



**UNIVERSIDADE FEDERAL DE MINAS GERAIS
INSTITUTO DE CIÊNCIAS BIOLÓGICAS
MESTRADO PROFISSIONAL EM ENSINO DE BIOLOGIA**



Vinícius Aparecido Braz

**NEM TUDO QUE RELUZ É OURO: fluorescência da curcumina para
aprendizagem significativa no ensino de Bioquímica direcionada a
estudantes do Ensino Médio**

Belo Horizonte

2024

Vinícius Aparecido Braz

NEM TUDO QUE RELUZ É OURO: fluorescência da curcumina para aprendizagem significativa no ensino de Bioquímica direcionada a estudantes do Ensino Médio

Trabalho de Conclusão de Mestrado apresentado ao Programa de Mestrado Profissional em Ensino de Biologia em Rede Nacional, do Instituto de Ciências Biológicas, da Universidade Federal de Minas Gerais, como requisito parcial à obtenção do título de Mestre em Ensino de Biologia.

Orientador: Dr. Rafael Pinto Vieira

Macro Projeto de Pesquisa: Biotecnologia em foco

Linha de Pesquisa: Organização e Funcionamento dos Organismos

Belo Horizonte
2024

043

Braz, Vinícius Aparecido.

Nem tudo que reluz é ouro: fluorescência da curcumina para aprendizagem significativa no ensino de Bioquímica direcionada a estudantes do Ensino Médio. [manuscrito] / Vinícius Aparecido Braz. – 2024.

110 f. : il. ; 29,5 cm.

Orientador: Rafael Pinto Vieira.

Dissertação (mestrado) – Universidade Federal de Minas Gerais, Instituto de Ciências Biológicas. PROFBIO - Mestrado Profissional em Ensino de Biologia.

1. Ensino - Biologia. 2. Ensino Fundamental e Médio. 3. Aprendizagem. 4. Doença de Alzheimer. 5. Fluorescência. 6. Curcumina. I. Vieira, Rafael Pinto. II. Universidade Federal de Minas Gerais. Instituto de Ciências Biológicas. III. Título.

CDU: 372.857.01



UNIVERSIDADE FEDERAL DE MINAS GERAIS
INSTITUTO DE CIÊNCIAS BIOLÓGICAS
COLEGIADO DO CURSO DE PÓS-GRADUAÇÃO DE MESTRADO PROFISSIONAL EM ENSINO DE BIOLOGIA

FOLHA DE APROVAÇÃO

NEM TUDO QUE RELUZ É OURO: fluorescência da curcumina para aprendizagem significativa no ensino de Bioquímica direcionada a estudantes do Ensino Médio

VINÍCIUS APARECIDO BRAZ

Dissertação de Mestrado defendida e aprovada no dia **08 de fevereiro de 2024, às 9 horas**, pela Banca Examinadora designada pelo Colegiado do Programa de Pós-Graduação de Mestrado Profissional em Ensino de Biologia da Universidade Federal de Minas Gerais, constituída pelos seguintes professores:

DR. RAFAEL PINTO VIEIRA

UFMG

DRA. ANDRÉA MARA MACEDO

UFMG

DRA. PAOLA ROCHA GONÇALVES

UFES

Belo Horizonte, 08 de fevereiro de 2024.

MARIA APARECIDA GOMES

Coordenadora Adjunta PROFBIO-ICB/UFMG



Documento assinado eletronicamente por **Maria Aparecida Gomes, Coordenador(a) de curso de pós-graduação**, em 09/02/2024, às 13:09, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 5º do [Decreto nº 10.543, de 13 de novembro de 2020](#).



A autenticidade deste documento pode ser conferida no site https://sei.ufmg.br/sei/controlador_externo.php?acao=documento_conferir&id_orgao_acesso_externo=0, informando o código verificador **3027570** e o código CRC **0856948F**.

Dedico este trabalho a duas pessoas que me serviram de inspiração e motivação para que eu pudesse chegar até aqui. Mesmo ausentes, estão presentes comigo em toda a minha jornada. Avó Raimunda, carinhosamente chamada de “vó Munda”, e avô Jerônimo, carinhosamente chamado de “nego véio”, estou aqui por vocês!



AGRADECIMENTOS

Este trabalho só se concretizou por conta do trabalho de pessoas e instituições que me apoiaram. Mesmo que de maneira singela, não poderia deixar de agradecer. Por isso, agradeço:

A Deus, e suas manifestações, que me propiciaram vida.

Ao Leonardo Távora, meu companheiro de todas as horas e momentos. Obrigado pela compreensão e apoio.

Aos meus pais, pela paciência e compreensão à minha ausência enquanto estive empenhado neste projeto. Obrigado por tudo.

Ao meu orientador, professor Dr. Rafael Vieira, pelo suporte, disponibilidade, empenho, incentivo e orientação excepcional.

Aos meus estudantes do 2º Ano/2023 da Escola Estadual José Pereira Cançado, pelo protagonismo e empenho durante todo esse processo. Vocês fizeram com que este trabalho acontecesse. Obrigado.

À diretora, Glória Moreira, da Escola Estadual José Pereira Cançado, por acreditar em uma escola participativa e democrática, apoiando todas as práticas educacionais que visam a melhoria da qualidade da educação.

As minhas amigas, parceiras e colegas de trabalho e de profissão, Júnia Katiane e Leonora Campos, pelas dicas, apoio emocional e incentivos. Obrigado pelo suporte.

Aos professores do PROFBIO, que com muita paciência e maestria vêm desempenhando um papel docente ímpar.

Aos colegas da turma do PROFBIO pela parceria, em especial Cláudia Lopes e Lyra Lana. O nosso apoio durante esta trajetória foi crucial para tudo isso. Obrigado pela parceria e pela amizade.

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Brasil (CAPES) pelo apoio financeiro, Código do Financiamento 001, para a realização deste trabalho.

Obrigado a todos!

“A ignorância gera mais frequentemente confiança do que o conhecimento: são os que sabem pouco, e não aqueles que sabem muito, que afirmam de uma forma tão categórica que este ou aquele problema nunca será resolvido pela ciência”.

Charles Darwin

RESUMO

No Ensino Médio, a Biologia está inserida na área de CNT (Ciências da Natureza e suas Tecnologias), juntamente com a Química e a Física, que devem ser trabalhadas de maneira integrada. Durante o processo de ensino e aprendizagem, nos deparamos com diversas situações onde os estudantes não conseguem estabelecer inter-relações entre as três dimensões básicas trabalhadas na Bioquímica - o submicro, o micro e o macroscópico, consequentemente inviabilizando a aprendizagem satisfatória. Buscando uma forma de desenvolver a aprendizagem baseada em investigação para o ensino de Bioquímica, este trabalho foi desenvolvido com estudantes do Ensino Médio, a partir de uma sequência de ensino investigativa (SEI) organizada em três etapas que estabeleceram situações de aprendizagem capazes de conectar as três dimensões, associando-as à vida cotidiana. A compreensão dos estudantes sobre a solubilidade da curcumina, substância presente em nossa culinária, e sua possível aplicação na clínica, particularmente em promissores métodos de diagnóstico precoce da Doença de Alzheimer, foram exploradas. O projeto foi previamente aprovado pelo comitê de ética (número 70201123.9.0000.5149) e, durante sua execução, os estudantes foram expostos às várias etapas da proposta, desde o nível molecular até as implicações sociais. Durante a execução do trabalho, notou-se um aumento significativo na compreensão dos estudantes, bem como o estabelecimento de conexões entre a teoria e prática, referentes aos conceitos de solubilidade, fluorescência e interações da curcumina com biomoléculas, além da integração do conhecimento prévio às informações novas e complexas relacionadas ao diagnóstico da Doença de Alzheimer. Este trabalho demonstrou que, quando os estudantes são expostos a uma abordagem pedagógica investigativa e contextualizada, são capazes de relacionar o conhecimento científico teórico às aplicações práticas da Bioquímica ao cotidiano.

Palavras-chave: Novo Ensino Médio; Aprendizagem significativa em Bioquímica; Doença de Alzheimer; Curcumina e fluorescência.

ABSTRACT

In the Brazilian High School system, Biology is part of the Natural Sciences and their Technologies area, along with Chemistry and Physics, which should be addressed in an integrated fashion. During the teaching and the learning process, we face many situations where students are unable to establish direct correlations among the three basic dimensions worked in Biochemistry: the submicroscopic, microscopic, and macroscopic levels, consequently hindering satisfactory learning. Searching for a way to develop inquiry-based learning in Biochemistry education, this study was conducted with high school students using an investigative teaching sequence (ITS) organized in three stages that created learning situations which are able to connect the three dimensions, linking them to the daily routine. The students' understanding about the solubility of curcumin, a substance present in our cuisine, and its potential application in clinical approaches, such as promising methods for the early diagnosis of Alzheimer's Disease, were explored. The project was previously approved by the local ethics committee (number 70201123.9.0000.5149) and, during its execution, students were exposed to various dimensions of the proposal, from its molecular level to social implications. During the execution of the study, a significant increase in students' understanding was realized, as well as the increase establishment of connections between theory and practice, related to the concepts of solubility, fluorescence, and the interactions of curcumin with biomolecules, in addition to the integration of prior knowledge to new and complex information related to the diagnosis of Alzheimer's Disease. The present work demonstrated that when students are exposed to an investigative and contextualized pedagogical approach, they are capable of relating theoretical scientific knowledge to practical applications of Biochemistry in daily life.

Keywords: New High School in Brazil; Meaningful Learning in Biochemistry; Alzheimer's Disease; Curcumin and Fluorescence.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 - Eixos de compreensão do Letramento Científico	p. 17
Figura 2 - Fases e subfases do ciclo investigativo proposto por Pedaste <i>et al.</i> (2015)	p. 20
Figura 3 - Espectro eletromagnético	p. 24
Figura 4 - Rizoma de Cúrcuma (<i>Curcuma longa L.</i>)	p. 26
Figura 5 - Estrutura molecular da curcumina (CUR)	p. 27
Figura 6 - Localização da E.E. José Pereira Caçado	p. 31
Figura 7 - Fachada da E.E. José Pereira Caçado	p. 32
Figura 8 - Categorização das respostas pré-experimentação - Etapa 01	p. 40
Figura 9 - Fluorescência da cúrcuma em água, álcool e acetona	p. 41
Figura 10 - Categorização das respostas pós-experimentação - Etapa 01	p. 42
Figura 11 - Categorização das respostas pré-experimentação - Etapa 02	p. 48
Figura 12 - Fluorescência da cúrcuma no leite sob variações de temperatura	p. 50

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 - Síntese da SEI	p. 37
Quadro 2 - Respostas dos estudantes à pergunta inicial - Etapa 01	p. 38
Quadro 3 - Categorização das respostas dos estudantes durante o experimento - Etapa 01	p. 42
Quadro 4 - Respostas dos estudantes à pergunta inicial em um momento pós-experimentação - Etapa 01	p. 43
Quadro 5 - Evolução das respostas dos estudantes pré e pós experimentação na Etapa 01	p. 45
Quadro 6 - Respostas dos estudantes à pergunta inicial - Etapa 02	p. 47
Quadro 7 - Hipóteses dos estudantes justificando o que foi observado no experimento	p. 51
Quadro 8 - Respostas dos estudantes à pergunta inicial em um momento pós-experimentação - Etapa 02	p. 53
Quadro 9 - Padrões de respostas dos estudantes durante a Etapa 02	p. 54
Quadro 10- Progressão dos estudantes durante as Etapas 01 e 02	p. 55
Quadro 11- Padrão de respostas dos estudantes para a primeira questão da Etapa 03	p. 56
Quadro 12- Padrão de respostas dos estudantes para a segunda questão da Etapa 03	p. 57
Quadro 13- Respostas dos estudantes à pergunta norteadora após leitura dos textos - Etapa 03	p. 58

LISTA DE ABREVIACÕES E SIGLAS

BNCC	Base Nacional Comum Curricular
CEP	Comitê de Ética e Pesquisa
CNE	Conselho Nacional de Educação
CNT	Ciências da Natureza e suas Tecnologias
CRMG	Currículo Referência de Minas Gerais
CUR	Cúrcumina
DA	Doença de Alzheimer
DCNEM	Diretrizes Curriculares Nacionais do Ensino Médio
LDBEN	Lei de Diretrizes e Bases da Educação Nacional
PNE	Plano Nacional de Educação
SEI	Sequência de Ensino Investigativa
TALE	Termo de Assentimento Livre e Esclarecido
TCLE	Termo de Consentimento Livre e Esclarecido
UFMG	Universidade Federal de Minas Gerais

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO.....	14
1.1. Ensino de biologia e o novo ensino médio.....	14
1.2. Letramento científico.....	16
1.3. Ensino por investigação.....	19
1.4. Aprendizagem significativa e a bncc.....	21
1.5. Ensino de bioquímica na educação básica.....	22
1.6. A luz - oportunidade de integrar a bioquímica às discussões fundamentais da ciência no ensino médio.....	23
1.7. A cúrcuma.....	26
2. OBJETIVOS.....	30
2.1. Objetivo Geral.....	30
2.2. Objetivos Específicos.....	30
3. MATERIAIS E MÉTODOS.....	31
3.1. Descrição e Histórico da Escola.....	31
3.2. Tipo de Trabalho.....	31
3.3. Aspectos Éticos.....	33
3.4. Recursos Educacionais.....	33
3.5. Análise dos dados.....	34
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	36
4.1. Descrição da SEI construída.....	36
4.2. Aplicação da SEI em sala de aula.....	38
4.3. Potencialidades do Recurso Educacional.....	60
5. CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	62
REFERÊNCIAS.....	64
APÊNDICE A - Termo de Assentimento Livre e Esclarecido (TALE)	69
APÊNDICE B - Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (TCLE)	74
APÊNDICE C - Declaração de aprovação do projeto de extensão “Dimensões”	79
APÊNDICE D - Parecer Consubstanciado do CEP.....	80
APÊNDICE E. - Roteiro de Estudos da Etapa 01.....	82
APÊNDICE F - Roteiro de Estudos da Etapa 02.....	84
APÊNDICE G. Roteiro de Estudos da Etapa 03.....	87

ANEXO A - Premiação Mostra Nacional 2022.....	98
ANEXO B - Certificado Palestrante no V Encontro Nacional do PROFBIO – 2022.....	99
ANEXO C - Certificado Exposição de Vídeo no V Encontro Nacional do PROFBIO – 2022.....	100
ANEXO D - Publicação do Resumo Expandido “Afinal, de que somos feitos?” nos Anais da I Mostra Nacional de Educação em Ciências da Vida e da Natureza e V Encontro Nacional do PROFBIO - 2022.....	101
ANEXO E - Certificado de Ministrante do Minicurso “O uso de redes sociais no ensino de biologia: possibilidades para o protagonismo dos estudantes” na II Mostra Nacional de Educação em Ciências da Vida e da Natureza – 2023.....	104
ANEXO F - Certificado Premiação do trabalho “Redes Sociais e a Bioquímica Básica: experiências com divulgação científica” na II Mostra Nacional de Educação em Ciências da Vida e da Natureza - 2023.....	105
ANEXO G - Certificado de Ministrante da Oficina para Mestrandos e Egressos “O uso de redes sociais no ensino de biologia: possibilidades para o protagonismo dos estudantes” no VI Encontro nacional do PROBIO - 2023.....	106
ANEXO H - Certificado de apresentação de trabalho “De que somos feitos? Ensino Investigativo sobre a composição química dos seres vivos”, na modalidade Relato de Experiência no IX Encontro Nacional das Licenciaturas – 2023 .	107
ANEXO I - Aceite de submissão do resumo do trabalho “NEM TUDO QUE RELUZ É OURO: Fluorescência da curcumina para uma aprendizagem significativa no ensino de Bioquímica e Doenças Neurodegenerativas”, para apresentação na modalidade de Pôster no I Curso de Verão de Bioquímica e Imunologia (CVBI) do PPG em Bioquímica e Imunologia da UFMG - 2024.....	108

1. INTRODUÇÃO

1.1. Ensino de biologia e o novo ensino médio

De acordo com as Diretrizes Curriculares Nacionais para a Educação Básica (Brasil, 2013), a educação é um direito civil, político e social de todos os cidadãos e um dever do Estado. Como direito civil, é garantida ao povo pela legislação brasileira, independentemente da situação econômica, social e cultural das pessoas.

O Ensino Médio, conforme estabelecido pela Lei de Diretrizes e Bases da Educação Nacional (LDBEN), apresenta-se a partir da necessidade de uma organização pautada em uma proposta de ensino que atenda às demandas dos adolescentes e às mudanças socioeconômicas. Além disso, ele precisa contribuir para a formação de adolescentes críticos e autônomos, entendendo a crítica como a compreensão informada dos fenômenos naturais e culturais, e a autonomia como a capacidade de tomar decisões fundamentadas e responsáveis. Para acolher as juventudes, as escolas devem proporcionar experiências e processos intencionais que lhes garantam as aprendizagens necessárias, promovendo situações nas quais o respeito à pessoa humana e aos seus direitos sejam permanentes (Brasil, 2018).

Nesse contexto, no ano de 2017, foi homologada, pelo Conselho Nacional de Educação (CNE), a Base Nacional Comum Curricular (BNCC) para a Educação Infantil e Ensino Fundamental e, no ano de 2018, para o Ensino Médio, um

[...] documento de caráter normativo que define o conjunto orgânico e progressivo de aprendizagens essenciais que todos os estudantes devem desenvolver ao longo das etapas e modalidades da Educação Básica, de modo a que tenham assegurados seus direitos de aprendizagem e desenvolvimento, em conformidade com o que preceitua o Plano Nacional de Educação (PNE) (Brasil, 2018).

Dentre seus objetivos, a BNCC tem como fundamento garantir mais qualidade e equidade na educação, estruturada em uma aprendizagem pautada pelo desenvolvimento de competências que os estudantes devem adquirir ao longo de toda a Educação Básica e em cada etapa da escolaridade, como expressão dos direitos de aprendizagem e desenvolvimento de todos os estudantes. Este documento está pautado no ensino por meio de habilidades, buscando o desenvolvimento das competências que são essenciais para uma educação integral, para construir uma sociedade ideal aos apregoados interesses de justiça, democracia e inclusão.

Ensinar Ciências e Biologia, na atualidade, perpassa uma série de objetivos formativos e objetiva tanto a aprendizagem de conceitos, leis e teorias científicas construídas ao longo da história da humanidade quanto o desenvolvimento da capacidade de usar os conhecimentos científicos no cotidiano como ferramenta para a avaliação crítica de informações, para tomar decisões de diferentes naturezas e exercer plenamente a cidadania (Sasseron, Carvalho, 2008).

Todos esses objetivos formativos do ensino de Ciências são englobados pela ideia de letramento científico que, de acordo com a BNCC, consiste na “capacidade de compreender e interpretar o mundo (natural, social e tecnológico), e também transformá-lo com base nos aportes teóricos e processuais das ciências” (Brasil, 2018).

No Ensino Médio, junto com a Química e a Física, a Biologia compõe a área do conhecimento de Ciências da Natureza e suas Tecnologias (CNT) na BNCC. Portanto, esses componentes curriculares devem ser trabalhados de maneira integrada, de forma inter, multi e transdisciplinar, para o desenvolvimento das competências e habilidades previstas como aprendizagens essenciais à formação integral de todos os estudantes brasileiros nessa etapa da Educação Básica. Assim, além de fazer parte da formação geral básica de todos os estudantes, a Biologia será um componente relevante nos itinerários de Ciências da Natureza – tanto os sequenciais como os integrados –, independentemente de as unidades curriculares serem obrigatórias ou eletivas, e em formação técnica e profissional de profissões da área biológica.

No entanto, é importante ressaltar que o currículo dos itinerários formativos não deve ser composto das mesmas competências e habilidades da formação geral básica, como repetição ou reforço de determinados objetos de conhecimento. Para que o protagonismo e a autonomia do estudante sejam respeitados, deve-se realizar a expansão das competências da área, de forma a permitir a ele aprofundar-se em seus estudos e ampliar suas aprendizagens, conforme interesses e necessidades. Desse modo, as habilidades e os objetos de conhecimento são desenvolvidos de maneira diferente da prevista pela BNCC para a formação geral básica (Brasil, 2018).

Em Ciências da Natureza, é possível perceber um forte alinhamento entre os componentes curriculares da área, ao analisar comparativamente os objetivos de aprendizagem estabelecidos para o Ensino Fundamental e para o Ensino Médio. Em síntese, pode-se afirmar que as competências específicas de Ciências da Natureza para o Ensino Fundamental, bem como as habilidades e os objetos de conhecimento a elas relacionados, na BNCC, propõem

[...] aos estudantes investigar características, fenômenos e processos relativos ao mundo natural e tecnológico, explorar e compreender alguns de seus conceitos

fundamentais e suas estruturas explicativas, além de valorizar e promover os cuidados pessoais e com o outro, o compromisso com a sustentabilidade e o exercício da cidadania. (Brasil, 2018, p. 471)

Por sua vez, no Ensino Médio, a área de CNT

[...] oportuniza o aprofundamento e a ampliação dos conhecimentos explorados na etapa anterior. Trata a investigação como forma de engajamento dos estudantes na aprendizagem de processos, práticas e procedimentos científicos e tecnológicos, e promove o domínio de linguagens específicas, o que permite aos estudantes analisar fenômenos e processos, utilizando modelos e fazendo previsões. Dessa maneira, possibilita aos estudantes ampliar sua compreensão sobre a vida, o nosso planeta e o universo, bem como sua capacidade de refletir, argumentar, propor soluções e enfrentar desafios pessoais e coletivos, locais e globais. (Brasil, 2018, p. 471-472)

Essa continuidade nos permite concluir que, em ambas as etapas, o comprometimento com o letramento científico dos estudantes e o uso de métodos investigativos são imprescindíveis, promovendo uma formação científica crítica e reflexiva, posicionando também o estudante como protagonista da própria aprendizagem e possibilitando uma formação integral, relacionada às necessidades contemporâneas. Mais importante do que a aprendizagem de conceitos, processos e conteúdos específicos, é aprender como obter, produzir, comparar e analisar criticamente informações para aplicá-las na vida pessoal, profissional e cidadã.

1.2. Letramento científico

Após a Revolução Industrial e, principalmente, depois da Segunda Guerra Mundial, a ciência e a tecnologia passaram a ser compreendidas como essenciais para o desenvolvimento econômico e cultural nos países ocidentais (Krasilchik, 2000; Nascimento, Fernandes, Mendonça, 2010). Assim, com o desenvolvimento científico e tecnológico, aliado às mudanças na mentalidade e nas práticas sociais, crescia também a importância do ensino de Ciências em todos os níveis escolares (Krasilchik, 2000).

O Brasil passou por diferentes contextos histórico-culturais e teve as mais diversas motivações para desenvolver o ensino das Ciências nas escolas da Educação Básica. Sob influência de outros países e também de diferentes linhas de pesquisa e pensamento, preocupou-se, inicialmente, com a formação de jovens cientistas que pudessem contribuir para o progresso econômico e tecnológico do país, seguida da preocupação com a formação de mão de obra qualificada e, a partir da década de 1980, com o ensino de Ciências para todos – uma vez que a educação passou a ser entendida como prática social (Silva-Batista, Moraes, 2019).

De forma similar, as práticas adotadas em sala de aula para o ensino de Ciências também foram influenciadas pelas concepções históricas acerca da educação, da ciência e da tecnologia no Brasil e no mundo: ora tratava-se da transmissão de conceitos e ideias como verdades imutáveis a serem aceitas pelos estudantes, ora pretendia-se promover vivências do método científico. No entanto, em alguns casos, mesmo que fossem adotadas atividades práticas e experimentações, essas consistiam em repetições de uma sequência rígida de passos (Cachapuz *et al.*, 2005).

No contexto atual, a ciência não tem apenas o papel de explicar os fenômenos naturais, mas também é essencial para a intervenção humana no planeta, seja para a solução de problemas, seja para o desenvolvimento de novas ideias, novos recursos e novas visões de mundo.

Para além de aprender termos e conceitos, o letramento científico preconiza uma educação em Ciências que visa fomentar a formação de pessoas capazes de usar os conhecimentos científicos para interpretar a realidade e atuar criticamente sobre ela, buscando contribuir e participar na resolução de questões sociais, políticas, ambientais, entre outras (Sasseron, Carvalho, 2008). O desenvolvimento de letramento científico constitui, dessa forma, uma formatação de ensino que trabalha três grandes eixos de conhecimentos, ideias e habilidades, descrito na Figura 1 (Sasseron, 2015, p. 56):

Figura 1 - Eixos de compreensão do Letramento Científico



Fonte: Elaborado pelo autor, baseado em Sasseron, 2015.

O eixo “Compreensão básica de termos, conceitos e conhecimento científico fundamental” considera a importância de os estudantes construírem um repertório de conhecimento aglutinando os conceitos, as leis e as teorias científicas para que possam compreender fenômenos fundamentais e suas explicações do campo das Ciências (Sasseron, 2015), aumentando sua capacidade de participação social e cidadã.

Compreender a ciência como uma construção social, cultural e obra da humanidade é outro aspecto importante para o ensino de Ciências. Assim, no eixo “Compreensão da natureza das ciências e dos fatores éticos e políticos que circundam sua prática”, visa-se conscientizar os estudantes sobre como a Ciência é construída em contextos sociais e culturais, situados histórica e geograficamente, por meio de práticas, processos e procedimentos legitimados por uma comunidade científica que negocia os valores, os conhecimentos e as ferramentas válidos no processo de construção do conhecimento científico (Sasseron, 2015). É fundamental que os estudantes compreendam a Ciência como um repertório de conhecimentos construídos por meio da participação social e da colaboração e da interação entre membros de uma comunidade científica e das comunidades científicas entre si que geram habilidades que implicam a efetiva evolução de toda a sociedade humana.

O ato de avaliar e debater questões científicas, tecnológicas e as implicações políticas, socioambientais e culturais da ciência e da tecnologia é outro aspecto importante para promover o ensino de Ciências. Isso se relaciona ao eixo “Entendimento das relações existentes entre ciência, tecnologia, sociedade e meio ambiente”, e ressalta a importância de promover a consciência e a capacidade de tomar decisões sobre os usos e implicações dos conhecimentos científicos e tecnológicos (Sasseron, 2015). Aqui, o objetivo principal é fomentar o respeito ao bem-estar individual e coletivo, bem como a promoção de uma consciência socioambiental que reconheça a importância da preservação da natureza e do desenvolvimento sustentável.

Os conhecimentos e as habilidades promovidos e trabalhados nesses eixos tornam clara a relevância do componente curricular e do ensino de Ciências da Natureza no currículo escolar, ressaltando a ciência como um corpo de conhecimentos que envolve diversos conceitos, processos, procedimentos, atitudes e valores éticos extremamente relevantes no processo formativo dos estudantes. O ensino de Ciências da Natureza deve promover contextos que levam os estudantes ao desenvolvimento de novas formas de raciocínio, de pensamento e de ação, para lidarem com questões complexas do cotidiano e resolverem problemas autênticos e contextualizados às suas realidades. Assim, as habilidades socioemocionais são trabalhadas na medida em que os estudantes enfrentam dificuldades próprias do aprendizado, encorajados pela

sensação de satisfação por entender fenômenos e processos instigantes à sua curiosidade. Essas habilidades são aprendidas, ainda, no trabalho colaborativo que é inerente ao trabalho científico, ensinando assertivas como diálogo, compreensão e empatia com as opiniões e ideias de outras pessoas (Brasil, 2018).

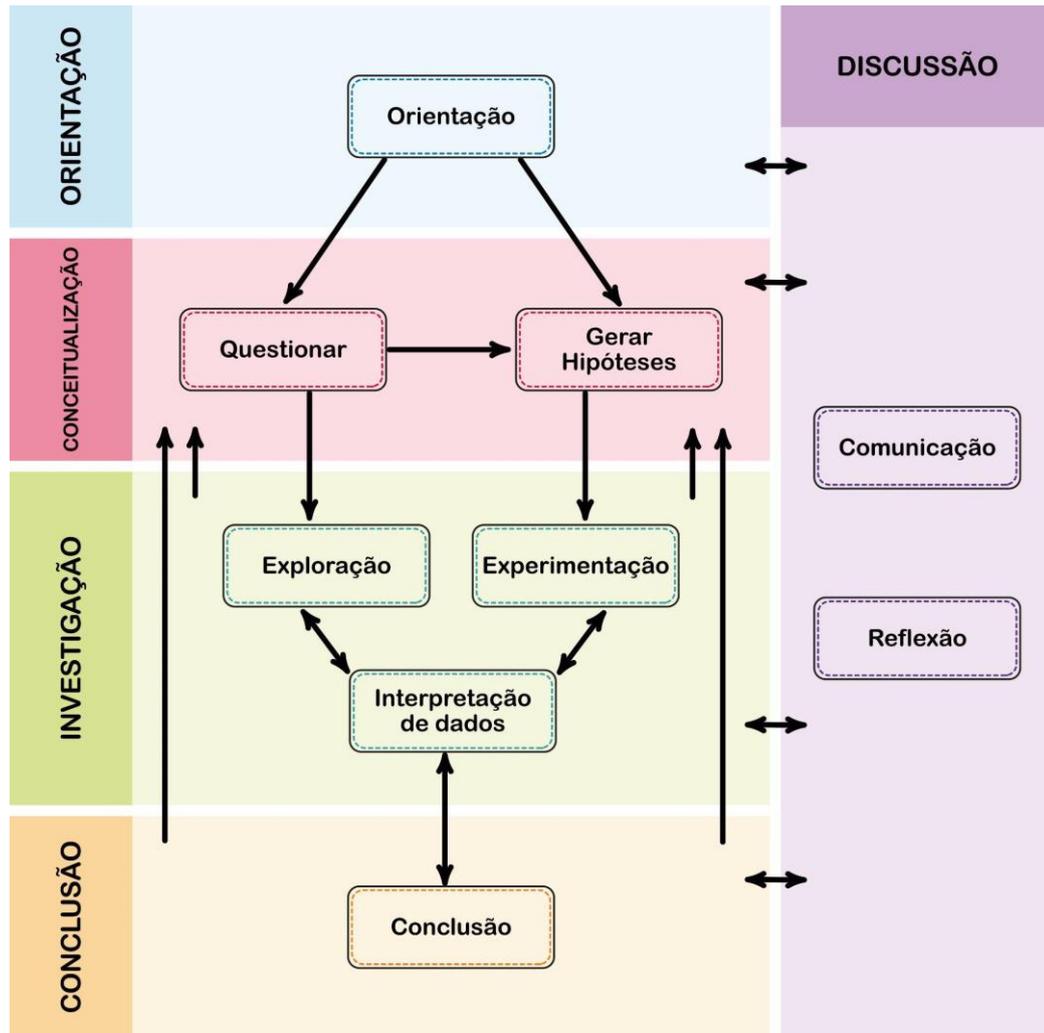
Hoje, a meta fundamental do ensino de Ciências versa sobre dar condições para o estudante vivenciar determinadas técnicas científicas, ministradas, no geral, nos moldes de uma concepção tradicional de ensino, cuja finalidade é a memorização de conceitos previamente estabelecidos. Deste modo, o ensino de Ciências durante toda a Educação Básica deverá priorizar o desenvolvimento do estudante para o desenvolvimento do pensamento científico e não ser voltado para o desenvolvimento de conteúdos e temas específicos da Ciência. Afinal, não se espera que os estudantes concluam a educação básica e se tornem cientistas, mas espera-se que eles possam ser cidadãos críticos e autônomos, utilizando dos métodos e procedimentos das ciências de modo a obter respostas e soluções para uma pergunta específica (Linsingen, 2010).

1.3. Ensino por investigação

O Ensino por Investigação é uma abordagem didática que fomenta o desenvolvimento de capacidades para a resolução de problemas. No entanto, para que esse desenvolvimento seja possível, é necessário que oportunidades sejam oferecidas aos estudantes para que consigam encontrar as soluções mesmo que elas não sejam evidentes (Sasseron, 2015; Scarpa, Campos, 2018).

A partir de uma revisão bibliográfica sobre o ensino por investigação, Pedaste *et al.* (2015) identificaram e resumiram os principais elementos no processo investigativo, sintetizando-os conforme seus principais aspectos. Do âmbito pedagógico, para a implementação do ensino por investigação, eles elaboraram uma divisão deste processo em partes que se conectam em uma lógica, que orientam os estudantes e que apontam para características importantes do pensamento científico. Para essa lógica, eles identificaram cinco fases investigativas que se organizam em subfases constituintes de um ciclo investigativo (Figura 2).

Figura 2 - Fases e subfases do ciclo investigativo proposto por Pedaste *et al.* (2015).



Fonte: Elaborado pelo autor, baseado em Pedaste *et al.* (2015) *apud* Scarpa, Campos (2018, p. 30).

A abordagem investigativa no ensino de Ciências da Natureza e Biologia tem como objetivo engajar os estudantes em práticas relacionadas à construção do conhecimento científico (Munford, Lima, 2007; Carvalho, 2018; Stroupe, Moon, Michaels, 2019), indo além da prática usual de explicar como funcionam os processos da ciência ou desenvolver roteiros experimentais para que os estudantes sigam certos passos procedimentais e confirmem o conhecimento conceitual (Manz, Lehrer, Schauble, 2020).

Na educação básica, a elaboração de hipóteses em aulas de Ciências e Biologia ainda é um grande desafio. É a partir do problema que os estudantes poderão se engajar na elaboração de explicações. Jelly (2011) discute dois tipos de questões em aulas de ciências que podem nos ajudar a entender algumas facetas dessa tarefa: as questões produtivas e as improdutivoas.

Questões produtivas são aquelas que promovem a ciência como uma forma de trabalho, abrem oportunidades para criatividade e reflexão, e não se encerram em respostas meramente factuais.

Valorizar o uso de evidências nas aulas de ciências promove a concepção de que não se deve aceitar ideias apenas porque parecem mais convincentes ou porque são defendidas por pessoas de maior poder, o que acentua o caráter crítico e formador da educação em ciências. Trabalhar com evidências pode indicar outras possibilidades de construção de respostas e, conseqüentemente, outra relação com a aprendizagem das ciências na escola (Jiménez-Aleixandre, 2010).

1.4. Aprendizagem significativa e a BNCC

Proposta por David Ausubel (1963), a Teoria da Aprendizagem Significativa é considerada uma das pedras angulares no campo educacional. Esta teoria delineia um modelo teórico do processo cognitivo de aprendizagem, fundamentado no raciocínio dedutivo do aprendiz, que se baseia em seu conhecimento existente. Isso implica na maneira pela qual o aprendiz adquire novos conhecimentos à medida que estes são integrados às suas estruturas cognitivas existentes, utilizando seus conhecimentos anteriores como base para incorporar novas informações em um processo complexo de aquisição de conhecimento (Ausubel, Novak, Hanesian, 1968; Masini, 2011).

A pertinência da Teoria da Aprendizagem Significativa no contexto educacional moderno é amplamente reconhecida. Moreira (2011) sustenta que a teoria é particularmente útil para o entendimento e aquisição de conceitos complexos, enquanto McInerney e McInerney (2018) discutem sua aplicabilidade em uma variedade de contextos de aprendizagem, reiterando sua relevância.

A contribuição da Teoria da Aprendizagem Significativa para o desenvolvimento de competências e habilidades na educação é amplamente reconhecida. Segundo a BNCC, o ensino deve ser orientado para a construção de conhecimentos que sejam relevantes e significativos para os estudantes (Brasil, 2018), um princípio que é diretamente alinhado com as proposições de Ausubel.

Karpicke e Blunt (2011) demonstram que estratégias de aprendizagem baseadas na recuperação de informações, uma ideia central na Teoria da Aprendizagem Significativa, são eficazes para promover uma compreensão mais profunda, habilidade essencial destacada na BNCC. Além disso, a ênfase de Ausubel na integração de novos conhecimentos com os

existentes facilita o desenvolvimento de competências críticas de pensamento e análise, conforme discutido por McInerney e McInerney (2018).

