhosh, *et al.*, 2024).

No estudo de caso, *Nora's Medulla* realizado por Roesch e colaboradores (2016), observa-se a ABP no estudo das neurociências. Através de uma narrativa, os estudantes investigam o que causou os lábios azuis e desconforto respiratório em uma paciente chamada Nora. De modo que, os conceitos básicos de neurociência fundamental e aspectos da neurofisiologia de sistemas relacionados à farmacologia sináptica foram trabalhados de forma eficaz e interessante. O caso da Medula de Nora apoia a utilização da ABP no estudo da neurofisiologia, evidenciando que os alunos atingiram os objetivos de aprendizagem dos conteúdos e também desenvolveram habilidades de pesquisa e comunicação. Com isso, o uso da ABP como recurso didático para o estudo da neurofisiologia é uma metodologia relevante,

a qual pode ser adaptada ao ensino médio.

2.3 CÉREBRO ADOLESCENTE

O Ministério da Saúde em consonância com a Organização Mundial da Saúde (OMS) identifica a adolescência como uma fase do desenvolvimento humano caracterizado por critérios cronológicos e físicos, como também sociais e culturais. Logo, trata-se do resultado de uma construção histórica, social, econômica, política e cultural. De modo que, caracteriza como adolescente, pessoas entre 10 a 19 anos de idade e jovens, pessoas de 15 a 24 anos de idade (da Silva *et al.*, 2021). Observa-se que, no final da adolescência e no início da juventude, existe uma intersecção, a qual o Ministério Saúde utiliza o termo “pessoas jovens” para se referir aos adolescentes e jovens (entre 10 a 24 anos) (Lei nº 8.069/1990; Brasil, 2024).

É presente no senso comum a associação entre comportamento adolescente e hormônios, no entanto, essa explicação é reducionista. É claro que essa fase é marcada por uma mudança no equilíbrio hormonal, no entanto a transição do comportamento infantil para o típico adolescente tem origem também em mudanças que ocorrem nas estruturas cerebrais (Herculano-Houzel, 2013).

As neurociências mostram que a adolescência é um processo de mudanças expressivas na maturação cerebral (Lamarca, 2021). Contudo, o cérebro adolescente não é definido como sendo um cérebro adulto inacabado, ele apenas apresenta o funcionamento diferente do adulto e da criança. Nessa fase o cérebro é capaz de mudar em resposta ao ambiente, e passar por modificações que afetam as redes de comunicação que conectam as regiões cerebrais. Tal plasticidade, permite que os adolescentes tenham habilidades em raciocínio e socialização, no entanto tal processo de mudança também os torna vulneráveis a comportamentos perigosos (Giedd, 2015).

O comportamento “arriscado” ou as tomadas de decisões arriscadas, são aspectos comportamentais que a neurociência tenta responder, existindo indicativos que apontam a maturação assíncrona entre diferentes regiões do cérebro como fator relevante para o comportamento arriscado. O que acontece é que, primeiramente, as áreas dos sistemas subcorticais (sistema límbicos), apresentam maturação e, posteriormente, as áreas sistemas corticais (como córtex pré-frontal), passam pelo

processo de maturação. Desse modo, as redes do sistema límbico, responsável pelas emoções, estão super ativas e as redes do córtex pré-frontal, que controla impulsos, julgamento e ponderação, ainda estão imaturas, apresentando portanto, mudanças significativas até os 25 anos (Lamarca, 2021; Giedd, 2015).

A maturação pode ser evidenciada pelo aumento volume de massa branca, a qual os axônios dos neurônios são envoltos por bainha de mielina que caracteriza o aspecto branco de tal massa. Esse processo é chamado de mielinização dos neurônios, que ocorre da infância à vida adulta, permitindo a aceleração da condução dos impulsos nervosos. Uma vez que, quando um neurônio dispara, isso resulta em mudanças moleculares que fortalecem as sinapses. Esse fortalecimento das conexões forma a base da aprendizagem. Ainda, é importante que os sinais cheguem de neurônios próximos e distantes a um neurônio específico, tendo sincronia, e a mielina permite tal caráter. Assim, a mielinização permite a união e coordenação de diferentes partes do cérebro (Lamarca, 2021; Giedd, 2015).

As mudanças no cérebro não se limitam à adolescência, existem mudanças ao longo de toda a vida. Na adolescência, ocorre um aumento na conectividade das regiões cerebrais envolvidas no julgamento, nas relações interpessoais e no planejamento de longo prazo. Desse modo, enquanto algumas conexões entre neurônios usadas frequentemente são fortalecidas, outras são desativadas/eliminadas quando não são usadas, ocorrendo eliminações seletivas, denominadas de poda sináptica. Essa poda ocorre ao longo da vida, mas na adolescência isso ocorre conforme as demandas do ambiente. Assim, a eliminação de algumas conexões resultam na especialização do cérebro. De maneira que, a massa cinzenta do cérebro diminui. Logo, retoma-se a ideia da dinâmica de alteração da massa cinza em branca, na qual a poda sináptica junto à mielinização contribuem para essa modificação (Lamarca, 2021; Giedd, 2015; Herculano-Houzel, 2005, p. 67).

Nota-se que, durante a adolescência, diversas mudanças físicas e biológicas ocorrem, entretanto, a concepção da adolescência não pode ser restrita apenas à visão biológica (Anjos, 2019). A adolescência está intimamente relacionada ao contexto, sendo fruto de uma construção cultural que varia frente às diversidades do Globo (Moraes; Weinmann, 2020). Assim, considerar as variáveis que constituem os contextos adolescentes é relevante para a criação de ações, programas e políticas

públicas, bem como a escolha das metodologias didáticas no processo de ensino (Howard-Jones, 2014). Logo, essa fase pode ser evidenciada como parte de um processo de amadurecimento e de intenso aprendizado (da Silva *et al.*, 2021).

3 MATERIAIS E MÉTODOS

3.1 PROPOSTA DIDÁTICA:

O trabalho consiste em uma proposta didática fundamentada nos princípios das metodologias ativas, com destaque para a utilização da Aprendizagem Baseada em Problemas (ABP) como metodologia. Foi construído um problema em forma de narrativa com o objetivo de ensinar neurociências para estudantes do ensino médio. Assim, foram trabalhados conceitos da neurociência que abordam a estrutura do neurônio, sinapse, funções e estruturas cerebrais, a partir das mudanças que ocorrem durante a adolescência, no que se refere a mielinização e poda sináptica, que estão relacionadas ao comportamento de impulsividade e tomada de decisões arriscadas.

A construção da proposta didática foi feita após uma pesquisa em trabalhos contidos em bancos de dados online de trabalhos acadêmicos. Tal pesquisa teve o intuito de identificar propostas de ABPs que já existem na literatura e que indicam impacto positivo na aprendizagem de conteúdos nas neurociências, neurofisiologia e fisiologia. Foram considerados artigos científicos, dissertações, teses e outros documentos relevantes relacionados ao tema. Assim, tais estudos foram utilizados como base para a revisão bibliográfica e construção de uma proposta didática, utilizando a aprendizagem baseada em problemas no ensino da neurofisiologia.

A proposta tem como alvo estudantes do 3º ano do ensino médio, uma vez que nessa etapa os estudantes já tiveram contato com os conteúdos necessários para a atividade, como: estrutura básica de divisão do sistema nervoso central e periférico; funções gerais do sistema nervoso e estruturas e funcionamento das células.

O material didático necessário para a aplicação da proposta criada além do papel e lápis ou caneta é apenas os textos de consulta presentes no Passo 7, a atividade das regiões do encéfalo e as Cenas 1, 2 e 3.