Estudos recentes também têm validado a eficácia da Teoria da Aprendizagem Significativa. Kirschner e Hendrick (2020), reafirmam a importância das estratégias de ensino baseadas em evidências, incluindo as derivadas da teoria de Ausubel, para o desenvolvimento de habilidades cognitivas complexas. Tais estratégias são fundamentais para atender às demandas da BNCC, que busca preparar os estudantes para os desafios do século XXI.

1.5. Ensino de bioquímica na educação básica

A Biologia possui inúmeras áreas de estudo que se conectam e uma delas é a Bioquímica, que também possui um caráter multidisciplinar, e deriva, principalmente, da integração entre a Química e a Biologia, duas áreas distintas do conhecimento. Para Silva *et al.*, (2017):

A Bioquímica, nas últimas décadas vem se desenvolvendo e contribuindo por meio de vários conceitos e subáreas, que tem como uma das bases de estudo as Biomoléculas, que compreendem os aminoácidos, proteínas, carboidratos, lipídeos e ácidos nucleicos, que originam constituintes das células além de envolver o funcionamento dos organismos vivos, possibilitando sua atuação em diversos ramos, tais como: alimentos, toxinas, cosméticos, medicamentos, entre outros. (Silva *et al.*, 2017, p. 144)

Deste modo, a Bioquímica está presente em nosso cotidiano, inclusive em várias atividades econômicas importantes para nossa sociedade, como na produção de medicamentos, cosméticos, alimentos e materiais. Por este motivo, é essencial que a Bioquímica seja abordada de maneira clara, objetiva e contextualizada na educação básica.

“A Bioquímica possui, como objetivo básico, mostrar como moléculas destituídas de vida conseguem interagir entre si e perpetuar a vida como se conhece, isto é, mostrar em termos químicos a vida em suas diferentes formas” (Junior, Francisco, 2006).

No ensino médio, a Bioquímica é vista pelos estudantes como um dos assuntos mais rejeitados e de difícil assimilação, por necessitar de uma variedade de termos e processos específicos para sua discussão, muitas vezes abstratos para os estudantes, tornando árido o processo de ensino e aprendizagem. Assim, segundo Duré *et al.* (2018), a Bioquímica para o ensino médio, além de abstrata, diverge em relação aos assuntos presentes no cotidiano dos estudantes, apresentando um índice de rejeição expressivo, em torno de 40% (Gonçalves, 2021).

No processo de ensino e aprendizagem dos estudantes na educação básica, muitas vezes nos deparamos com situações onde os estudantes não conseguem estabelecer relações eficazes na compreensão de determinados fenômenos e processos da ciência. Por isso, faz-se necessário que nós, professores, ofereçamos situações de aprendizagem que favoreçam a investigação. Para isso é necessário que, durante as aulas, o conhecimento químico e bioquímico seja discutido em seus três níveis de conhecimento: o macro e tangível, ou macroscópico, o molecular e invisível, ou submicroscópico, e o simbólico e matemático, ou representacional. (Johnstone, 2009; Melo, Silva, 2019, Barreto *et al.*, 2021).

1.6. A luz - oportunidade de integrar a bioquímica às discussões fundamentais da ciência no ensino médio

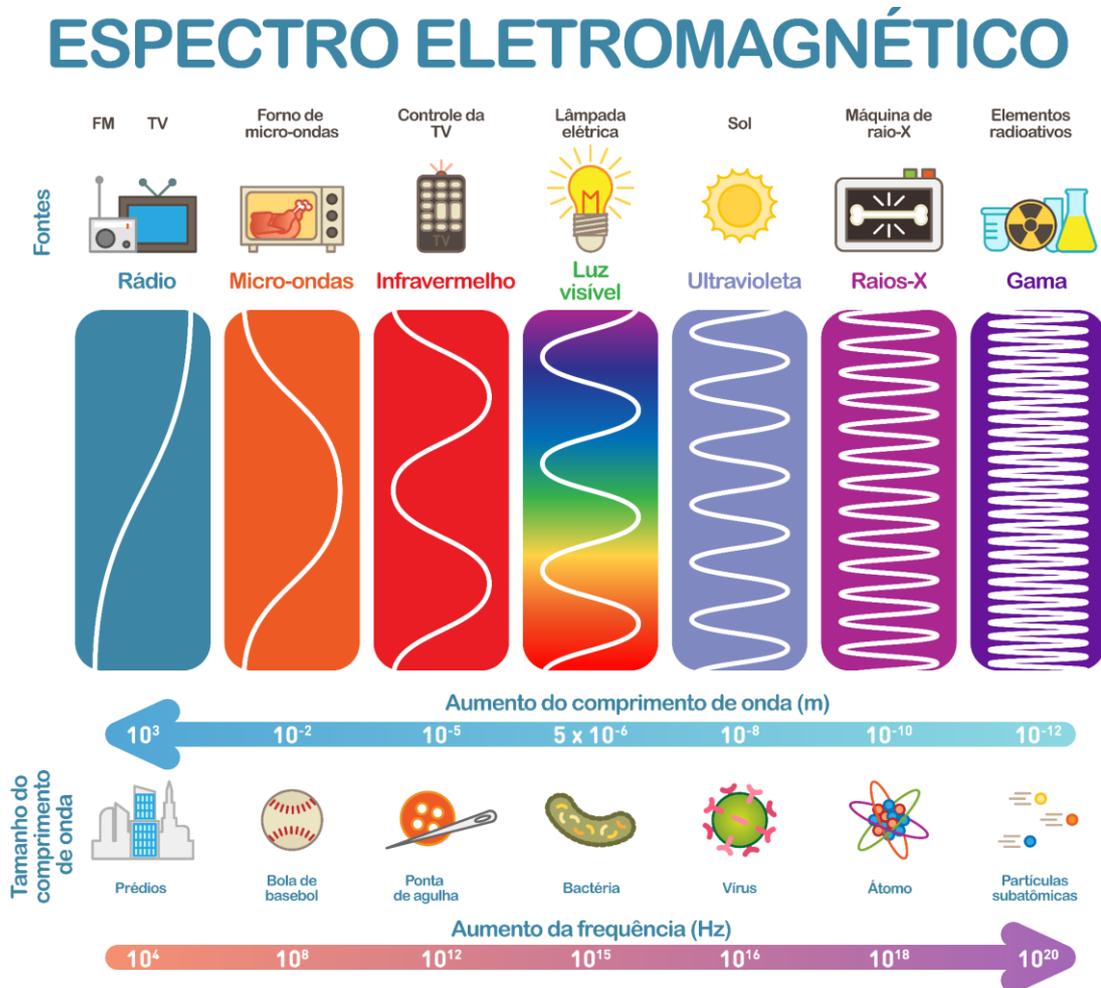
A luz vem despertando a curiosidade e o interesse dos seres humanos por milênios. Existem relatos sobre a sua manipulação pelos antigos romanos, utilizando cristais com formas espaciais para a melhoria da visão ou ampliação da capacidade visual (Bagnato, Pratavieira, 2015).

O mundo à nossa volta é percebido por nós por meio da luz, a partir de uma infinidade de cores, que nos transmitem diversas sensações e emoções. Ao longo da história, isso sempre despertou a atração do ser humano, a partir de diversas formas de expressão e combinação das cores. Goethe (1963, p. 529 *apud* por Pedrosa, 2009, p. 72) reflete que “[...] cada cor produz um efeito específico sobre o homem, revelando assim sua presença tanto na sua retina quanto na alma [...]”, o que permite ao homem manifestações culturais e artísticas diversas, desde a comunicação, por meio de pinturas rupestres utilizando pigmentos das mais diversas origens, até manifestações religiosas em algumas culturas, relacionadas ao pintar o próprio corpo, tradição presente desde os povos ancestrais. (Pedrosa, 2009; Jesus, Lopes, Costa, 2015).

A natureza da luz tem sido um tema de debate e pesquisa ao longo da história da ciência. A compreensão moderna da luz é que ela possui natureza dual, comportando-se tanto como onda quanto como partícula – um conceito primeiramente proposto por Albert Einstein e contemporâneos no início do século XX. Este princípio fundamental da mecânica quântica é essencial para entender o espectro eletromagnético, que abrange desde as ondas de rádio de longo comprimento de onda até raios gama de curto comprimento de onda, com a luz visível ocupando uma pequena faixa nesse intervalo (Figura 3). O espectro eletromagnético é contínuo, sem limites distintos entre as diferentes formas de radiação eletromagnética e cada faixa do

espectro é caracterizada por comprimento de onda, frequência e energia específicos, com aplicações práticas variadas desde a comunicação via rádio (comprimentos de onda longos) até os diagnósticos por imagem utilizando raios X (comprimentos de onda curtos).

Figura 3 - Espectro eletromagnético.



Fonte: Shutterstock, com adaptações do autor, 2023.

A interação da luz com a matéria é o cerne de muitos processos bioquímicos. Fenômenos como absorção e emissão de fótons são cruciais para compreender a fotossíntese, bem como a bioluminescência, e são instrumentais em métodos analíticos como espectroscopia de absorção e fluorescência. Em um nível mais fundamental, as interações de radiação eletromagnética com a matéria são exploradas em disciplinas como a química quântica e a espectroscopia molecular, as quais são vitais para a análise de estruturas moleculares (Atkins, Friedman, 2011).

A relação intrínseca entre a bioquímica e o espectro eletromagnético se revela por meio de inúmeras aplicações analíticas e diagnósticas. As propriedades eletromagnéticas da luz permitem explorar e compreender as biomoléculas com precisão. A espectroscopia ultravioleta-

visível, por exemplo, explora a absorção de luz nas regiões do ultravioleta e do visível no espectro para determinar a concentração de substâncias em solução. Pesquisadores como Beer e Lambert estabeleceram as bases matemáticas dessa técnica, que é essencial para o entendimento e a quantificação de reações enzimáticas, por exemplo (Beer, 1852; Lambert, 1760). Da mesma forma, a ressonância magnética nuclear, que se baseia na absorção e emissão de energia no espectro de radiofrequência, oferece detalhes intrincados sobre a estrutura tridimensional de proteínas e ácidos nucleicos (Kumar, Ernst, Wüthrich, 1980).

Outro fenômeno de suma importância e também relacionado à luz é a fluorescência. Certas moléculas, incluindo várias biomoléculas, após absorverem energia luminosa, emitem esta energia em forma de luz. Esta propriedade é utilizada não apenas para estudar a estrutura de macromoléculas como também para acompanhar dinâmicas intracelulares em tempo real. A introdução do GFP (*green fluorescent protein*) como um marcador biológico por Shimomura *et al.* (1962) revolucionou a biologia celular, permitindo a visualização de processos celulares que anteriormente não eram percebidos ou detectados (Tsien, 1998).

Além das aplicações analíticas, a capacidade de detectar e medir a radiação eletromagnética é fundamental para técnicas diagnósticas modernas, como a tomografia por emissão de pósitrons (*PET*) e a imagem por ressonância magnética (*MRI*). Estas técnicas têm se mostrado inestimáveis na medicina moderna, permitindo visualizações detalhadas de processos biológicos e patológicos em pacientes vivos, sem a necessidade de intervenções cirúrgicas (Phelps, 2000).

Dentro do contexto educacional, a habilidade de incorporar essas técnicas analíticas e de imagem na sala de aula enriquece a experiência de aprendizagem dos estudantes, trazendo-lhes uma compreensão mais profunda dos conceitos bioquímicos. Experimentos que demonstram a espectroscopia ultravioleta e visível ou que utilizam *kits* de fluorescência podem ser implementados com sucesso, mesmo no ensino médio, estimulando o interesse dos estudantes pela ciência e fornecendo uma base sólida para futuros estudos em bioquímica (Brown, Campione, 2017).

A integração destes conhecimentos durante as aulas de biologia, química ou física no ensino médio representa um desafio, mas também uma oportunidade de engajar os estudantes com a ciência de forma prática e aplicada, demonstrando a relevância da bioquímica no mundo real.

1.7. A cúrcuma

No contexto de luz e cores, a utilização de pigmentos presentes em alimentos como estratégias de aprendizagem é uma alternativa estimulante. O açafrão, açafrão-da-índia, açafrão-da-terra, falso-açafrão ou cúrcuma (*Curcuma longa L.*), representado na Figura 4, é uma planta nativa do continente asiático e introduzida no Brasil-colônia pelos portugueses, sendo utilizada desde então em diversas regiões do país, principalmente na culinária.

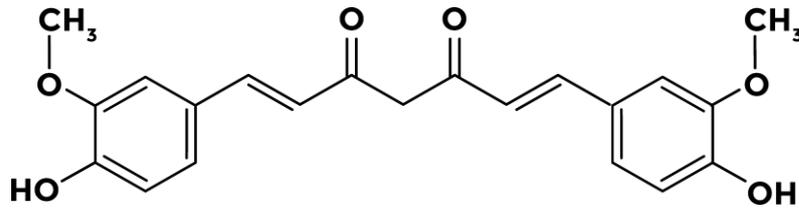
Figura 4 - Rizoma de Cúrcuma (*Curcuma longa L.*)



Fonte: Shutterstock, [20--]

A principal parte utilizada desta espécie é o seu rizoma, que possui coloração interna amarelo-alaranjada, sendo um potente corante natural. Essa coloração deve-se à presença de um pigmento bioativo, a curcumina (CUR). Quimicamente, a CUR (Figura 5) é também conhecida como diferuloilmetano, com fórmula molecular $C_{21}H_{20}O_6$. Sua estrutura é composta por dois grupos aromáticos fenólicos ligados por uma ponte de β -dicetonato. Estes grupos fenólicos conferem à CUR suas propriedades antioxidantes, uma vez que podem doar átomos de hidrogênio para neutralizar radicais livres. A presença da ligação β -dicetonato, por sua vez, é responsável pela capacidade da CUR de formar quelatos com metais, em particular com íons ferro (III) e cobre (II) (Jiao *et al.*, 2009). Destacam-se também outras propriedades da CUR, como anti-inflamatória, antibiótica, anticarcinogênica, além de estudos sugerindo haver grande potencial para o tratamento de doenças como o diabetes, alergias, artrites e doença de Alzheimer (DA). (Wang *et al.*, 2012; Fanchiotti, 2019; Teixeira *et al.*, 2022).

Figura 5 - Estrutura molecular da curcumina (CUR)



Fonte: elaborado pelo autor, 2023.

A fotossensibilidade da CUR é outra característica notável. Sua estrutura química apresenta uma cadeia carbônica conjugada, responsável por suas propriedades de absorção de luz e emissão fluorescente. Esta característica é atribuída, em parte, à presença da cadeia β -dicetonato conjugada aos anéis fenólicos, relacionada a a transições eletrônicas ao ser excitada (Priyadarsini, 2014; Kunnumakkara *et al.*, 2017). Quando uma molécula como a CUR absorve energia na forma de fótons, seus elétrons são promovidos a um estado excitado. Posteriormente, quando esses elétrons retornam ao seu estado fundamental, a energia é liberada na forma de fótons, resultando na emissão de luz. Esta luz emitida tem, tipicamente, um comprimento de onda maior (e, portanto, uma energia menor) do que a luz absorvida (Lakowicz, 2006).

A CUR tem bandas específicas de excitação e emissão, o que a torna detectável mesmo quando misturada a outras moléculas fluorescentes. Os estudos de Kocaadam e Sanlier (2017) destacam que a CUR exibe uma banda de excitação em torno de 420 nm e uma banda de emissão em torno de 540 nm. Um aspecto curioso da fluorescência da CUR é a sua sensibilidade ao ambiente. Heger *et al.* (2014) apontaram que alterações no pH, presença de metais, e outras substâncias podem influenciar a conformação da CUR e, conseqüentemente, suas bandas de excitação e de emissão. Esta sensibilidade ambiental é crucial quando se considera a aplicação da CUR como uma potencial ferramenta diagnóstica, especialmente em ambientes biológicos complexos.

Com o avanço da ciência, procedimentos e técnicas de aplicação da manipulação da luz, por meio de suas propriedades e interações com a matéria, foram aperfeiçoados, utilizando-se a reflexão, a absorção, o espalhamento ou a transmissão do feixe luminoso. Este aprimoramento permitiu o avanço na utilização de técnicas espectroscópicas para o diagnóstico de doenças e também para fins terapêuticos (Bagnato, Pratavieira, 2015; Zezell, 2017; Cugnoasca, Santos, 2021). No diagnóstico de doenças, por exemplo, destaca-se a utilização de sensores fluorescentes na detecção de cátions metálicos em sistemas biológicos, como exemplo íons

cobre (II) (Cu(II)) em células, uma vez que estes estão relacionados a vários processos fisiológicos, atuando como cofator de enzimas essenciais do metabolismo. Um desequilíbrio na concentração de Cu (II) em células pode estar relacionado a doenças cardíacas e doenças degenerativas, como a DA e doença de Parkinson (Cugnasca, Santos, 2021).

No contexto das doenças neurodegenerativas, a DA é uma das áreas onde a CUR tem se mostrado uma promessa. Uma das principais características fisiopatológicas da DA é a acumulação de placas beta-amiloide no cérebro. Em estudos conduzidos por Yang *et al.* (2005), foi observado que a CUR pode não apenas inibir a formação dessas placas, mas também facilitar sua desagregação. Além de seu papel em relação às placas beta-amiloide, a CUR também exibe propriedades antioxidantes e anti-inflamatórias que podem ser benéficas na proteção contra o estresse oxidativo e a inflamação, ambos relacionados à patogênese da DA (Cole *et al.*, 2007). Em relação ao pré-diagnóstico da DA, a capacidade da CUR de se ligar às placas beta-amiloide, juntamente com suas propriedades fluorescentes, sugere seu potencial uso como agente de imagem. Ao marcar seletivamente estas placas, a CUR poderia, em teoria, ser utilizada para detectar a presença e a distribuição de placas no cérebro ou mesmo na retina, um tecido de fácil acesso, fornecendo informações valiosas para o diagnóstico da DA em fases precoces da doença (Gong *et al.*, 2003; Yang *et al.*, 2005; García-Alloza *et al.*, 2007). Além disso, a CUR tem um perfil de segurança favorável. Usada há séculos como componente alimentar, seu uso potencial como agente de imagem não invasivo é atrativo, já que minimiza preocupações sobre efeitos colaterais adversos (Aggarwal *et al.*, 2003). Mesmo assim, a aplicação prática da CUR como agente de imagem na DA, apesar de promissora, é permeada por vários desafios que precisam ser superados para uma implementação clínica eficaz. Um dos maiores obstáculos para a utilização terapêutica e de diagnóstico da CUR é sua baixa biodisponibilidade. Após a administração oral, a absorção da CUR no trato gastrointestinal é mínima e grande parte é metabolizada e excretada rapidamente (Anand *et al.*, 2007). Mesmo que a CUR seja absorvida e atinja a circulação sanguínea, ela precisa atravessar a barreira hematoencefálica para interagir com seu alvo no cérebro. Esse é um desafio significativo, já que a barreira é altamente seletiva e impede a passagem da maioria das moléculas (Begley, 2004). Além disso, a molécula é instável em soluções alcalinas, o que pode afetar sua eficácia como agente de imagem (Kunnumakkara *et al.*, 2017). Dada a complexidade desses desafios, muitos pesquisadores estão concentrados em otimizar formulações contendo CUR e desenvolver métodos de entrega mais eficazes, bem como aprimorar técnicas de imagem para maximizar a detecção do sinal fluorescente da CUR.

A partir deste contexto, o presente trabalho propõe estabelecer situações de aprendizagem que permitam ao estudante fortalecer o entendimento das correlações existentes entre o submicro, o micro e o macro, associando-as à vida cotidiana e ao conhecimento científico construído diariamente em sala de aula. Como ferramentas dessa construção, serão utilizadas temáticas associadas à Bioquímica e suas implicações nas diversas áreas de conhecimento, tendo como ponto de partida a luz e seus fenômenos de luminescência relacionados à bioquímica de proteínas, aplicando os conceitos de fluorescência e fosforescência em diversos materiais e situações objetivando uma associação entre a teoria e prática, utilizando a busca por novos métodos diagnósticos para a DA como um dos pontos centrais das atividades. Deste modo, serão elaborados materiais de apoio ao professor de Biologia do Ensino Médio, como forma de disseminar métodos e maneiras de transmitir conhecimento para os discentes, construindo uma rede articulada de aprendizagem que tornará o ensino de biologia algo cada vez mais adequado ao dinamismo dessa área de conhecimento que instiga a observação e a aplicação prática do método científico na sociedade.

2. OBJETIVOS

2.1. Objetivo Geral

Desenvolver materiais de apoio pedagógico ao professor de Biologia do Ensino Médio, partindo de uma Sequência de Ensino Investigativo (SEI), abordando temáticas relacionadas à Bioquímica, de modo a proporcionar a aprendizagem significativa utilizando metodologias ativas.

2.2. Objetivos Específicos

- Proporcionar situações de aprendizagem sobre interações entre biomoléculas e suas implicações no cotidiano, como forma de promoção do despertar científico entre os estudantes;
- Promover atividades investigativas com os estudantes, como forma de evidenciar a inter-relação do submicro e do micro com o macro por meio de fenômenos que correlacionem luz, cores, fluorescência, e elementos do cotidiano, como pigmentos e condimentos de origem natural;
- Elaborar situações de aprendizagem no ensino de biologia como forma de promoção da alfabetização científica;
- Demonstrar como o conhecimento sobre a luz e a manipulação de fenômenos como a fluorescência podem evidenciar mudanças físico-químicas relacionadas às biomoléculas, como a desnaturação de proteínas;
- Fomentar a discussão sobre como o conhecimento de fenômenos naturais, enfatizando o contexto bioquímico, pode ser útil em múltiplos cenários, desde o estímulo à curiosidade até o desenvolvimento de novas formas de diagnóstico de doenças;
- Elaborar e aplicar SEIs sobre temáticas relacionadas à Bioquímica para estudantes do ensino médio em uma escola da rede estadual mineira, localizada na região metropolitana de Belo Horizonte.

3. MATERIAL E MÉTODOS

3.1. Descrição e Histórico da Escola

Este trabalho foi desenvolvido com estudantes do 2º Ano do Ensino Médio, da Escola Estadual José Pereira Cançado, localizada no município de Caeté, região metropolitana de Belo Horizonte.

A escola possui um total de 190 estudantes matriculados, distribuídos em cinco turmas de ensino fundamental, três turmas de ensino médio e uma turma de educação profissional, esta última sendo um curso técnico em administração, uma parceria entre a escola e a Fundação Helena Antipoff.

A escola atende um público bem diversificado, predominando estudantes que moram na zona rural do município, devido a sua localização, inserida no distrito de Roças Novas, que fica às margens da BR-381.

Figura 6.- Localização da E. E. José Pereira Cançado



Fonte: *Google Earth*, com adaptações do autor, 2023.

A História da Escola Estadual José Pereira Cançado data de 1911, de acordo com o decreto nº 9191 publicado no Diário Oficial do Estado de Minas Gerais de 09 de junho de 1911. Atualmente a Escola Estadual “José Pereira Cançado” oferta o Ensino Fundamental do 6º ao 9º ano, Ensino Médio e Educação Profissionalizante e está sob a responsabilidade da professora

Glória Marília Moreira, que ocupou o cargo de diretora no período de 1997 a 2015, retornando em janeiro de 2018 e permanecendo até a presente data.

Figura 7- Fachada da E. E. José Pereira Cançado.



Fonte: Arquivo pessoal do autor, 2023.

3.2. Tipo de Trabalho

Esta pesquisa segue uma abordagem qualitativa, utilizando um método exploratório descritivo. Na coleta de dados qualitativos, a observação em contextos reais é primordial, com o pesquisador atuando como o principal instrumento de coleta. Esta abordagem exige que o pesquisador fique imerso diretamente no ambiente de estudo, como por exemplo, em uma sala de aula durante a implementação de uma metodologia de ensino. Os dados recolhidos são descritivos, proporcionando informações detalhadas sobre indivíduos, circunstâncias e acontecimentos, incluindo transcrições de entrevistas e imagens. Em tais pesquisas, todos os detalhes da realidade observada são considerados valiosos, exigindo atenção especial do pesquisador quanto a diversos fatores do contexto em estudo. O foco da pesquisa qualitativa está mais no processo de investigação do que nos resultados finais, com o objetivo de compreender como um problema se manifesta nas rotinas, procedimentos e interações diárias, como discussões em salas de aula. O propósito é entender as visões dos participantes acerca do assunto principal da pesquisa, utilizando ferramentas capazes de captar essas distintas perspectivas (Ludke, André, 2017).

Para este estudo, os dados foram obtidos por meio de questionários e observações, particularmente a observação participativa. Na observação participativa, o observador integra a

comunidade que está sendo estudada (neste caso, a comunidade escolar), o que facilita a coleta de informações sobre as interações sociais do grupo e suas reações a diversas situações. Ainda assim, a eficiência na coleta de dados é dependente da interação entre o pesquisador e os participantes da pesquisa (Marques, 2016).

3.3. Aspectos Éticos

O projeto seguiu todas as legislações vigentes e, durante o desenvolvimento comportamental, todas as etapas seguiram os aspectos éticos. Ele foi submetido ao Comitê de Ética e Pesquisa (CEP) da Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG) e aprovado em 28 de agosto de 2023 (Apêndice D), conforme o Certificado de Apreciação Ética (CAAE) 70201123.9.0000.5149 e parecer, sob o número 6.264.959.

Os participantes assinaram um Termo de Consentimento Livre Esclarecido (TCLE) (Apêndice B), onde foram devidamente informados sobre o desenvolvimento e as publicações da pesquisa. Em relação àqueles que são menores de idade, o procedimento consistiu na assinatura do termo pelo responsável legal do estudante. O documento, neste caso, é o Termo de Assentimento Livre e Esclarecido (TALE) (Apêndice A), para resguardar a voluntariedade no processo de desenvolvimento da pesquisa conforme as resoluções vigentes, Resolução CNS 466/12 e CNS 510/16 do Conselho Nacional de Ética em Pesquisa.

A pesquisa não prejudicou o desenvolvimento das atividades da educação básica e o participante que deslogou do projeto não sofreu nenhuma perda. As informações estão resguardadas e disponíveis nos termos assinados, conforme estabelecido pelo CEP da UFMG.

3.4. Recursos Educacionais

Ao final da aplicação das atividades previstas para este projeto, foi elaborado material de apoio pedagógico uma SEI, inserida no projeto de Extensão Dimensões, SIEX: 404313 (Apêndice C), que serão divulgados como ferramentas para os docentes da educação básica, com o intuito de ampliar alternativas para uma aprendizagem significativa. Além disso, com os resultados obtidos com esta pesquisa e outros projetos e atividades que foram desenvolvidas ao longo do projeto, artigos em anais, congressos, revistas e jornais foram publicados como forma de promover o incentivo do ensino por investigação na educação básica, uma vez que essa

proposta estimula o aprendizado tendo os estudantes como protagonistas do processo de ensino e aprendizagem.

3.5. Análise dos dados

A primeira e a segunda etapas do estudo envolveram a coleta de respostas dos estudantes relacionadas a perguntas específicas quanto à cúrcuma, suas propriedades e interações com diferentes solventes e a interação da cúrcuma com proteínas sob diferentes condições, em particular a desnaturação de proteínas e como isso poderia afetar a fluorescência da cúrcuma adicionada ao leite. Os experimentos realizados pelos estudantes nestas etapas compreendem as etapas de contextualização e investigação, proposta por Pedaste *et al.* (2015) no ciclo investigativo. Ao iniciar cada etapa, questões problematizadoras, fornecidas pelo professor, foram trabalhadas com os estudantes, relacionadas ao contexto estabelecido no roteiro de prática e às experiências que eles realizariam. Os problemas e as questões investigativas tinham como principal objetivo estimular a curiosidade, de modo a estabelecer um desafio de aprendizagem aos estudantes (Pedaste *et al.*, 2015).

Após a execução dos experimentos propostos, os estudantes foram convidados, novamente, a responderem a mesma questão problematizadora. Segundo Borda Carulla (2012), mesmo que os estudantes não sejam capazes de construir hipóteses com base em conhecimentos científicos sólidos, eles devem ser encorajados a fazer previsões com base nas suas experiências anteriores e justificá-las, com o objetivo de diferenciá-las de simples palpites.

As respostas foram analisadas segundo a análise do conteúdo, conforme estipulado por Bardin (2009), que utiliza procedimentos sistemáticos e objetivos de tradução do conteúdo das mensagens. Deste modo, as respostas dos estudantes foram categorizadas a partir de temas recorrentes. Utilizando a metodologia proposta por Gee (2014), analisou-se o discurso a partir do entendimento da linguagem em uso. Gee argumenta que a linguagem é uma ferramenta que é usada para construir significado e é influenciada pelo contexto em que é usada. Deste modo, as respostas dos estudantes podem ser interpretadas com base no contexto da atividade da aula. Complementando a análise, as respostas foram analisadas, também, de acordo com Bogdan e Biklen (1994), a partir de uma abordagem fenomenológica para a análise de dados qualitativos, tendo como foco a experiência vivida dos participantes.

A terceira etapa do estudo, por apresentar o foco em uma abordagem mais integrada e aplicada, conectando os conceitos científicos abordados nas etapas anteriores com questões

atuais da sociedade e aplicações práticas, foi analisada, também, considerando o seu embasamento metodológico e pedagógico, baseando-se na contextualização e relevância do conhecimento. Ao introduzir fragmentos de artigos e notícias sobre a DA e agregados proteicos, é ofertada aos estudantes a oportunidade de perceber a relevância e aplicabilidade do que aprenderam. Isso ajuda a consolidar o conhecimento, tornando-o significativo e contextualizado.

Foram analisados o pensamento crítico e o pensamento cidadão, uma vez que ao conectar o aprendizado em sala de aula com questões reais e atuais, os estudantes são incentivados a aplicar seu pensamento crítico, analisando e interpretando informações de fontes variadas. Isso prepara os estudantes para serem cidadãos informados e críticos, capazes de compreender e avaliar informações científicas apresentadas na mídia e na sociedade.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1. Descrição da SEI construída

A SEI construída, durante a execução deste projeto, contribuiu para o desenvolvimento das habilidades presentes no Currículo Referência de Minas Gerais (CRMG), como:

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 (Minas Gerais, 2021).

EM13CNT307,

analisar as propriedades dos materiais para avaliar a adequação de seu uso em diferentes aplicações (industriais, cotidianas, arquitetônicas, tecnológicas, entre outras) e/ou propor soluções seguras e sustentáveis considerando seu contexto local e cotidiano (Minas Gerais, 2021).

EM13CNT11MG,

investigar e analisar comportamentos específicos dos diversos tipos de ondas, para avaliar suas diferentes aplicações tecnológicas (comunicação, saúde, música, entre outros), identificar e/ou avaliar os impactos individuais, coletivos e socioambientais de tais tecnologias, a fim de promover seu uso seguro e sustentável (Minas Gerais, 2021).

Corroborando um dos princípios norteadores do Novo Ensino Médio, além do desenvolvimento de competências cognitivas, os estudantes devem desenvolver competências socioemocionais, que fazem parte do crescimento pleno do ser humano. Embora se façam separações didáticas, os processos de desenvolvimento de competências cognitivas e socioemocionais acontecem de maneira articulada.

Durante a execução deste projeto, os estudantes foram estimulados a desenvolver a competência *Imaginação criativa* (Instituto Ayrton Senna, 2018), de modo a envolvê-los positivamente na construção do pensamento científico. A imaginação criativa está relacionada à capacidade de imaginar, criar e pensar sobre o mundo de novas formas. Assim, as habilidades socioemocionais são trabalhadas na medida em que os estudantes enfrentam dificuldades próprias do aprendizado, encorajados pela sensação de satisfação por entender fenômenos e processos instigantes à sua curiosidade. Essas habilidades são aprendidas, ainda, no trabalho colaborativo que é inerente ao trabalho científico, ensinando assertivas como diálogo,

compreensão e empatia com as opiniões e ideias de outras pessoas. Estimular o pensamento divergente é uma forma de fomentar a imaginação criativa, ou seja, promover a abertura para que diferentes ideias possam ser trazidas pelos estudantes, sem pressa para se chegar a um resultado final. Abrir a possibilidade para se explorar diferentes caminhos é uma forma de estimular a criatividade. A partir de ideias variadas, é possível, em seguida, buscar o pensamento convergente; ou seja, construir o que será criado como resultado final.

Para mobilizar essa competência e desenvolver as habilidades cognitivas da área de CNT ao estabelecer conexões entre a interrelação submicro/micro com o macro, este projeto utilizou metodologias ativas de aprendizagem em vários momentos, contribuindo para a produção do conhecimento ao relacionar a teoria e prática, contemplando o desenvolvimento de habilidades cognitivas e socioemocionais.

Dessa forma, esta SEI foi estruturada de modo a desenvolver uma aprendizagem investigativa, utilizando como referência o ciclo investigativo proposto por Pedaste *et al.* (2015), na Figura 2, além de levar em consideração a deficiência dos estudantes sobre a interrelação do submicro/micro com o macro para a compreensão dos temas relacionados à Bioquímica e suas implicações no cotidiano, principalmente quando se associa o tema com a interação da luz em biomoléculas.

As atividades propostas foram planejadas e executadas em um total de seis aulas de 50 minutos cada, organizadas em três etapas, conforme apresentado, de maneira sintetizada, no Quadro 1.

Quadro 1 - Síntese da SEI

Etapa	Objetivo
Etapa 01- Como estabelecer a conexão entre o macro e micro/submicro?	Introdução sobre os conceitos básicos de solubilidade e fluorescência, utilizando a cúrcuma como exemplo prático.
Etapa 02- Conexão entre o macro e micro/submicro envolvendo biomoléculas.	Aprofundamento sobre interações entre biomoléculas (como proteínas) e a cúrcuma, explorando especificamente o fenômeno de fluorescência sob diferentes condições.
Etapa 03- Sistematização do conhecimento	Expansão e aplicação do conhecimento adquirido sobre a cúrcuma e sua fluorescência para um contexto mais amplo, com ênfase na saúde.

Fonte: elaborado pelo autor, 2023.

Cada etapa consistia em momentos de problematização, investigação e discussão entre os estudantes. O processo avaliativo aconteceu durante todo o processo, conforme Gasparin (2005), que destaca que a avaliação da aprendizagem na concepção dialética do conhecimento é a manifestação de quanto os estudantes se apropriaram do conhecimento adquirido. Foram analisados os relatórios das práticas de experimentação, participação durante as dinâmicas e as atividades de discussão. Deste modo, objetiva-se um processo avaliativo processual e contínuo (Wiggins, 2019).

4.2. Aplicação da SEI em sala de aula

Etapa 01- Como estabelecer a conexão entre o macro e micro/submicro?

Nesta etapa (Apêndice E), o professor apresentou aos estudantes um recipiente contendo arroz doce com especiarias, incluindo a cúrcuma, e foram convidados a identificar o porquê do arroz doce estar amarelo. Após uma breve discussão o professor incidiu luz negra sobre o doce, como forma de evidenciar o efeito da luz no alimento (fluorescência). Neste momento, foi promovida uma breve discussão de 10 minutos sobre o motivo da fluorescência (brilho) e os componentes utilizados no preparo do arroz doce, entre eles a cúrcuma, responsável pela coloração amarela intensa e, provavelmente, pelo efeito luminescente. Após a discussão, foi apresentado o seguinte questionamento: *“Como a solubilidade da cúrcuma pode afetar seu efeito na receita e, conseqüentemente, na interação com a luz que foi observada?”*.

Ao responderem esta pergunta, 12 (doze) respostas foram obtidas, apresentadas no Quadro 2.

Quadro 2 - Respostas dos estudantes à pergunta inicial - Etapa 01. Erros de ortografia e outras diferenças em relação à norma culta foram mantidos nas respostas.