3.2 ESCOLHA DO CONTEXTO DO PROBLEMA:

A ABP estruturada teve como norte criar um “pano de fundo” para trabalhar

os conceitos das neurociências. Para isso, foi usado como base os documentos normativos, como a Base Nacional Comum Curricular (BNCC) e o Referencial Curricular para o Ensino Médio do Paraná (2021), para analisar onde são inseridos os conceitos a respeito do sistema nervoso e em qual ano deveríamos propor a atividade. Baseado nessas informações, foi identificada a relação didática nos documentos em tratar a adolescência e a vulnerabilidade da juventude juntamente com os conteúdos do sistema nervoso. De modo que, a escolha do problema relacionado ao contexto de mudanças cerebrais na adolescência foi estabelecido por meio dessa identificação e também pela importância do tema no contexto social. Essa escolha foi fundamental para a construção do problema em forma de narrativa, uma vez que pode-se criar uma breve história a partir de uma temática conhecida pelos estudantes. Sendo que, a ideia principal foi aproximar os estudantes dos conteúdos a serem aprendidos de forma leve e significativa.

3.3 CONSTRUÇÃO DO PROBLEMA EM FORMA DE NARRATIVA

A narrativa construída foi fragmentada em três cenas e teve o intuito de engajar o aluno no problema, apresentando aos leitores uma situação comportamental adolescente que pretende, ao longo da ABP, estimular a curiosidade e orientar os estudantes acerca do estudo do assunto. A narrativa teve como objetivo esboçar um objeto de estudo da neurociência, no caso o comportamento impulsivo, como uma forma de apresentar uma situação hipotética próxima à realidade do estudante que ocorre durante a adolescência. E, que tem potencial para refletir uma experiência ou vivência que seja significativa. Nesse sentido, a narrativa aborda questões científicas com o uso de uma história fictícia.

Assim construiu-se o problema usando “Cris” como personagem, adolescente cujo sexo e orientação sexual não foram identificados, para que os estudantes não relacionem o/a adolescente a um determinado grupo, mas que analisem apenas seus comportamentos de forma general. Cris apresenta na narrativa comportamentos impulsivos e arriscados, reflexo da adolescência, que ocasionam conflitos com sua família por falta de compreensão sobre tal fase. Também é evidenciado por Cris, uma confusão intrapessoal, a qual pergunta-se “por que estou agindo dessa forma?”. Tal cenário pretende representar a adolescência como uma fase de mudança, que pode, quando não valorizada, contribuir para a promoção de

conflitos internos e externos. Em contrapartida, na narrativa, Cris tem um colega, o leitor, que está na mesma fase da vida, mas que não possui os mesmos conflitos. A adição do leitor como personagem sem os mesmos conflitos serve para evidenciar que existe uma “variação” nos comportamentos adolescentes. Ainda, se estabelece na história que Cris está bem e saudável, tratando-se apenas da adolescência. O leitor da ABP, assume o papel de ajudar Cris nesse processo de entendimento de si. Assim, os estudantes têm uma função na história, acompanhar e investigar junto a Cris.

Além de envolver o estudante, utilizou-se a narrativa para direcionar os estudantes no processo de construção de conhecimento. De maneira que, ao longo da narrativa, a família leva Cris ao médico, este fornece novas informações sobre a adolescência, colaborando para o raciocínio e hipóteses sobre o problema. Ainda, a cena também foi usada como um recurso didático para realizar atividades, nas quais Cris e o leitor realizam para obter novas informações. O estabelecimento de princípios norteadores para resolver o problema também foi realizado por meio das cenas. E, para concluir o problema, uma última cena foi criada para resumir a explicação geral da ABP.

3.4 ELABORAÇÃO DOS PASSOS DA ABP:

A ABP estruturada apresenta ao todo 9 passos a serem seguidos ao longo de dois pares de aulas geminadas (ao todo 4 aulas de 50 minutos, totalizando 200 minutos).

Algumas premissas imprescindíveis das metodologias ativas articulam naturalmente com a ABP, as quais o trabalho em equipe, a autonomia do estudante, seu papel central no processo de ensino-aprendizagem e o professor como mediador foram características importantes para a escolha e formulação da proposta didática em forma de aprendizagem baseada em problemas.

Para a elaboração da ABP objetivos de aprendizagem gerais e específicos foram projetados para auxiliar o processo de construção dos passos. O objetivo de aprendizagem geral da ABP construída consiste em: compreender que o cérebro adolescente está em uma fase de mudanças, a partir do aprendizado das estruturas do cérebro, neurônio e sinapse, incluindo sua dinâmica e modificações. Este objetivo foi pensado para contemplar os assuntos do ensino básico que tangem assuntos do

sistema nervoso, tais como: estrutura do neurônio, sinapse e a organização estrutural e funcional geral do cérebro, os quais são previstos nos documentos normativos curriculares de base nacional e estadual, como objetos conhecimento, respectivamente a BNCC (2018) e o Referencial Curricular para o Ensino Médio do Paraná (2021). Assim, a ABP considerou a competência 3 da BNCC:

Competência 3 - Analisar situações-problema e avaliar aplicações do conhecimento científico e tecnológico e suas implicações no mundo, utilizando procedimentos e linguagens próprios das Ciências da Natureza, para propor soluções que considerem demandas locais, regionais e/ou globais, e comunicar suas descobertas e conclusões a públicos variados, em diversos contextos e por meio de diferentes mídias e tecnologias digitais de informação e comunicação (TDIC). (Base Nacional Comum Curricular, 2018, p. 544)

Além disso, nesse documento, junto à competência 3, observa-se também habilidades que requerem interpretação, discussão e análise de situações-problema. E, pode ser evidenciado pela habilidade EM13CNT301:

(EM13CNT301) Construir questões, elaborar hipóteses, previsões e estimativas, empregar instrumentos de medição e representar e interpretar modelos explicativos, dados e/ou resultados experimentais para construir, avaliar e justificar conclusões no enfrentamento de situações-problema sob uma perspectiva científica. (Base Nacional Comum Curricular, 2018, p. 545)

Desse modo, tal abordagem pretende trabalhar com a autonomia do estudante durante o processo de aprendizagem. Em relação aos objetivos específicos de aprendizagem da ABP, encontram-se os conceituais, procedimentais e os atitudinais.

Quadro 1 - Objetivos de Aprendizagem Específicos:

Objetivos conceituais:	<ul style="list-style-type: none"> ● Identificar as regiões do cérebro e suas funcionalidades; ● Identificar as estruturas do neurônio; ● Compreender a sinapse; ● Aprender sobre as modificações que ocorrem no neurônio (mielinização) e em sua atividade (poda sináptica).
Objetivos	<ul style="list-style-type: none"> ● Observar que existem mudanças no cérebro durante a

procedimentais:	adolescência; <ul style="list-style-type: none"> ● Construir objetivos de aprendizagem; ● Manejar e relacionar partes do cérebro a sua função; ● Elaborar uma carta.
Objetivos atitudinais:	<ul style="list-style-type: none"> ● Respeitar a adolescência; ● Valorizar os sentimentos adolescentes, especificamente a impulsividade; ● Perceber que não há nada de errado nas mudanças de comportamento durante a adolescência.

Fonte: Autora, 2024.

A escolha dos objetivos específicos de aprendizagem foi pensada para alcançar objetivos além dos conceituais, os quais tanto o “saber fazer”, que inclui trabalho em equipe, comunicação, escrever, ler e etc., quanto os objetivos de construção de valores, pensamento crítico e reflexivo são considerados. Dessa maneira, tais objetivos podem ser mensurados através da avaliação formativa durante toda a ABP.