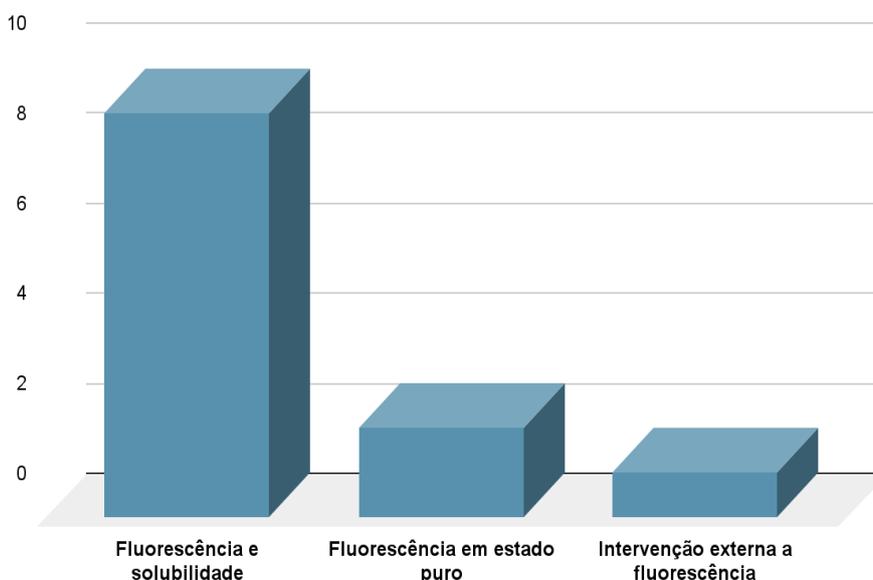
Estudante	Resposta
Estudante 01	Eu acho que se misturar alguma coisa a cúrcuma pode mostrar mais fluorescência.
Estudante 02	Talvez esquentando a cúrcuma possa florescer mais ou acabar com a fluorescência.
Estudante 03	Sim, ela sozinha em alguns pontos brilharam mais, em receitas dá uma cor mais forte mas não brilha que nem ela pura e sozinha.
Estudante 04	Sim, muda quando molhada

Estudante	Resposta
Estudante 05	Pode deixar o produto brilhoso ou até mais brilhoso
Estudante 06	Quando se mistura uma determinada luz, ele irá brilhar.
Estudante 07	Sim, pois se misturar ela com alguma substância ela brilha mais, se misturar ela com algum líquido ela brilha mais depende em que ela é misturada (<i>sic</i>).
Estudante 08	Eu acredito que com misturas diferentes pode ajudar a fluorescência, e também acho que depende da parte da cúrcuma.
Estudante 09	Quando solúvel em outras substâncias seu efeito de fluorescência aumenta.
Estudante 10	Acho que floresce, mas menos que ele puro.
Estudante 11	Pode deixar mais brilhoso mais fluorescente.
Estudante 12	Eu acho que quando dissolvido a água pode mudar um pouco o gosto e cor, o tornando um pouco fluorescente. Mais puro também tem certa fluorescência (<i>sic</i>).

Fonte: elaborado pelo autor, 2023.

Ao analisar o conteúdo das respostas, conforme Bardin (2009), categorizamos as respostas em três grupos (Figura 8), sendo: (A) *Fluorescência e solubilidade*, contendo as respostas que sugerem que a solubilidade da cúrcuma pode afetar sua fluorescência; (B) *Fluorescência em estado puro*, respostas que indicam que a cúrcuma pura tem uma fluorescência distinta; e (C) *Intervenção externa à fluorescência*, respostas que sugerem que fatores externos, como calor, podem afetar a fluorescência.

Figura 8 - Categorização das respostas pré-experimentação - Etapa 01.



Fonte: elaborado pelo autor, 2023.

Analisado o conteúdo, conforme Gee (2014), nota-se que quando os estudantes falam sobre solubilidade e fluorescência, estão tentando conectar a atividade prática (observação da cúrcuma sob luz negra) com a teoria discutida (solubilidade e interações moleculares), como observado na resposta, "*Sim, pois se misturar ela com alguma substância ela brilha mais, se misturar ela com algum líquido ela brilha mais depende em que ela é misturada.*", que sugere uma tentativa de correlacionar a solubilidade da cúrcuma a sua fluorescência, com base na atividade que observaram.

Complementando a análise, de acordo com Bogdan e Biklen (1994), por meio das respostas, pode-se perceber que os estudantes tentaram interpretar um fenômeno que talvez nunca tenham observado antes e integrar essa nova experiência (cúrcuma fluorescente) em seu entendimento existente de como substâncias reagem e interagem entre si. Esta análise pode ser observada na resposta "*Eu acredito que com misturas diferentes pode ajudar a fluorescência, e também acho que depende da parte da cúrcuma.*", que evidencia um estudante tentando integrar o novo conhecimento sobre a cúrcuma a sua compreensão prévia sobre misturas e reações.

Em seguida, os estudantes realizaram experimentos com a cúrcuma, de modo a avaliar sua solubilidade em diferentes solventes. Inicialmente, o pó da especiaria ($\frac{1}{2}$ colher de chá) foi adicionado a tubos de ensaio ou provetas transparentes contendo colunas de água, acetona e

álcool (40 mL cada) - solventes com diferentes polaridades. Após a observação das primeiras interações solventes-cúrcuma, incidiu-se um feixe de luz negra sobre a cúrcuma sólida e sobre os tubos contendo cúrcuma + água, cúrcuma + álcool e cúrcuma + acetona (Figura 9).

Figura 9 - Fluorescência da cúrcuma em água, etanol comercial e acetona comercial (da esquerda para a direita).



Fonte: acervo pessoal do autor, 2023.

Durante a execução do experimento, conforme roteiro entregue, os estudantes responderam a duas perguntas: A) *O que aconteceu em cada tubo?* e B) *Como você justificaria a diferença de fluorescência nos tubos?*

Analisando o conteúdo das respostas, conforme Bardin (2009), podemos categorizar as respostas em três grupos, conforme Quadro 3.



Quadro 3- Categorização das respostas dos estudantes durante o experimento - Etapa 01

Categoria	Elementos centrais das respostas	Exemplos de respostas
Observação direta da fluorescência	Respostas que se concentram no que foi imediatamente observado nos tubos	<i>“Água ficou só um pouco fluorescente.”</i> <i>“Álcool ficou bastante fluorescente.”</i> <i>“E a acetona ficou muito fluorescente.”</i>
Relação solvente-polaridade-fluorescência	Respostas que tentam fazer conexão entre a natureza dos solventes e a fluorescência	<i>“Conforme o tubo que tiver solventes mais apolares, o tubo ficará mais fluorescente.”</i>
Comentários gerais sobre reações químicas	Respostas que atribuem as observações a reações químicas genéricas ou propriedades dos solventes	<i>“Acho que a composição em cada tubo fez a cúrcuma reagir mais.”</i>

Fonte: elaborado pelo autor, 2023.

Analisando o discurso, segundo Gee (2014) respostas como *"A cada líquido que é mais forte, com a luz fluorescente a cor deles vai ficando mais forte"* refletem tentativas dos estudantes de contextualizar as observações com base na aula e na discussão que aconteceu antes do experimento. Como forma de construir um significado, alguns estudantes relacionaram a polaridade com a fluorescência, sugerindo a tentativa de construir um entendimento mais profundo da relação entre solubilidade, polaridade e fluorescência.

Para Bogdan e Biklen (1994), em uma abordagem fenomenológica, respostas como *"Os componentes químicos de cada produto que juntando ao açafraão o faz ficar fluorescente"* indicam uma tentativa de interpretar e dar sentido a um fenômeno novo com base em suas experiências anteriores e conhecimento existente. Além disso, respostas como *"a água não tinha nada que a deixava mais forte mas já o álcool e acetona tem em sua composição produtos que reagem mais a essa luminescência"* sugerem que os estudantes estão tentando situar suas observações em um contexto mais amplo de conhecimento.

Analisando a experimentação, observa-se que as respostas dos estudantes indicam uma variedade de níveis de compreensão e tentativas de dar sentido às observações. Muitos parecem ter compreendido que a polaridade dos solventes desempenha um papel na solubilidade e, possivelmente, na fluorescência da cúrcuma. Outros se sustentaram em ideias gerais sobre as

reações químicas e a composição dos solventes. Isso é típico de um ambiente de aprendizagem investigativa, onde diferentes estudantes podem chegar a diferentes conclusões com base em suas experiências e conhecimentos prévios. A partir dessas respostas, o professor pode identificar áreas onde os estudantes têm concepções errôneas ou lacunas em seu entendimento e usar esses elementos para futuras instruções.

Para finalizar esta etapa, o professor promoveu uma discussão de 20 minutos com a turma, de modo a estabelecer uma relação entre a interação de pigmentos, como a cúrcuma, com solventes de diferentes polaridades. Além disso, foi exibido o vídeo “*You drink this? / Fluorescent Food*”, disponível em: <https://bit.ly/3fkZbSJ>, que discute o efeito fluorescente em outros alimentos, sendo posteriormente solicitado aos estudantes que respondessem, novamente, a pergunta norteadora desta etapa “*Como a solubilidade da cúrcuma pode afetar seu efeito na receita e, conseqüentemente, na interação com a luz que foi observada?*”. Deste modo obtivemos as seguintes respostas, conforme apresentado no Quadro 4.

Quadro 4 - Respostas dos estudantes a pergunta inicial em um momento pós-experimentação - Etapa 01. Erros de ortografia e outras diferenças em relação à norma culta foram mantidos nas respostas.

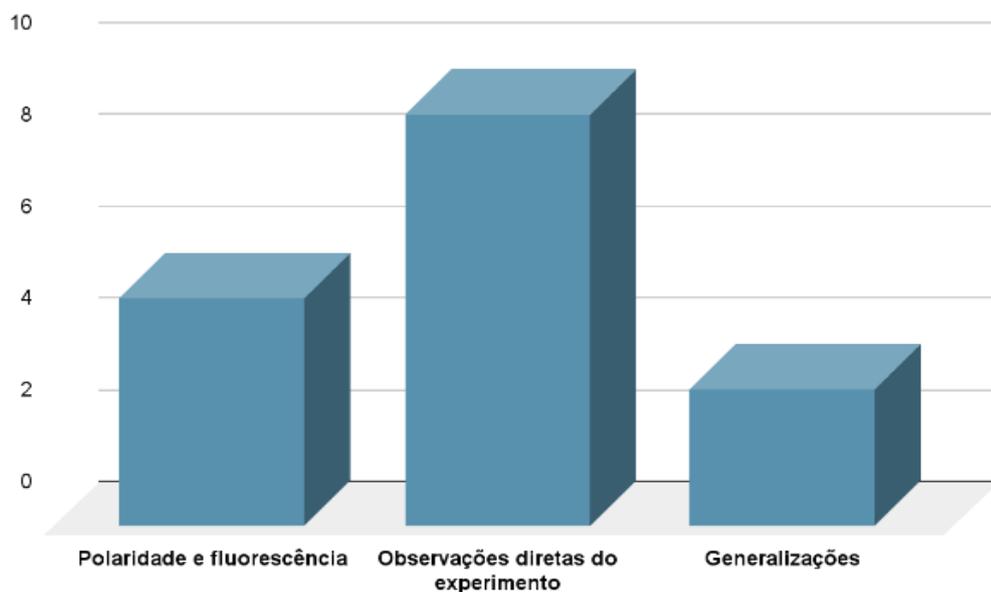
Estudante	Resposta
Estudante 01	Eu estava certa, misturamos algumas coisas e ela ficou mais fluorescente, ela interage mais com a acetona. A cúrcuma é polar ou seja, tem carga elétrica e a acetona é apolar apolar que não tem carga elétrica por isso interagem mais.
Estudante 02	Com o efeito na receita talvez possa mudar o sabor e a coloração com certeza, não cheguei a pensar em colocar ácido, álcool e água.
Estudante 03	Eu associei que a cúrcuma em contato com uma substância apolar da mais efeito no caso da cor.
Estudante 04	Com água não se misturou bem com a cúrcuma já que ela não se mistura com a água já com a acetona e com álcool ela se dissolveu bem e ficou fluorescente (<i>sic</i>).
Estudante 05	A água ficou clara, a de álcool ficou mais escura e acetona ficou mais escura e poderia ser causado pelos componentes das substâncias injetadas (<i>sic</i>).
Estudante 06	A cúrcuma quando misturada com um produto forte, conseqüentemente fica mais forte.
Estudante 07	A com água não se misturou bem com a cúrcuma, já que ela não se mistura com a água, já com a acetona e com o álcool ela se dissolveu bem e ficou fluorescente.

Estudante	Resposta
Estudante 08	E por conta que a cúrcuma se mistura melhor com itens apolares.
Estudante 09	Quando a cúrcuma se junta a outras substâncias sua fluorescência aumenta e pelo fato de ser hidrofóbica, não se mistura muito bem com a água, que no caso é polar, o açafraão interagiu bem com o álcool e acetona pelo fato de serem apolares.
Estudante 10	Com água não se mistura bem com a curcuma ja com a acetona e com álcool ela se dissolve bem e ficou fluorescente (<i>sic</i>).
Estudante 11	A água ficou clara, a do álcool ficou mais escura a acetona ficou mais escura e poderia ser causada pelos componentes das substâncias ejetadas (<i>sic</i>).
Estudante 12	Ela usano no alimento junto com algum produto que traz mas força na bioluminescência pode mudar completamente o não sei a palavra, deixando a outra forma (<i>sic</i>).

Fonte: elaborado pelo autor, 2023.

Analisando o conteúdo das respostas, conforme Bardin (2009), categorizamos em (A) *Polaridade e fluorescência*, aquelas respostas que ligam a polaridade dos solventes e da cúrcuma à fluorescência observada, (B) *Observações diretas do experimento*, respostas que descrevem o que foi imediatamente observado nos tubos, e (C) *Generalizações*, respostas que fazem generalizações com base no experimento. Os dados são apresentados no Figura 10.

Figura 10 - Categorização das respostas pós-experimentação - Etapa 01.



Fonte: elaborado pelo autor, 2023.

Analisando o discurso, segundo Gee (2014), respostas como "*Eu estava certa, misturamos algumas coisas e ela ficou mais fluorescente*" indicam um reconhecimento da validade de suas hipóteses anteriores e uma ligação direta com as observações do experimento. Como forma de construir um significado, várias respostas têm o foco na relação entre a solubilidade da cúrcuma e a fluorescência, indicando que os estudantes tentaram construir uma compreensão mais profunda com base no experimento.

Conforme, Bogdan e Biklen (1994), as respostas como "*Com o efeito na receita talvez possa mudar o sabor e a coloração com certeza*" indicam uma tentativa de integrar o conhecimento experimental com aplicações práticas, como cozinhar e respostas como "*Ela usano no alimento junto com algum produto que traz mas força na bioluminescência pode mudar completamente o não sei a palavra, deixando a outra forma*" mostram um esforço para contextualizar o experimento em um cenário mais amplo, embora haja incerteza sobre terminologia ou conceitos.

Após o experimento, as respostas dos estudantes indicam um nível mais profundo de compreensão do fenômeno observado, com muitos estabelecendo conexões claras entre solubilidade, polaridade e fluorescência. A atividade permitiu que os estudantes validassem ou revisassem suas hipóteses anteriores e construíssem um entendimento sólido relacionado ao conteúdo. Além disso, algumas respostas indicam que os estudantes ainda estão no processo de assimilar completamente a informação, como visto em comentários que expressam incerteza ou ausência de termos técnicos apropriados. Isso sugere que, enquanto a atividade foi eficaz na promoção da aprendizagem, há espaço para mais discussões ou atividades para solidificar completamente o entendimento dos estudantes sobre o tema.

Após examinar as respostas dos estudantes antes e depois do experimento, é evidente que a atividade prática teve um impacto significativo em sua compreensão e na capacidade de relacionar conceitos teóricos a observações práticas. O Quadro 5, mostra essa evolução sob quatro aspectos.

Quadro 5 - Evolução das respostas dos estudantes pré- e pós-experimentação na Etapa 01

Aspecto	Considerações
Aprofundamento do Entendimento	Antes do Experimento: As respostas dos estudantes eram amplamente especulativas e baseadas em hipóteses geradas a partir de suas experiências e conhecimentos prévios. Havia uma variedade de concepções e entendimentos sobre a relação entre solubilidade e fluorescência.

Aspecto	Considerações
	Após o Experimento: A maioria dos estudantes conseguiu articular observações específicas relacionadas à solubilidade da cúrcuma em diferentes solventes e a correspondente fluorescência. Muitos também introduziram o conceito de polaridade, demonstrando um entendimento mais aprofundado do fenômeno.
Conexão entre Teoria e Prática	O experimento permitiu que os estudantes observassem diretamente os efeitos da solubilidade e da polaridade na fluorescência da cúrcuma. Isso os ajudou a consolidar a teoria com a prática, tornando o aprendizado mais concreto.
Validação e refinamento de hipóteses	As respostas pós-experimento indicam que muitos estudantes validaram ou ajustaram suas hipóteses iniciais. Isso sugere que a atividade prática investigativa é uma ferramenta valiosa para o pensamento crítico e a construção do conhecimento.
Defasagens de aprendizagem	Algumas respostas após o experimento evidenciam confusão ou incerteza. Isso é valioso para os professores, pois destaca as áreas nas quais a instrução adicional ou esclarecimentos adicionais são necessários.

Fonte: elaborado pelo autor, 2023.

Em resumo, esta etapa demonstrou ser uma ferramenta pedagógica eficaz, permitindo aos estudantes uma experiência prática, promovendo reflexão e aprofundando seu entendimento sobre a relação entre solubilidade, polaridade e fluorescência.

Etapa 02: Conexão entre o macro e micro/submicro envolvendo biomoléculas

Nesta etapa (Apêndice F), participaram 12 estudantes. Além disso, o roteiro entregue segue o mesmo padrão da etapa anterior, contendo uma pergunta norteadora, a realização de experimento e a resposta da pergunta norteadora, novamente.

O professor iniciou a aula, retomando a discussão da etapa anterior, com duração de 10 minutos. Os estudantes foram questionados sobre a interação da cúrcuma com biomoléculas, tendo como foco proteínas, em diferentes situações, de modo a saber se haveria ou não observação da fluorescência. Após a discussão, eles responderam a pergunta norteadora da segunda etapa, “*A desnaturação de proteínas em um alimento poderá afetar a fluorescência da cúrcuma que for adicionada a este alimento?*”, obtendo um total de 12 (doze) respostas, apresentadas no Quadro 6.

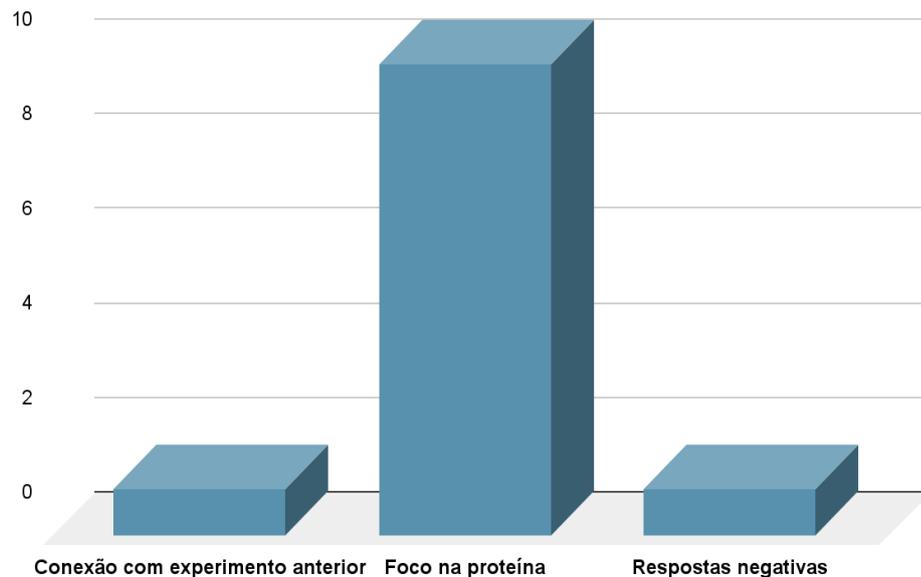
Quadro 6- Respostas dos estudantes à pergunta inicial - Etapa 02. Erros de ortografia e outras diferenças em relação à norma culta foram mantidos nas respostas.

Estudante	Resposta
Estudante 01	Sim, porque no arroz doce tem sim uma certa fluorescência só que mais fraca e no experimento puro ela interagiu bem mais. Acho que no arroz doce não conseguiu quebrar tanto as proteínas.
Estudante 02	Sim, aumentando ou diminuindo a fluorescência, substituindo algumas proteínas.
Estudante 03	Sim, sua cor irá mudar.
Estudante 04	Sim
Estudante 05	Sim
Estudante 06	Sim, porque a desnaturação pode eliminar as proteínas, afetando na fluorescência.
Estudante 07	Sim, pois tem várias misturas, as vezes vai ao fogo, muda totalmente a consistência (<i>sic</i>).
Estudante 08	Sim, eu acho que a proteína influencia na fluorescência pois com muita proteína ela brilha pouco e sem proteína ela brilha muito.
Estudante 09	Não, pois no tubo da acetona não havia proteínas, em falta dela ou a desnaturando não afetaria sua fluorescência (<i>sic</i>).
Estudante 10	Sim
Estudante 11	Sim, porque a desnaturação pode eliminar as proteínas, afetando na fluorescência.
Estudante 12	A desnaturação pode afetar tanto no brilho com o <i>não sei a palavra</i> então sim ela afeta (<i>sic</i>).

Fonte: elaborado pelo autor, 2023.

Ao analisar o conteúdo, conforme Bardin (2009), categorizamos as respostas em três grupos (Figura 11): (A) *Conexão com o experimento anterior*, sendo respostas que conectam o novo experimento aos fatos observados anteriormente; (B) *Foco na proteína*, respostas que enfatizam a possível relação entre proteínas e fluorescência; e (C) *Respostas negativas*, contendo respostas que negam qualquer efeito da desnaturação na fluorescência.

Figura 11 - Categorização das respostas pré-experimentação - Etapa 02.



Fonte: elaborado pelo autor, 2023.

Ao analisar o discurso, conforme Gee (2014), percebe-se que muitas respostas indicam que os estudantes estão tentando relacionar a fluorescência com a presença ou ausência de proteínas, e também com a possível alteração das reações das proteínas a partir da desnaturação. Como forma de construir um significado, algumas respostas parecem tentar conectar as observações do experimento anterior com a questão atual, demonstrando um esforço dos estudantes para construir um entendimento global dos experimentos.

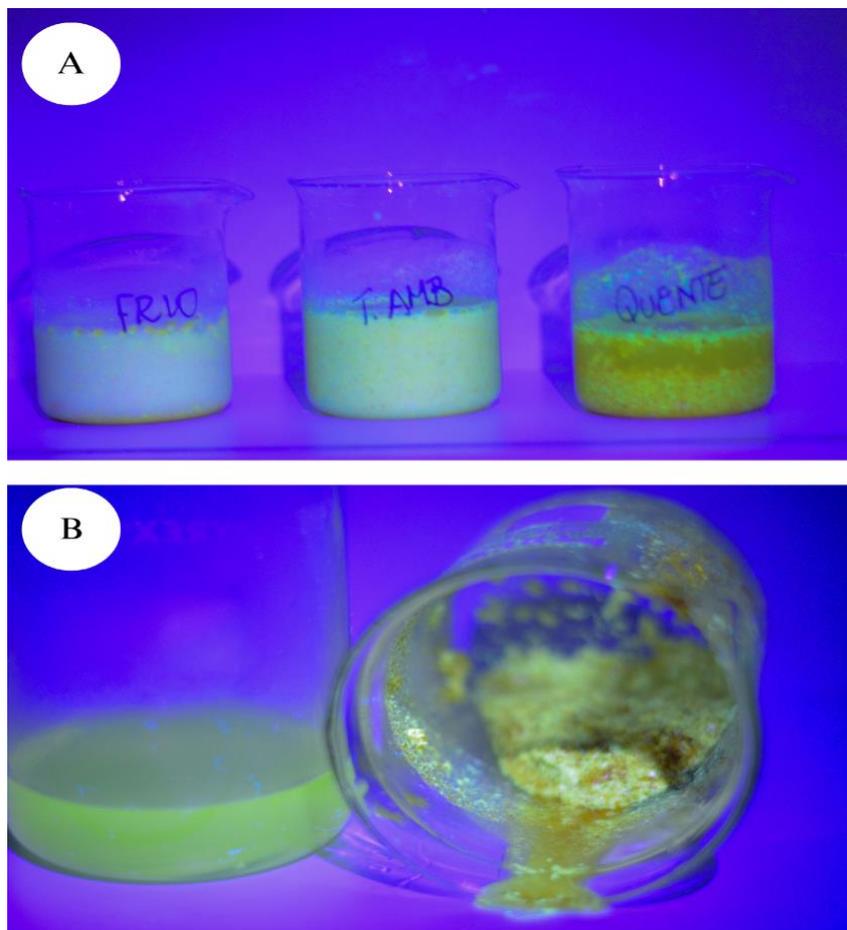
Vale destacar que há uma variedade de respostas, onde a maioria dos estudantes parece acreditar que a desnaturação de proteínas tem o potencial de afetar a fluorescência da cúrcuma. Isso sugere que eles estão relacionando a interação da cúrcuma e suas substâncias com biomoléculas (neste caso, proteínas) à fluorescência. Outro ponto é a conexão com experimentos anteriores, demonstrando a capacidade de integrar informações e fazer construções a partir do conhecimento prévio. Uma das respostas merece destaque por conta da sua singularidade: a mesma sugeriu que a falta de proteínas ou sua desnaturação não afetaria a fluorescência da cúrcuma. Isso indica pensamento crítico e disposição para questionar suposições pré-estabelecidas. Outras respostas, como "*A desnaturação pode afetar tanto no brilho com o não sei a palavra então sim ela afeta*", demonstram incerteza. Trata-se de um ponto de partida possível e útil para discussões adicionais em sala de aula.

Antes de fazer o experimento, os estudantes pareceram inclinados a acreditar que a desnaturação de proteínas afetará a fluorescência da cúrcuma. Esta expectativa pode ser resultado de sua compreensão da interação da cúrcuma com diferentes substâncias, como observado nos experimentos realizados na etapa anterior. Ou reflete a necessidade de a pergunta ser reformulada, para evitar o direcionamento dos estudantes quanto às hipóteses e resultados experimentais.

Após responderem à pergunta norteadora, os estudantes fizeram um experimento sobre a interação da CUR com biomoléculas. Para isso, foram utilizados 100 mL de leite bovino (fonte de proteína) em diferentes temperaturas (aquecido até pouco antes da ebulição, temperatura ambiente (em torno de 25 °C) e frio (armazenado por 24 horas na geladeira, entre 2 e 8 °C), misturado a 5 mL de vinagre, como forma de observar o processo de desnaturação de proteínas. Após observarem a desnaturação de proteínas, evidenciada macroscopicamente pela separação de fases do leite, os estudantes adicionaram a cúrcuma (quantidade?) às três amostras e observaram por 5 minutos. Em seguida, luz negra foi incidida sobre as três amostras, de modo a evidenciar ou não a fluorescência da cúrcuma nas amostras.

Após identificarem em qual recipiente houve maior fluorescência, os estudantes filtraram as amostras e, novamente, incidiram a luz negra nas fases (soro e precipitado), observando em qual das frações houve maior fluorescência (Figura 12).

Figura 12. Fluorescência da cúrcuma no leite sob variações de temperatura. (A) Adição da cúrcuma ao leite desnatado. (B) Fluorescência da cúrcuma na mistura leite quente + vinagre + cúrcuma, após filtração.



Fonte: Acervo do autor, 2023.

Ao realizarem o experimento, conforme roteiro entregue, os estudantes responderam a três perguntas: A) *Em qual dos béqueres houve maior interação da cúrcuma com o leite?*, B) *Formule uma hipótese, baseando-se em seus conhecimentos prévios, e que justificaria o que foi observado* e C) *Agora, no béquer que houve maior fluorescência e com o auxílio do funil e do papel filtro, despeje o conteúdo do béquer e, com o auxílio da lanterna ou lâmpada UV, ilumine o que foi filtrado.*

Com base nas respostas dos estudantes, podemos analisar as descobertas e reflexões deles após a segunda etapa do experimento, pois na primeira pergunta, *Em qual dos béqueres houve maior interação da cúrcuma com o leite?*, há consenso claro entre eles, sendo o leite quente aquele a apresentar maior interação com a cúrcuma. Isso sugere que a temperatura

desempenha um papel significativo na interação da cúrcuma com o leite e, conseqüentemente, na fluorescência.

Na segunda pergunta, *Formule uma hipótese, baseando-se em seus conhecimentos prévios, e que justificaria o que foi observado*, muitos estudantes relacionaram a maior fluorescência com a desnaturação de proteínas. Isso indica que eles estão conectando os conceitos de desnaturação proteica com a fluorescência da cúrcuma. Alguns também mencionaram a influência da temperatura como um fator facilitador para a manifestação da fluorescência. Outros apresentaram uma compreensão mais básica, simplesmente associando calor ao aumento da fluorescência sem entrar em detalhes sobre a desnaturação proteica, conforme apresentado no Quadro 7.

Quadro 7 - Hipóteses dos estudantes justificando o que foi observado no experimento. Erros de ortografia e outras diferenças em relação à norma culta foram mantidos nas respostas.

Estudante	Resposta
Estudante 01	Eu acho que por o leite está quente os elementos conseguiram se misturar mais (<i>sic</i>).
Estudante 02	Com base com a temperatura do leite e com o vinagre adicionado, houve mais desnaturação de proteínas (<i>sic</i>).
Estudante 03	Que o leite em contato com a cúrcuma teve uma reação diferente tanto nele frio quanto na temperatura ambiente (<i>sic</i>).
Estudante 04	A desnaturação da proteína afeta na fluorescência (<i>sic</i>)
Estudante 05	Por estar quente, pode ser que se desnaturou as substâncias que impediam ela de misturar (<i>sic</i>).
Estudante 06	Porque o leite quente deixa ele mais agitado, facilitando a fluorescência.
Estudante 07	Em cada béquer o leite teve um diferente resultado. Em um deles o leite desnatou, no outro o leite não se misturou com a cúrcuma.
Estudante 08	A desnaturação das proteínas no calor, por isso aconteceu o brilho no suco que saía.
Estudante 09	O leite com as proteínas desnaturadas além de talhar mais rápido, também se misturou melhor com a curcuma e o fez ficar mais fluorescente, então pela lógica a falta da proteína faz com que a fique fluorescente (<i>sic</i>).
Estudante 10	A desnaturação da proteína afeta na fluorescência.

Estudante	Resposta
Estudante 11	Por estar quente deixa ele mais fácil para misturar as fluorescências, deixando mais brilhoso (<i>sic</i>).
Estudante 12	Na minha opinião teve uma mais coloramento por causa da temperatura e o vinagre que <i>não sei a palavra</i> , ou foi causa pelos gentes que <i>não sei a palavra</i> com o soro posene no leite (<i>sic</i>).

Fonte: elaborado pelo autor, 2023.

Na terceira pergunta, onde os estudantes devem observar após separação do conteúdo filtrado, eles observaram que tanto o soro quanto a massa (sólido filtrado) exibiram fluorescência, mas houve uma tendência para o soro exibir fluorescência mais intensa. A coloração esverdeada mencionada por um estudante sugere que outras interações podem estar ocorrendo além da simples fluorescência da cúrcuma.

No conteúdo das respostas, em relação à parte experimental, é evidente o estabelecimento da relação entre temperatura e fluorescência, pois há uma conclusão unânime de que o leite quente tinha maior interação, sugerindo que a temperatura pode facilitar a interação entre cúrcuma e proteínas, levando à intensificação da fluorescência. Outro fato que merece destaque é relacionado à desnaturação de proteínas, pois vários estudantes reconheceram que a desnaturação de proteínas (induzida pelo vinagre e temperatura elevada) poderia afetar a fluorescência da cúrcuma. Isso sugere que eles começaram a conectar a estrutura molecular e suas propriedades aos fenômenos observáveis, conhecimento prévio que os estudantes trouxeram de aulas anteriores à sequência.

Com relação ao pensamento crítico dos estudantes, percebe-se que as respostas demonstram uma tentativa de conectar observações experimentais ao conhecimento teórico. Eles tentaram formular hipóteses baseadas em suas observações e o conhecimento adquirido anteriormente, uma vez que o conteúdo de biomoléculas foi estudado no ano anterior.

Para finalizar esta etapa o professor promoveu uma discussão de 20 minutos com a turma, de modo a estabelecer uma relação entre a interação de biomoléculas com a cúrcuma, sob diversas situações, como, por exemplo, variações do valor de pH do meio e os efeitos dessas variáveis na fluorescência observada.

Após a discussão, os estudantes responderam novamente à questão inicial, fornecendo uma reflexão sobre os efeitos da desnaturação de proteínas na fluorescência da cúrcuma, conforme evidenciado no Quadro 8.

Quadro 8 - Respostas dos estudantes a pergunta inicial em um momento pós-experimentação - Etapa 02 . Erros de ortografia e outras diferenças em relação à norma culta foram mantidos nas respostas.

Estudante	Resposta
Estudante 01	No primeiro experimento a acetona foi o que brilhou mais por ele está desnaturado e no último o leite quente foi o que brilhou mais exatamente pelo mesmo motivo. Ainda tem algumas proteínas no leite só que grande parte foi desnaturada (<i>sic</i>).
Estudante 02	O leite quente foi o que brilhou mais pelo motivo da desnaturação, mantendo algumas proteínas no leite, mas também grande parte foi desnaturada (<i>sic</i>).
Estudante 03	Não, a desnaturação da proteína só irá mudar a cor ficar mais clara ou mais escura (<i>sic</i>).
Estudante 04	Sim. Cada tubo teve um efeito diferente, quanto maior a quebra de proteína maior a fluorescência.
Estudante 05	Com o calor as resinas foram queimadas, e as outras nem tiveram reações.
Estudante 06	Com base nas análises feitas, o cúrcuma é facilmente misturado com outros líquidos.
Estudante 07	Não, pois em cada tubo teve um efeito diferente quando adicionado vinagre no leite ele fluoresceu mais. quando colocado no leite ele não fluoresceu tanto, já no leite quente ele fluoresceu totalmente (<i>sic</i>).
Estudante 08	E que no experimento ouve a desnaturação das proteínas e com isso no momento que foi coar o suco que saiu estava sobre o efeito da desnaturação e por isso brilhava (<i>sic</i>).
Estudante 09	Não, a desnaturação de proteínas só ajuda a cúrcuma a se dissolver melhor e ficar mais fluorescente.
Estudante 10	Sim, cada tubo teve um efeito diferente quanto maior a quebra de proteína, maior a fluorescência (<i>sic</i>).
Estudante 11	Com o calor foi possível se misturassem com mais facilidade, pois a queima facilito a mistura dos ingredientes (<i>sic</i>).
Estudante 12	Os compostos que atacavam presente reagiram com a curcuma e assim ficando florescente e assim ficam iluminado (<i>sic</i>).

Fonte: elaborado pelo autor, 2023.

Ao analisar suas respostas, podemos notar alguns padrões e ideias-chave, descritas no Quadro 9.



Quadro 9 - Padrões de respostas dos estudantes durante a Etapa 02

Aspecto	Considerações
Reconhecimento da desnaturação	Muitos estudantes fizeram a conexão entre a desnaturação de proteínas e a intensidade da fluorescência da cúrcuma. Eles notaram que os ambientes onde ocorreu maior desnaturação (acetona e leite quente) também apresentaram maior fluorescência.
Relação com o experimento anterior	Alguns estudantes traçaram paralelos com o experimento anterior, onde a acetona (um solvente apolar) mostrou maior fluorescência. Eles ligaram isso ao fato de que a desnaturação de proteínas poderia tornar o ambiente mais apolar ou, ao menos, mais propício para a manifestação da fluorescência da cúrcuma.
Divergências e incertezas	Enquanto a maioria acredita que a desnaturação das proteínas influencia a fluorescência da cúrcuma, outros estudantes expressaram a ideia de que a fluorescência está mais relacionada à solubilidade da cúrcuma ou à ausência de "ataques" de certos compostos à cúrcuma.
Variação nas respostas	Algumas respostas são mais específicas, mencionando o papel do calor, enquanto outras são amplas e inespecíficas, mencionando "mistura" ou "reação".