3.4.1 Adaptação da ABP

A construção de cada passo levou em consideração a estrutura geral da ABP estabelecida pela literatura, que varia a depender do autor, mas basicamente consiste respectivamente nos seguintes passos:

1. Leitura do problema, identificação e esclarecimento de termos desconhecidos; 2. Identificação dos problemas propostos pelo enunciado; 3. Formulação de hipóteses explicativas para os problemas identificados no passo anterior (os alunos se utilizam nesta fase dos conhecimentos de que dispõem sobre o assunto); 4. Resumo das hipóteses; 5. Formulação dos objetivos de aprendizado (trata-se da identificação do que o aluno deverá estudar para aprofundar os conhecimentos incompletos formulados nas hipóteses explicativas); 6. Estudo individual dos assuntos levantados nos objetivos de aprendizado; 7. Retorno ao grupo tutorial para rediscussão do problema frente aos novos conhecimentos adquiridos na fase de estudo anterior. (Berbel, 1998, p. 9).

Entretanto, tais passos passaram por adaptações durante a elaboração do trabalho, para que o problema em forma de narrativa fizesse sentido na proposta

didática.

3.4.2 Leitura, interpretação e discussão do problema e identificação dos termos desconhecidos.

Para a adequação dos passos ao contexto escolhido, o problema foi dividido em duas partes: a cena 1 foi pensada para promover discussão acerca do problema, apresentando explicações iniciais e a cena 2 que fornece informações adicionais sobre o problema e palavras-chave sobre neurofisiologia, que, mesmo que sejam desconhecidos pelos alunos, são explicadas mais à diante. Essa divisão foi feita propositalmente, adicionando uma etapa de hipotetização logo no início, para verificar o que os alunos já sabem sobre o assunto. Termos mais específicos em relação às estruturas cerebrais são introduzidos na atividade (Apêndice A) que ocorre logo após a leitura da Cena 2. A atividade, que visa apresentar a divisão funcional, também apresenta elementos fundamentais para a solução do problema. Após a atividade, os alunos elencam os conceitos e palavras desconhecidos. Assim, os estudantes já adquirem arcabouço suficiente para seguir aos passos já estabelecidos na literatura: o da hipotetização e o dos objetivos de aprendizagem.

3.4.3 Hipotetização e construção dos objetivos

A hipotetização e a construção dos objetivos de aprendizagem não sofreram adaptações. Os alunos devem, após a leitura do problema, discutir e identificar os termos desconhecidos, hipotetizando sobre a solução do problema. A construção dos objetivos orienta-se pela análise dos alunos sobre as lacunas do próprio conhecimento. Tais lacunas devem ser escritas e organizadas, de modo a orientar os estudos na fase seguinte.

3.4.4 Estudo em grupos

O estudo individual foi adaptado a um estudo em grupos. A etapa se dá pela leitura de dois textos preparados pelos autores (Apêndice B), para que os estudantes não se afastem do problema. E, por conta do tempo previsto em sala, que limita uma pesquisa livre, não foi considerada a realização da pesquisa em casa, para que realidades sem acesso à internet, computadores, celulares e etc. sejam privilegiadas.

3.4.5 Rediscussão e socialização das explicações

Depois do estudo, os grupos devem discutir e sintetizar suas principais explicações da resolução do problema, para apresentá-las à turma de maneira organizada. Após a socialização mediada pelo docente, deve ocorrer a leitura da Cena 3, última da ABP. Essa cena foi escrita para resumir a explicação do problema. Assim, os estudantes devem estar prontos para a realização da avaliação proposta.

3.4.6 Avaliação

A avaliação dos estudantes é feita de maneira formativa, pois o docente os acompanha ao longo de toda a prática, e também através da análise do texto redigido em forma de carta, o qual cada aluno deve entregar ao final da ABP. O texto remete ao que os estudantes aprenderam durante a prática, como um momento de resumo do que foi aprendido e de reflexão sobre a problemática.

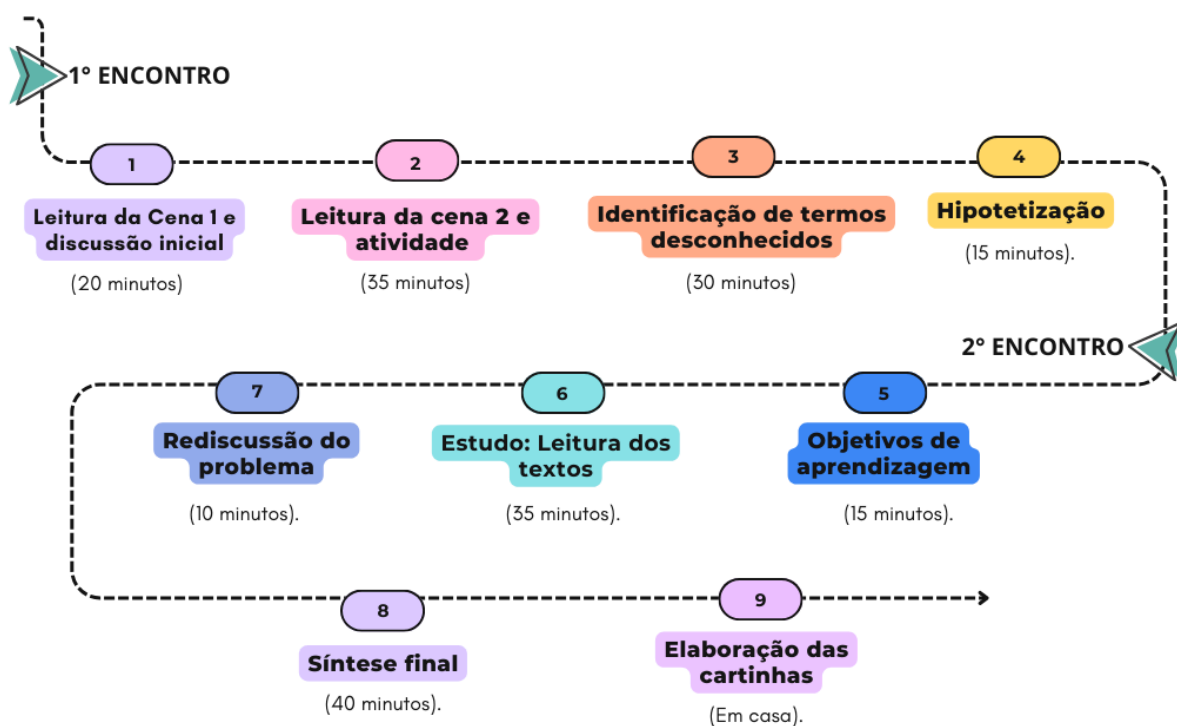
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 APRESENTAÇÃO DA ABP:

A ABP desenvolvida, intitulada “O Cérebro de Cris”, é um problema estruturado com o uso da narrativa, apresentado por meio de cenas que abordam a impulsividade relacionada ao cérebro adolescente. Para iniciar o desenvolvimento do problema em sala, os estudantes devem ser organizados em pequenos grupos, seguindo a ABP passo por passo. De maneira que, em cada passo, os estudantes obtêm novas pistas e fatos sobre o caso fictício ou refletem e analisam o problema. As pistas são informações que serão utilizadas para propor e revisar hipóteses sobre o problema ao longo dos passos.

Neste caso, foram construídas 3 cenas para introduzir, contextualizar e finalizar o problema, sendo que tais cenas visam seguir uma ordem lógica sobreposta às etapas da ABP (Figura 2 - Fluxograma da ABP).

Figura 2 - Fluxograma da ABP



Fonte: Autora, 2024.

O contexto da narrativa objetiva estimular os alunos a se perguntar sobre as

funções das estruturas do cérebro, do neurônio e da sinapse, na esperança de entender se Cris está bem e o que está acontecendo. Assim, o papel da narrativa e do docente como mediador, pretendem orientar os alunos a se questionarem sobre o conteúdo que devem aprender.

A ABP foi pensada para ser utilizada com estudantes do 3º ano do ensino médio ao longo de 4 aulas, divididas em 2 pares de aulas geminadas. Contudo, a ABP pode ser utilizada para iniciar o estudo dos objetivos de conhecimento que abordam: *Vulnerabilidade da juventude; Puberdade; Drogas lícitas e ilícitas; Gravidez na adolescência; Infecções sexualmente transmissíveis (IST); Sistemas endócrino e nervoso (desenvolvimento do corpo)*, todos presentes no referencial curricular do estado do Paraná. (Referencial Curricular para o Ensino Médio do Paraná, 2021). Uma vez que, tal problema traz o contexto adolescente em relação a comportamentos de vulnerabilidade, apresentados pela impulsividade e tomadas de decisões arriscadas. Assim, o aprendizado sobre as modificações do cérebro adolescente pode contribuir para a discussão de temas mais específicos relacionados à adolescência e ao seu contexto.

Outro ponto que a ABP teve a intenção de abordar foi a identificação com o personagem, a qual os estudantes podem compreender um pouco mais sobre si através da investigação. Também tivemos o cuidado de nomear o personagem de “Cris”, nome de gênero neutro, e tentamos escrever as cenas de modo a não ser possível identificar o gênero de Cris, para que possa ser interpretado independente de seu gênero e orientação sexual.

4.2 PASSOS DA ABP:

Passo 1 - Leitura da Cena 1 e discussão Inicial (20 minutos)

O Passo 1 consiste na leitura da Cena 1, o qual apresenta o problema em forma de narrativa, com o intuito de envolver o estudante na problemática e despertar sua curiosidade acerca do tema a ser estudado. Parte-se do princípio de que o envolvimento no problema seja evidenciado para que exista estímulo por parte dos estudantes para a resolução do problema (Allen; Tanner, 2003)

A Cena 1 retrata a adolescência por meio da exposição da vida de Cris, a qual é marcada por um contexto de mudanças. Tais mudanças estão relacionadas ao cérebro adolescente, mas que na cena é vista por meio de comportamentos

impulsivos e arriscados, isso gera na história uma atmosfera de desentendimento entre gerações. A família de Cris não consegue compreender seus comportamentos e, portanto, cria a ideia de que algo está acontecendo com Cris. Isso causa em Cris, e pretende causar no estudante que lê o problema, uma reflexão sobre tais comportamentos e a relação com a adolescência. Logo, o problema deve ser capaz de produzir dúvidas que possibilitem a movimentação dos conhecimentos prévios e percepções dos estudantes, para que exista o desenvolvimento da aprendizagem de forma significativa (Faria; do Amaral, 2021).

Objetiva-se na Cena 1, promover reflexões sobre o que pode estar relacionado aos comportamentos impulsivos e arriscados de Cris, tendo como premissa a fase em que Cris está, a adolescência.

Destaca-se, a importância de tratar no problema a adolescência como um processo inerente ao indivíduo, assim como a infância, a 3ª idade e demais fases da vida. Frisando que o cérebro adolescente não é caracterizado como um cérebro adulto inacabado, mas que apenas possui o funcionamento diferente do adulto e criança (GIEDD, 2015). Desta forma, por mais que Cris enfrente conflitos com a família, deve ficar claro que seu cérebro está passando pelo mesmo processo que todos que passam ao longo da adolescência. Também deve ficar evidente que Cris é apenas adolescente e saudável, sofrendo apenas com a incompreensão.

Cena 1:

Você e Cris se conhecem há muito tempo e têm uma bela amizade que só se fortaleceu com o passar dos anos. A adolescência não vem sendo fácil para ninguém, mas você tem sorte de ter uma amizade como a de Cris, que vem passando pela mesma etapa da vida que você. Seus pais são compreensivos, entendem as dificuldades da adolescência e são bem tolerantes com suas mudanças de comportamento. A família de Cris, por outro lado, não é tão compreensiva e essa mudança de comportamento vem sendo fonte de muitos conflitos.

— Pense antes de fazer as coisas, Cris, não haja com tanta impulsividade — seus pais sempre dizem. Cris percebe que toma decisões arriscadas, aceitando convites sem pensar direito no assunto. Recentemente, conheceu um novo grupo de amigos e, quando está com eles, toma atitudes irresponsáveis simplesmente para se enturmar. Ainda relata que quando não há ninguém por perto, percebe que parte de seu comportamento pode ser visto como inapropriado, mas...

— é mais forte do que eu! — Afirma Cris, que continua dizendo

— Ontem mesmo, meu tio fez uma piada que me chateou. E, sabe o pior? Ele ainda ficou irritado com a minha reação e disse que ninguém teria uma atitude dessas. Será que realmente há algo de errado comigo? Porque ando agindo desta forma?

Neste passo da ABP, trata-se de um momento para o docente discutir com os estudantes as impressões, interpretações da cena e as reflexões promovidas por ela. De maneira que a turma, de forma geral, traga suas ideias sobre o problema apresentado, pontuando suas opiniões, percepções e possíveis explicações prévias sobre o caso. Este passo funciona como um diagnóstico para o docente, o qual o entendimento dos estudantes será observado por meio do diálogo, assim como os conhecimentos prévios que serão relatados. Os conhecimentos dos estudantes são importantes para o encaminhamento da ABP e para a valorização das experiências dos mesmos, considerando a diversidade de temas que podem surgir na discussão.

Ainda, esse passo serve para entender o problema proposto e, caso haja a existência de interpretações que divergem do esperado pelo docente, se faz necessário o esclarecimento dos pontos principais do problema, isso para que as demais etapas não fujam da proposta. Destaca-se aqui, e em todas as etapas, o papel do docente como mediador em todo o processo de ensino aprendizagem. Nessa mediação, a interação professor-aluno deve ser um processo de construção de significados internos que fazem sentido para o estudante, a qual o professor motiva a aprendizagem, dialogando e facilitando as relações entre o problema proposto e as percepções trazidas pelos estudantes, por exemplo (Gasparin, 2005).

O objetivo desta etapa é verificar o que os estudantes já entendem sobre o

assunto, funcionando como um parâmetro para avaliar o quanto aprenderam ao final da ABP.

Passo 2 - Leitura da cena 2 (35 minutos)

Neste passo, a leitura da Cena 2 é vista, a qual traz uma continuação do problema. Os pais de Cris resolveram ir ao médico para tentar entender o seu comportamento e resolvê-lo. Entretanto, Cris se vê em uma situação confusa, não entendendo o que o médico diz. Desse modo, recorre ao seu colega, o estudante que está lendo o problema, para ajudá-lo a entender o que o médico disse.

Nesta cena, o intuito é fornecer mais informações sobre o que está ocorrendo com Cris, e estabelecer que uma “mudança”, qualquer que seja, está ocorrendo em sua cabeça. Ou seja, os comportamentos estão relacionados a alguma questão neurobiológica.

Cena 2:

Dias se passaram e a insegurança de Cris sobre si e os conflitos familiares só aumentavam. Cris relata que seus pais marcaram uma consulta com um clínico geral, para que fizesse uma avaliação e encaminhassem seu caso para qualquer que seja a especialidade clínica que pudesse ajudar a tratar de seus “problemas”. Durante a consulta, o clínico geral foi sistemático e fez questão de falar difícil, ele falou do sistema límbico e outras partes do cérebro. Ele também disse: “os jovens passam por muitas mudanças macroscópicas e microscópicas e algumas dessas ocorrem na cabeça. Tais mudanças são modificações na dinâmica e estrutura do cérebro, dos neurônios e das sinapses”.