Fonte: elaborado pelo autor, 2023.

Percebe-se que, ao final desta etapa, há uma clara tendência na compreensão dos estudantes de que a desnaturação das proteínas desempenha um papel na fluorescência da cúrcuma. Isso indica que o experimento foi bem-sucedido, contribuindo para que os estudantes pudessem fazer esta associação. Além disso, as respostas dos estudantes após a experimentação são mais detalhadas e fundamentadas em observações concretas do que as respostas iniciais. Destaca-se a importância da experimentação na construção do conhecimento, corroborando com Scarpa e Campos (2018).

Conclui-se que esta etapa consolidou o entendimento da maioria dos estudantes sobre a relação entre a desnaturação de proteínas e a fluorescência da cúrcuma. No entanto, as respostas variadas também indicaram a necessidade de mais discussões e explorações para esclarecer conceitos e eliminar equívocos. Esta variedade de interpretações também reforça a importância da experimentação e discussão contínua em sala de aula para garantir a compreensão aprofundada dos conceitos.

Ao analisar as respostas e reflexões dos estudantes nas duas etapas, podemos observar o desenvolvimento de sua compreensão em relação à interação da cúrcuma com diferentes

substâncias e o efeito da desnaturação de proteínas na sua fluorescência, conforme descrito no Quadro 10.

Quadro 10 - Progressão dos estudantes durante as Etapas 01 e 02.

Aspecto	Etapa 01	Etapa 02
Evolução da compreensão sobre a fluorescência da cúrcuma	Os estudantes começaram a investigação com uma compreensão geral da fluorescência da cúrcuma. A relação entre solubilidade em diferentes solventes e fluorescência foi observada, mas o entendimento ainda era rudimentar. As respostas eram, em grande parte, suposições e generalizações.	Após a experimentação com a desnaturação de proteínas, os estudantes demonstraram compreensão mais profunda da influência da estrutura molecular no comportamento da cúrcuma frente à luz negra. A maioria dos estudantes fez a conexão entre a desnaturação de proteínas e a intensidade da fluorescência da cúrcuma.
Aplicação dos conhecimentos prévios	Havia uma tendência em relacionar a fluorescência com a solubilidade, indicando uma tentativa de aplicar conhecimentos anteriores sobre solubilidade e interações químicas.	Os estudantes aplicaram o conhecimento adquirido na primeira etapa para explicar os resultados do segundo experimento. Houve clara tentativa de conectar os conceitos de desnaturação proteica com a fluorescência da cúrcuma, evidenciando a aplicação de aprendizado anterior no novo contexto.
Desenvolvimento do pensamento crítico	Os estudantes se basearam em observações iniciais e suposições para formular hipóteses sobre o comportamento da cúrcuma.	As hipóteses se tornaram mais elaboradas e fundamentadas em observações concretas. Os estudantes tentaram explicar o fenômeno usando termos mais específicos e relacionando-os à estrutura e às propriedades das moléculas envolvidas.
Confiança nas respostas	As respostas dos estudantes eram diversificadas e baseadas em suposições.	Após a experimentação, houve maior convergência nas respostas, indicando uma compreensão mais uniforme e confiante entre os estudantes.

Fonte: elaborado pelo autor, 2023.

Comparando as duas etapas, observamos claramente o progresso dos estudantes quanto à compreensão do conteúdo abordado. A experimentação e a discussão em sala de aula proporcionaram a evolução no entendimento dos estudantes sobre a relação entre a estrutura molecular (especificamente, a desnaturação de proteínas) e propriedades observáveis (como a

fluorescência da cúrcuma). Há evidente evolução do pensamento e comportamento dos estudantes, passando de suposições iniciais para hipóteses mais fundamentadas e refinadas após a segunda etapa da investigação.

Etapa 03: Sistematização do conhecimento

Nesta última etapa (Apêndice G), na qual 12 estudantes participaram, foi elaborado um roteiro contendo um texto informativo sobre a DA e três textos de contextualização, sendo fragmentos de artigos e notícias divulgadas na mídia sobre agregados proteicos e pré-diagnóstico sobre a DA, de modo a discutir e estabelecer uma conexão entre o observado nas aulas e as possíveis aplicações no cotidiano.

O professor iniciou a aula fazendo uma discussão de aproximadamente 30 minutos com a turma sobre a DA, apresentando os sintomas, estágios da doença e os desafios sobre um diagnóstico precoce. Após a discussão e leitura do texto, os estudantes responderam a duas questões: A) *Você é um pesquisador e sabe que a DA é uma doença ainda sem cura e que seu diagnóstico muitas vezes é feito em pacientes cujas alterações no cérebro estão avançadas. A partir disso, que soluções você buscaria para melhorar a qualidade de vida dos pacientes?* e B) *Proponham experimentos que poderiam ser feitos para comprovar a proposta feita na questão anterior.*

Ao analisar as respostas dos estudantes à pergunta sobre a DA e possíveis soluções para melhorar a qualidade de vida dos pacientes, podemos observar alguns padrões e percepções, apresentados no Quadro 11.

Quadro 11 - Padrão de respostas dos estudantes para a primeira questão da Etapa 03

Aspecto	Considerações
Medicamentos e tratamentos médico	Vários estudantes citaram a importância dos medicamentos para tratar e/ou retardar a progressão da doença. Isso sugere que os estudantes compreendem a importância da intervenção médica no tratamento da DA.
Atividades físicas e estimulação cognitiva	A maioria dos estudantes reconheceu o valor das atividades físicas e da estimulação cognitiva como meio de melhorar a qualidade de vida dos pacientes com DA. Isso indica uma compreensão de que, além dos medicamentos, existem outras abordagens terapêuticas que podem ser benéficas.
Qualidade de vida e Bem-estar	Alguns estudantes citaram a importância de proporcionar uma vida tranquila para os pacientes e de exercitar o cérebro, reconhecendo

Aspecto	Considerações
	que o bem-estar geral é crucial para a qualidade de vida.
Perspectiva crítica e ética	Uma resposta, que sugere a morte em casos avançados da doença, destaca a necessidade de abordagens educacionais que incorporem discussões éticas sobre doenças e tratamentos. Esta resposta pode ser um ponto de partida para discussões em sala de aula sobre ética médica e direitos dos pacientes.

Fonte: elaborado pelo autor, 2023.

Analisando o discurso conforme Gee (2014), as respostas dos estudantes refletem uma compreensão variada e multifacetada da DA e das possíveis abordagens de tratamento. Isso sugere que eles foram capazes de estabelecer relações entre o conteúdo apresentado com possíveis soluções práticas e terapêuticas. No entanto, também destaca a importância de integrar discussões éticas e reflexivas nas aulas, para abordar e desafiar percepções que não sejam eticamente apropriadas ou sejam baseadas em informações incompletas.

Analisando as respostas dos estudantes sobre propostas experimentais para comprovar suas sugestões anteriores, podemos observar as tendências e percepções reunidas no Quadro 12.

Quadro 12 - Padrão de respostas dos estudantes para a segunda questão da Etapa 03

Aspecto	Considerações
Enfoque terapêutico	Muitos estudantes se concentraram na ideia de que os medicamentos poderiam ser desenvolvidos ou testados para retardar a progressão da DA (DA). Essa abordagem sugere que eles veem a medicação como uma das principais intervenções terapêuticas na doença.
Estimulação cognitiva	Os estudantes propuseram diversos experimentos que envolvem estimulação cognitiva, como quebra-cabeças, jogos de raciocínio lógico e exercícios de aritmética. Estes métodos são vistos como formas de manter ou melhorar as funções cognitivas dos pacientes com DA.
Abordagens combinadas	Algumas respostas sugerem uma combinação de tratamentos, como a combinação de medicamentos e atividades de estimulação cognitiva. Esta abordagem reconhece que o tratamento da DA pode necessitar de múltiplas intervenções simultaneamente.
Reflexão ética	Assim como na questão anterior, uma resposta sugere a eutanásia como solução para casos avançados da doença. Mais uma vez, essa resposta reforça a necessidade de incorporar discussões éticas nas aulas para garantir que os estudantes tenham uma compreensão abrangente e sensível das implicações de suas propostas.

Fonte: elaborado pelo autor, 2023.

As respostas à pergunta sobre propostas experimentais refletem o pensamento crítico dos estudantes e sua capacidade de elaborar experimentos baseados em seus conhecimentos e percepções. Eles foram capazes de estabelecer relações entre os conhecimentos prévios, adquiridos nas etapas anteriores, com possíveis experimentos práticos. No entanto, é crucial abordar percepções e sugestões que possam ser consideradas eticamente questionáveis para garantir uma compreensão completa e sensível do tema.

Após a discussão do texto sobre a DA, os estudantes analisaram três reportagens relacionadas a agregados proteicos e a pré-diagnóstico sobre a DA como forma de aplicar o conhecimento científico adquirido nas aulas anteriores em um contexto mais amplo, real e atual, relacionado à saúde pública e às aplicações práticas da ciência no diagnóstico de doenças do SNC. Deste modo, os estudantes deveriam responder a seguinte questão problematizadora “*Considerando que a curcumina pode ser considerada uma ferramenta para o diagnóstico da DA, quais os desafios pode-se enfrentar até que essa ferramenta seja utilizada em larga escala?*”. As respostas à pergunta estão reunidas no Quadro 13. Posteriormente, *um momento de discussão de 20 minutos sobre os principais desafios da ciência em utilizar a curcumina como um possível biomarcador para a DA* foi promovido pelo professor.

Quadro 13 - Respostas dos estudantes a pergunta norteadora após leitura dos textos - Etapa 03. Erros de ortografia e outras diferenças em relação à norma culta foram mantidos nas respostas.

Estudante	Resposta
Estudante 01	Pelo fato de que a curcumina interage mais com a acetona (que é apolar) fica complicado porque não podemos jogar acetona no olho. Nosso corpo é composto basicamente de água e água não interagiu tanto com a água. Quais os efeitos colaterais, como seria se a curcuma interagisse com o corpo. A curcuma não interage com a água (<i>sic</i>).
Estudante 02	Uma forma de colocar curcumina no olho, outro desafio é que a acetona interage com mais facilidade pois ela é apolar, diferente da água que é polar e não se interage com a curcumina (<i>sic</i>).
Estudante 03	Que os experimentos que fizemos na aula anterior que a curcumina ainda nao foi testada em seres humanos, porque o corpo humano é basicamente formado por água, mas o maior desafio é saber se a curcumina não da serto em água, se for testada pode ter efeitos colaterais, saber se a curcumina se mistura no sangue. Porque nos experimentos a curcumina se misturou com a acetona que é apolar e esses são os desafios porque água é polar (<i>sic</i>).
Estudante 04	Saber se a curcumina sera ligada diretamente a proteína se não irá prejudicar qualquer outra parte do corpo (<i>sic</i>).

Estudante	Resposta
Estudante 05	A curcumina é muito difícil de chegar ao cérebro (através da água) por ser hidrofóbica, se tivesse uma forma de pegar uma substância que misturasse com água e com curcumina, assim ela com a água transportava a curcumina até o cérebro. Um dos erros também é a curcumina ser transportada pra outro lugar.
Estudante 06	Utilizando a curcuma se consegue realizar vários experimentos para resolver. Porque através dela é possível realizar várias soluções medicinais.
Estudante 07	Saber se a curcumina será ligada diretamente proteína se não ira prejudicar qualquer outra parte do corpo se usar acetona diretamente e quais serão os riscos (<i>sic</i>).
Estudante 08	Saber como a gente pode misturar a curcumina com água presente em nosso corpo; e como saber que a curcumina vai se ligar apenas as proteínas responsáveis pela DA; e saber como a gente vai fazer a curcumina chegar aos globos oculares de maneira segura e como saber que a curcumina não vai ter efeito negativo para a gente (<i>sic</i>).
Estudante 09	Um desafio seria a curcumina ser levada até o olho, o contraste é levado pelo sangue pois não é hidrofóbico, sendo a maior parte do sangue, água. E nos experimentos anteriores vimos que curcumina é apolar w não se mistura com a água, ele é altamente hidrofóbico, sendo assim não pode ser levado pelo sangue até os olhos (<i>sic</i>).
Estudante 10	Conseguir respostas complexas para se aprofundar e achar resoluções que ajudam a reverter a doença (<i>sic</i>).
Estudante 11	Ela se mistura melhor com a acetona nosso sangue é composto por água, o que não torna capaz a mistura, pela água não ser apolar como a acetona torna-se impossível misturá-la gerando grandes desafios, talvez se criassem um líquido apolar como a acetona seria possível (<i>sic</i>).
Estudante 12	Produção, dependência, custo de produção; para que ela seja usada com uso de coisa apolares podem ser feita tratamentos, mais com isso viriam os desafios como fornecimento ou quem produz importação e produzir um modo de produzir e como produzir (<i>sic</i>).

Fonte: elaborado pelo autor, 2023.

Analisando o conteúdo das respostas, proposta por Bardin (2009), pode-se perceber algumas categorias emergentes: A) *Interações químicas e propriedades da curcumina* (ex: interação com água, natureza apolar da curcumina), B) *Preocupações práticas e desafios* (ex: como administrar curcumina, efeitos colaterais potenciais) e C) *Comparação com experimentos anteriores* (ligação com a experiência de solubilidade e fluorescência).

A partir da análise do discurso, conforme Gee (2014), percebeu-se nas respostas a existência de um discurso predominantemente relacionado à preocupação e à cautela, uma vez que os estudantes expressam considerações sobre os desafios de implementar um diagnóstico usando curcumina. Há também um discurso de inovação e esperança, à medida que os estudantes propuseram soluções para superar esses desafios. Em muitas respostas, percebeu-se a presença do discurso científico, reafirmando o que foi aprendido nas aulas anteriores e aplicando o conhecimento adquirido em um novo contexto.

Considerando a análise fenomenológica, segundo Bogdan e Biklen (1994), as respostas dos estudantes não podem ser vistas isoladamente, e sim em relação ao contexto das aulas anteriores, experimentos realizados e reportagens lidas. Os estudantes estão claramente relacionando suas experiências anteriores às informações nas reportagens para formar respostas bem fundamentadas. O significado construído pelos estudantes é evidente nas respostas que trazem elementos relacionados à curcumina, que inicialmente era apenas um componente de um experimento de laboratório e, em seguida, passou a apresentar potencial real para impactar vidas e tratar uma doença que acomete toda a população mundial. Essa transição da teoria à prática é uma evidência clara de aprendizado significativo.

Com base nos diferentes aspectos analisados, conforme Bardin (2009), Gee (2014) e Bogdan e Biklen (1994), a sequência didática mostrou que os estudantes conseguiram relacionar conhecimentos prévios com novas informações, evidenciando compreensão sólida e contextualizada do tópico em discussão. Eles demonstraram capacidade de pensamento crítico, análise e aplicação do conhecimento em um contexto real e relevante. Além disso, as respostas relacionaram-se aos discursos presentes nas aulas e reportagens, ilustrando a influência do contexto e da experiência anterior na construção do conhecimento.

4.3. Potencialidades do Recurso Educacional

A SEI elaborada buscou refletir a respeito da eficácia e da relevância de uma abordagem integrada e aplicada ao ensino de ciências da natureza. Inicialmente, podemos ressaltar a integração entre teoria e prática, onde os estudantes não apenas se engajaram em conceitos teóricos, mas também os aplicaram em contextos experimentais. Além disso, promoveu-se o pensamento crítico dos estudantes, corroborando os princípios norteadores da BNCC. Por meio de perguntas problematizadoras e experimentos desafiadores, os estudantes foram incentivados a pensar de forma analítica e a formular hipóteses com base em observações e conhecimentos

prévios. Esse desenvolvimento do pensamento crítico é amplamente reconhecido como competência fundamental ao ensino ao aprendizado de ciências.

A SEI também demonstrou forte conexão a questões reais e atuais. Ao discutir temas como a DA e a potencial aplicação da CUR em métodos diagnósticos, os estudantes puderam ver como o conhecimento científico tem implicações diretas no mundo real, aumentando o interesse e a relevância do aprendizado. Importante destaque deve ser dado à promoção da autonomia dos estudantes. As atividades foram desenhadas para que os estudantes assumissem papel ativo em seu processo de aprendizagem, fomentando a independência e a autoconfiança. Adicionalmente, a SEI enfatizou o desenvolvimento de habilidades de investigação. A abordagem investigativa adotada é essencial para o desenvolvimento do Ensino de Ciências por Investigação, envolvendo coleta, análise e interpretação de dados, conforme Pedaste *et al.* (2015).

A interdisciplinaridade presente na SEI também foi algo notável. Ao incorporar temas abordados na química, física e biologia, os estudantes puderam compreender como diferentes componentes curriculares se interligam e são aplicados ao mundo real. Esta abordagem interdisciplinar é amplamente defendida como essencial no Novo Ensino Médio. Outro aspecto relevante foi a promoção das competências socioemocionais, empatia e iniciativa social, durante a aplicação. Discussões sobre temas como a DA permitiram aos estudantes desenvolver empatia e compreensão mais aprofundada dos desafios enfrentados por indivíduos e comunidades.

Por fim, a flexibilidade da SEI mostrou-se como uma de suas maiores forças. A sua adaptabilidade às diversas necessidades e interesses dos estudantes demonstra sua aplicabilidade em diferentes contextos de aprendizagem e níveis de escolaridade, podendo ser facilmente adaptada e aplicada no ensino fundamental, médio e superior.

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

O presente trabalho dedicou-se a explorar a compreensão dos estudantes sobre a solubilidade da CUR e sua possível aplicação em contextos médicos, particularmente no pré-diagnóstico da DA, como forma de promover uma aprendizagem significativa, visando a alfabetização científica e estimulando a formação do pensamento crítico. Por meio de três etapas distintas, os estudantes foram expostos a várias dimensões da questão, desde o nível molecular até implicações sociais e éticas. Deste modo, os estudantes foram desafiados a conectar os conceitos teóricos com observações práticas e aplicações reais, refletindo a respeito do objetivo fundamental da educação em ciências, que é promover a integração do conhecimento teórico ao mundo real (Linsingen, 2010).

O material e os métodos adotados fomentaram a aprendizagem ativa e significativa. Começando com experimentos práticos, nas primeiras etapas, e depois avançaram para a abordagem teórica e contextual na terceira etapa, os estudantes foram gradualmente introduzidos ao tema, permitindo que relacionassem novos conhecimentos às experiências anteriores. Além disso, a pesquisa seguiu a prática investigativa, na qual os estudantes foram encorajados a explorar, experimentar e refletir. Considerando a análise global do percurso, na primeira etapa, os estudantes foram introduzidos ao conceito de solubilidade por meio de experiências concretas, que lhes permitiram observar as propriedades da curcumina. As respostas mostraram que os estudantes foram capazes de reconhecer e explicar as propriedades observadas, demonstrando uma compreensão inicial sólida do conceito. A segunda etapa concentrou-se no aprofundamento do conhecimento adquirido, onde os estudantes propuseram experimentos e exploraram soluções para problemas concretos relacionados à solubilidade da curcumina. Esta fase reforçou a importância da aplicação prática na consolidação do aprendizado teórico. Por fim, na terceira etapa, os estudantes foram desafiados a integrar seu conhecimento sobre curcumina com informações novas e complexas relacionadas ao diagnóstico da DA. As respostas revelaram uma habilidade notável em aplicar o conhecimento adquirido a um contexto novo, evidenciando a eficácia da abordagem pedagógica adotada.

O presente trabalho evidencia a importância de metodologias que integrem a teoria e a prática, permitindo aos estudantes a visualização da aplicação real dos conceitos estudados. Reitera-se que a educação em ciências não deve ser vista apenas como a transmissão de fatos isolados, mas sim como uma ferramenta para desenvolver o pensamento crítico, a curiosidade e a capacidade de aplicar o conhecimento em diversos contextos. A pesquisa educacional

demonstrou que, quando os estudantes são expostos a uma abordagem pedagógica investigativa e contextualizada, são capazes de relacionar o conhecimento científico com aplicações práticas. Além disso, eles demonstraram habilidades de pensamento crítico e reflexão, abordando problemas complexos e estruturando soluções.

As escolhas de termos a DA como foco e a curcumina como ferramenta diagnóstica foram particularmente relevantes. A DA é um problema de saúde global, com impactos significativos na sociedade. Ao vinculá-la a um tema tangível como a culinária, os estudantes puderam ver a relevância direta do que estavam aprendendo, tornando o aprendizado mais engajado e pessoal. Além disso, nosso grupo de pesquisa já trabalha com este assunto, desta forma há uma proximidade entre o conhecimento produzido na universidade e o cotidiano das pessoas.

Como qualquer pesquisa, esta também apresenta desafios e limitações. As respostas dos estudantes mostraram uma variedade de entendimentos, o que indica que, enquanto alguns estudantes compreendem plenamente o tema, outros podem precisar de mais orientação. Além disso, a natureza qualitativa da pesquisa, embora rica em detalhes, pode limitar a generalização dos resultados. Este trabalho, portanto, serve como um modelo promissor para futuras abordagens pedagógicas no ensino de ciências, reforçando a ideia de que a aprendizagem é mais eficaz quando os estudantes são ativos em seu processo educacional e são desafiados a conectar o aprendizado teórico com o mundo ao seu redor.

Durante o desenvolvimento deste trabalho, o autor obteve vários frutos profícuos colhidos com atividades desenvolvidas durante o PROFBIO, desde apresentações em eventos, premiações, publicações de artigos e resumos em anais de eventos regionais e nacionais, além de orientação de uma bolsista de Iniciação Científica Júnior, custeada pela CAPES, resultado de premiação de um trabalho apresentado na I Mostra Nacional de Educação em Ciências da Vida e da Natureza, no ano de 2022. São ações que trazem orgulho, pertencimento e aumentam a responsabilidade do autor, reforçando que as habilidades adquiridas ao longo deste processo deverão ser cotidianamente ainda mais aplicadas ao longo da jornada profissional.

REFERÊNCIAS

AGGARWAL, B. B.; KUMAR, A.; BHARTI, A. C. Anticancer potential of curcumin: preclinical and clinical studies. **Anticancer Res.**, Athens, v. 23, n. 1, p. 363-398, jan./fev. 2003.

ATKINS, P. W.; FRIEDMAN, R. S. **Molecular quantum mechanics**. Oxford: Oxford university press, 2011.

ALZHEIMER'S ASSOCIATION. 2021 alzheimer's disease facts and figures. **Alzheimer's & Dementia**, Orlando, v. 17, n. 3, p. 327-406.

ANAND P. *et al.* Bioavailability of curcumin: problems and promises. **Mol Pharm.**, Washington, v. 4, n. 6, p. 807-818, nov./dez. 2007 .

BAGNATO, V. S.; PRATAVIEIRA, S. Luz para o progresso do conhecimento e suporte da vida. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, [S. l.], v. 37, n. 4, 2015.

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

BEER, A. Bestimmung der absorption des rothen lichts in farbigen flüssigkeiten. **Annalen der Physik und Chemie**, Germany, v. 162, n. 5, p. 78-88.

BEGLEY, D. J. Delivery of therapeutic agents to the central nervous system: the problems and the possibilities. **Pharmacol Ther.**, Oxford, v. 104, n. 1, p. 29-45, out. 2004.

BOGDAN, R. C.; BIKLEN, S. K. **Investigação qualitativa em educação: uma introdução à teoria e aos métodos**. Porto: Porto Editora, 1994.

BARRETO, L. P. *et al.* **The Use of Different Translation Devices to Analyze Knowledge-Building in a University Chemistry Classroom**. *Research in Science Education*, v. 51, p. 135-152, 2021.

BRASIL. **Diretrizes curriculares nacionais gerais da educação básica**. Brasília: Ministério da Educação, 2013.

BRASIL. **Base nacional comum curricular**. Brasília: Ministério da Educação, 2018.

BROWN, S., CAMPIONE, N. C. Integrating spectroscopy into the high school chemistry curriculum. **The Science Teacher**, Richmond, v. 84, n. 3, p. 39-45, 2017.

CACHAPUZ, A. *et al.* (org.). **A necessária renovação do ensino das ciências**. São Paulo: Cortez Editora, 2005.

CARVALHO, A. M. P. Fundamentos teóricos e metodológicos do ensino por investigação. *Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências*, Belho Horizonte, v. 18, n. 3, set./dez., 2018. Disponível em: <https://periodicos.ufmg.br/index.php/rbpec/article/view/4852>. Acesso em: 21 jul. 2023.

CHEN, K. *et al.* (2020). A longitudinal study of alzheimer's disease: rates of cognitive and functional decline. **International Journal of Geriatric Psychiatry**, Sussex, v. 35, n. 2, p. 155-165, 2004.

COLE, G. M.; TETER, B.; FRAUTSCHY, S. A. Neuroprotective effects of curcumin. **Adv Exp Med Biol.**, New York, v. 595, p. 197-212, 2007. Disponível em: doi: 10.1007/978-0-387-46401-5_8. Acesso em: 14 jun. 2023.

CUGNASCA, B. S.; SANTOS, A. A. Fluorescência: princípios e algumas aplicações, p. 71 - 79. **Anais [...]** 9º Workshop do Mestrado Profissional Instituto de Química Universidade de São Paulo, 2021.

DURÉ, R. C. *et al.* Ensino de biologia e contextualização do conteúdo: quais temas o estudante de ensino médio relaciona com o seu cotidiano?. **Experiências em Ensino de Ciências**, [S. l.], v. 13, n. 1, p. 259-272, 2018. Disponível em: <https://fisica.ufmt.br/eenciojs/index.php/eenci/article/view/231/209>. Acesso em: 13 jul. 2022.

FANCHIOTTI, B. G. **Estudo da estabilidade da curcumina em quitosanas comercial e anfifílica**. 2019. 66 f. Dissertação (Mestrado em Química) - Universidade de São Paulo, São Carlos, 2019. Disponível em: DOI <https://doi.org/10.11606/D.75.2019.tde-05062019-134029>. Acesso em: 13 jul. 2022.

GEE, J. P. **An introduction to discourse analysis: theory and method**. Routledge: Oxon, 2014.

GONÇALVES, T. M. Uma proposta de aula prática para facilitar o ensino de Bioquímica: Identificando a ação proteolítica de frutas tropicais e do amaciante de carne. **Research, Society and Development**, Vargem Grande Palista, v. 10, n. 6, 2 jun. 2021. Disponível em: <https://rsdjournal.org/index.php/rsd/article/view/15908/14182>. Acesso em: 13 jul. 2022.

GONG, Q. H. *et al.* Protective effects of ginkgo biloba leaf extract on aluminum-induced brain dysfunction in rats. **Life Sci.**, [S. l.], v. 77, n. 2, p. 140-148, may, 2005. Disponível em: doi: 10.1016/j.lfs.2004.10.067. Acesso em: 13 jul. 2022.

HEGER M. *et al.* The molecular basis for the pharmacokinetics and pharmacodynamics of curcumin and its metabolites in relation to cancer. **Pharmacol Rev.**, Baltimore, v. 66, n. 1, p. 222-307, dez. 2013. Disponível em: doi: 10.1124/pr.110.004044. Acesso em: 22 ago. 2022.

INSTITUTO AYRTON SENNA. **Educação integral para o século 21: o desenvolvimento pleno na formação para a autonomia**. Pinheiros: Instituto Ayrton Senna, 2018.

INSTITUTO ALZHEIMER BRASIL. **Estatísticas**, 2021. Disponível em: <https://institutoalzheimerbrasil.org.br/estatisticas/>. Acesso em: 20 ago. 2022.

JELLY, S. Helping children raise questions and answering them. *In*: HARLEN, H. **Primary science: taking the plunge**. 2nd ed. Heinemann: England, 2011.

JIAO, Y., *et. al.* Curcumin, a cancer chemopreventive and chemotherapeutic agent, is a biologically active iron chelator. **Blood**, New York, v. 113, n. 2, p. 462-469, jan. 2009. Disponível em: doi: 10.1182/blood-2008-05-155952. Acesso em: 7 jul. 2022.

JIMÉNEZ-ALEIXANDRE, M. P.; ERDURAN, S. **Argumentation in science education: perspectives from classroom based research**. United Kingdom: Springer, 2010.

JESUS, Y. L.; LOPES, E. T.; COSTA, E. V. Descobrimos as ciências na cultura indígena: pinturas corporais. **Revista Curiá: múltiplos saberes**, Itabaiana, v. 1, n. 1, 2015. Disponível em: <https://seer.ufs.br/index.php/CURIA/article/view/3627>. Acesso em: 4 set. 2022.

JOHNSTONE, A. H. You can't get there from here. **Journal of Chemical Education**, [S. l.], v. 87, n. 1, p. 22-29, 2010.

FRANCISCO JÚNIOR, W. E.; FRANCISCO, W. Proteínas: hidrólise, precipitação e um tema para o ensino de química. **Química Nova na Escola**, São Paulo, n. 24, nov. 2006. Disponível em: <http://qnesc.sbq.org.br/online/qnesc24/ccd1.pdf>. Acesso em: 14 jul. 2022.

KOCAADAM, B.; SANLIER, N. Curcumin, an active component of turmeric (*Curcuma longa*), and its effects on health. **Crit Rev Food Sci Nutr.**, Philadelphia, v. 57, n. 13, 2889-2895, 2017. Disponível em: doi: 10.1080/10408398.2015.1077195. Acesso em: 13 jul 2022.

KRASILCHIK, M. Reformas e realidade: o caso do ensino das ciências. **São Paulo em Perspectiva**, São Paulo, n. 14, mar. 2000. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/spp/a/y6BkX9fCmQFDNnj5mtFgzyF/>. Acesso em: 18 set. 2023.

KUMAR, A.; ERNST, R. R.; WÜTHRICH, K. A two-dimensional nuclear overhauser enhancement (2d noe) experiment for the elucidation of complete proton-proton cross-relaxation networks in biological macromolecules. **Biochemical and Biophysical Research Communications**, [S. l.], v. 95, n. 1, p. 1-6, 1980.

KUNNUMAKKARA, A. B. *et al.* Curcumin, the golden nutraceutical: multitargeting for multiple chronic diseases. **Br J Pharmacol.**, London, v. 174, n. 11, p. 1325-1348, jun. 2017. Disponível em: doi: 10.1111/bph.13621. Acesso em: 20 ago. 2022.

LAKOWICZ, J. R. **Principles of fluorescence spectroscopy**. United Kingdom: Springer, 2006

LAMBERT, J. **Photometria sive de mensura et gradibus luminis, colorum et umbrae**. Germany: Nabu Press, 1760

LINSINGEN, L. V. **Metodologia de ensino de ciências e biologia**. Florianópolis: UFSC, 2010. Disponível em: <https://uab.ufsc.br/biologia/files/2020/08/Metodologia-do-Ensino-de-Ci%C3%A2ncias-e-Biologia.pdf>. Acesso em: 9 jul. 2022.

MANZ, E., LEHRER, R.; SCHAUBLE, L. Rethinking the classroom science investigation. **Journal of Research in Science Teaching**, [S. l.], v. 57, n. 7, p. 1148–1174, 2020. Disponível: <https://doi.org/10.1002/tea.21625>. Acesso em: 9 jul. 2022.

MINAS GERAIS. Secretaria Estadual de Educação. **Currículo referência de Minas Gerais**. Belo Horizonte: [s.n.], 2021.

MUNFORD, D.; LIMA, M. E. C. C. Ensinar ciências por investigação: em quê estamos de acordo?. **Revista Ensaio**, Belo Horizonte, v. 9, n. 1, p. 89-11, jan./jul, 2007. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/epec/a/ZfTN4WwscpKqvwZdxcsT84s/?format=pdf&lang=pt>. Acesso em: 12 ago. 2023.

NASCIMENTO, F.; FERNANDES, H. L.; MENDONÇA, V. M. O ensino de ciências no Brasil: história, formação de professores e desafios atuais. **Revista HISTEDBR**, Campinas, v. 10, n. 39, p. 225–249, 2012. Disponível em: <https://periodicos.sbu.unicamp.br/ojs/index.php/histedbr/article/view/8639728>. Acesso em: 18 set. 2023.

ORGANIZAÇÃO MUNDIAL DA SAÚDE (OMS). **Dementia**, 2020. Disponível em: <https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/dementia>. Acesso em 19 jul. 2023.

PEDASTE, M. *et al.* Phases of inquiry-based learning: definitions and the inquiry cycle. **Educational Research Review**, [S. l.], v. 14, p. 47-61, 2015. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/272946536_Phases_of_inquiry-based_learning_Definitions_and_the_inquiry_cycle. Acesso em: 01 jun. 2022.

PEDROSA, I. **Da cor a cor inexistente**. 10. ed. Rio de Janeiro: Senac Nacional, 2009.

PRIYADARSINI, K. I. The chemistry of curcumin: from extraction to therapeutic agent. **Molecules**, Basel, v. 19, n. 12, p. 20091-20112, dec. 2014.

SASSERON, L. H. Alfabetização científica, ensino por investigação e argumentação: relações entre ciências da natureza e escola. **Revista Ensaio**, Belo Horizonte, v. 17, n. esp., p. 49-67, 2015.

SASSERON, L. H.; CARVALHO, A. M. P. Almejando a alfabetização científica no ensino fundamental: a proposição e a procura de indicadores do processo. **Investigações em Ensino de Ciências**, Porto Alegre, v. 13, n. 3, p. 333-352, 2008. Disponível em: http://www.if.ufrgs.br/ienci/artigos/Artigo_ID199/v13_n3_a2008.pdf. Acesso em: 13 jul. 2022.

SCARPA, D. L.; CAMPOS, N. F. Potencialidades do ensino de biologia por investigação. **Estudos Avançados**, São Paulo, v. 32, n. 94, p. 25-42, 2018. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/329462863_Potencialidades_do_ensino_de_Biologia_por_Investigacao. Acesso em: 13 jul. 2022.

SHUTTERSTOCK. **Close up turmeric, curcuma longa linn, rhizome isolated on white background**. Fotografia. [S.l.: s.n], [20--].

SHUTTERSTOCK. **Coleta de informações de espectro eletromagnético completo, diagrama de ilustração vetorial com comprimentos de onda, frequência e temperatura**. Gravura. [S.l.: s.n], [20--].

SILVA, M. L. C. *et al.* Metodologias ativas para uma aprendizagem significativa. **Brazilian Journal of Development**, Curitiba, v. 7, n. 5, p. 51280-51291, 2021. Disponível em:

<https://www.brazilianjournals.com/index.php/BRJD/article/view/30167/23758>. Acesso em: 13 jul. 2022.

SILVA, J. B. O contributo das tecnologias digitais para o ensino híbrido: o rompimento das fronteiras espaço-temporais historicamente estabelecidas e suas implicações no ensino. **Revista de estudos em Linguagens e Tecnologia**, Rio de Janeiro, v. 15, n. 2, p. 1-11, 2017. Disponível em: <http://artefactum.rafrom.com.br/index.php/artefactum/article/view/1531>. Acesso em: 13 jul. 2022.

SILVA-BATISTA, I. C.; MORAES, R. R. História do ensino de ciências na educação básica no brasil (do império até os dias atuais). **Revista Educação Pública**, Rio de Janeiro, v. 19, n. 26, out. 2019. Disponível em: <https://educacaopublica.cecierj.edu.br/artigos/19/26/historia-do-ensino-de-ciencias-na-educacao-basica-no-brasil-do-imperio-ate-os-dias-atuais>. Acesso em: 27 nov. 2023.

STROUPE, D.; MOON, J.; MICHAELS, S. Introduction to special issue: epistemic tools in science education. **Science Education**, [S. l.], v. 103, n. 4, p. 948–951. DOI: <https://doi.org/10.1002/sce.21512>. Acesso em: 10 jun. 2022.

TSIEN, R.Y. The green fluorescent protein. **Annual Review of Biochemistry**, Palo Alto, v. 67, p. 509-544, 1998.