— Não entendi nada, mas o pouco que foi compreendido indica que está tudo bem, apenas existem algumas mudanças ocorrendo. — relata Cris, que continua dizendo — O que o médico disse parece fazer sentido, no entanto, há informações que parecem não se encaixar. Parece que parte da forma como eu me sinto está relacionada a regiões do meu cérebro.

Em respeito à amizade, você se compromete a ajudar e entender o que o médico disse sobre as estruturas cerebrais e a descobrir quais partes estão mudando.

Na atividade, os alunos devem pintar a região responsável por conter os impulsos. E, para isso, devem seguir o roteiro de atividade (Apêndice A) que apresenta duas imagens do cérebro dividido em lobos e do sistema límbico (imagem externa lateral e outra medial). Com isso, a partir das informações da tabela, apresentando o cérebro dividido em lobos, o sistema límbico e demais divisões, com as respectivas funções, os alunos devem pintar a região responsável por conter os impulsos, o lobo frontal. Com tal atividade, pretende-se que os estudantes compreendam que o cérebro é organizado em partes e que cada região é associada a uma ou mais funções.

O objetivo deste passo é evidenciar que a explicação para parte da alteração do comportamento impulsivo está no âmbito da biologia e, mais especificamente, na neurociência. A informação recebida por eles, através da atividade, tem a intenção de ser uma pista desta relação. Desse modo, tais informações virão de maneira simplificada e terão como segundo objetivo informar os estudantes de que o cérebro também possui um papel no comportamento.

Na Cena 2, com a realização da atividade, os estudantes devem compreender que existe uma mudança acontecendo em relação ao cérebro adolescente de Cris. Contudo, tal Cena também dá pistas sobre como tais mudanças estão acontecendo, citando que modificações estão ocorrendo nos neurônios e nas sinapses.

Assim, antes de entrar em questões mais específicas é necessário introduzir termos básicos, ou seja, os estudantes devem entrar em contato com termos, como neurônio e sinapse, para nortear os próximos passos.

Logo, a Cena tem o objetivo de cristalizar para os estudantes que existem mudanças ocorrendo no cérebro, por meio de modificações da dinâmica e estrutura dos neurônios e do cérebro. Entretanto, os estudantes ainda não compreendem como tal modificação pode ocorrer, sendo então tal afirmação apenas uma pista para a resolução do problema.

Passo 3 - Identificação de termos desconhecidos (30 minutos)

Neste passo, os estudantes devem revisar brevemente as cenas 1 e 2, listando os termos os quais não sabem o significado. Após isso, o docente, na

posição de mediador, deve esclarecer o significado dos termos para os grupos de forma expositiva-dialogada, explicando brevemente os significados.

Após o contato com o problema e com diversas informações do âmbito na neurociência, é muito provável que haja alguns termos que os estudantes não estejam acostumados ou que não saibam o significado. Portanto, o objetivo deste passo é elucidar os termos desconhecidos, para que não se tenha um impeditivo para a resolução do problema. Este passo também pode servir como um tipo de nivelamento entre os grupos, o qual o problema proposto deve ser compreendido.

É importante que todos os termos relacionados ao problema estejam listados e anotados, para que o tempo seja gasto em prol do desenvolvimento do problema. E, para isso, o docente deve ficar atento às conversas dos estudantes, ficando à disposição para sanar as dúvidas quanto aos termos desconhecidos que fazem parte do universo da neurociência e de outros que não fazem também.

Passos 4 - Hipotetização (15 minutos)

Neste passo, os estudantes, em seus grupos, devem utilizar as informações apresentadas e seus conhecimentos prévios para hipotetizar sobre qual a explicação para os comportamentos de Cris. É possível que os estudantes estejam focados nos termos e conceitos, e já tenham se afastado da meta da atividade: entender o que está acontecendo com Cris. Para ajudá-los a retomar o foco no problema, o docente deve reforçar que a hipótese a ser formulada é acerca da origem dos comportamentos impulsivos do personagem.

Esta etapa possui dois objetivos: o primeiro é verificar se as cenas e a atividade estão convergindo os estudantes à ideia da origem neurobiológica do comportamento em questão e, mais especificamente, nas estruturas do cérebro. Como segundo objetivo, os estudantes devem perceber que ainda não possuem conhecimento suficiente para explicar o problema, pois ainda não estudaram os conceitos da neurofisiologia. Desse modo, as lacunas de conhecimento sobre o tema pretendem orientar o próximo passo.

Passo 5 - Objetivos de aprendizagem (15 minutos)

Os estudantes devem construir seus objetivos de aprendizagem para a resolução do problema. Para isto, devem escrever as questões que precisam ser

respondidas para corroborar ou refutar suas hipóteses. O papel do docente aqui é orientar os estudantes para que as questões levantadas não se afastem dos objetivos da atividade didática e que sejam questões passíveis de serem respondidas com o passo seguinte. Tal orientação pode ser realizada por questões orientadoras feitas diretamente ao estudante, para que reflita e pondere sobre a elaboração dos objetivos.

O objetivo deste passo é permitir que os estudantes reflitam e construam os próprios objetivos de aprendizagem, ao alcançar tais objetivos, serão capazes de solucionar o problema proposto. Este passo tem a intenção de evidenciar para os estudantes os conceitos que têm conhecimento e os que não tem para resolver o problema, sendo uma autoavaliação importante para perceber a relevância de estudar conceitos.

Passo 6 - Estudo: Leitura dos textos (35 minutos)

Nesse passo, cada estudante deve ler os dois textos indicados pelo docente (Apêndice B). O Texto 1, aborda os conceitos de neurônio, sinapse, mielina e o Texto 2, as modificações que o cérebro sofre durante a adolescência.

Em alguns ABPs este passo constaria com uma pesquisa dos estudantes ao material didático ou internet, no entanto, por tratar-se de um conteúdo de linguagem complexa e para tornar a prática mais acessível a todos que queiram aplicá-la, o material de consulta foi preparado pelos autores (Apêndice B).

A pesquisa livre demanda muito tempo e, infelizmente, o ensino regular não permite uma abordagem tão longa de assuntos. Outro ponto quanto ao fornecimento de tais textos, se encontra na pesquisa na internet, na qual os estudantes poderiam pesquisar a resolução do problema em si e perder o incentivo para atuar na prática, uma vez que já teriam a resposta.

O objetivo da leitura dos textos, consiste no estudo dos objetivos de aprendizagem, para que os estudantes consigam corroborar ou refutar suas hipóteses a partir do estudo.

Passo 7 - Rediscussão do problema (10 minutos)

Neste passo, os estudantes dentro do seu grupo devem discutir o problema

frente às novas informações vistas na fase de estudo anterior. De maneira que, o grupo identifique e defina suas explicações com o auxílio do texto, sintetizando as hipóteses explicativas.

O objetivo deste passo é a organização das explicações.

Passo 8 - Síntese final (40 minutos)

Neste passo, cada grupo deve socializar suas explicações sobre comportamentos de Cris, e outros comentários que acharem relevantes sobre o assunto. O docente deve encorajar os alunos a falar livremente sobre suas percepções, mediando a discussão de forma a valorizar e destacar os conceitos e assuntos trazidos pelos estudantes. Como esta será a última oportunidade de interação entre estudante e docente sobre o assunto, é importante que todos os grupos falem e que não sobrem dúvidas ou mal-entendidos. Para que isso seja alcançado, deve-se manter um ambiente de diálogo, sem repressão às respostas incorretas.

O objetivo desta etapa é permitir que os estudantes falem e ouçam, para que todos tenham a oportunidade de ouvir diferentes pontos de vista do mesmo problema. E, enquanto isso, o professor avalia os alunos e preenche as lacunas nos discursos.

Assim, a turma já entrou em contato com os conhecimentos neurobiológicos necessários para compreender o comportamento de Cris, no entanto, é importante que exista um texto que resuma os conceitos aprendidos para consultar posteriormente e também compreender o problema. Desse modo, objetiva-se apresentar aos estudantes uma síntese da explicação, que pode ser evidenciada pela leitura da Cena 3.

Cena 3:

Com sua ajuda, Cris consegue entender um pouco sobre a adolescência, relatando:

— A mielinização dos neurônios, que é tipo colocar uma capinha de gordura neles e a poda das sinapses, que é tirar as conexões menos usadas entre os neurônios, fazem o cérebro ficar igual ao de um adulto, só que isso ocorre de maneira desequilibrada na adolescência. Há um período em que partes do cérebro funcionam de maneira mais intensa do que em outras, como o que ocorre nas regiões cerebrais responsáveis pela impulsividade e as responsáveis pelo controle da mesma. Acontece que parte do cérebro que deveria regular a impulsividade ainda está imatura e não consegue realizar essa tarefa como um adulto.

Depois de certo tempo de conversa sobre as estruturas do cérebro e sinapses, você percebe que a pesquisa e conversa foram divertidas. Cris é apenas um adolescente, passando por mudanças que todas as pessoas passaram, passam ou irão passar. É claro que nem todas as pessoas agem exatamente da mesma maneira ou passam pelas mesmas situações, no entanto, é importante respeitar todas as pessoas e todas as etapas da vida.

Com a leitura da última Cena, é relevante colocar em pauta que tal explicação para o comportamento impulsivo explorou a origem neurobiológica. Sendo que, o comportamento impulsivo e tomada de decisões arriscadas também são influenciados por outros fatores que abrangem questões internas e externas, que podem ser pessoais, psicológicas, culturais, sociais, econômicas e entre outros. Logo, a adolescência também é influenciada por esses fatores, não sendo a mesma para todo mundo (Papalia; Feldman, 2013). Essa discussão pretende refletir sobre a complexidade do comportamento, tentando pensar nas influências e questões acerca da adolescência.

Passo 9 - Elaboração das cartinhas

Após a resolução do problema, apresentado pelo contexto adolescente de Cris, os estudantes devem relatar o que aprenderam conceitualmente durante a prática e ainda, demonstrar seu aprendizado atitudinal. Desse modo, individualmente, devem escrever uma carta para um adolescente que está na

mesma situação que Cris na Cena 1, o qual não conhece e entende as mudanças que está passando. Na carta, deve ser explicado quais mudanças estão ocorrendo e também deixar evidente que é um processo humano comum e normal. Essa atividade deve ser realizada individualmente como tarefa de casa.

5 CONCLUSÕES

Conclui-se que foi possível desenvolver e estruturar uma proposta didática de ABP para ensinar neurofisiologia para o terceiro ano do ensino médio. A proposta criada aborda o tema da adolescência pela ótica da neurociência, visando a contextualização do tema.

A proposta possui instruções que a tornam replicável, portanto, será compartilhada para o uso pela comunidade docente. É provável que ainda necessite de mais alterações, uma vez que ainda não houve a oportunidade de testar a proposta em sala de aula. E, detalhes como o tempo utilizado para cada passo, atividades e textos podem ser adaptados à realidade escolar que pretende-se utilizar a ABP como metodologia didática.

REFERÊNCIAS

- ALLEN, D.; TANNER, K. Approaches to cell biology teaching: learning content in context--problem-based learning. **Cell Biol Educ.** v.2, n.2, p.73-81, 2003.
- ANJOS, R. E. dos; DUARTE, N. O Cérebro Adolescente E O Processo Biológico Historicamente Condicionado: Contribuições Da Teoria Histórico-Cultural À Educação Escolar. **Atos de Pesquisa em Educação**, v. 14, n. 21, p. 622-642, 2019.
- BEAR, M. F.; CONNORS, B.W.; PARADISO, M.A. Neurociências: desvendando o sistema nervoso. Porto Alegre: Artmed, 2002.
- BERBEL, N. N.: "Problematization" and Problem-Based Learning: different words or different ways? **Interface — Comunicação, Saúde, Educação**, v.2, n.2, 1998.
- BORGES, T. S.; ALENCAR, G. Metodologias ativas na promoção da formação crítica do estudante: o uso das metodologias ativas como recurso didático na formação crítica do estudante do ensino superior. **Cairu em Revista.** v. 3, n. 4, p. 119-143, 2014.
- BRASIL. **Lei n. 8.069, de 13 de julho de 1990.** Dispõe sobre o Estatuto da Criança e do Adolescente e dá outras providências. *Diário Oficial da União: seção 1*, Brasília, DF, 16 jul. 1990.
- BRASIL. Ministério da Educação. Base Nacional Comum Curricular. Brasília: MEC, 2018.
- BRASIL. **Estatuto da Criança e do Adolescente: Lei n. 8.069, de 13 de julho de 1990.** Dispõe sobre a proteção integral à criança e ao adolescente. *Diário Oficial da União: seção 1*, Brasília, DF, 16 jul. 1990.
- DIESEL, A.; BALDEZ, A. L. S.; MARTINS, S. N. Active teaching methodologies principles: a theoretical approach. **Rev. Thema**, v. 14, n. 1, p. 268 - 288, 2017.
- DOOLITTLE, P.; WOJDAK, K.; WALTERS, A. Defining Active Learning: A Restricted Systematic Review. **Teaching & Learning Inquiry**, 2023.
- ESSOP, M. Faadiel; BOURDON, Emmanuel. Enhancing the understanding of abstract neurophysiology concepts by first-year students at the University of La Réunion. **Advances in Physiology Education**, v. 48, n. 3, p. 655–660, 2024.
- FARIA, B. C. D.; AMARAL, C. G. do. O uso de metodologias ativas de ensino-aprendizagem em pediatria: uma revisão narrativa. **Revista Brasileira de Educação Médica**, v. 45, n. 2, 2021.
- FRANKLIN, B. M.; XIANG, L.; COLLETT, J. A.; RHOADS, M. K.; OSBORN, J. L. Open problem-based instruction impacts understanding of physiological concepts differently in undergraduate students. **Adv Physiol Educ.** v. 39, n. 4, p. 327-34, 2015.

FREEMAN, S.; EDDY, S. L.; MCDONOUGH, M.; SMITH, M. K.; OKOROAFOR, N.; JORDT, H.; WENDEROTH, M. P. Active learning increases student performance in science, engineering, and mathematics. **Proceedings of the National Academy of Sciences**, 2014.

FREIRE, P. **Pedagogia da autonomia: Saberes necessários à prática educativa**. Rio de Janeiro: Paz e Terra, 2002.

GASPARIN, João L. **Uma didática para a Pedagogia Histórico-crítica**. São Paulo: Autores Associados, 2005.

GIEDD, J. N. The amazing teen brain. **Scientific American**. v. 312, n. 6, p. 32-37, 2015.

HERCULANO-HOUZEL, S.; LENT, R. Isotropic fractionator: A simple, rapid method for the quantification of total cell and neuron numbers in the brain. **Journal of Neuroscience**. v. 25, p. 2518-2521, 2005.

HERCULANO-HOUZEL, S. **O cérebro adolescente: a neurociência da transformação da criança em adulto**. Rio de Janeiro: Objetiva, 2013.

HOWARD-JONES, P. Neuroscience and education: Myths and Messages. **Nature Reviews Neuroscience**, n. 15, p. 817-824, 2014.

HUNG, W. The 9-step problem design process for problem-based learning: Application of the 3C3R model. **Educational Research Review**. v. 4, p. 118-141, 2009.