YANG, F. *et al.* Curcumin inhibits formation of amyloid beta oligomers and fibrils, binds plaques, and reduces amyloid in vivo. **J Biol Chem.**, Baltimore, v. 280, n. 7, p.5892-5901, 2005.

WANG, F. *et al.* Quantitative determination of proteins based on strong fluorescence enhancement in curcumin-chitosan-proteins system. **Journal of Fluorescence**, New York, v. 22, n. 2, p. 615–622, 2012. Disponível em: DOI <https://doi.org/10.1007/s10895-011-0997-x>. Acesso em: 21 mar. 2022.

ZEZELL, D. M. Biofotônica e lasers levando luz para doenças. **Brazilian Dental Science**, [S. l.], v. 20, n. 4, 2017. Disponível em: <http://repositorio.ipen.br/bitstream/handle/123456789/28452/24227.pdf?sequence=1>. Acesso em: 3 set. 2022.

APÊNDICE A - Termo de assentimento livre e esclarecido (TALE)

TERMO DE ASSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO (TALE)

(Em atendimento à Resolução CNS 466/12)

Olá, estudante! Você está sendo convidado(a) a participar, como voluntário(a), da pesquisa **“NEM TUDO QUE RELUZ É OURO: Fluorescência da curcumina para uma aprendizagem significativa no ensino de Bioquímica e doenças degenerativas do Sistema Nervoso Central”**, projeto de responsabilidade do Prof. Dr. Rafael Pinto Vieira, docente da Universidade Federal de Minas Gerais e orientador no Mestrado Profissional em Ensino de Biologia, no qual Vinícius Aparecido Braz, professor de Biologia, Mestrando, e a Ma. Ludmila Corrêa dos Reis Gonçalves, professora de Biologia, é colaboradora. O projeto será conduzido na Escola Estadual José Pereira Cançado, em Caeté, Minas Gerais, e é parte das exigências para o Prof. Vinícius obter o título de Mestre.

Nós sabemos que os (as) estudantes, no ensino médio, têm a Bioquímica como um dos assuntos mais rejeitados e de difícil assimilação, por necessitar de uma variedade de termos e processos específicos para sua discussão, muitas vezes abstratos para esta etapa de ensino, tornando o processo de ensino e aprendizagem um grande desafio. Logo o motivo que nos leva a realizar esta pesquisa é propor estratégias de ensino para contribuir significativamente na melhora do ensino de Bioquímica, uma vez que ela está presente no cotidiano de todos, encontrada na elaboração de medicamentos, vacinas, desenvolvimento de produtos de consumo, e mesmo em atividades cotidianas, como cozinhar. Nesta pesquisa, pretendemos promover a aproximação entre os (as) estudantes e o conhecimento científico fortalecendo o entendimento das correlações existentes entre o submicro, o micro e o macro, associando-as à vida cotidiana e ao conhecimento científico construído diariamente em sala de aula. Como ferramentas dessa construção, serão utilizadas temáticas associadas à Bioquímica e suas implicações nas diversas áreas de conhecimento, tendo como ponto de partida a luz e seus fenômenos de luminescência relacionados à bioquímica de proteínas, aplicando os conceitos de fluorescência e fosforescência em diversos materiais e situações objetivando uma associação entre a teoria e prática. Ao final da aplicação das atividades previstas para este projeto, pretende-se elaborar e divulgar materiais de apoio pedagógico como Sequência de Ensino Investigativo (SEI) e livro paradidático, inserido do projeto de Extensão Dimensões (404313), que servirão

como ferramentas para os docentes da educação básica, com o intuito de ampliar literaturas de metodologias ativas para uma aprendizagem significativa que possam ser utilizadas em sala de aula. Além disso, com os resultados obtidos com esta pesquisa espera-se publicar artigos em anais, congressos, revistas e jornais como forma de promover o incentivo do ensino por investigação na educação básica, uma vez que essa proposta estimula o aprendizado tendo os estudantes como protagonistas do processo de ensino e aprendizagem.

Caso você concorde com a participação do(a) menor, vamos fazer as seguintes atividades: (1) retomar conceitos básicos de Bioquímica, estudados no 1º Ano do Ensino Médio, como forma de estabelecer a ponte entre o macro e micro/submicro, onde serão realizados experimentos envolvendo a fluorescência da cúrcuma, que possui efeito luminescente, de modo que os estudantes possam estabelecer uma relação entre a interação de pigmentos, como a cúrcuma, com solventes de diferentes polaridades; (2) tendo como referência a fluorescência da cúrcuma, os(as) estudantes irão realizar experimentos sobre a interação da cúrcuma com biomoléculas em diferentes situações, de modo a saber se haverá ou não fluorescência. Para isso será utilizado o leite (contendo proteína) interagindo com o vinagre, limão e acetona, como forma de observar o processo de desnaturação de proteínas, de modo a estabelecer uma relação entre a interação de biomoléculas com a cúrcuma, sob diversas situações, como por exemplo, variação de pH do meio, e a fluorescência; (3) para finalizar, serão apresentados para a turma fragmentos de artigos sobre agregados proteicos e sua relação com doenças neurodegenerativas, como a DA, de modo a estabelecer uma conexão entre o observado nas aulas e as possíveis aplicações no cotidiano, com o intuito de fazer a relação de todas as etapas para consolidar os conhecimentos acerca da Bioquímica do SNC.

A sua participação na pesquisa é voluntária e ocorrerá durante as aulas de Biologia, por meio de preenchimento de questionários, além da participação e realização da sequência didática descrita acima. Os riscos envolvidos na pesquisa são aqueles inerentes a qualquer atividade escolar que o(a) menor já tem desenvolvido ao longo de sua escolarização e consistem na possibilidade de constrangimento ao responder questionários, desconforto, medo, vergonha, estresse e cansaço ao responder perguntas, além do receio de haver quebra de sigilo sobre seu desempenho e prejuízo em notas recebidas na escola. Os responsáveis pela pesquisa estão atentos para minimizar esses riscos e, por isso, os(as) estudantes não receberão nenhuma nota vinculada às atividades deste projeto e terão todo o apoio do professor de Biologia para esclarecimento de dúvidas. Todo o monitoramento do trabalho é proposto de maneira ética e será previamente discutido com os(as) estudantes e responsáveis, com contínua informação

sobre as etapas do projeto. A pesquisa ajudará a aproximar o entendimento da Bioquímica no contexto escolar. A SEI produzida, bem como o material complementar de apoio e o artigo científico, contribuirão para que outros(as) estudantes e professores(as), de outras localidades, possam também aprender mais sobre a Bioquímica. Os riscos decorrentes de acidentes durante a prática no laboratório, serão minimizados com o acompanhamento direto do professor, que seguirá todas as normas de biossegurança.

Ao participar desta pesquisa, você não terá nenhum custo, mas também não receberá qualquer vantagem financeira, visto que o projeto só agrega valor pelo conhecimento, que será divulgado livremente. Apesar disso, caso sejam identificados e comprovados quaisquer danos provenientes desta pesquisa, o(a) menor e o responsável têm assegurado o direito a indenização.

Este termo de consentimento encontra-se impresso em duas vias originais, sendo que uma será arquivada pelo pesquisador executor e a outra será fornecida a você. Os dados coletados na pesquisa ficarão arquivados com a pesquisadora executora por um período de 5 (cinco) anos. Decorrido este tempo, a pesquisadora avaliará os documentos para a sua destinação final, de acordo com a legislação vigente. Os pesquisadores tratarão a sua identidade com padrões profissionais de sigilo, atendendo a legislação brasileira (Resolução nº 510/16 do Conselho Nacional de Saúde), utilizando as informações somente para fins acadêmicos e científicos.

Prof. Dr. Rafael Pinto Vieira

Prof^a. Ma. Ludmila C. R. Gonçalves

Prof. Vinícius Aparecido Braz

Eu, _____,
portador(a) do documento de identidade nº _____, declaro que:

	SIM	NÃO
Concordo em participar desta pesquisa		
Concordo com o uso da minha imagem durante o projeto, sem a minha identificação, e das imagens obtidas pelo(a) menor para as finalidades desta pesquisa e para seus produtos		
Fui devidamente informado(a) sobre todos os aspectos e motivação desta pesquisa, pude esclarecer minhas dúvidas e sei que, a qualquer momento, poderei solicitar novas informações e modificar minha decisão sobre a participação se assim o desejar		
Recebi uma via original deste termo de consentimento livre e esclarecido, assinado por mim e pela pesquisadora executora		

_____, ____ de _____ de 2023.

Assinatura do participante: _____

Assinatura do responsável pelo participante: _____

Assinatura do pesquisador executor: _____

Pesquisador Executor: Mestrando Vinícius Aparecido Braz
 Universidade Federal de Minas Gerais, Instituto de Ciências Biológicas, PROFBIO
 Endereço: Av. Antônio Carlos, no 6627, Pampulha, CEP 31270-901
 Belo Horizonte - MG, Brasil.
 Fone: (31) 3409 2639 – E-mail: viniciusbraz@ufmg.br

Pesquisadora Colaboradoracolab: Ma. Ludmila Corrêa dos Reis Gonçalves
 Universidade Federal de Minas Gerais, Instituto de Ciências Biológicas, PROFBIO
 Endereço: Av. Antônio Carlos, no 6627, Pampulha, CEP 31270-901
 Belo Horizonte - MG, Brasil.
 Fone: (31) 3409 2639 – E-mail: ludmilareisbio@ufmg.br

Pesquisador Responsável: Prof. Dr. Rafael Pinto Vieira
 Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG). Departamento de Bioquímica e Imunologia.
 Endereço: Av. Antônio Carlos, no 6627, Pampulha, CEP 31270-901
 Belo Horizonte - MG, Brasil.
 Fone: (31) 3409 2639 – E-mail: vieirarp@icb.ufmg.br

Em caso de dúvidas, com respeito aos aspectos éticos desta pesquisa, você poderá consultar:

*Comitê de Ética em Pesquisa da UFMG
Unidade Administrativa II, 2º Andar, Sala 2005
Telefone: (031)3409-4592 - E-mail: coep@prpq.ufmg.br
Horário de atendimento: 09 às 11 e das 14 às 16 horas*

APÊNDICE B - Termo de consentimento livre e esclarecido (TCLE)**TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO (TCLE)****(Em atendimento à Resolução CNS 466/12)**

O(a) menor _____

sob sua responsabilidade está sendo convidado(a) a participar, como voluntário(a), da pesquisa **“NEM TUDO QUE RELUZ É OURO: Fluorescência da curcumina para uma aprendizagem significativa no ensino de Bioquímica e doenças degenerativas do Sistema Nervoso Central”**, projeto de responsabilidade do Prof. Dr. Rafael Pinto Vieira, docente da Universidade Federal de Minas Gerais e orientador no Mestrado Profissional em Ensino de Biologia, no qual Vinícius Aparecido Braz, professor de Biologia, Mestrando, e a Ma. Ludmila Corrêa dos Reis Gonçalves, professora de Biologia, é colaboradora. O projeto será conduzido na Escola Estadual José Pereira Cançado, em Caeté, Minas Gerais, e é parte das exigências para o Prof. Vinícius obter o título de Mestre.

Nós sabemos que os(as) estudantes, no ensino médio, têm a Bioquímica como um dos assuntos mais rejeitados e de difícil assimilação, por necessitar de uma variedade de termos e processos específicos para sua discussão, muitas vezes abstratos para esta etapa de ensino, tornando o processo de ensino e aprendizagem um grande desafio. Logo o motivo que nos leva a realizar esta pesquisa é propor estratégias de ensino para contribuir significativamente na melhora do ensino de Bioquímica, uma vez que ela está presente no cotidiano de todos, encontrada na elaboração de medicamentos, vacinas, desenvolvimento de produtos de consumo, e mesmo em atividades cotidianas, como cozinhar. Nesta pesquisa, pretendemos promover a aproximação entre os(as) estudantes e o conhecimento científico fortalecendo o entendimento das correlações existentes entre o submicro, o micro e o macro, associando-as à vida cotidiana e ao conhecimento científico construído diariamente em sala de aula. Como ferramentas dessa construção, serão utilizadas temáticas associadas à Bioquímica e suas implicações nas diversas áreas de conhecimento, tendo como ponto de partida a luz e seus fenômenos de luminescência relacionados à bioquímica de proteínas, aplicando os conceitos de fluorescência e fosforescência em diversos materiais e situações objetivando uma associação entre a teoria e prática. Ao final da aplicação das atividades previstas para este projeto, pretende-se elaborar e divulgar materiais de apoio pedagógico como Sequência de Ensino Investigativo (SEI) e livro paradidático, inserido do projeto de Extensão Dimensões (404313), que servirão como ferramentas para os docentes da educação básica, com o intuito de ampliar literaturas de

metodologias ativas para uma aprendizagem significativa que possam ser utilizadas em sala de aula. Além disso, com os resultados obtidos com esta pesquisa espera-se publicar artigos em anais, congressos, revistas e jornais como forma de promover o incentivo do ensino por investigação na educação básica, uma vez que essa proposta estimula o aprendizado tendo os estudantes como protagonistas do processo de ensino e aprendizagem.

Caso você concorde com a participação do(a) menor, vamos fazer as seguintes atividades: (1) retomar conceitos básicos de Bioquímica, estudados no 1º Ano do Ensino Médio, como forma de estabelecer a ponte entre o macro e micro/submicro, onde serão realizados experimentos envolvendo a fluorescência da cúrcuma, que possui efeito luminescente, de modo que os estudantes possam estabelecer uma relação entre a interação de pigmentos, como a cúrcuma, com solventes de diferentes polaridades; (2) tendo como referência a fluorescência da cúrcuma, os(as) estudantes irão realizar experimentos sobre a interação da cúrcuma com biomoléculas em diferentes situações, de modo a saber se haverá ou não fluorescência. Para isso será utilizado o leite (contendo proteína) interagindo com o vinagre, limão e acetona, como forma de observar o processo de desnaturação de proteínas, de modo a estabelecer uma relação entre a interação de biomoléculas com a cúrcuma, sob diversas situações, como por exemplo, variação de pH do meio, e a fluorescência; (3) para finalizar, serão apresentados para a turma fragmentos de artigos sobre agregados proteicos e sua relação com doenças neurodegenerativas, como a DAAA, de modo a estabelecer uma conexão entre o observado nas aulas e as possíveis aplicações no cotidiano, com o intuito de fazer a relação de todas as etapas para consolidar os conhecimentos acerca da Bioquímica do SNC.

Os riscos envolvidos na pesquisa são aqueles inerentes a qualquer atividade escolar que o(a) menor já tem desenvolvido ao longo de sua escolarização e consistem na possibilidade de constrangimento ao responder questionários, desconforto, medo, vergonha, estresse e cansaço ao responder perguntas, além do receio de haver quebra de sigilo sobre seu desempenho e prejuízo em notas recebidas na escola. Os responsáveis pela pesquisa estão atentos para minimizar esses riscos e, por isso, os(as) estudantes não receberão nenhuma nota vinculada às atividades deste projeto e terão todo o apoio do professor de Biologia para esclarecimento de dúvidas. Todo o monitoramento do trabalho é proposto de maneira ética e será previamente discutido com os(as) estudantes(as) e responsáveis, com contínua informação sobre as etapas do projeto. A pesquisa ajudará a aproximar o entendimento da Bioquímica no contexto escolar. A SEI produzida, bem como o material complementar de apoio e o artigo científico, contribuirão para que outros(as) estudantes e professores(as), de outras localidades, possam também aprender mais sobre a Bioquímica. Os riscos decorrentes de acidentes durante a prática

no laboratório, serão minimizados com o acompanhamento direto do professor, que seguirá todas as normas de biossegurança.

Ao participar desta pesquisa, o(a) menor sob sua responsabilidade e você não terão nenhum custo, mas também não receberão qualquer vantagem financeira, visto que o projeto só agrega valor pelo conhecimento, que será divulgado livremente. Apesar disso, caso sejam identificados e comprovados quaisquer danos provenientes desta pesquisa, o(a) menor e você têm assegurado o direito a indenização.

O(a) menor terá todas as informações que quiser sobre esta pesquisa e estará livre para participar ou não da pesquisa. Você, como responsável pelo(a) menor, poderá retirar seu consentimento e interromper a participação a qualquer momento. Mesmo que você concorde agora em deixá-lo(a) participar, você pode voltar atrás e suspender a participação a qualquer momento. A participação do(a) estudante é voluntária e o fato de não participar não trará qualquer penalidade ou mudança na forma em que o(a) estudante é atendido(a); ele(a) participará de todas as atividades de ensino, parte de sua formação no segundo ano do Ensino Médio, mas seus dados não serão considerados para esta pesquisa se você não estiver de acordo. Os resultados da pesquisa estarão à sua disposição quando finalizada. O nome ou o material que indique a participação do(a) menor não será liberado sem a sua permissão explícita neste documento e o(a) menor não será identificado(a) em nenhum documento que possa comprometer-lo(a) de qualquer forma.

Em caso de você vier a sofrer qualquer tipo de dano resultante de sua participação na pesquisa, previsto ou não no documento de consentimento, têm direito a solicitar indenização, por meios legais, por parte do pesquisador, do patrocinador e das instituições envolvidas nas diferentes fases da pesquisa

Este termo de consentimento encontra-se impresso em duas vias originais, sendo que uma será arquivada pelo pesquisador executor e a outra será fornecida a você. Os dados coletados na pesquisa ficarão arquivados com o pesquisador executor por um período de 5 (cinco) anos. Decorrido este tempo, o pesquisador avaliará os documentos para a sua destinação final, de acordo com a legislação vigente. Os pesquisadores tratarão a sua identidade com padrões profissionais de sigilo, atendendo a legislação brasileira (Resolução nº 510/16 do Conselho Nacional de Saúde), utilizando as informações somente para fins acadêmicos e científicos.

 Prof^ª. Ma. Ludmila C. R. Gonçalves

 Prof. Vinícius Aparecido Braz

Eu, _____,
 portador(a) do documento de identidade nº _____, declaro que:

	SIM	NÃO
Concordo com a participação do(a) menor identificado(a) no início deste documento nesta pesquisa		
Concordo com o uso da imagem do(a) menor durante o projeto, sem sua identificação, e das imagens obtidas pelo(a) menor para as finalidades desta pesquisa e para seus produtos		
Fui devidamente informado(a) sobre todos os aspectos e motivação desta pesquisa, pude esclarecer minhas dúvidas e sei que, a qualquer momento, poderei solicitar novas informações e modificar minha decisão sobre a participação se assim o desejar		
Recebi uma via original deste termo de consentimento livre e esclarecido, assinado por mim e pela pesquisadora executora		

_____, _____ de _____ de 2023.

Assinatura do participante, pai ou responsável: _____

Assinatura do pesquisador executor: _____

Pesquisador Executor: Mestrando Vinícius Aparecido Braz

Universidade Federal de Minas Gerais, Instituto de Ciências Biológicas, PROFBIO

Endereço: Av. Antônio Carlos, no 6627, Pampulha, CEP 31270-901

Belo Horizonte - MG, Brasil.

Fone: (31) 3409 2639 – E-mail: viniciusbraz@ufmg.br

Pesquisadora Colaboradora: Ma. Ludmila Corrêa dos Reis Gonçalves

Universidade Federal de Minas Gerais, Instituto de Ciências Biológicas, PROFBIO

Endereço: Av. Antônio Carlos, no 6627, Pampulha, CEP 31270-901

Belo Horizonte - MG, Brasil.

Fone: (31) 3409 2639 – E-mail: ludmilareisbio@ufmg.br

Pesquisador Responsável: Prof. Dr. Rafael Pinto Vieira

Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG). Departamento de Bioquímica e Imunologia.

Endereço: Av. Antônio Carlos, no 6627, Pampulha, CEP 31270-901

Belo Horizonte - MG, Brasil.

Fone: (31) 3409 2639 – E-mail: vieirarp@icb.ufmg.br

Em caso de dúvidas, com respeito aos aspectos éticos desta pesquisa, você poderá consultar:

Comitê de Ética em Pesquisa da UFMG

Unidade Administrativa II, 2º Andar, Sala 2005

Telefone: (031)3409-4592 - E-mail: coep@prpq.ufmg.br

Horário de atendimento: 09 às 11 e das 14 às 16 horas

APÊNDICE C - Declaração de aprovação do projeto de extensão “Dimensões”



UNIVERSIDADE FEDERAL DE MINAS GERAIS
INSTITUTO DE CIÊNCIAS BIOLÓGICAS
CENTRO DE EXTENSÃO

APROVAÇÃO DE ATIVIDADES DE EXTENSÃO PELA CÂMARA DEPARTAMENTAL OU ESTRUTURA EQUIVALENTE

A atividade de extensão intitulada “**Dimensões**”, coordenada pelo(a) **Prof. Rafael Pinto Vieira** do Departamento de Bioquímica e Imunologia, foi aprovada pelas instâncias competentes, conforme quadro abaixo. Estas instâncias declaram-se cientes de que a equipe integrante desta atividade terá carga horária neste projeto sem prejuízo de suas outras atividades acadêmicas e funcionais, bem como comprometem-se a oferecer infraestrutura e condições necessárias para o desenvolvimento da atividade de extensão por elas aprovadas. Para o CENEX/ICB o período de vigência será de 05 (cinco) anos, a contar da data de aprovação em Congregação do ICB.

Atividade de Extensão n° SIEX: 404313

(campo preenchido pelo CENEX)

Instância de aprovação	Data
Câmara Departamental ou Estrutura Equivalente	28/07/2021
Congregação da Unidade ou Órgão Equivalente	10/09/2021

Modelo - Aprovada pelo Conselho da Extensão - 28/06/2019



Documento assinado eletronicamente por **Jader dos Santos Cruz, Chefe de departamento**, em 13/09/2021, às 10:17, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 5º do [Decreto nº 10.543, de 13 de novembro de 2020](#).



Documento assinado eletronicamente por **Carlos Augusto Rosa, Diretor(a) de centro**, em 13/09/2021, às 17:01, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 5º do [Decreto nº 10.543, de 13 de novembro de 2020](#).

APÊNDICE D - Parecer Consubstanciado do CEP

UNIVERSIDADE FEDERAL DE
MINAS GERAIS



PARECER CONSUBSTANCIADO DO CEP

DADOS DO PROJETO DE PESQUISA

Título da Pesquisa: NEM TUDO QUE RELUZ É OURO: fluorescência da curcumina para uma aprendizagem significativa no ensino de Bioquímica e doenças degenerativas do Sistema Nervoso Central

Pesquisador: Rafael Vieira

Área Temática:

Versão: 2

CAAE: 70201123.9.0000.5149

Instituição Proponente: Departamento de Bioquímica e Imunologia da UFMG

Patrocinador Principal: Financiamento Próprio

DADOS DO PARECER

Número do Parecer: 6.264.959

Apresentação do Projeto:

Título da Pesquisa: NEM TUDO QUE RELUZ É OURO: fluorescência da curcumina para uma aprendizagem significativa no ensino de Bioquímica e doenças degenerativas do Sistema Nervoso Central

Pesquisador Responsável: Rafael Vieira

Área temática: Não informada

CAAE: 70201123.9.0000.5149

Versão: 2

Instituição Proponente: UNIVERSIDADE FEDERAL DE MINAS GERAIS

Patrocinador Principal: Financiamento Próprio

Segundo o coordenador do projeto a Biologia na etapa do Ensino Médio está inserida na área de

Endereço: Av. Presidente Antonio Carlos, 6627 2º. Andar Sala 2005 Campus Pampulha
Bairro: Unidade Administrativa II **CEP:** 31.270-901
UF: MG **Município:** BELO HORIZONTE
Telefone: (31)3409-4592 **E-mail:** coep@prpq.ufmg.br

UNIVERSIDADE FEDERAL DE
MINAS GERAIS



Continuação do Parecer: 6.264.959

Este parecer foi elaborado baseado nos documentos abaixo relacionados:

Tipo Documento	Arquivo	Postagem	Autor	Situação
Informações Básicas do Projeto	PB_INFORMAÇÕES_BÁSICAS_DO_PROJETO_1727049.pdf	19/07/2023 18:03:03		Aceito
Projeto Detalhado / Brochura Investigador	PROJETO_VINICIUS_BRAZ_COEP.pdf	19/07/2023 18:02:29	VINICIUS APARECIDO BRAZ	Aceito
Recurso Anexado pelo Pesquisador	Carta_Resposta_COEP_VB_assinado.pdf	19/07/2023 18:01:26	VINICIUS APARECIDO BRAZ	Aceito
TCLE / Termos de Assentimento / Justificativa de Ausência	TCLE_Vinicius_Braz.pdf	19/07/2023 17:49:13	VINICIUS APARECIDO BRAZ	Aceito
TCLE / Termos de Assentimento / Justificativa de Ausência	TALE_Vinicius_Braz.pdf	19/07/2023 17:48:40	VINICIUS APARECIDO BRAZ	Aceito
Parecer Anterior	PARECER_DEPARTAMENTO_VB.pdf	02/06/2023 11:35:45	VINICIUS APARECIDO BRAZ	Aceito
Parecer Anterior	Parecer_Consubstanciado_VB.pdf	31/05/2023 16:03:19	Rafael Vieira	Aceito
Declaração de Instituição e Infraestrutura	CARTA_ANUENCIA_ESCOLA.pdf	31/05/2023 16:02:19	Rafael Vieira	Aceito
Cronograma	CRONOGRAMA_VB.pdf	31/05/2023 16:02:04	Rafael Vieira	Aceito
Folha de Rosto	FOLHA_ROSTO_VB.pdf	31/05/2023 16:00:48	Rafael Vieira	Aceito

Situação do Parecer:

Aprovado

Necessita Avaliação da CONEP:

Não

BELO HORIZONTE, 28 de Agosto de 2023

Assinado por:
Corinne Davis Rodrigues
(Coordenador(a))

Endereço: Av. Presidente Antonio Carlos, 6627 2º. Andar Sala 2005 Campus Pampulha
Bairro: Unidade Administrativa II **CEP:** 31.270-901
UF: MG **Município:** BELO HORIZONTE
Telefone: (31)3409-4592 **E-mail:** coep@prpq.ufmg.br

APÊNDICE E - Roteiro de Estudos da Etapa 01

Etapa 01: Como estabelecer a ponte entre o macro e micro/submicro?

A cúrcuma, também conhecida pelo nome científico *Curcuma longa*, é uma planta nativa do sul da Ásia, amplamente reconhecida pelo seu papel na culinária, especialmente na cozinha indiana, onde é um ingrediente fundamental em pratos como o curry. A principal parte utilizada desta espécie é o seu rizoma, que possui uma coloração interna amarelo-alaranjada, sendo um potente corante natural. Essa coloração deve-se à presença de um pigmento bioativo, a curcumina, um composto polifenólico de caráter hidrofóbico cujas propriedades terapêuticas têm sido investigadas há décadas pela ciência.

Os cientistas estão investigando a utilização da curcumina como uma molécula de sinalização em testes diagnósticos. Por exemplo, a curcumina pode ser modificada para se ligar a proteínas ou biomarcadores específicos associados a diferentes doenças. Quando a curcumina modificada se liga ao biomarcador alvo, ela pode produzir uma mudança na cor, emitir fluorescência ou gerar outro tipo de sinal detectável. Isso permite a criação de testes diagnósticos sensíveis e específicos para uma variedade de condições médicas.

Agora, pensando bem, será que todo alimento onde é utilizado a cúrcuma ele se torna fluorescente? Observando o doce de arroz, apresentado pelo professor, responda à pergunta abaixo:

Como a solubilidade da cúrcuma pode afetar seu efeito na receita e, conseqüentemente, na interação com a luz que foi observada?

EXPERIMENTO 01: Identificando a fluorescência da cúrcuma

Materiais Necessários:

Água	Barbante ou Elástico
Álcool	Colher descartável
Acetona	Marcador permanente (para identificação dos copos)
Cúrcuma	Tesoura
Tubos Falcon 50ml	Lâmpada ou lanterna UV
Papel filtro	

Procedimentos:

- 1- Faça 3 círculos de papel filtro e forme um cone em cada tubo Falcon, de modo a obter um filtro. Utilize o elástico ou barbante para prender o filtro ao tubo.
- 2- Identifique os tubos Falcon com auxílio do marcador permanente, na seguinte ordem água, álcool e acetona.
- 3- Adicione $\frac{1}{2}$ colher de cúrcuma em cada tubo.
- 4- Com as luzes apagadas adicione aos tubos 1, 2, 3, respectivamente, água, álcool e acetona.
- 5- Com o auxílio da lanterna ou lâmpada UV, ilumine os tubos.
- 6- Analise criteriosamente o que aconteceu em cada tubo.

Interpretando os resultados obtidos:

- A) O que aconteceu em cada tubo?
- B) Como você justificaria a diferença de fluorescência nos tubos?

Discussão:

Após realizar os experimentos e discutir os resultados com a turma, responda à questão inicial.
Como a solubilidade da cúrcuma pode afetar seu efeito na receita e, conseqüentemente, na interação com a luz que foi observada?

Obs: Analise os experimentos e procure associar os resultados obtidos com a sua explicação para a problemática.

APÊNDICE F - Roteiro de Estudos da Etapa 02

Etapa 02: Conexão entre o macro e micro/submicro envolvendo biomoléculas

A interação da curcumina com biomoléculas pode resultar em uma série de efeitos, incluindo a modificação da estrutura e função dessas biomoléculas. A fluorescência desempenha um papel crucial nesse contexto, pois muitos compostos orgânicos, incluindo a curcumina, são capazes de emitir luz fluorescente quando excitados por luz ultravioleta ou visível. Isso permite que os pesquisadores estudem as interações da cúrcuma com biomoléculas de forma sensível e precisa.

A fluorescência da curcumina é frequentemente explorada em estudos de ligação de proteínas, onde a mudança na intensidade ou no espectro de emissão fluorescente pode indicar a formação de complexos entre a curcumina e a proteína alvo. Além disso, a fluorescência pode ser usada para monitorar a localização celular da curcumina e entender como ela interage com membranas celulares e organelas.

A pesquisa sobre a interação da cúrcuma com biomoléculas e fluorescência também tem implicações na área da medicina. Por exemplo, a curcumina tem sido estudada como agente anticancerígeno, e a fluorescência pode ser usada para rastrear sua absorção e distribuição nas células cancerígenas, ajudando a compreender seus mecanismos de ação.

Além disso, a cúrcuma e seus compostos podem ser utilizados como sondas fluorescentes em estudos bioquímicos e farmacológicos, contribuindo para o desenvolvimento de novas terapias e diagnósticos.

Agora, vamos analisar a interação da cúrcuma com biomoléculas em diferentes situações, de modo a saber se haverá ou não fluorescência. Antes de iniciar os experimentos, responda a questão.

A desnaturação de proteínas em um alimento poderá afetar a fluorescência da cúrcuma que for adicionada a este alimento?

EXPERIMENTO 02: Interação da cúrcuma e biomolécula

Materiais Necessários:

Leite	Marcador permanente (para identificação dos copos)
Cúrcuma	Lâmpada ou lanterna UV
Vinagre	Homogeneizador ou colher descartável
Seringa de 5 ml	Funil
Béquer	Papel filtro

Procedimentos:

- 1- Identifique os béqueres, com o auxílio do marcador permanente, respectivamente, Leite frio, Leite em temperatura ambiente e Leite quente.
- 2- Adicione 100 ml de Leite frio, 100 ml de Leite em temperatura ambiente e 100 ml de Leite quente nos respectivos béqueres.
- 3- Adicione 5 ml de vinagre em cada um dos béqueres e aguarde.
- 4- Adicione $\frac{1}{2}$ colher de cúrcuma em cada um dos béqueres e com o auxílio do homogeneizador ou colher descartável, misture cuidadosamente.
- 5- Com o auxílio da lanterna ou lâmpada UV, ilumine os tubos.
- 6- Analise criteriosamente o que aconteceu em cada tubo.

Interpretando os resultados obtidos:

- A) Em qual dos béqueres houve maior interação da cúrcuma com o leite?
- B) Formule uma hipótese baseado nos seus conhecimentos prévios e que justificaria o que foi observado.
- C) Agora, no béquer que houve maior fluorescência com o auxílio do funil e do papel filtro, despeje o conteúdo do béquer e com o auxílio da lanterna ou lâmpada UV, ilumine. Descreva o que aconteceu.

Discussão:

Após realizar os experimentos e discutir os resultados com a turma, responda à questão inicial. A desnaturação de proteínas poderá afetar a fluorescência da cúrcuma?

Obs: Analise os experimentos e procure associar os resultados obtidos com a sua explicação para a problemática.

APÊNDICE G - Roteiro de Estudos da Etapa 03

Etapa 03: Sistematização do conhecimento

A doença de Alzheimer

A Doença de Alzheimer (DA) é uma doença do cérebro, progressiva e fatal, que se manifesta pela deterioração do aprendizado (cognição) e da memória, comprometimento progressivo das atividades de vida diária e uma variedade de sintomas e de alterações do comportamento. Há muitos processos químicos e bioquímicos relacionados à doença e, muitas vezes, a doença pode progredir quando o processamento de certas proteínas do sistema nervoso central começa a dar errado. Surgem, então, dentro dos neurônios e nos espaços que existem entre eles, fragmentos de proteínas cortadas e forma diferente do usual e que podem ser, tóxicas, . Como consequência dessa toxicidade, pode ocorrer perda progressiva de neurônios em certas regiões do cérebro, como o hipocampo, que está relacionado à memória, e o córtex cerebral, essencial para a linguagem e o raciocínio, memória, reconhecimento de estímulos sensoriais e pensamento abstrato.

A causa exata ainda é desconhecida, mas acredita-se que pode estar relacionada às proteínas acima citadas, além de fatores ambientais e genéticos em casos específicos. A Doença de Alzheimer (DA) é a forma mais comum de demência neurodegenerativa em pessoas de idade, sendo responsável por mais da metade dos casos de demência nessa população.

No Brasil, centros de referência do Sistema Único de Saúde (SUS) oferecem tratamento multidisciplinar integral e gratuito para pacientes com DA, além de medicamentos que ajudam a retardar a evolução dos sintomas. Os cuidados dedicados às pessoas com DA, porém, devem ocorrer em tempo integral. Cuidadores, enfermeiras, outros profissionais e familiares, mesmo fora do ambiente dos centros de referência, hospitais e clínicas, podem encarregar-se de detalhes relativos à alimentação, ambiente e outros aspectos que podem elevar a qualidade de vida dos pacientes.

Os estágios da doença

Importante: Nos casos mais graves da DA, a perda da capacidade das tarefas cotidianas também aparece, resultando em completa dependência da pessoa. A doença pode vir ainda acompanhada de depressão, ansiedade e apatia.

A DA costuma evoluir para vários estágios de forma lenta e inexorável, ou seja, não há o que possa ser feito para barrar o avanço da doença. A partir do diagnóstico, a sobrevivência média das pessoas acometidas por DA oscila entre 8 e 10 anos. O quadro clínico costuma ser dividido em quatro estágios:

- o **Estágio 1 (forma inicial):** alterações na memória, na personalidade e nas habilidades visuais e espaciais;

- o **Estágio 2 (forma moderada):** dificuldade para falar, realizar tarefas simples e coordenar movimentos. Agitação e insônia;

- o **Estágio 3 (forma grave):** resistência à execução de tarefas diárias. Incontinência urinária e fecal. Dificuldade para comer. Deficiência motora progressiva;

- o **Estágio 4 (terminal):** restrição ao leito. Mutismo. Dor à deglutição. Infecções intercorrentes.

Os sintomas da Doença de Alzheimer

O primeiro sintoma da DA, sendo também o mais marcante, é a perda de memória recente. Com a progressão da doença, vão aparecendo sintomas mais graves como, a perda de memória remota (ou seja, dos fatos mais antigos), bem como irritabilidade, falhas na linguagem, prejuízo na capacidade de se orientar no espaço e no tempo.