KRASILCHIK, M.; TRIVELATO, S.L.F. (org.). **Biologia para o cidadão do século XXI**. 1ª parte. São Paulo: Feusp, p. 26, 1995.

LAMARCA, L. D. **Desenvolvimento cerebral durante a adolescência e o impacto para os transtornos psiquiátricos e abuso de drogas: uma revisão de escopo**. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) – Faculdade de Ciências Farmacêuticas, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2021.

LENT, R. **Cem bilhões de neurônios: conceitos fundamentais de neurociência**. São Paulo: Atheneu, 2010.

LOURENÇO, K. R. C. Epistemologia E Currículo: Reflexões e Contribuições À Educação. *Revista Ciências Humanas - Educação e Desenvolvimento Humano - UNITAU*. Taubaté/SP - Brasil, v. 9, n 1, p. 21 - 33, 2016.

MORAES, B. R. de; WEINMANN, A. de O. Notas sobre a história da adolescência. **Estilos da Clínica**, v. 25, n. 2, p. 280-296, 2020.

PAPALIA, Diane E.; FELDMAN, Ruth Duskin. **Desenvolvimento Humano**. 12. ed. Porto Alegre: Mc Graw Hill, 2013. p. 800.

PRINCE M. Does Active Learning Work? A Review of the Research. **Journal of Engineering Education**. v. 93, p. 223–231, 2004.

Referencial Curricular para o Ensino Médio do Paraná. Secretaria de Educação e do Esporte do Estado do Paraná (2021).

REZENDE, M. R. K. F. **A Neurociência e o Ensino-Aprendizagem em Ciências: um diálogo necessário**. DISSERTAÇÃO, PPGECA Programa de Pós-Graduação em Educação e Ensino de Ciências Na Amazônia, Universidade do estado do Amazonas, Manaus (AM). 2008

ROESCH, L. A.; FRENZEL, K. Nora's Medulla: A Problem-Based Learning Case for Neuroscience Fundamentals. **J Undergrad Neurosci Educ**. v. 15, n. 14, p. C1-3. 2016.

SANTHOSH, M.E.; BHADRA, J.; AHMAD, Z. et al. A meta-analysis to gauge the impact of pedagogies employed in mixed-ability high school biology classrooms. **Humanit Soc Sci Commun** v. 11, n. 175, 2024.

SCHMIDT, H. G.; ROTGANS, J. I.; YEW, E. H. O processo de aprendizagem baseada em problemas: o que funciona e por quê. **Med Educ**, n. 45, p. 792–806, 2011.

SILVA, I. R. da; NOGUEIRA, R. B.; SILVA, G. A. da; SOUZA, V. R.; MÁRMORA, C. H. C. Tempo de despertar: Neurociências no Ensino Médio. **Principia: Caminhos da Iniciação Científica**, v. 18, n. 1, p. 7, 2020.

SILVA, M. W. da; FRANCO, E. C. D.; GADELHA, A. K. O. A.; COSTA, C. C. .; SOUSA, C. F. de. Adolescence and Health: meanings assigned by adolescents. Research, **Society and Development**, v. 10, n. 2, p. 1-10, 2021.

TOKUHAMA-ESPINOSA, T. N. **The Scientifically Substantiated Art of Teaching: A Study in the Development of Standards in the New Academic Field of Neuroeducation (Mind, Brain, and Education Science)**. A Dissertation Presented in Partial Fulfillment of the Requirements for the Degree of Doctor of Philosophy, Capella University, MN (USA). 2008.

VIRGINIE, F.C.; SERVANT-MIKLOSA, A. Revolution in its Own Right: How Maastricht University Reinvented Problem-Based Learning. **Health Professions Education** n. 5, p. 283–293, 2019.

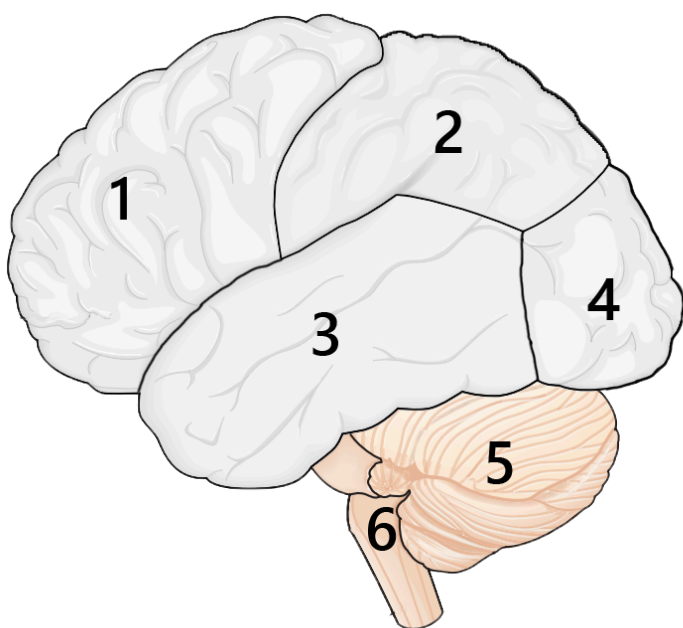
WILDER, S. Impact of problem-based learning on academic achievement in high school: a systematic review. **Educational Review**, v. 67, n. 4, p. 414–435, 2014.

APÊNDICES

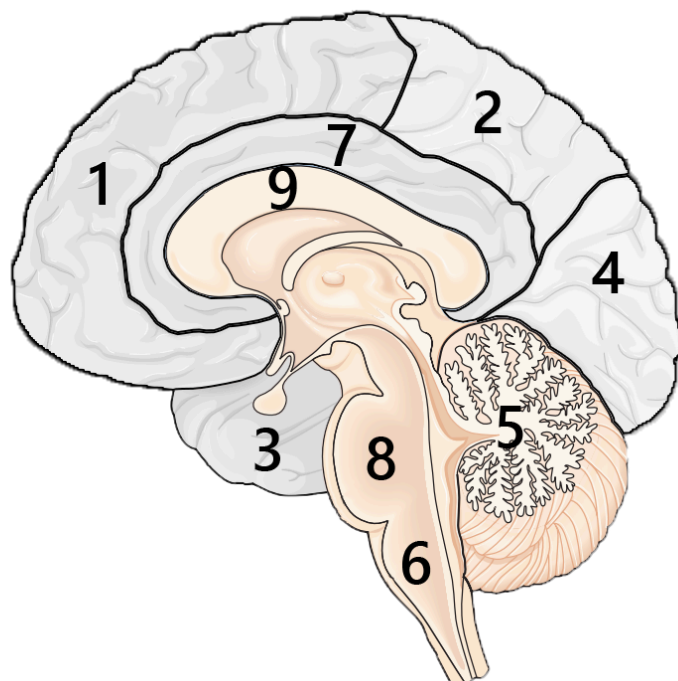
APÊNDICE A – Roteiro de atividade

O cérebro comumente é evidenciado com divisões que remetem às suas respectivas funções, entretanto, tal organização não é tão definida como se mostra. As regiões do cérebro possuem funções gerais que se relacionam às áreas, mas uma região não é responsável por apenas uma função. Uma determinada área apresenta diversas funções, e também se relaciona com outras áreas de maneira a regular e influenciar a sua atividade, apresentando interligações e integridade. Portanto, a separação em regiões é uma representação para compreender e estudar as funções gerais de cada parte do cérebro.

A partir das informações da tabela, pinte a região responsável por conter impulsos.



Vista Lateral



Vista medial

Tabela 2 - Estruturas do cérebro e associações funcionais:

1	Lobo frontal	Relacionado ao comportamento motor. Importante para a tomada de decisões e funções executivas. Mas, também está envolvido no planejamento de ações, emoções, raciocínio.
2	Lobo parietal	Envolvida no processamento sensorial, localização espacial.
3	Lobo Temporal	Relacionado à linguagem, memória, audição.
4	Lobo Occipital	Envolvido na visão e no equilíbrio.
5	Cerebelo	Controla a força e a amplitude do movimento e está envolvido no aprendizado de habilidades motoras.
6	Bulbo	Controla funções vitais, como a digestão, a respiração e o controle dos batimentos cardíacos.
7	Sistema Límbico	Associado ao processamento das emoções.
8	Ponte	Transfere informações do cérebro para o cerebelo.
9	Corpo Caloso	Feixe de fibras nervosas que conecta os hemisférios esquerdo e direito.

APÊNDICE B – Texto de estudo

CÉREBRO, NEURÔNIOS E SINAPSES

O cérebro é uma parte fundamental do corpo humano e, mesmo possuindo pouco mais de um quilo, usa cerca de 20% de toda a energia que consumimos. É um órgão caro para o organismo, no entanto vale a pena, pois ele está envolvido em quase tudo o que fazemos. Nos seres humanos, ele é composto por cerca de 88 bilhões de neurônios, que são células responsáveis por transmitir informações através de sinais elétricos e químicos. Esses sinais permitem que pensemos, nos movimentemos, sintamos emoções e percebamos o mundo ao nosso redor.

Os neurônios trabalham em conjunto e processam informações vindas do exterior ao corpo que chegam através dos sentidos, como o som, a visão e o tato. Os neurônios também enviam comandos do cérebro para o resto do corpo, como o sinal para mover um músculo. Ao ouvir uma música, por exemplo, o cérebro interpreta as vibrações sonoras e as transforma em algo que reconhecemos como melodias e ritmos. Da mesma forma, enquanto se caminha, o cérebro envia sinais precisos para múltiplos músculos que se movem minuciosamente, permitindo um andar estável e contínuo.

Os neurônios possuem uma estrutura especializada que lhes permite transmitir informações de maneira rápida e eficiente. O núcleo da célula está no chamado “corpo celular”, ele é o centro de controle da célula e produz moléculas necessárias para sua sobrevivência e funcionamento. Outra estrutura fundamental são os dendritos, que se assemelham a ramos de uma árvore, se estendem do corpo celular e recebem sinais de outros neurônios. Esses sinais são processados e enviados pelo axônio, uma estrutura longa e fina que atua como um fio de transmissão, levando as mensagens para outras células nervosas, músculos ou órgãos. Em muitos neurônios, o axônio é revestido por uma camada de mielina, que funciona como isolante, permitindo que os sinais viajem de forma mais rápida e eficiente, essencial para as funções diárias do cérebro

Neurônios precisam se comunicar para que possam exercer suas funções, essa comunicação ocorre nas chamadas **sinapses**, pequenas lacunas entre os neurônios, nas quais um envia sinais químicos ou elétricos ao outro. Essa troca de

informações é o que permite memórias, pensamentos e aprendizagens. Quando você estuda ou pratica algo novo, neurônios fazem novas conexões, novas sinapses se formam ou se fortalecem, tornando o cérebro mais eficiente nessa atividade. É assim que aprendemos a andar de bicicleta ou a resolver problemas matemáticos.

Texto adaptado de **National Institute of Neurological Disorders and Stroke Brain Basics: Know Your Brain**. Disponível em: <https://www.ninds.nih.gov/health-information/public-education/brain-basics/brain-basics-know-your-brain>

MUDANÇAS NO CÉREBRO ADOLESCENTE

Durante a adolescência, o cérebro passa por transformações profundas que afetam a forma como pensamos, sentimos e nos comportamos. Esse período é uma fase de transição fundamental, em que o cérebro ainda está em desenvolvimento e se ajusta para atender às demandas da vida adulta.

Quando somos crianças, nosso cérebro possui uma grande quantidade de sinapses, que são as conexões entre os neurônios. Esse excesso de conexões permite que o cérebro seja extremamente flexível e adaptável, pronto para aprender coisas novas. No entanto, à medida que crescemos, o cérebro começa a eliminar as conexões menos usadas e reforçar as mais importantes. Esse processo, chamado de **poda sináptica**, é como organizar um guarda-roupa: você mantém o que é útil e descarta o que não é mais necessário. Isso torna o cérebro mais eficiente, permitindo que ele funcione de forma mais rápida e precisa. Durante a adolescência, essa poda ocorre de forma intensa, especialmente nas áreas do cérebro responsáveis pela memória, atenção e habilidades sociais.

Outro processo crucial é a **mielinização**. A mielina é uma substância que recobre os axônios dos neurônios, funcionando como uma espécie de "isolante" que acelera a comunicação entre as células nervosas. Durante a adolescência, o cérebro continua a adicionar essa camada de mielina, especialmente nas regiões ligadas ao raciocínio lógico, planejamento e controle dos impulsos. Assim, a região do cérebro, que é responsável por tomar decisões, resolver problemas e pensar no futuro, é uma das últimas a amadurecer. Por isso, é comum que adolescentes tenham mais dificuldade em lidar com impulsos ou avaliar as consequências de suas escolhas.

Ainda assim, esse desenvolvimento gradual é essencial para preparar o cérebro para os desafios da vida adulta.

Além dessas mudanças estruturais, o cérebro adolescente também é extremamente sensível ao ambiente e às experiências. Durante essa fase, tudo o que vivemos, aprendemos e sentimos tem um impacto significativo no cérebro, moldando nossas habilidades e até mesmo nossa personalidade. Por exemplo, um adolescente que aprende a tocar um instrumento musical ou a praticar um esporte está fortalecendo conexões neurais específicas, que podem durar a vida inteira. Por outro lado, um ambiente estressante ou experiências negativas também podem influenciar o desenvolvimento cerebral, tornando essa fase especialmente delicada.

Outra característica marcante do cérebro adolescente é a hiperatividade do sistema límbico, a região responsável pelas emoções e pelo prazer. Durante a adolescência, esse sistema se desenvolve mais rápido do que a região reguladora do mesmo, o que pode explicar por que os adolescentes tendem a buscar emoções intensas e assumir mais riscos. Essa busca por novidade e excitação é, na verdade, uma forma natural de explorar o mundo e aprender, mas pode levar a comportamentos impulsivos quando não há equilíbrio.

Além disso, duas partes do cérebro, a massa cinzenta e a massa branca, desempenham papéis importantes nesse desenvolvimento. A massa cinzenta é formada pelos corpos dos neurônios e é responsável pelo processamento das informações, como o pensamento, a memória e a percepção. Durante a adolescência, ela passa por um processo de refinamento, onde as áreas mais usadas se tornam mais eficientes, enquanto as menos usadas são diminuídas. Já a massa branca é composta pelas fibras nervosas que conectam diferentes áreas do cérebro e facilita a comunicação entre elas. À medida que a adolescência avança, a massa branca se expande, o que melhora a velocidade de processamento das informações e torna as decisões mais rápidas e mais precisas.

Em resumo, a adolescência é uma fase em que o cérebro passa por uma verdadeira reestruturação. Não é apenas uma questão de mudanças hormonais, mas de ajustes complexos que tornam o cérebro mais eficiente e preparado para enfrentar a vida adulta. Essa fase é desafiadora, mas também cheia de

oportunidades, pois o cérebro está em um momento de grande plasticidade, o que significa que tem uma enorme capacidade de aprender, se adaptar e crescer. Isso mostra como é importante aproveitar essa fase para desenvolver habilidades, fortalecer vínculos positivos e explorar o mundo de maneira saudável.

Texto adaptado de Herculano-Houzel, S. **O cérebro adolescente: a neurociência da transformação da criança em adulto**. Rio de Janeiro: Objetiva, 2013.