Entre os principais sinais e sintomas do Alzheimer estão:

- o Falta de memória para acontecimentos recentes;
- o Repetição da mesma pergunta várias vezes;
- o Dificuldade para acompanhar conversações ou pensamentos complexos;
- o Incapacidade de elaborar estratégias para resolver problemas;
- o Dificuldade para dirigir automóvel e encontrar caminhos conhecidos;
- o Dificuldade para encontrar palavras que expressem ideias ou sentimentos pessoais;
- o Irritabilidade, suspeição injustificada, agressividade, passividade, interpretações erradas de estímulos visuais ou auditivos, tendência ao isolamento.

Fatores de risco

Importante: Quanto maior for a estimulação cerebral da pessoa, maior será o número de conexões criadas entre as células nervosas, chamadas neurônios. Esses novos caminhos criados ampliam a possibilidade de contornar as lesões cerebrais, sendo necessária uma maior perda de neurônios para que os sintomas de demência comecem a aparecer. Por isso, uma maneira de retardar o processo da doença é a estimulação cognitiva constante e diversificada ao longo da vida.

A identificação de fatores de risco e da DA em seu estágio inicial e o encaminhamento ágil e adequado para o atendimento especializado dão à Atenção Básica, principal porta de entrada para o Sistema Único de Saúde (SUS), um caráter essencial para um melhor resultado terapêutico e prognóstico dos casos.

Alguns fatores de risco para o Alzheimer são:

- o A idade e a história familiar: a demência é mais provável se a pessoa tem algum familiar que já sofreu do problema;

- o Baixo nível de escolaridade: pessoas com maior nível de escolaridade geralmente executam atividades intelectuais mais complexas, que oferecem uma maior quantidade de estímulos cerebrais.

Prevenção

A Doença de Alzheimer ainda não possui uma forma de prevenção específica, no entanto os médicos acreditam que manter a cabeça ativa e uma boa vida social, regada a bons hábitos e estilos, pode retardar ou até mesmo inibir a manifestação da doença. Com isso, as principais formas de prevenir, não apenas a DA, mas outras doenças crônicas como diabetes, câncer e hipertensão, por exemplo, são:

- o Estudar, ler, pensar, manter a mente sempre ativa;
- o Fazer exercícios de aritmética;
- o Jogos inteligentes;
- o Atividades em grupo;
- o Não fumar;

- o Não consumir bebida alcoólica;
- o Ter alimentação saudável e regrada;
- o Fazer prática de atividades físicas regulares.

Como é feito o diagnóstico da Doença de Alzheimer?

O diagnóstico da Doença de Alzheimer é por exclusão. O rastreamento inicial deve incluir avaliação de depressão e exames de laboratório com ênfase especial na função da tireoide e nos níveis de vitamina B12 no sangue.

Qual médico pode diagnosticar e tratar a DA?

A DA pode ser tratada pelo psiquiatra geriatria ou por um neurologista especializado no tratamento da DA.

Como saber se uma pessoa está com DA?

O diagnóstico da DA no paciente que apresenta problemas de memória é baseado na identificação das modificações cognitivas específicas. Exames físicos e neurológicos cuidadosos acompanhados de avaliação do estado mental para identificar os déficits de memória, de linguagem, além de visoespaciais, que é a percepção de espaço.

Vale ressaltar mais uma vez que o diagnóstico precoce, o tratamento adequado e em tempo oportuno é fundamental para possibilitar o alívio dos sintomas e a estabilização ou retardo da progressão da doença.

Tratamento

O tratamento da DA é medicamentoso e os pacientes têm à disposição a oferta de medicamentos capazes de minimizar os distúrbios da doença, que devem ser prescritos pela equipe médica. O objetivo do tratamento medicamentoso é, também, propiciar a estabilização do comprometimento cognitivo, do comportamento e da realização das atividades da vida diária (ou modificar as manifestações da doença), com um mínimo de efeitos adversos.

Por Ministério da Saúde [Adaptado]. Publicado em 14 de out. de 2022. Atualizado em 10 fev. 2023.
Disponível em: <https://www.gov.br/saude/pt-br/assuntos/saude-de-a-a-z/a/alzheimer>.
Acesso em 23 de set. de 2023.

Analisando a situação-problema

O diagnóstico da DA é feito a partir da manifestação de sintomas característicos, como a perda de memória e comportamento alterado do indivíduo (principalmente idosos), resultando em comportamentos que se repetem e comprometem o dia a dia da pessoa, interferindo no funcionamento das atividades pessoais.

Após a leitura e de acordo com os seus conhecimentos sobre a Doença de Alzheimer, responda:

- Você é um pesquisador e sabe que a DA é uma doença ainda sem cura e que seu diagnóstico muitas vezes é feito em pacientes cujas alterações no cérebro estão avançadas. A partir disso, que soluções você buscaria para melhorar a qualidade de vida dos pacientes?

- O que você propõe para que se possa comprovar a proposta feita na questão anterior.

Contextualizando

TEXTO I

Imagem da retina promete auxiliar na detecção precoce de Alzheimer

Uma análise de como a retina do olho dispersa a luz mostra-se promissora como um auxílio para o diagnóstico precoce da doença de Alzheimer.

Cientistas da Universidade de Minnesota, em Minneapolis, nos Estados Unidos, chegaram a essa conclusão após realizar um estudo recente, cujas descobertas aparecem na revista científica *ACS Chemical Neuroscience*.

Os pesquisadores investigaram a imagem hiperespectral da retina (HSI) como uma técnica potencial para a detecção precoce da doença de Alzheimer em 35 pessoas.

O HSI é um método de imagem emergente na medicina. Como auxílio ao diagnóstico, ele pode fornecer informações valiosas sobre a composição e estrutura dos tecidos.

Os cientistas podem fazer varreduras HSI da retina usando uma câmera especial conectada a um sistema de imagem espectral.

O método, que leva cerca de 10 minutos para administrar, não é invasivo e não requer a injeção de substâncias traçadoras.

Necessidade de biomarcadores do início da doença de Alzheimer

A doença de Alzheimer é responsável por 60 a 80% dos casos de demência, uma condição incurável que prejudica progressivamente a memória e o pensamento, a ponto de não ser mais possível viver de forma independente.

A presença de aglomerados tóxicos de proteína beta-amiloide no cérebro é uma marca registrada da doença de Alzheimer.

Se houvesse uma maneira de detectar os grupos tóxicos de beta-amiloide nos estágios iniciais, isso poderia melhorar muito o diagnóstico precoce e aumentar o potencial de tratamento para retardar a progressão da doença.

Como a retina é uma extensão do cérebro, é possível que esses grupos de proteínas tóxicas também se formem lá.

Esse conhecimento levou os cientistas a procurar os biomarcadores de DA na retina, o que é fácil de examinar de forma não invasiva.

HSI da retina usa espalhamento de luz

O HSI da retina aplica o princípio da dispersão de luz.

Em seu estudo, os autores explicam que, por esse princípio, eles esperariam que as retinas com pequenos aglomerados iniciais de beta-amiloide dispersassem a luz de uma maneira diferente das retinas que não possuem aglomerados de proteínas ou têm aglomerados mais desenvolvidos.

A equipe já havia demonstrado a eficácia da técnica em modelos de camundongos da doença de Alzheimer.

O novo estudo “refere-se à tradução de nossa técnica [HSI da retina] de modelos animais para sujeitos humanos [doença de Alzheimer]”, escrevem os autores.

Na nova investigação, a equipe comparou os resultados do HSI da retina de 19 pessoas em diferentes estágios da doença de Alzheimer com os de 16 controles que não tinham a doença e também não possuíam histórico familiar.

HSI da retina escolhe estágio MCI

Para cada participante, a equipe realizou varreduras HSI de diferentes partes da retina.

Os resultados mostraram que indivíduos cuja dispersão da luz da retina teve o “maior desvio espectral em relação aos indivíduos controle” foram aqueles cujos testes de memória indicaram que estavam no estágio de comprometimento cognitivo leve (MCI).

Além disso, os pesquisadores descobriram que a quantidade de desvio espectral se correlacionava com as pontuações dos testes de memória daqueles no estágio MCI.

Eles sugerem que esses resultados indicam que a sensibilidade da técnica é maior nos estágios iniciais da doença de Alzheimer.

A idade e certas condições oculares, como glaucoma e catarata, parecem ter pouco ou nenhum efeito nos resultados.

O primeiro e correspondente autor do estudo, Swati S. More, Ph.D., professor associado do *Center for Drug Design* da Universidade de Minnesota, prevê que o HSI da retina se torne parte de exames oftalmológicos anuais que possam ajudar a identificar indivíduos que possam precisar de mais um exame ou tratamento.

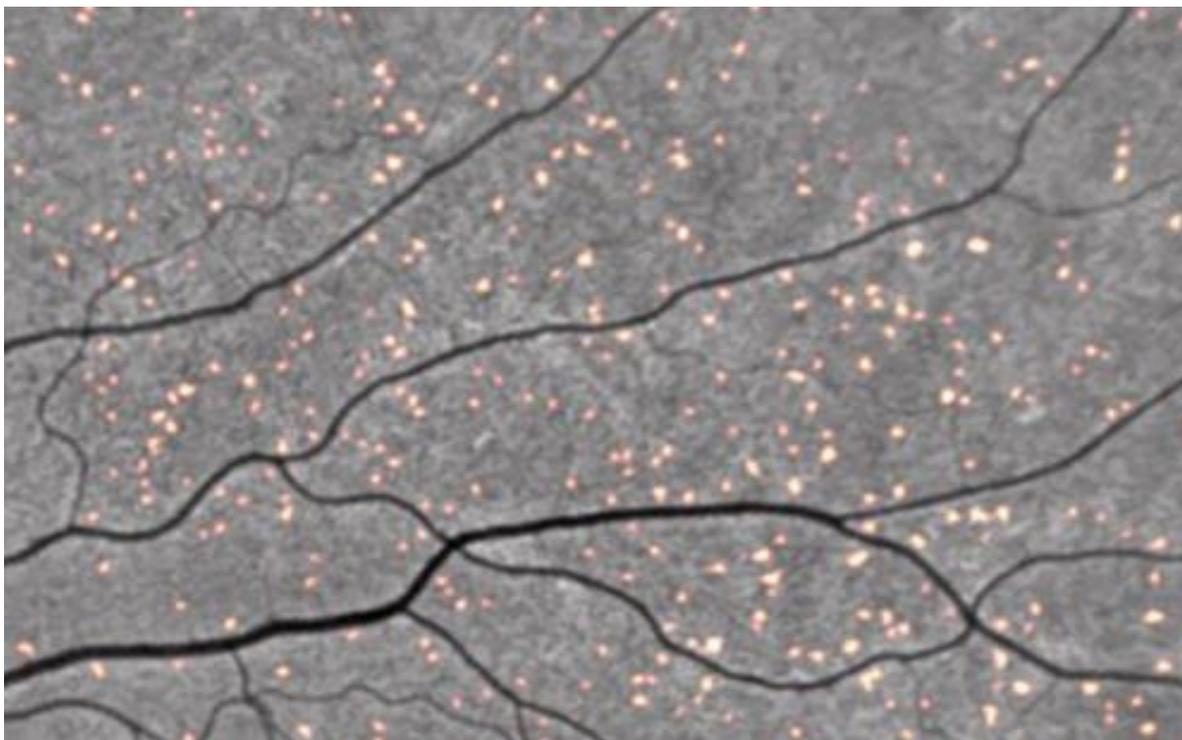
Por Universo Visual. Publicado em 14 de nov. de 2019.
Disponível em: <https://universovisual.com.br/imagem-da-retina-promete-auxiliar-na-deteccao-precoce-de-alzheimer/>.
Acesso em 23 de set. de 2023.

TEXTO II

Presença de proteína na retina pode indicar diagnóstico de Alzheimer

Estudo compara placas amiloides dos olhos com as que se acumulam nas células cerebrais e conclui que elas podem servir para detectar estágio inicial da doença

Cientistas descobriram que depósitos de certas proteínas na retina podem ajudar a avaliar o risco de Alzheimer em seu estágio inicial. Os resultados foram publicados no último dia 17 de agosto na revista científica *Alzheimer's & Dementia*.



Depósitos amiloides marcados com curcumina ganham destaque em uma varredura da retina
(Foto: NeuroVision)

Chamados de placas amiloides, os depósitos proteicos também se acumulam entre células cerebrais, levando à morte de neurônios e causando a neurodegeneração típica da DA. Sabendo disso, os pesquisadores compararam testes das proteínas da retina com coletas provenientes do tecido cerebral, considerando inclusive dados de outro estudo sobre o tema.

Liderada por uma equipe da Universidade da Califórnia em San Diego, nos Estados Unidos, a equipe considerou exames feitos em oito pessoas. Utilizando a curcumina, princípio ativo extraído da cúrcuma, os especialistas observaram assim que as imagens de manchas na retina dos pacientes tinham correlação com varreduras cerebrais contendo altos níveis de amiloides.

“A curcumina se liga à proteína amiloide in vivo e tem sido usada como reagente de contraste para identificar depósitos de amiloide na retina de indivíduos com diagnóstico de Déficit Cognitivo Ligeiro (MCI) bem como doença de Alzheimer leve a moderada”, explicam os pesquisadores, no estudo.

Em comunicado, Robert Rissman, líder da pesquisa, avalia que os resultados são “encorajadores”, porque sugerem que pode ser possível determinar o início, a disseminação e a morfologia da DA usando imagens da retina, em vez das varreduras cerebrais, que são mais difíceis e caras de serem feitas.

Segundo o especialista, a equipe ainda aguarda resultados de varreduras adicionais da retina e planeja realizar um estudo maior e mais duradouro sobre as placas amiloides. Um dos objetivos

futuros dos cientistas é buscar nas imagens o impacto do uso do anticorpo monoclonal solanezumabe, estudado para tratar doenças neurodegenerativas.

Por Redação Galileu. Publicado em 25 de ago. de 2021.
Disponível em: <https://revistagalileu.globo.com/Ciencia/Saude/noticia/2021/08/presenca-de-proteina-na-retina-pode-indicar-diagnostico-de-alzheimer.html>. Acesso em 23 de set. de 2023.

TEXTO III

Primeiros sinais de Alzheimer podem aparecer nos olhos, diz estudo

Doença começa no cérebro décadas antes dos primeiros sintomas de perda de memória,
aponta neurologista

Os olhos são mais do que uma janela para a alma – eles também são um reflexo da saúde cognitiva de uma pessoa.

“O olho é a janela para o cérebro”, disse a oftalmologista Dra. Christine Greer, diretora de educação médica do Instituto de Doenças Neurodegenerativas em Boca Raton, Flórida.

“Você pode ver diretamente o sistema nervoso olhando para a parte de trás do olho, em direção ao nervo óptico e à retina”.

Estudos têm explorado como o olho pode ajudar no diagnóstico da doença de Alzheimer antes do início dos sintomas. A doença está bem avançada quando a memória e o comportamento são afetados.

“A doença começa no cérebro décadas antes dos primeiros sintomas de perda de memória”, disse o Dr. Richard Isaacson, um neurologista preventivo de Alzheimer que também trabalha no Instituto de Doenças Neurodegenerativas.

Se os médicos forem capazes de identificar a doença em seus estágios iniciais, as pessoas poderão fazer escolhas de estilo de vida saudáveis e controlar seus “fatores de risco modificáveis, como pressão alta, colesterol alto e diabetes”, disse Isaacson.

Os olhos mostram

Vê sinais de declínio cognitivo? Para descobrir, um estudo recente examinou tecidos doados da retina e do cérebro de 86 pessoas com diferentes graus de declínio mental.

“Nosso estudo é o primeiro a fornecer análises aprofundadas dos perfis de proteínas e dos efeitos moleculares, celulares e estruturais da doença de Alzheimer na retina humana e como

eles correspondem a mudanças no cérebro e na função cognitiva”, disse o autor sênior Maya Koronyo-Hamaoui, professor de neurocirurgia e ciências biomédicas no Cedars-Sinai em Los Angeles, em um comunicado.

“Essas mudanças na retina se correlacionam com mudanças em partes do cérebro chamadas córtices entorrinal e temporal, um centro de memória, navegação e percepção do tempo”, disse Koronyo-Hamaoui.

Os pesquisadores do estudo coletaram amostras de retina e tecido cerebral ao longo de 14 anos de 86 doadores humanos com doença de Alzheimer e comprometimento cognitivo leve – o maior grupo de amostras de retina já estudado, de acordo com os autores.

Os pesquisadores então compararam amostras de doadores com função cognitiva normal com aqueles com comprometimento cognitivo leve e aqueles com doença de Alzheimer em estágio avançado.

O estudo, publicado em fevereiro na revista *Acta Neuropathologica*, encontrou aumentos significativos no beta-amiloide, um marcador chave da doença, em pessoas com Alzheimer e declínio cognitivo precoce.

As células microgliciais diminuíram 80% naqueles com problemas cognitivos, segundo o estudo. Essas células são responsáveis por reparar e manter outras células, incluindo a eliminação de beta-amiloide do cérebro e da retina.

“Foram [também] encontrados marcadores de inflamação, que podem ser um marcador igualmente importante para a progressão da doença”, disse Isaacson, que não participou do estudo.

“As descobertas também foram aparentes em pessoas com sintomas cognitivos mínimos ou inexistentes, o que sugere que esses novos testes oftalmológicos podem estar bem posicionados para auxiliar no diagnóstico precoce”.

Os pesquisadores do estudo descobriram um número maior de células imunológicas envolvendo firmemente as placas beta-amiloides, bem como outras células responsáveis pela inflamação e morte celular e tecidual.

A atrofia do tecido e a inflamação nas células na periferia distante da retina foram mais preditivas do estado cognitivo, segundo o estudo.

“Essas descobertas podem eventualmente levar ao desenvolvimento de técnicas de imagem que nos permitam diagnosticar a doença de Alzheimer mais cedo e com mais precisão”, disse Isaacson, “e monitorar sua progressão de forma não invasiva, olhando através do olho”.

Disponível em: <https://www.cnnbrasil.com.br/saude/primeiros-sinais-de-alzheimer-podem-aparecer-nos-olhos-diz-estudo/>.
Acesso em 23 de set. de 2023.

Discussão:

Após realizar a leitura dos textos, responda:

Considerando que a curcumina pode ser considerada uma ferramenta para o diagnóstico da DA, quais os desafios pode-se enfrentar até que essa ferramenta seja utilizada em larga escala?

Obs: Estabeleça conexões com os experimentos e as discussões realizadas nas aulas anteriores, utilizando a cúrcuma.

ANEXO A - Premiação Mostra Nacional 2022

Verifique o código de autenticidade 9969714.5429025.181774.7.52574363851864047737 em <https://www.even3.com.br/documentos>



Certificamos que o trabalho intitulado **Afinal, de que somos feitos?**, de autoria de Vinícius Aparecido Braz e Rafael Pinto Vieira, foi premiado na **Mostra Nacional de Educação em Ciências da Vida e da Natureza**, realizada pela Universidade Federal de Minas Gerais – UFMG, durante os dias 22 e 23 de setembro de 2022.

Belo Horizonte, 23 de setembro de 2022.

Cleida Aparecida de Oliveira
Coordenadora da Mostra Nacional em
Ciências da Vida e da Natureza

Gleide Fernandes de Avelar
Coordenadora do Colegiado de
Extensão - ICB- UFMG

Viviane de Souza Alves
Diretora de Divulgação Científica
da UFMG

Claudia Andrea Mayoga Borges
Pró reitora de Extensão da UFMG

PROMESTRE
MESTRADO PROFISSIONAL
EDUCAÇÃO E DOCÊNCIA



DDC
DIRETORIA DE
DIVULGAÇÃO
CIENTÍFICA

PROEX
PRÓ-REITORIA
DE EXTENSÃO

UFMG



ANEXO B - Certificado Palestrante no V Encontro Nacional do PROFBIO - 2022

Verifique o código de autenticidade 9355606.5423025.151860.7.56621263851864640217 em <https://www.even3.com.br/documentos>

V ENCONTRO NACIONAL

Certificamos que **Vinícius Aparecido Braz** participou, na qualidade de **Palestrante**, do V Encontro Nacional do PROFBIO, ministrando a(o) **Roda de Conversa - Roda de Conversa: premiados na Mostra Nacional (Bioquímica e Biologia Geral - Sala 4B)**.

Belo Horizonte, 11 de novembro de 2022.



ANEXO C - Certificado Exposição de Vídeo no V Encontro Nacional do PROFBIO - 2022

Verifique o código de autenticidade: 9955606.5429025.103997.7.56621263851864195577 em <https://www.even3.com.br/documentos>



ANEXO D - Publicação do Resumo Expandido “Afinal, de que somos feitos?” nos Anais da I Mostra Nacional de Educação em Ciências da Vida e da Natureza e V Encontro Nacional do PROFBIO - 2022

Mostra Nacional de Educação em
Ciências da Vida e da Natureza



AFINAL, DE QUE SOMOS FEITOS?

Vinicius Aparecido Braz¹; Rafael Pinto Vieira²

¹Mestrando do PROFBIO-UFMG, viniciusbraz@ufmg.br; ²Docente do Departamento de Bioquímica e Imunologia da UFMG – vieirarp@icb.ufmg.br

INTRODUÇÃO

A Biologia na etapa do Ensino Médio está inserida na área de Ciências da Natureza e suas Tecnologias, juntamente com a Química e Física, devendo ser trabalhados de maneira integrada. Além disso, é necessário que, durante as aulas de Biologia, o professor deva realizar uma abordagem que fomente o desenvolvimento de capacidades para a resolução de problemas e situações cotidianas presentes na vida dos estudantes, de modo que eles consigam encontrar uma solução para estes problemas/situações, baseada nos métodos e procedimentos da ciência. Esta abordagem é uma das principais premissas para o Ensino de Ciências por Investigação. Buscando uma forma de desenvolver uma aprendizagem baseada na investigação para o ensino de Bioquímica, foi elaborada esta Sequência de Ensino Investigativo (SEI), para turmas de 1º Ano do Ensino Médio, sendo desenvolvida em uma escola estadual situada em um município da região metropolitana de Belo Horizonte.

OBJETIVOS

Ao final desta SEI, os estudantes foram capazes de reconhecer que os seres vivos são constituídos por átomos, como qualquer outro tipo de matéria, o que revela uma identidade importante entre nós e outros componentes do universo.

METODOLOGIA

Como estratégia para o desenvolvimento das habilidades cognitivas EM13CNT202X e EM13CNT209X, presentes no Currículo de Referência de Minas Gerais (CRMG), abordando a temática Composição Química dos Seres Vivos, os estudantes foram estimulados a desenvolverem a competência socioemocional *Curiosidade para aprender*, de modo a envolvê-los positivamente na construção do pensamento científico. Além disso, esta SEI foi planejada e executada em um total de cinco aulas de cinquenta minutos cada, conforme Figura 1.

Figura 1- Etapas da Sequência de Ensino Investigativa aplicada



Fonte: Elaborado pelo autor (2022)

Foram utilizadas metodologias de ativas de aprendizagem, como a Rotação por Estações de Aprendizagem e Aprendizagem Baseada na Experimentação, durante uma parte do processo quando os estudantes foram incentivados a responder perguntas de caráter investigativo, como forma de potencializar o aprendizado. Ao final desta SEI, os estudantes confeccionaram podcasts, como produto educacional, respondendo às perguntas de caráter investigativo, abordadas na experimentação. Esses podcasts tiveram como objetivo a aplicação dos conhecimentos adquiridos ao longo destas aulas e foram utilizados junto ao roteiro das atividades de experimentação como um dos instrumentos avaliativos.

RESULTADOS

Durante a aplicação desta SEI, nota-se grande dificuldade entre os estudantes nos assuntos que necessitam de um conhecimento prévio de química. Na análise dos podcasts realizados pelos estudantes percebe-se que houve uma evolução na compreensão dos conceitos e termos relacionados ao tema desta SEI, porém, é evidente que alguns termos, para alguns estudantes, não soam familiares, como se pode perceber no episódio 04, onde as estudantes travam ao dizer algumas palavras, como exemplo, na frase “O maior perigo da febre é a desnaturação de proteínas e enzimas do nosso corpo”. Neste momento a estudante teve uma dificuldade maior ao pronunciar a palavra desnaturação, evidenciando que há necessidade de intervenções em alguns processos e termos relacionados com a temática.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Mostra Nacional de Educação em Ciências da Vida e da Natureza



Após a análise dos resultados percebe-se uma evolução da compreensão do assunto abordado, porém, é evidente que existem defasagens de aprendizagem que se arrastam ao longo da educação básica, sendo necessário que sejam desenvolvidas intervenções pedagógicas que contribuam para o desenvolvimento de uma aprendizagem significativa baseada na investigação.

AGRADECIMENTOS

Agradecemos à Capes e ao CNPq pelo apoio e oportunidade.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

CASTELLAR, Sonia Maria Vanzella (Organizadora). **Metodologias Ativas: projetos interdisciplinares**. 1 edição. São Paulo: FTD, 2016.

INSTITUTO AYRTON SENNA. **Educação Integral para o século 21: O desenvolvimento pleno na formação para a autonomia**. 2018.

MINAS GERAIS. Secretaria Estadual de Educação. **Currículo Referência de Minas Gerais**. Belo Horizonte, 2018.

SCARPA, Daniela Lopes; CAMPOS, Natália Ferreira. **Potencialidades do ensino de Biologia por Investigação**. Estudos Avançados, São Paulo, v. 32, n. 94, p. 25-42, 2018. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/329462863_Potencialidades_do_ensino_de_Biologia_por_Investigacao. Acesso em: 13 jul. 2022.

WINTER, E.; CARDOSO, F. P. **Aprendizagem baseada em equipes no ensino de bioquímica na graduação**. Revista de Ensino de Bioquímica, 17, 26-36, 2019. Disponível em: <http://bioquimica.org.br/revista/ojs/index.php/REB/article/view/P3>. Acesso em 13 jul. 2022.

LINK DO VÍDEO: https://youtu.be/j_xGBef9GvM

ANEXO E - Certificado de Ministrante do Minicurso “O uso de redes sociais no ensino de biologia: possibilidades para o protagonismo dos estudantes” na II Mostra Nacional de Educação em Ciências da Vida e da Natureza - 2023

Verifique o código de autenticidade 97345108.5429025.984466.7.869140319270217399558 em <https://www.even3.com.br/documentos>



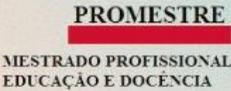
II MOSTRA NACIONAL DE EDUCAÇÃO EM CIÊNCIAS DA VIDA E DA NATUREZA

Certificamos que **Vinícius Aparecido Braz** PARTICIPOU COMO **Ministrante**, da **II Mostra Nacional de Educação em Ciências da Vida e da Natureza**, ocorrida nos dias 06 e 07 de outubro de 2023, ocupando-se da atividade **Minicurso - O uso de redes sociais no ensino de biologia: possibilidades para o protagonismo dos estudantes** contabilizando carga horária total de 2 horas.

Belo Horizonte, 08 de outubro de 2023

Olíveira
Coordenação

Karina Fancini
Comissão organizadora




ANEXO F - Certificado Premiação do trabalho “Redes Sociais e a Bioquímica Básica: experiências com divulgação científica” na II Mostra Nacional de Educação em Ciências da Vida e da Natureza - 2023



ANEXO G - Certificado de Ministrante da Oficina para Mestrandos e Egressos “O uso de redes sociais no ensino de biologia: possibilidades para o protagonismo dos estudantes” no VI Encontro nacional do PROBIO - 2023



ANEXO H - Certificado de apresentação de trabalho “De que somos feitos? Ensino Investigativo sobre a composição química dos seres vivos”, na modalidade Relato de Experiência no IX Encontro Nacional das Licenciaturas - 2023



IX ENALIC IX Encontro Nacional das Licenciaturas



Certificado



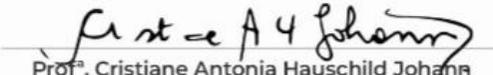
CONFIRA A AUTENTICIDADE
DESTE CERTIFICADO
WWW.PORTALREALIZE.COM.BR

Certificamos que o trabalho intitulado: “DE QUE SOMOS FEITOS?": ENSINO INVESTIGATIVO SOBRE A COMPOSIÇÃO QUÍMICA DOS SERES VIVOS de autoria de VINICIUS APARECIDO BRAZ, DANIELA LUCIANA PEREIRA ANTONIO, RAFAEL PINTO VIEIRA, foi apresentado na modalidade Relato de Experiência, no IX ENCONTRO NACIONAL DAS LICENCIATURAS e VIII SEMINÁRIO NACIONAL DO PIBID e III SEMINÁRIO NACIONAL DO PROGRAMA RESIDÊNCIA PEDAGÓGICA, evento realizado na UNIVATES - Lajeado/RS, com transmissão online no período de 06 a 08 de dezembro de 2023.

Autenticar Certificado
Identificador: 07e6a7bce684355647de4d75324072de



Aponte a câmera do celular para visualizar o link de autenticação.



Prof. Cristiane Antonia Hauschild Johann
Presidenta da Comissão Organizadora do IX ENALIC

ANEXO I - Aceite de submissão do resumo do trabalho “NEM TUDO QUE RELUZ É OURO: Fluorescência da curcumina para uma aprendizagem significativa no ensino de Bioquímica e Doenças Neurodegenerativas”, para apresentação na modalidade de Pôster no I Curso de Verão de Bioquímica e Imunologia (CVBI) do PPG em Bioquímica e Imunologia da UFMG - 2024

CVBI <cvbi.ufmg@gmail.com>
Para: viniciusaparecido.biologia@gmail.com

12 de dezembro de 2023 às 21:45

Prezado Vinícius Braz,

É com alegria e satisfação que comunicamos o aceite do seu resumo, intitulado "NEM TUDO QUE RELUZ É OURO: FLUORESCÊNCIA DA CURCUMINA PARA UMA APRENDIZAGEM SIGNIFICATIVA NO ENSINO DE BIOQUÍMICA E DOENÇAS NEURODEGENERATIVAS", para apresentação, **na modalidade Pôster**, no I Curso de Verão de Bioquímica e Imunologia (CVBI) do PPG em Bioquímica e Imunologia da UFMG.

Informações mais detalhadas sobre a Sessão de Pôster serão enviadas em breve.

Cordialmente,

Comissão Organizadora do 1º Curso de Verão em Bioquímica e Imunologia da UFMG
cvbi.ufmg@gmail.com | Site: www.cvbiufmg.com | Instagram: [@cvbi.ufmg](https://www.instagram.com/cvbi.ufmg)



Não contém vírus. www.avg.com



NEM TUDO QUE RELUZ É OURO!

Fluorescência da curcumina e Bioquímica Básica no Ensino Médio

Vinícius Aparecido Braz

CADERNO DO PROFESSOR

NEM TUDO QUE RELUZ É OURO!

Fluorescência da curcumina e

Bioquímica Básica no Ensino Médio

Vinícius Aparecido Braz



CADERNO DO PROFESSOR

Belo Horizonte
2024

NEM TUDO QUE RELUZ É OURO!
Fluorescência da curcumina e Bioquímica Básica no Ensino Médio
CADERNO DO PROFESSOR
Versão Eletrônica

Ficha Técnica:

Vinícius Aparecido Braz - **Autor**
Rafael Pinto Vieira - **Revisão Técnica**
Erich Birelli Tahara - **Revisão Técnica**
Leonardo Távora Dias - **Revisão**

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)
(Câmara Brasileira do Livro, SP, Brasil)

Braz, Vinícius Aparecido
Nem tudo que reluz é ouro! [livro eletrônico] :
fluorescência da curcumina e bioquímica básica no
ensino médio : caderno do professor / Vinícius
Aparecido Braz. -- Belo Horizonte : Pró-reitoria
de Extensão da UFMG, 2024.
PDF

ISBN 978-85-88221-74-1

1. Bioquímica 2. Bioquímica - Estudo e ensino
3. Doença de Alzheimer - Diagnóstico I. Título.

24-220874 CDD-572.07

Índices para catálogo sistemático:

1. Bioquímica : Estudo e ensino 572.07

Tábata Alves da Silva - Bibliotecária - CRB-8/9253



[Nem tudo que reluz é ouro! A luz e a Bioquímica Básica no Ensino Médio - Caderno do Professor](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/) © 2024 está licenciado sob uma Licença de Atribuição *Creative Commons*.
[Atribuição-Não-Comercial-NãoDerivativos 4.0 Internacional \(CC BY-NC-ND 4.0\)](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/).

Belo Horizonte
2024



Sobre o autor



Vinícius Aparecido Braz é Mestre em Ensino de Biologia pela Universidade Federal de Minas Gerais, Biólogo pelo Centro Universitário Metodista Izabela Hendrix e Pedagogo pela Faculdade de Ciências de Wenceslau Braz. Professor de Educação Básica de Biologia da rede estadual de ensino de Minas Gerais. Redator da área de Ciências da Natureza do Ensino Fundamental do Currículo Referência de Minas Gerais, através do Programa de Implementação da Base Nacional Comum Curricular (Pró-BNCC) e professor de Biologia e ENEM do programa televisivo “Se Liga na Educação”, parceria entre a Secretaria de Estado de Educação e a TV Rede Minas. Professor-formador da área de Ciências da Natureza da Escola de Formação e Desenvolvimento Profissional de Educadores de Minas Gerais e pesquisador em Ensino de Biologia por Investigação e tendências teórico-metodológicas e perspectivas transdisciplinares na formação de professores de Biologia, integrante do grupo de pesquisa plus Ações e Reações – Química Medicinal e Neuroquímica. (Espelho do grupo de pesquisa no DGP-CNPq: dgp.cnpq.br/dgp/espelhogrupo/4481667887881628. Endereço do grupo de pesquisa: <https://plusdobrasil.weebly.com/>).





Agradecimentos

A realização deste material foi possível graças ao apoio indispensável de inúmeras pessoas e instituições. Em primeiro lugar, expresso minha gratidão a Deus e todas as Suas manifestações, que me propiciaram a vida e a força necessária para seguir em frente. Também sou profundamente grato ao Leonardo Távora, meu companheiro em todas as horas, cujo apoio e compreensão foram essenciais durante todo este processo, além de ter revisado este material inúmeras vezes. Aos meus pais, devo um agradecimento especial pela paciência e compreensão durante minha ausência enquanto estava dedicado a este projeto. Sem o suporte incondicional deles, esta realização não teria sido possível. Igualmente, minha gratidão se estende ao professor Dr. Rafael Vieira, cujo suporte, disponibilidade, empenho e orientação excepcional foram fundamentais para a conclusão deste trabalho. Ao professor Dr. Erich Tahara, pela disponibilidade em revisar este material.

Este livro também é fruto do empenho dos meus estudantes do 2º Ano/2023 da Escola Estadual José Pereira Cançado. O protagonismo e a dedicação deles ao longo de todo o processo foram inspiradores e cruciais para o desenvolvimento deste trabalho. Não poderia deixar de mencionar minhas amigas, parceiras e colegas de trabalho, Júnia Katiane e Leonora Campos, cujo apoio emocional, dicas e incentivos foram indispensáveis. Aos professores do PROFBIO da UFMG, que desempenham um papel docente ímpar com paciência e maestria, meu sincero agradecimento. Aos colegas da turma do PROFBIO, em especial Cláudia Lopes e Lyra Lana, agradeço pela parceria e amizade que foram fundamentais ao longo desta jornada.

Por fim, agradeço à Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Brasil (CAPES) pelo apoio financeiro, Código do Financiamento 001, que foi crucial para a realização deste trabalho.

A todos, meu muito obrigado.

Realização:



Financiamento:



Apoio:





Sumário

Sobre os autores	3
Agradecimentos	4
Sumário	5
Apresentação	7
Introdução	9
Situação de Aprendizagem 01: Como estabelecer a ponte entre o macro e micro/submicro?	15
Situação de Aprendizagem 02: Conexão entre o macro e micro/submicro envolvendo biomoléculas	25
Situação de Aprendizagem 03: Sistematização do Conhecimento	34
Procedimentos de Avaliação da SEI	40
Referências Bibliográficas	42
ANEXO I - Situação de Aprendizagem: De que somos feitos?	47





Apresentação

Olá Professor(a),

É com grande entusiasmo que apresentamos a você o caderno **Nem tudo que reluz é ouro! A luz e a Bioquímica Básica no Ensino Médio**. Este material pedagógico foi apresentado ao Mestrado Profissional em Ensino de Biologia em Rede Nacional - PROFBIO, do Instituto de Ciências Biológicas da Universidade Federal de Minas Gerais como recurso educacional proveniente do Trabalho de Conclusão de Mestrado, intitulado “NEM TUDO QUE RELUZ É OURO: Fluorescência da curcumina para uma aprendizagem significativa no ensino de Bioquímica para estudantes do Ensino Médio”, inserido no projeto de Extensão Dimensões, SIEX: 404313, projeto de extensão do Departamento de Bioquímica e Imunologia do ICB-UFMG, cujos livros produzidos por esse projeto tem diferentes públicos-alvo: desde o infanto-juvenil, ligado à Educação Básica, até alunos de Graduação. As produções também se estendem ao público compreendendo adultos e jovens adultos em geral, uma vez que abordam assuntos que dialogam com o cotidiano da coletividade sob diversos aspectos e temáticas.

As situações de aprendizagem apresentadas neste caderno foram cuidadosamente elaboradas para promover a exploração ativa e contextualizada de fenômenos naturais no contexto bioquímico, utilizando materiais de fácil acesso no nosso cotidiano. Desenvolvida em conformidade com as competências e habilidades do Currículo Referência de Minas Gerais e da Base Nacional Comum Curricular, essa sequência visa proporcionar uma experiência enriquecedora aos estudantes do Ensino Médio, contribuindo não apenas para o desenvolvimento de conhecimentos científicos, mas também para a promoção de habilidades cognitivas e socioemocionais.

Para facilitar o entendimento do tema, foram elaboradas três situações de aprendizagens, que permitam ao estudante fortalecer o entendimento das correlações existentes entre o submicro, o micro e o macro, associando-as à vida cotidiana e ao conhecimento científico construído diariamente em sala de aula. Como ferramentas dessa construção, serão utilizadas temáticas associadas à Bioquímica e suas implicações nas diversas áreas de conhecimento, tendo como ponto de partida a luz e seus fenômenos de luminescência relacionados à bioquímica de proteínas, aplicando os conceitos em diversos materiais e situações, para uma associação entre a teoria e prática, utilizando a busca por novos métodos diagnósticos para a Doença de Alzheimer como um dos pontos centrais das atividades.



Serão disponibilizados dois cadernos para facilitar a implementação deste material. Um **caderno exclusivo para o professor**, contendo orientações pedagógicas e metodológicas detalhadas, e outro **caderno destinado aos estudantes**, composto pelo roteiro completo das aulas, pronto para ser impresso pelo professor e utilizado em sala de aula.

Este material visa não apenas transmitir conhecimentos científicos, mas também desenvolver habilidades essenciais para a formação integral dos estudantes. Acreditamos que esta proposta contribuirá significativamente para o seu trabalho pedagógico, proporcionando uma experiência educacional envolvente e enriquecedora.

Fique à vontade para adaptar esta sequência conforme a realidade da sua turma. O objetivo é proporcionar uma ferramenta flexível que se ajuste às características e necessidades específicas dos seus estudantes. Sua experiência e sua criatividade são fundamentais para o sucesso desta proposta.

Bom trabalho!





Introdução

De acordo com as Diretrizes Curriculares Nacionais para a Educação Básica (Brasil, 2013), a educação é um direito civil, político e social de todos os cidadãos e um dever do Estado. Como direito civil, é garantida ao povo pela legislação brasileira, independentemente da situação econômica, social e cultural das pessoas.

O Ensino Médio, conforme estabelecido pela Lei de Diretrizes e Bases da Educação Nacional (LDBEN), apresenta-se com a necessidade de uma organização pautada em uma proposta de ensino que atenda às demandas dos adolescentes e às mudanças socioeconômicas. Além disso, ele precisa contribuir para a formação de adolescentes críticos e autônomos, entendendo a crítica como a compreensão informada dos fenômenos naturais e culturais, e a autonomia como a capacidade de tomar decisões fundamentadas e responsáveis. Para acolher as juventudes, as escolas devem proporcionar experiências e processos intencionais que lhes garantam as aprendizagens necessárias, promovendo situações nas quais o respeito à pessoa humana e aos seus direitos sejam permanentes (Brasil, 2018).

Dentre seus objetivos, a Base Nacional Comum Curricular (BNCC) tem como fundamento garantir mais qualidade e equidade na educação, estruturada em uma aprendizagem pautada pelo desenvolvimento de competências que os alunos devem adquirir ao longo de toda a Educação Básica e em cada etapa da escolaridade, como expressão dos direitos de aprendizagem e desenvolvimento de todos os estudantes. Este documento está pautado no ensino por meio de habilidades, buscando o desenvolvimento das competências que são essenciais para uma educação integral, para construir uma sociedade ideal aos apregoados interesses de justiça, democracia e inclusão.

No Ensino Médio, dentro de um universo que engloba Química e Física, a Biologia compõe a área do conhecimento de Ciências da Natureza e suas Tecnologias (CNT) na BNCC. Portanto, esses componentes curriculares devem ser trabalhados de maneira integrada, de forma inter, multi e transdisciplinar, para o desenvolvimento das competências e habilidades previstas como aprendizagens essenciais à formação integral de todos os estudantes brasileiros nessa etapa da Educação Básica.

Nesta etapa da aprendizagem, a Bioquímica é vista pelos estudantes como um dos assuntos mais rejeitados e de difícil assimilação, por necessitar de uma variedade de termos e processos específicos para sua discussão, muitas vezes abstratos para os estudantes do ensino médio, tornando o processo de ensino e aprendizagem um grande desafio.



A Bioquímica está presente no cotidiano de todos, encontrada na elaboração de medicamentos, vacinas, desenvolvimento de produtos de consumo, e mesmo em atividades cotidianas, como cozinhar.

“A Bioquímica possui, como objetivo básico, mostrar como moléculas destituídas de vida conseguem interagir entre si e perpetuar a vida como se conhece, isto é, mostrar em termos químicos a vida em suas diferentes formas” (Junior & Francisco, 2006)

Segundo Santos & Schnetzler (1996), a Bioquímica é um conteúdo interdisciplinar, pois nasce da junção da Química e da Biologia, sendo este um dos temas que podem ser abordados com enfoque social. Porém, o estigma do conteúdo se traduz nos chamados “bloqueios”, em que os estudantes já criam uma restrição, antes mesmo de iniciar a abordagem do conteúdo. Para Bianco (2016), a Bioquímica é introduzida na Educação Básica nos componentes curriculares de Biologia e também de Química, porém os conceitos e conteúdos não são abordados de maneira correta e, em muitos casos, ainda assim, ocorre uma fragmentação de temas, por se trabalhar de maneiras divergentes e individuais, na Biologia e na Química.

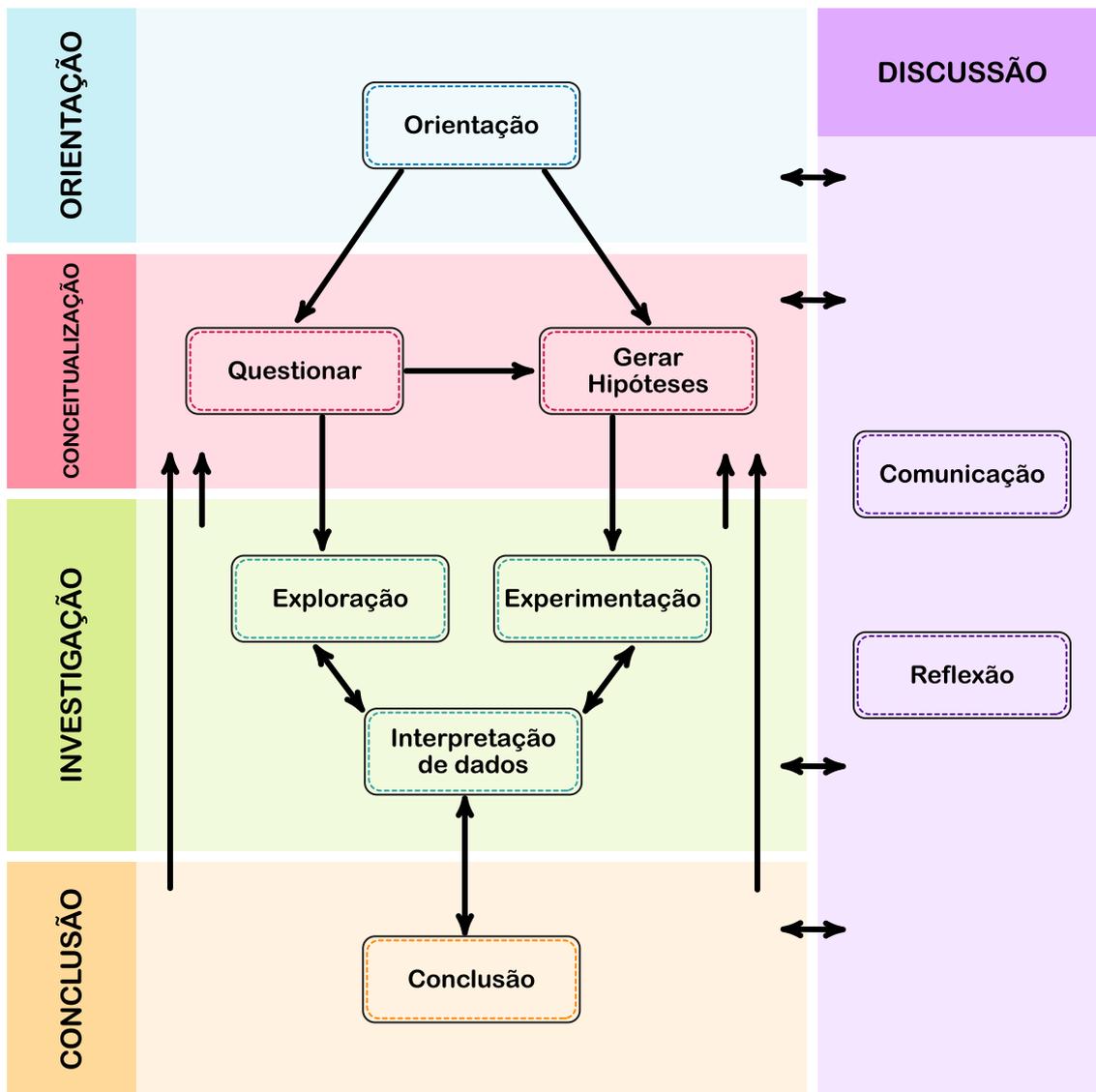
O Ensino por Investigação é uma abordagem didática que fomenta o desenvolvimento de capacidades para a resolução de problemas. No entanto, para que esse desenvolvimento seja possível, é necessário que oportunidades sejam oferecidas aos estudantes de tal sorte que consigam encontrar as soluções para esses problemas, ainda que elas não sejam evidentes (Sasseron, 2015; Scarpa & Campos, 2018). A resolução dos problemas não pode prescindir dos conhecimentos prévios e deve permitir a metacognição como um movimento cíclico de se refletir sobre aquilo que é feito (as ações), ao mesmo tempo em que se coloca em prática aquilo sobre o que se refletiu.

Trata-se do par fazer ↔ compreender, que coloca em conexão íntima os trabalhos prático e intelectual. Destaca-se como um aspecto fundamental que a realização da etapa prática de um processo investigativo não garante, automaticamente, a compreensão do problema estudado, e vice-versa.

Por meio de uma revisão bibliográfica sobre o ensino por investigação, Pedaste et al. (2015) identificaram e resumiram os principais elementos no processo investigativo, o que resultou em uma síntese que engloba seus principais aspectos. Do âmbito pedagógico, para a implementação do ensino por investigação, eles elaboraram uma divisão deste processo em partes que se conectam em uma lógica, que orientam os estudantes e que apontam para características importantes do pensamento científico. Para essa lógica, eles identificaram cinco fases investigativas que se organizam em subfases que constituem um ciclo investigativo (**Figura 1**).



Figura 1- Fases e subfases do ciclo investigativo proposto por Pedaste et al. (2015)



Fonte: Elaborado pelo autor, baseado em Pedaste et al. (2015) apud Scarpa & Campos (2018, p. 30).

No processo de ensino e aprendizagem dos estudantes na educação básica, muitas vezes nos deparamos com situações onde os estudantes não conseguem estabelecer relações eficazes na compreensão de determinados fenômenos e processos da ciência. Por isso, faz-se necessário que nós, professores, ofereçamos situações de aprendizagem que favoreçam a investigação. Nesse contexto, é necessário que, durante as aulas, o conhecimento químico seja discutido em seus três níveis de conhecimento: o macro e tangível ou macroscópico, o molecular e invisível ou submicroscópico, e o simbólico e matemático ou representacional. (Johnstone, 2009; Melo & Silva, 2019).

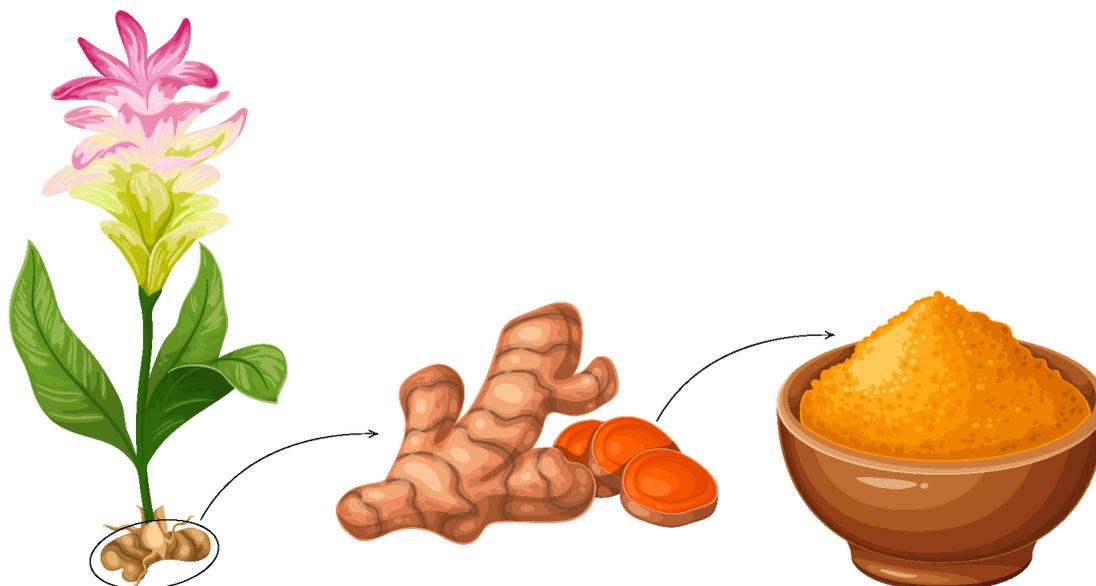


A luz vem despertando a curiosidade e o interesse para os seres humanos por milênios, além de estar associada às divindades em algumas culturas e à constante manipulação para a melhoria da qualidade de vida dos seres humanos. Existem relatos sobre a sua manipulação pelos antigos romanos, utilizando cristais com formas espaciais para a melhoria da visão ou ampliação da capacidade visual (Bagnato & Pratavieira, 2015). Assim, o mundo à nossa volta apresenta, por meio da luz, uma infinidade de cores, que nos transmitem diversas sensações e emoções, onde, ao longo da história, sempre despertaram a atração do ser humano, permitindo criar diversas maneiras e formas de expressão com a combinação das cores. Goethe (1963, p. 529 *apud* Pedrosa, 2009, p. 72) reflete que “[...] *cada cor produz um efeito específico sobre o homem, revelando assim sua presença tanto na sua retina quanto na alma [...]*”, o que permite ao homem manifestações culturais e artísticas diversas, desde à comunicação, através de pinturas rupestres utilizando pigmentos das mais diversas origens à manifestações religiosas em algumas culturas ao pintar o próprio corpo, tradição presente desde os nossos ancestrais. (Pedrosa, 2009; Jesus, Lopes & Costa, 2015).

No contexto de luz e cores, a utilização de pigmentos presentes em alimentos como estratégias de aprendizagem é uma alternativa estimulante. O açafrão, açafrão-da-índia, açafrão-da-terra, falso-açafrão, ou cúrcuma (*Curcuma longa* L.), **Figura 2**, é uma planta nativa do continente asiático e introduzida no Brasil no período colonial pelos portugueses, sendo utilizada desde então em diversas regiões do país e nas mais diversas áreas, principalmente na culinária. A principal parte utilizada desta espécie é o seu rizoma, que possui uma coloração interna amarelo-alaranjada, sendo um potente corante natural. Essa coloração deve-se à presença de um pigmento bioativo, a curcumina (CUR), um composto polifenólico de caráter hidrofóbico cujas propriedades terapêuticas têm sido investigadas há décadas pela ciência. Dentre essas propriedades, destacam-se a antioxidante, a anti-inflamatória, a antibiótica e a anticarcinogênica, além de estudos sugerindo haver grande potencial para o tratamento de doenças como o diabetes, alergias, artrites e Doença de Alzheimer. (Wang *et al.*, 2012; Fanchiotti, 2019; Teixeira *et al.*, 2022).

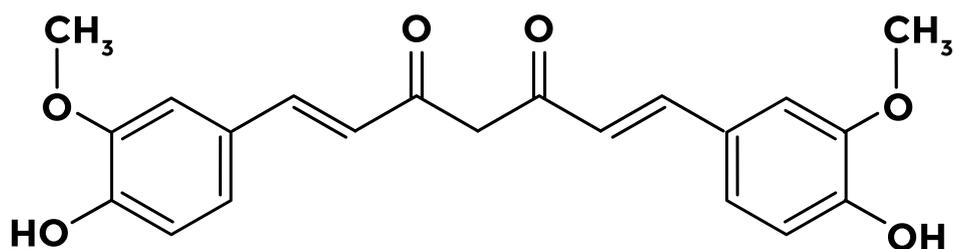


Figura 2 - Rizoma de Cúrcuma (*Curcuma longa* L.)



A imagem não está em proporção de tamanho.

Figura 3 - Estrutura molecular da curcumina (CUR)



Com o avanço da ciência, procedimentos e técnicas de aplicação da manipulação da luz, por meio de suas propriedades e interações com a matéria, foram aperfeiçoados, utilizando-se a reflexão, a absorção, o espalhamento ou a transmissão do feixe luminoso. Este aprimoramento permitiu o avanço na utilização de técnicas espectroscópicas para o diagnóstico de doenças e também para fins terapêuticos (Bagnato & Pratavieira, 2015; Zezell, 2017; Cugnasca & dos Santos, 2021). No diagnóstico de doenças, por exemplo, destaca-se a utilização de sensores fluorescentes na detecção de cátions metálicos em sistemas biológicos, como exemplo íons cobre(II) (Cu(II)) em células, uma vez que estes estão relacionados a vários processos fisiológicos, atuando como cofator de enzimas essenciais do metabolismo. Um desequilíbrio na concentração de Cu(II) em células pode estar relacionado a doenças cardíacas e doenças degenerativas, como a Doença de Alzheimer e doença de Parkinson (Cugnasca & dos Santos, 2021).

Nesse contexto, o presente material propõe estabelecer situações de aprendizagem que permitam ao estudante fortalecer o entendimento das correlações existentes entre o submicro, o micro e o macro, associando-as à vida cotidiana e ao conhecimento científico construído diariamente em sala de aula. Como ferramentas dessa construção, serão utilizadas temáticas associadas à Bioquímica e suas implicações nas diversas áreas de conhecimento, tendo como ponto de partida a luz e seus fenômenos de luminescência relacionados à bioquímica de proteínas, para uma associação entre a teoria e prática, utilizando a busca por novos métodos diagnósticos para a Doença de Alzheimer como um dos pontos centrais das atividades.





SITUAÇÃO DE APRENDIZAGEM 01: Como estabelecer a ponte entre o macro e micro/submicro?

1- DADOS DA ATIVIDADE



Competência Específica 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).

HABILIDADES:

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.



EM13CNT307 - Analisar as propriedades dos materiais para avaliar a adequação de seu uso em diferentes aplicações (industriais, cotidianas, arquitetônicas, tecnológicas, entre outras) e/ou propor soluções seguras e sustentáveis considerando seu contexto local e cotidiano.

EM13CNT311MG - Investigar e analisar comportamentos específicos dos diversos tipos de ondas, para avaliar suas diferentes aplicações tecnológicas (comunicação, saúde, música, entre outros), identificar e/ou avaliar os impactos individuais, coletivos e socioambientais de tais tecnologias, a fim de promover seu uso seguro e sustentável.

OBJETOS DE CONHECIMENTO:



Espectro Eletromagnético
Luz
Fluorescência

DURAÇÃO: 02 aulas



COMPETÊNCIA SOCIOEMOCIONAL EM FOCO: Imaginação criativa

OBJETIVO GERAL: Fomentar a discussão sobre como o conhecimento de fenômenos naturais, enfatizando o contexto bioquímico, pode ser útil em múltiplos cenários, desde o estímulo à curiosidade até o desenvolvimento de novas formas de tratamento e diagnóstico de doenças.



OBJETIVO ESPECÍFICO: Evidenciar a inter-relação do submicro e do micro com o macro por meio de fenômenos que correlacionem luz, cores, fluorescência e elementos do cotidiano, como pigmentos e condimentos de origem natural.

2- PLANEJAMENTO

A) CONTEXTUALIZAÇÃO:

Esta Sequência de Ensino Investigativa (SEI) contribuirá para o desenvolvimento das habilidades EM13CNT301, EM13CNT307 e EM13CNT311MG, do Currículo Referência de Minas Gerais. O tema a ser desenvolvido, luz e fluorescência, auxiliará o desenvolvimento da habilidade EM13CNT301, de modo proporcionar ao estudante a vivência da investigação científica, aproximando-se do percurso da ciência na construção de teorias e na construção do conhecimento científico. Contribui, também, na apresentação da habilidade EM13CNT307, que permite reconhecer as propriedades físicas e químicas dos materiais e identificar a conveniência da utilização dos diferentes materiais em diferentes situações, de acordo com as necessidades das possíveis soluções e dos materiais disponíveis em cada situação. Além de contribuir para o desenvolvimento da habilidade EM13CNT311MG, pois aproxima o estudante de aspectos relativos à Natureza da Ciência, por exemplo, as dificuldades enfrentadas pelos cientistas, o valor que a sociedade confere ao conhecimento científico, benefícios e riscos de algumas atividades científicas, entre outras possibilidades, além de permitir o posicionamento crítico dos estudantes e as práticas argumentativas, levando-os a avaliar as informações recebidas diariamente, premissa importante no processo de letramento científico.

Como uma das propostas pedagógicas do Novo Ensino Médio, essas competências socioemocionais fazem parte do crescimento pleno do ser humano. Embora se façam separações didáticas, o desenvolvimento de competências cognitivas e socioemocionais acontece de maneira articulada. Nesta SEI, os estudantes serão estimulados a desenvolver a competência **Imaginação criativa**, de modo a envolvê-los positivamente na construção do pensamento científico. A Imaginação criativa é o “pensar fora da caixa”, gerar ideias novas e interessantes, criando formas de fazer e pensar sobre as coisas por meio da tentativa e erro, fazendo ajustes quando necessário, aprendendo com as falhas, combinando conhecimentos e ideias. (SENNÁ, 2018)

Para mobilizar essa competência e desenvolver as habilidades cognitivas da área de Ciências da Natureza e suas Tecnologias ao fomentar a discussão sobre como o conhecimento de fenômenos naturais, enfatizando o contexto bioquímico, essa SEI utilizará metodologias ativas de aprendizagem em vários momentos, contribuindo para a produção do conhecimento ao relacionar a teoria e prática, contemplando o desenvolvimento de habilidades cognitivas e socioemocionais.

B) DESENVOLVIMENTO

1º MOMENTO: Sensibilização e Problematização

DURAÇÃO: 25 minutos

Neste momento, o professor deverá apresentar aos estudantes um recipiente contendo arroz-doce com especiarias, incluindo a cúrcuma, como forma de mobilizar os estudantes para que eles possam identificar o *porquê do arroz-doce estar amarelo?*

Figura 4- Arroz-doce com especiarias



Imagem: Editora Panelinha Ltda



ARROZ-DOCE COM ESPECIARIAS



AUTOR: Panelinha

TEMPO DE PREPARO: Até 1h

SERVE: 8 porções

INGREDIENTES:

- 1 xícara (chá) de arroz
- 2 xícaras (chá) de água
- 3 xícaras (chá) de leite
- $\frac{1}{3}$ de xícara (chá) de açúcar
- 1 colher (sopa) de cúrcuma
- 6 bagas de cardamomo (opcional)
- 1 pitada de sal
- $\frac{1}{2}$ lata de leite condensado
- canela em pó a gosto para servir

MODO DE PREPARO:

1- Numa tigela, coloque o arroz, cubra com a água e deixe de molho por 30 minutos — isso deixa os grãos mais macios e o doce mais cremoso.

2- Com uma faca de legumes, corte as pontinhas e abra as bagas de cardamomo. Descarte a palha e bata as sementes no pilão para moer (caso esteja utilizando cardamomo em pó, considere $\frac{1}{4}$ de colher (chá)).

3- Passado os 30 minutos, transfira o arroz (com a água) para uma panela média. Junte o leite, o açúcar, a cúrcuma, o cardamomo e o sal. Leve ao fogo alto e mexa delicadamente até começar a ferver.

4- Assim que começar a ferver, abaixe o fogo e deixe cozinhar por 20 minutos, mexendo de vez em quando, até os grãos ficarem macios – nesse momento o preparo ainda deve estar líquido, pois os grãos continuam absorvendo o caldo enquanto esfriam.

5- Misture o leite condensado e deixe cozinhar por mais cerca de 5 minutos, até começar a ficar cremoso – lembre-se que o arroz-doce atinge o ponto depois de esfriar, o preparo ainda deve estar bem úmido.

6- Transfira o arroz-doce para uma tigela e cubra com filme em contato com o arroz – isso evita a formação de uma película no doce. Deixe amornar antes de levar para a geladeira Polvilhe com canela em pó a gosto na hora de servir.

Disponível em: <https://panelinha.com.br/receita/arroz-doce-com-especiarias>.

Acesso em: 16 de jan. de 2024.

O professor deverá realizar uma breve discussão, registrando as hipóteses dos estudantes e, em seguida, deverá incidir sobre o doce um feixe de luz negra, como forma de evidenciar o efeito da luz (fluorescência) observado a partir da interação com o alimento.

Neste momento, promova uma breve discussão sobre o motivo da fluorescência (brilho) e os componentes utilizados no preparo do arroz-doce, entre eles a cúrcuma,



responsável pela coloração amarela intensa e, provavelmente, pelo efeito luminescente. Com isso, apresente para a turma a seguinte reflexão: “Como a solubilidade da cúrcuma pode afetar seu efeito na receita e, conseqüentemente, na interação com a luz que foi observada?”.



O QUE ESPERAR DOS ESTUDANTES?

Professor(a), ao conduzir a atividade proposta, espera-se que os estudantes desenvolvam uma compreensão inicial dos conceitos relacionados à solubilidade, bioquímica e à possível relação com a fluorescência, mesmo sem ter realizado experimentos diretos sobre esse fenômeno. Uma observação atenta do doce de arroz é antecipada, identificando-se características específicas, como a coloração amarela intensa atribuída à cúrcuma. Hipóteses contendo elementos relacionados à interação da cúrcuma com alguma substância ou sobre como a solubilidade da cúrcuma na receita influencia a uniformidade da cor no doce são esperadas.

Neste momento os estudantes ainda não realizaram experimentos específicos sobre fluorescência. A questão sobre a solubilidade da cúrcuma e seu efeito na receita deve ser abordada considerando principalmente a observação e as hipóteses. Por este motivo, é de extrema importância que os estudantes sejam incentivados a observarem cuidadosamente o doce de arroz, com foco na coloração amarela intensa. Perguntas que estimulem a observação, como “O que você nota de diferente no doce de arroz com cúrcuma em comparação com o doce de arroz tradicional?”, podem ajudar os estudantes a buscarem elementos para a construção de suas hipóteses.

A aplicação de conhecimentos prévios em solubilidade e bioquímica para explicar como a cúrcuma interage com outros componentes na receita é uma expectativa. A demonstração de imaginação criativa ao especular sobre a possível relação entre a solubilidade da cúrcuma, sua distribuição na receita e a fluorescência é aguardada, mesmo sem experimentar diretamente esse fenômeno. A participação ativa na discussão em sala de aula, compartilhando observações, hipóteses e ideias sobre a relação entre a cúrcuma, a solubilidade e a observação da fluorescência, também é esperada.

Espera-se, ainda, que o estudante comece a perceber conexões interdisciplinares entre diferentes disciplinas, como química, bioquímica e física, ao relacionar propriedades da cúrcuma com o fenômeno observado. Além disso, é uma expectativa que os estudantes se sintam estimulados a fazer perguntas adicionais, alimentando o espírito de questionamento científico e de curiosidade. Este estágio inicial da atividade é essencial para promover o engajamento ativo e o pensamento crítico, preparando o terreno para explorações mais aprofundadas ao longo da sequência didática.



Observação!

Os estudantes já tiveram um contato inicial sobre ondas eletromagnéticas e suas aplicações no 9º ano do Ensino Fundamental, através das habilidades EF09CI06 e EF09CI07. Além disso, os conceitos referentes à solubilidade e misturas, foram objetos de estudo durante o Ensino Fundamental.

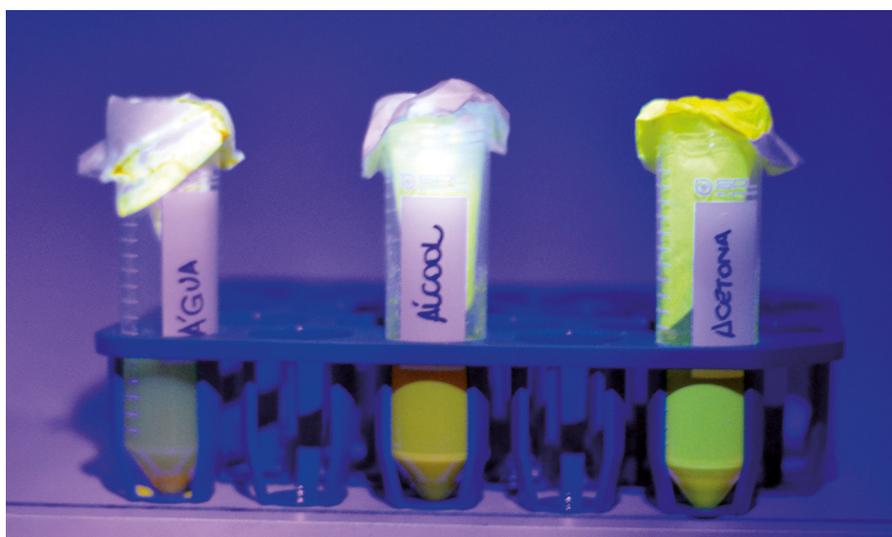
2º MOMENTO: Experimentação

DURAÇÃO: 45 minutos

Dando prosseguimento à aula, os estudantes deverão realizar experimentos com a cúrcuma, de modo a avaliar sua solubilidade em diferentes solventes. Caso seja possível organize a turma em pequenos grupos, para que eles possam realizar os procedimentos experimentais que constam no roteiro.

Inicialmente, o pó da especiaria ($\frac{1}{2}$ colher de chá) deve ser adicionado a tubos de ensaio ou provetas transparentes contendo colunas de água, acetona e álcool (40 mL) - solventes com diferentes polaridades. Após a observação das primeiras interações solventes-cúrcuma, deve-se incidir um feixe de luz negra sobre a cúrcuma sólida e sobre os tubos contendo cúrcuma + água, cúrcuma + álcool e cúrcuma + acetona, conforme mostra a **Figura 5**.

Figura 5- Fluorescência da cúrcuma em água, etanol comercial e acetona



Da esquerda para a direita, fluorescência da cúrcuma em água, etanol comercial e acetona comercial

Durante a execução do experimento, conforme roteiro entregue, os estudantes devem responder a duas perguntas: A) *O que aconteceu em cada tubo?* e B) *Como você justificaria a diferença de fluorescência nos tubos?*



O QUE ESPERAR DOS ESTUDANTES?

Professor(a), ao conduzir os experimentos com a cúrcuma para avaliar sua solubilidade em diferentes solventes, é fundamental observar e compreender as respostas dos estudantes.

Para a pergunta, “**O que aconteceu em cada tubo?**”, no quadro abaixo estão algumas orientações sobre o que esperar e como interpretar as respostas das perguntas formuladas durante a execução do experimento.

Quadro 1 - Possíveis respostas dos estudantes para a pergunta “**O que aconteceu em cada tubo?**”

TUBO A - Água		TUBO B - Álcool		TUBO C - Acetona	
Expectativa	Possíveis respostas	Expectativa	Possíveis respostas	Expectativa	Possíveis respostas
A cúrcuma não deve se dissolver na água ou apresentar baixa solubilidade.	<p>“A cúrcuma não se dissolveu na água; permaneceu como um pó sólido no fundo do tubo.”</p> <p>“Observamos que a água não afetou significativamente a cúrcuma, que permaneceu visivelmente separada.”</p>	Espera-se que a cúrcuma apresente alguma solubilidade no álcool.	<p>“A cúrcuma parece ter se dissolvido no álcool, formando uma solução de cor amarelada.”</p> <p>“Notamos uma mudança na cor do álcool para amarelo, indicando que a cúrcuma se dissolveu nele.”</p>	Deve-se observar a solubilidade da cúrcuma na acetona, esperando-se uma dissolução efetiva.	<p>“A cúrcuma se dissolveu na acetona, formando uma solução amarelada homogênea.”</p> <p>“Ao adicionar cúrcuma à acetona, percebemos que a solução ficou amarela, indicando uma boa solubilidade.”</p>

Para a pergunta “**Como você justificaria a diferença de fluorescência nos tubos?**”, no quadro abaixo estão algumas orientações sobre o que esperar e como interpretar as respostas das perguntas formuladas durante a execução do experimento.

Quadro 1 - Possíveis respostas dos estudantes para a pergunta
 “Como você justificaria a diferença de fluorescência nos tubos?”

TUBO A - Água		TUBO B - Álcool		TUBO C - Acetona	
Expectativa	Possíveis respostas	Expectativa	Possíveis respostas	Expectativa	Possíveis respostas
Não deve haver fluorescência significativa na água, devido à baixa solubilidade da cúrcuma.	<p>“Não observamos fluorescência na água; a cúrcuma praticamente não se dissolveu.”</p> <p>“A falta de fluorescência na água sugere que a cúrcuma não interage significativamente com este solvente.”</p>	Pode haver alguma fluorescência, indicando uma dissolução parcial da cúrcuma.	<p>“Houve uma fluorescência leve no álcool; a cúrcuma parece ter se dissolvido parcialmente.”</p> <p>“A fluorescência no álcool sugere que a cúrcuma interagiu com este solvente, mas não de maneira tão efetiva quanto na acetona.”</p>	Deve haver fluorescência intensa, indicando uma boa solubilidade da cúrcuma.	<p>“Observamos uma fluorescência forte na acetona; a cúrcuma se dissolveu bem.”</p> <p>“A fluorescência intensa na acetona sugere uma interação eficaz entre a cúrcuma e este solvente.”</p>

Ao interpretar as respostas dos estudantes, considere que esta é uma oportunidade para eles explorarem conceitos científicos na prática. Por este motivo é esperado que haja variações nas respostas dos estudantes. Assim, é de extrema importância que se valorize as observações detalhadas, a formulação de hipóteses e a capacidade de relacionar os resultados com os princípios teóricos discutidos anteriormente. Isso proporcionará uma base sólida para futuras explorações no tema da fluorescência e suas aplicações bioquímicas.

2º MOMENTO: Sistematização do Conhecimento

DURAÇÃO: 30 minutos

Para finalizar esta etapa, o(a) professor(a) deverá promover discussão com a turma, de modo a estabelecer uma relação entre a interação de pigmentos, como a cúrcuma, com solventes de diferentes polaridades. Como forma de contextualizar, sugere-se a exibição do vídeo “**You drink this? | Fluorescent Food**”, disponível em: <https://bit.ly/3fkZbSJ>, que discute o efeito fluorescente em outros alimentos. Após a exibição do vídeo, solicite aos estudantes que respondam, novamente, a pergunta norteadora desta etapa “Como a solubilidade da cúrcuma pode afetar seu efeito na receita e, conseqüentemente, na interação com a luz que foi observada?”.





O QUE ESPERAR DOS ESTUDANTES?

Professor(a), após a exibição do vídeo “You drink this? | Fluorescent Food” e a realização da discussão sobre a interação de pigmentos, como a cúrcuma, com solventes de diferentes polaridades, espera-se que os estudantes demonstrem um aprofundamento em sua compreensão dos fenômenos observados. A integração dos conhecimentos adquiridos durante os experimentos com a cúrcuma e a relação estabelecida com o conteúdo do vídeo são esperadas nesse estágio do aprendizado. Nessa etapa, é antecipado que os estudantes ampliem a discussão, considerando a aplicação de conceitos de solubilidade e fluorescência a outros alimentos, conforme exemplificado no vídeo. Hipóteses elaboradas sobre por que alguns alimentos exibem fluorescência e outros não serão valorizadas como manifestações de um pensamento crítico em desenvolvimento.

A expectativa é que os estudantes façam referências específicas ao conteúdo do vídeo, mencionando exemplos de alimentos fluorescentes apresentados e comparando esses exemplos com as observações feitas durante seus próprios experimentos com a cúrcuma. A análise crítica dessas relações contribuirá para a construção de conclusões embasadas sobre como a solubilidade da cúrcuma afeta seu efeito na receita e, conseqüentemente, na interação com a luz, fortalecendo a compreensão dos conceitos abordados.

Nesse contexto, a discussão e o vídeo deverão estimular os estudantes a formularem perguntas adicionais, buscando aprofundar seu entendimento sobre os fenômenos observados. A expressão de curiosidade sobre outros alimentos ou pigmentos que poderiam exibir propriedades semelhantes demonstrará não apenas o progresso na compreensão dos conceitos científicos, mas também a capacidade dos estudantes de ir além do contexto específico da cúrcuma, enriquecendo sua visão sobre fenômenos naturais. Este estágio não somente consolida o aprendizado anterior, mas também instiga a exploração além das fronteiras iniciais do conhecimento, nutrendo assim um ambiente propício à construção do pensamento científico.



Analisando esta etapa

Professor(a), esta etapa demonstra uma abordagem promissora para o ensino investigativo, alinhando-se aos princípios norteadores do ciclo investigativo proposto por Pedaste et al. (2015). Ao analisar criticamente os três momentos da sequência em relação a esse modelo, observa-se uma integração coerente de elementos-chave que promovem a aprendizagem baseada em investigação.

O primeiro momento, centrado na apresentação do contexto e problematização com o doce de arroz e a cúrcuma, está alinhada com a fase de “Introdução” no ciclo investigativo. Essa etapa permite a contextualização do problema, estimula a curiosidade dos estudantes e define claramente a questão investigativa. A introdução de um fenômeno observável, como a fluorescência, também contribui para a motivação dos estudantes e a identificação de questões investigativas relevantes.

A etapa subsequente, que envolve a realização de experimentos com a cúrcuma para avaliar sua solubilidade em diferentes solventes, alinha-se à fase de “Investigação” do ciclo. Os estudantes são guiados à exploração da solubilidade da cúrcuma e da relação com a fluorescência, promovendo uma abordagem prática e exploratória. A divisão em grupos para a execução dos procedimentos experimentais reflete a colaboração, outro elemento destacado por Pedaste et al. como fundamental na aprendizagem investigativa.

Por fim, o último momento que envolve a exibição do vídeo “You drink this? | Fluorescent Food” e a discussão em sala de aula está alinhada com a fase de “Discussão” ou “Compartilhamento de Resultados” do ciclo investigativo. Essa etapa proporciona uma oportunidade para os estudantes sintetizarem suas observações e as relacionarem com conteúdos externos, e compartilharem suas descobertas com os colegas. A análise crítica do vídeo estimula o pensamento reflexivo e a aplicação dos conceitos aprendidos em um contexto mais amplo.

No entanto, é crucial observar que, para otimizar ainda mais a eficácia do ensino investigativo, é fundamental garantir uma avaliação formativa contínua, fornecendo opinião fundamentada aos estudantes para melhorar a qualidade de suas investigações ao longo do processo.



SITUAÇÃO DE APRENDIZAGEM 02: Conexão entre o macro e micro/sub- micro envolvendo biomoléculas

1- DADOS DA ATIVIDADE



Competência Específica 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).

HABILIDADES:

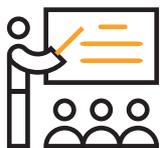
EM13CNT301 - Construir questões, elaborar hipóteses, previsões e estimativas, empregar instrumentos de medição e representar e interpretar modelos explicativos, dados e/ou resultados experimentais para construir, avaliar e justificar conclusões no enfrentamento de situações-problema sob uma perspectiva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



EM13CNT307 - Analisar as propriedades dos materiais para avaliar a adequação de seu uso em diferentes aplicações (industriais, cotidianas, arquitetônicas, tecnológicas, entre outras) e/ou propor soluções seguras e sustentáveis considerando seu contexto local e cotidiano.

EM13CNT311MG - Investigar e analisar comportamentos específicos dos diversos tipos de ondas, para avaliar suas diferentes aplicações tecnológicas (comunicação, saúde, música, entre outros), identificar e/ou avaliar os impactos individuais, coletivos e socioambientais de tais tecnologias, a fim de promover seu uso seguro e sustentável.

OBJETOS DE CONHECIMENTO:



Interações química entre compostos orgânicos
Desnaturação de proteínas
Fluorescência

DURAÇÃO: 02 aulas



COMPETÊNCIA SOCIOEMOCIONAL EM FOCO: Imaginação Criativa

OBJETIVO GERAL: Fomentar a discussão sobre como o conhecimento de fenômenos naturais, enfatizando o contexto bioquímico, pode ser útil em múltiplos cenários, desde o estímulo à curiosidade até o desenvolvimento de novas formas de tratamento e diagnóstico de doenças.



OBJETIVO ESPECÍFICO: Demonstrar como o conhecimento a respeito da luz e da manipulação de fenômenos como a fluorescência podem evidenciar mudanças físico-químicas relacionadas às biomoléculas, como a desnaturação de proteínas.

2- PLANEJAMENTO

A) CONTEXTUALIZAÇÃO:

Esta SEI contribuirá para o desenvolvimento das habilidades **EM13CNT301**, **EM13CNT307** e **EM13CNT311MG**, do Currículo Referência de Minas Gerais. O tema a ser desenvolvido (luz, fluorescência e interação da cúrcuma com biomoléculas), auxiliará o desenvolvimento da habilidade **EM13CNT301**, de modo a proporcionar ao estudante a vivência da investigação científica, aproximando-se do percurso da ciência na construção de teorias e na construção do conhecimento científico. Contribui, também, para a apresentação da habilidade **EM13CNT307**, que permite reconhecer as propriedades físicas e químicas dos materiais e identificar a conveniência da utilização dos diferentes materiais em diferentes situações, de acordo com as necessidades das possíveis soluções e dos materiais disponíveis em cada situação. Além de contribuir para o desenvolvimento da habilidade **EM13CNT311MG**, pois aproxima o estudante a aspectos relativos à Natureza da Ciência, por exemplo, as dificuldades enfrentadas pelos cientistas, o valor que a sociedade confere ao conhecimento científico, benefícios e riscos de algumas atividades científicas, entre outras possibilidades, além de permitir o posicionamento crítico dos estudantes e as práticas argumentativas, levando-os a avaliar as informações recebidas diariamente, premissa importante no processo de letramento científico.

Como uma das propostas pedagógicas do Novo Ensino Médio, essas competências socioemocionais fazem parte do crescimento pleno do ser humano. Embora se façam separações didáticas, o desenvolvimento de competências cognitivas e socioemocionais acontece de maneira articulada. Nesta SEI, os estudantes serão estimulados a desenvolver a competência Imaginação criativa, de modo a envolvê-los positivamente na construção do pensamento científico. A Imaginação criativa é o “pensar fora da caixa”, gerar ideias novas e interessantes, criando formas de fazer e pensar sobre as coisas por meio da tentativa e erro, fazendo ajustes quando necessário, aprendendo com as falhas, combinando conhecimentos e ideias. (SENNÁ, 2018)

Para mobilizar essa competência e desenvolver as habilidades cognitivas da área de Ciências da Natureza e suas Tecnologias ao fomentar a discussão sobre como o conhecimento de fenômenos naturais, enfatizando o contexto bioquímico, essa SEI utilizará metodologias ativas de aprendizagem em vários momentos, contribuindo para a produção do conhecimento ao relacionar a teoria e prática, contemplando o desenvolvimento de habilidades cognitivas e socioemocionais.

B) DESENVOLVIMENTO

1º MOMENTO: Sensibilização e Problematização

DURAÇÃO: 25 minutos

Professor(a), inicie esta aula retomando a discussão da etapa anterior com os estudantes, como forma de introduzir a temática desta etapa da SEI.





Sobre o contexto...

A interação da curcumina com biomoléculas pode resultar em diversos efeitos, incluindo a modificação da estrutura e função dessas biomoléculas. A fluorescência desempenha um papel crucial nesse contexto, pois muitos compostos orgânicos, incluindo a curcumina, são capazes de emitir luz fluorescente quando excitados por luz ultravioleta ou visível. Isso permite que os pesquisadores estudem as interações da cúrcuma com biomoléculas de forma sensível e precisa.

A fluorescência da curcumina é frequentemente explorada em estudos de interações com proteínas, onde a mudança na intensidade ou na emissão de luz fluorescente pode indicar a formação de agregados formados a partir das interações entre a curcumina e a proteína-alvo. Além disso, a fluorescência pode ser usada para monitorar a localização celular da curcumina e entender como ela interage com esses agregados e também com membranas celulares e organelas.

A pesquisa sobre a interação da cúrcuma com biomoléculas e fluorescência também tem implicações na área da medicina. Por exemplo, a curcumina tem sido estudada como agente anticancerígeno, e a fluorescência pode ser usada para rastrear sua absorção e distribuição nas células cancerígenas, ajudando a compreender seus mecanismos de ação. Além disso, a cúrcuma e seus compostos podem ser utilizados como sondas fluorescentes em estudos bioquímicos e farmacológicos, contribuindo para o desenvolvimento de novas terapias e métodos diagnósticos.

Após realizar a discussão, questione os estudantes sobre a interação da cúrcuma com biomoléculas, tendo como foco proteínas, em diferentes situações, de modo a saber se haveria ou não observação da fluorescência. Utilize como referência o arroz-doce da aula anterior: com isso, solicite aos estudantes que respondam a pergunta norteadora desta etapa que é, **“A desnaturação de proteínas em um alimento poderá afetar a fluorescência da cúrcuma que for adicionada a este alimento?”**.



O QUE ESPERAR DOS ESTUDANTES?

Espera-se que, diante do questionamento, os estudantes demonstrem a aplicação do conhecimento prévio adquirido na etapa anterior da SEI, utilizando suas experiências com a cúrcuma, solubilidade e fluorescência como base para formulação de hipóteses e respostas fundamentadas. Além disso, é aguardado que compreendam o conceito de desnaturação de proteínas e sua possível relação com a fluorescência da cúrcuma, contextualizando-o no cenário específico do doce de arroz (que possui leite e derivados em sua constituição, ou seja, há proteínas presentes no doce).

Durante a discussão em sala de aula, a participação ativa dos estudantes é encorajada, buscando a construção coletiva do conhecimento. O ambiente propício para questionamentos e expressão de dúvidas adicionais é estimulado, fomentando um pensamento crítico e investigativo. A interação entre os conhecimentos anteriores sobre fluorescência da cúrcuma e novas informações sobre desnaturação de proteínas é crucial, promovendo uma integração abrangente dos conceitos abordados.

Ao observar esses indicadores nas respostas dos estudantes, o professor terá percepções significativas sobre o progresso da turma no entendimento do tema proposto, possibilitando a preparação adequada para as atividades subsequentes na SEI. Este método de questionamento ativo não apenas reforça os conceitos científicos, mas também estimula o desenvolvimento das habilidades de pensamento crítico e investigativo entre os estudantes.



Observação!

Professor(a), caso o conceito de desnaturação de proteínas não tenha sido trabalhado com os estudantes, sugerimos que você aborde este conceito com os estudantes antes de executar esta etapa da SEI. Como sugestão, apresentamos uma SEI sobre **Composição Química dos Seres Vivos**, no Anexo I.

2º MOMENTO: Experimentação

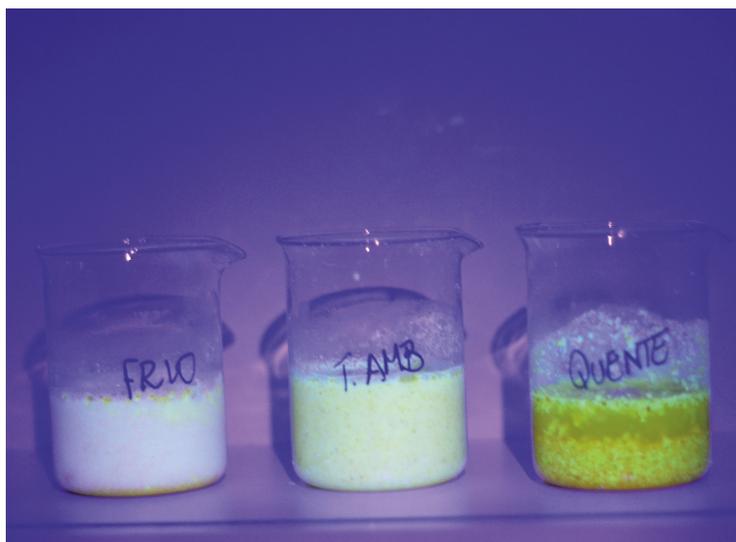
DURAÇÃO: 45 minutos

Dando continuidade à aula, os estudantes deverão realizar um experimento sobre a interação da curcumina com biomoléculas. Caso seja possível, organize a turma em pequenos grupos, para que eles possam realizar os procedimentos experimentais que constam no roteiro.

Para o experimento, serão utilizados 100 mL de leite bovino (fonte de proteína) em diferentes temperaturas (aquecido até pouco antes da ebulição, temperatura ambiente (em torno de 25 °C) e frio (armazenado por 24 horas na geladeira), misturados a 5 mL de vinagre, como forma de observar o processo de desnaturação de proteínas. Após observarem a desnaturação de proteínas, evidenciada macroscopicamente pela separação de fases do leite, os estudantes deverão adicionar a cúrcuma às três amostras e observá-las por 5 minutos. Em seguida, luz negra será incidida sobre as três amostras, de modo a evidenciar ou não a fluorescência da cúrcuma nas amostras.

Após identificar qual recipiente houve maior fluorescência, os estudantes deverão filtrar as amostras e, novamente, incidir a luz negra nas fases (soro e precipitado), observando em qual das frações houve maior fluorescência (Figura 6).

Figura 6- Fluorescência da cúrcuma no leite sob variações de temperatura



(A) Adição da cúrcuma ao leite desnaturado.



(B) Fluorescência da cúrcuma na mistura leite quente + vinagre + cúrcuma, após coar

Durante a execução do experimento, conforme roteiro entregue, os estudantes deverão responder a três perguntas: **A) Em qual dos béqueres houve maior interação da cúrcuma com o leite?**; **B) Formule uma hipótese baseado nos seus conhecimentos prévios e que justificaria o que foi observado** e **C) Agora, no béquer que houve maior fluorescência, e com o auxílio do funil e de papel filtro, despeje o conteúdo do béquer e, com o auxílio da lanterna ou lâmpada UV, ilumine o que foi filtrado.**



O QUE ESPERAR DOS ESTUDANTES?

Professor(a), espera-se que as respostas às três perguntas propostas os revelem aos estudantes não apenas a compreensão dos fenômenos observados, mas também a capacidade de aplicar conceitos bioquímicos de forma prática e reflexiva.

Para a pergunta, “**Em qual dos béqueres houve maior interação da cúrcuma com o leite?**”, espera-se que observações detalhadas dos estudantes sobre as amostras em diferentes béqueres sejam consideradas. O recipiente em que ocorreu a maior interação entre a cúrcuma e o leite deve ser identificado, levando em conta aspectos como cor, homogeneidade e intensidade de fluorescência.

Para a pergunta, “**Formule uma hipótese baseada nos seus conhecimentos prévios e que justificaria o que foi observado.**”, a formulação de uma hipótese sólida, baseada em conhecimentos prévios sobre solubilidade, interações bioquímicas, desnaturação de proteínas e fluorescência da cúrcuma, é aguardada. A justificativa deve ser coerente, explicando de maneira lógica os resultados observados no béquer escolhido.

Já na última pergunta, “**Agora, no béquer que houve maior fluorescência, com o auxílio do funil e do papel filtro, despeje o conteúdo do béquer e, com o auxílio da lanterna ou lâmpada UV, ilumine o que foi filtrado.**”, espera-se a execução do procedimento conforme descrito, com a observação crítica do que ocorre ao filtrar o conteúdo do béquer com maior fluorescência, é crucial. A resposta deve indicar se a fluorescência persiste no filtrado e se há diferenças notáveis a fase líquida filtrada (soro) e a massa retida no filtro.

Esta metodologia ativa de aprendizado não apenas fortalece o entendimento prático dos estudantes sobre os conceitos discutidos, mas também os incentiva a pensar criticamente e a aplicar suas habilidades em um contexto experimental.

3º MOMENTO: Sistematização do Conhecimento

DURAÇÃO: 30 minutos

Para finalizar esta etapa, o(a) professor(a) deverá promover discussão com a turma, de modo a estabelecer uma relação entre a interação de biomoléculas com a cúrcuma, sob diversas situações, como por exemplo, variação do valor de pH do meio, e os efeitos dessas variáveis na fluorescência observada.

Após a discussão, solicite aos estudantes que respondam, novamente, a pergunta norteadora **“A desnaturação de proteínas pode afetar a fluorescência da cúrcuma?”**.



O QUE ESPERAR DOS ESTUDANTES?

*Professor(a), após a realização do experimento e discussão sobre a interação de biomoléculas com a cúrcuma, incluindo variações no valor de pH do meio, espera-se que, durante a resposta à pergunta norteadora **“A desnaturação de proteínas pode afetar a fluorescência da cúrcuma?”**, o estudante possa demonstrar uma compreensão mais aprofundada das complexidades envolvidas nessa relação.*

É esperado que, ao reconsiderar a pergunta, o estudante leve em consideração fatores adicionais, como a variação do pH, e reconheça a influência desses elementos na interação entre a cúrcuma e as biomoléculas. A resposta deve refletir uma compreensão mais abrangente das variáveis que podem influenciar a fluorescência da cúrcuma, não se limitando apenas à desnaturação de proteínas. Além disso, espera-se que o estudante estabeleça conexões entre a desnaturação de proteínas e outros fatores discutidos durante a sequência de atividades, como variações no pH do meio. A explicação deve abordar como esses fatores podem agir de maneira conjunta, impactando a fluorescência da cúrcuma em diferentes contextos experimentais.

Durante a participação na discussão em grupo, espera-se que o estudante contribua ativamente, compartilhando suas ideias, levantando questões pertinentes e colaborando para a construção coletiva do conhecimento. Isso não apenas demonstra engajamento no processo de aprendizagem, mas também evidencia a compreensão colaborativa alcançada. Deste modo, a expectativa é que a resposta do estudante, após a etapa experimental e discussão, seja mais informada, reflexiva e abrangente, indicando um progresso no entendimento da complexa relação entre a cúrcuma, as biomoléculas e os fatores ambientais. Esse enfoque mais abrangente contribui para o desenvolvimento contínuo das habilidades científicas dos estudantes.



Analisando esta etapa

Professor(a), esta SEI aborda diversas fases do ciclo de aprendizagem investigativa, proposto por Pedaste et al. (2015), como a fase de Sensibilização e Problematização, a fase de Investigação e Experimentação, e a fase de Discussão e Reflexão. Cada fase foi cuidadosamente planejada para promover a participação ativa dos estudantes, estimulando a formulação de perguntas, a realização de experimentos práticos e a discussão crítica dos resultados. Destacamos os pontos positivos alinhados com os princípios do ensino investigativo nesta SEI, como o envolvimento ativo dos estudantes em experimentos práticos, a promoção da reflexão crítica e a aplicação dos conhecimentos em diferentes contextos são aspectos que contribuem significativamente para o desenvolvimento das habilidades científicas. Além disso, ao abordar a interação da cúrcuma com biomoléculas sob diferentes condições, a SEI não apenas enfoca conceitos bioquímicos, mas também promove habilidades de observação, formulação de hipóteses e análise crítica. Isso sugere uma contribuição efetiva para o desenvolvimento da alfabetização científica dos estudantes, como propõe Scarpa & Campos (2018). Por fim, a SEI demonstra uma abordagem efetiva para o ensino investigativo, contribuindo para o desenvolvimento das habilidades científicas e a alfabetização científica dos estudantes.



SITUAÇÃO DE APRENDIZAGEM 03: Sistematização do Conhecimento

1- DADOS DA ATIVIDADE



Competência Específica 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).

HABILIDADES:

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.



EM13CNT307 - Analisar as propriedades dos materiais para avaliar a adequação de seu uso em diferentes aplicações (industriais, cotidianas, arquitetônicas, tecnológicas, entre outras) e/ou propor soluções seguras e sustentáveis considerando seu contexto local e cotidiano.

EM13CNT311MG - Investigar e analisar comportamentos específicos dos diversos tipos de ondas, para avaliar suas diferentes aplicações tecnológicas (comunicação, saúde, música, entre outros), identificar e/ou avaliar os impactos individuais, coletivos e socioambientais de tais tecnologias, a fim de promover seu uso seguro e sustentável.

OBJETOS DE CONHECIMENTO:



Luz
Fluorescências
Diagnóstico de doenças neurodegenerativas

DURAÇÃO: 02 aulas

COMPETÊNCIA SOCIOEMOCIONAL EM FOCO: Imaginação Criativa



OBJETIVO GERAL: Fomentar a discussão sobre como o conhecimento de fenômenos naturais, enfatizando o contexto bioquímico, pode ser útil em múltiplos cenários, desde o estímulo à curiosidade até o desenvolvimento de novas formas de tratamento e diagnóstico de doenças.

2- PLANEJAMENTO

A) CONTEXTUALIZAÇÃO:

Esta SEI contribuirá para o desenvolvimento das habilidades **EM13CNT301**, **EM13CNT307** e **EM13CNT311MG**, do Currículo Referência de Minas Gerais. O tema a ser desenvolvido, luz e fluorescência no pré-diagnóstico de doenças neurodegenerativas, auxiliará o desenvolvimento da habilidade **EM13CNT301**, de modo a proporcionar ao estudante a vivência da investigação científica, aproximando-se do percurso da ciência na construção de teorias e na construção do conhecimento científico. Contribui, também, na apresentação da habilidade **EM13CNT307**, que permite reconhecer as propriedades físicas e químicas dos materiais e identificar a conveniência da utilização dos diferentes materiais em diferentes situações, de acordo com as necessidades das possíveis soluções e dos materiais disponíveis em cada situação. Além de contribuir para o desenvolvimento da habilidade **EM13CNT311MG**, pois aproxima o estudante de aspectos relativos à Natureza da Ciência, por exemplo, as dificuldades enfrentadas pelos cientistas, o valor que a sociedade confere ao conhecimento científico, benefícios e riscos de algumas atividades científicas, entre outras possibilidades, além de permitir o posicionamento crítico dos estudantes e as práticas argumentativas, levando-os a avaliar as informações recebidas diariamente, premissa importante no processo de letramento científico.

Como uma das propostas pedagógicas do Novo Ensino Médio, essas competências socioemocionais fazem parte do crescimento pleno do ser humano. Embora se façam separações didáticas, o desenvolvimento de competências cognitivas e socioemocionais acontece de maneira articulada.



Nesta SEI, os estudantes serão estimulados a desenvolver a competência Imaginação criativa, de modo a envolvê-los positivamente na construção do pensamento científico. A Imaginação criativa é o “pensar fora da caixa”, gerar ideias novas e interessantes, criando formas de fazer e pensar sobre as coisas por meio da tentativa e erro, fazendo ajustes quando necessário, aprendendo com as falhas, combinando conhecimentos e ideias. (SENNA, 2018)

Para mobilizar essa competência e desenvolver as habilidades cognitivas da área de Ciências da Natureza e suas Tecnologias ao fomentar a discussão sobre como o conhecimento de fenômenos naturais, enfatizando o contexto bioquímico, essa SEI utilizará metodologias ativas de aprendizagem em vários momentos, contribuindo para a produção do conhecimento ao relacionar a teoria e prática, contemplando o desenvolvimento de habilidades cognitivas e socioemocionais.

B) DESENVOLVIMENTO

1º MOMENTO: Sensibilização e Problematização

DURAÇÃO: 40 minutos

Professor(a), inicie a aula realizando uma discussão com a turma sobre a Doença de Alzheimer, apresentando os sintomas, estágios da doença e os desafios sobre um diagnóstico precoce.

Após a discussão e a leitura do texto, solicite os estudantes a responderem duas questões: **A) *Você é um pesquisador e sabe que a DA é uma doença ainda sem cura e que seu diagnóstico muitas vezes é feito em pacientes cujas alterações no cérebro estão avançadas. A partir disso, que soluções você buscaria para melhorar a qualidade de vida dos pacientes?*** e **B) *Proponham experimentos que poderiam ser feitos para comprovar a proposta feita na questão anterior.***





O QUE ESPERAR DOS ESTUDANTES?

Professor(a), ao conduzir o primeiro momento da última etapa desta SEI, é importante considerar as expectativas em relação às respostas dos estudantes. A temática envolve a discussão sobre a Doença de Alzheimer, seus sintomas, estágios e os desafios relacionados ao diagnóstico precoce. As questões propostas visam estimular a reflexão dos estudantes sobre soluções para melhorar a qualidade de vida dos pacientes e a proposição de experimentos para validar essas soluções.

Para a primeira questão, **“Você é um pesquisador e sabe que a DA é uma doença ainda sem cura e que seu diagnóstico muitas vezes é feito em pacientes cujas alterações no cérebro estão avançadas. A partir disso, que soluções você buscaria para melhorar a qualidade de vida dos pacientes?”**, espera-se que os estudantes apresentem propostas criativas e embasadas para melhorar a qualidade de vida dos pacientes com Doença de Alzheimer. Isso pode incluir sugestões como intervenções terapêuticas, suporte emocional, estratégias de estimulação cognitiva, tecnologias assistivas, entre outras.

Na questão, **“Proponham experimentos que poderiam ser feitos para comprovar a proposta feita na questão anterior.”**, os estudantes podem sugerir experimentos que visam validar suas propostas para melhorar a qualidade de vida dos pacientes. Isso pode envolver pesquisas sobre intervenções já existentes, estudos de caso, ensaios clínicos, análises bioquímicas, entre outras abordagens científicas. Durante a execução desta atividade, incentive os estudantes a pensar de forma criativa ao apresentar soluções para os desafios relacionados à Doença de Alzheimer. A competência de Imaginação Criativa deve ser destacada nesse contexto. Além disso, você deve orientar os estudantes a relacionarem suas propostas com o contexto bioquímico, considerando os aspectos científicos envolvidos na Doença de Alzheimer e nas possíveis intervenções propostas. Outra sugestão é fomentar a discussão em grupo para que os estudantes possam trocar ideias, debater diferentes perspectivas e aprimorar suas propostas de forma colaborativa. Ao adotar essas estratégias, você estará criando um ambiente propício para o desenvolvimento das habilidades cognitivas e socioemocionais dos estudantes, alinhado aos objetivos da sequência de atividades e aos princípios do Novo Ensino Médio.

2º MOMENTO: Aplicando o conhecimento

DURAÇÃO: 40 minutos

Professor(a), apresente aos estudantes três reportagens relacionadas agregados proteicos, pré-diagnóstico sobre a Doença de Alzheimer como forma de aplicar o conhecimento científico adquirido nas aulas anteriores em um contexto mais amplo, real e atual, relacionado à saúde pública e às aplicações práticas da ciência no diagnóstico de doenças como a Doença de Alzheimer.

Após a leitura, fomente uma discussão com estudantes sobre as reportagens e, em seguida, solicite que os estudantes respondam à seguinte questão problematizadora **“Considerando que a curcumina pode ser considerada uma ferramenta para o diagnóstico da DA, quais os desafios pode-se enfrentar até que essa ferramenta seja utilizada em larga escala?”**



O QUE ESPERAR DOS ESTUDANTES?

Professor(a), no decorrer deste segundo momento, foram apresentadas aos estudantes três reportagens concernentes a agregados proteicos e ao pré-diagnóstico da Doença de Alzheimer, visando aplicar o conhecimento científico previamente adquirido em um contexto mais amplo e contemporâneo, relacionado à saúde pública e às aplicações práticas da ciência no diagnóstico de doenças neurodegenerativas.

Após a leitura das reportagens, deve ser fomentada uma discussão entre os estudantes sobre os temas apresentados. Posteriormente, estimula-se uma questão problematizadora para instigar os estudantes a refletirem sobre os desafios que poderiam ser enfrentados até que a curcumina, considerada uma ferramenta para o diagnóstico da Doença de Alzheimer, seja utilizada em larga escala. Espera-se que sejam identificados pelos estudantes os desafios técnicos associados à aplicação da curcumina como ferramenta de diagnóstico, abrangendo considerações sobre a sensibilidade e especificidade do método, bem como a eficácia na detecção precoce. É esperado que os estudantes abordem os desafios éticos e sociais relacionados ao uso da curcumina no diagnóstico da Doença de Alzheimer, incluindo aspectos éticos como o consentimento informado e questões sociais, como o acesso igualitário a métodos de diagnóstico. Além disso, espera-se que haja reflexão por parte dos estudantes acerca dos obstáculos práticos na implementação, em larga escala, da curcumina como ferramenta de diagnóstico, contemplando fatores como custos, disponibilidade de recursos e aceitação pela comunidade médica. Durante a condução deste momento, é recomendável que os estudantes sejam incentivados

a realizar uma reflexão crítica sobre os desafios, ponderando implicações práticas e éticas da utilização da curcumina no diagnóstico da Doença de Alzheimer. A promoção de discussões em grupo é uma estratégia eficaz para incentivar a troca de perspectivas e enriquecer as reflexões dos estudantes, contribuindo para o desenvolvimento das habilidades socioemocionais. Sugira aos estudantes que relacionem os desafios discutidos com os conhecimentos adquiridos em aulas anteriores sobre luz, fluorescência e bioquímica, destacando a importância da integração interdisciplinar para abordar questões complexas. Neste contexto, o seu papel de professor é fundamental, ao proporcionar uma oportunidade valiosa para que os estudantes apliquem seus conhecimentos de forma crítica e contextualizada, fortalecendo suas habilidades cognitivas e socioemocionais na área de Ciências da Natureza e suas Tecnologias.



Analisando esta etapa

A abordagem da sequência de atividades, ao integrar conteúdos de bioquímica e fenômenos naturais com a discussão sobre o pré-diagnóstico de doenças neurodegenerativas, demonstra um esforço significativo para relacionar a teoria com aplicações práticas. Os dois momentos exploram a aplicação do conhecimento adquirido em situações reais, estimulando os estudantes a refletirem sobre desafios técnicos, éticos e sociais associados à utilização da curcumina como ferramenta de diagnóstico. Essa conexão prática fortalece a abordagem investigativa ao contextualizar os conceitos científicos.

Esta SEI demonstra alinhamento com alguns princípios norteadores do ciclo investigativo proposto por Pedaste et al. (2015). A apresentação de reportagens sobre agregados proteicos e pré-diagnóstico da Doença de Alzheimer serve como um estímulo para a aplicação prática do conhecimento adquirido. A formulação de questões problematizadoras desafia os estudantes a pensarem criticamente, um aspecto essencial para o processo investigativo. Além disso, a SEI apresenta potencialidades para contribuir para a alfabetização científica ao abordar não apenas conceitos científicos, mas também ao promover a compreensão das aplicações práticas desses conceitos na área da saúde. A reflexão sobre desafios técnicos e éticos no uso da curcumina como ferramenta de diagnóstico expande a visão dos estudantes sobre a ciência como uma prática social e contribui para o desenvolvimento de uma compreensão mais ampla do papel da ciência na sociedade.



Procedimentos de Avaliação da SEI

Professor(a), a avaliação das atividades propostas nas SEIs é uma dimensão fundamental para monitorar o progresso dos estudantes e garantir a eficácia do processo de ensino-aprendizagem. A abordagem da avaliação enfoca aspectos formativos e somativos, proporcionando uma visão abrangente do desenvolvimento dos estudantes. Ao realizar uma avaliação formativa, é recomendado que você observe atentamente a participação dos estudantes durante a sensibilização, analisando sua capacidade de formular hipóteses e compreender os conceitos iniciais sobre fluorescência. O registro das hipóteses propostas pelos estudantes ao abordar a solubilidade da cúrcuma na receita fornece percepções valiosas sobre a coerência e o raciocínio científico aplicado nas respostas à questão norteadora.

Durante a realização dos experimentos com cúrcuma e solventes, o acompanhamento atento da execução dos procedimentos pelos estudantes e a observação das respostas às perguntas propostas contribuem para uma avaliação formativa mais abrangente. Além disso, a participação ativa dos estudantes nas discussões após a exibição do vídeo e no contexto do pré-diagnóstico de doenças neurodegenerativas deve ser observada, avaliando a capacidade deles em relacionar conhecimentos adquiridos com aplicações práticas. Caso opte por uma avaliação somativa, recomenda-se a elaboração de relatórios individuais ou em grupo sobre os experimentos realizados, proporcionando uma visão mais aprofundada da capacidade dos estudantes em descrever procedimentos, apresentar resultados e interpretar observações. A avaliação crítica dos estudantes ao refletirem sobre os desafios éticos e técnicos no uso da curcumina como ferramenta de diagnóstico também é crucial, fornecendo um panorama abrangente da análise crítica aplicada pelos estudantes. Outras formas de avaliação somativa incluem a realização de apresentações ou aula-debate sobre temas abordados na sequência, permitindo que você avalie a clareza na exposição de ideias, a argumentação embasada em evidências científicas e a capacidade dos estudantes em responder a questionamentos dos colegas.

A prática de fornecer feedback regular e construtivo, tanto individualmente quanto em âmbito coletivo, é essencial para o desenvolvimento contínuo dos estudantes. A utilização de instrumentos de avaliação como rubricas de desempenho específicas para cada atividade facilita a comunicação dos resultados, proporcionando critérios claros de avaliação. A integração de práticas de autoavaliação e a promoção de opiniões fundamentadas entre os próprios estudantes enriquecem ainda mais o processo de avaliação.



Ao adotar essa abordagem abrangente que incorpora a avaliação formativa e somativa, o professor não apenas obtém uma visão ampla do progresso dos estudantes, mas também contribui para ajustes contínuos no processo de ensino, garantindo uma experiência de aprendizagem mais eficaz e significativa.





Referências Bibliográficas

BAGNATO, Vanderlei S.; PRATAVIEIRA, Sebastião. **Luz para o progresso do conhecimento e suporte da vida**. Revista Brasileira de Ensino de Física, [s. l.], v. 37, n. 4, 2015. DOI <http://dx.doi.org/10.1590/S1806-11173732037>.

BANCHI, Heather; BELL, Randy. **The many levels of inquiry**. Science and Children, [s. l.], v. 46, p. 26-29, Outubro, 2008. Disponível em: <https://www.michiganseagrant.org/lessons/wp-content/uploads/sites/3/2019/04/The-Many-Levels-of-Inquiry-NSTA-article.pdf>. Acesso em: 2 jul. 2022.

BORDA CARULLA, S. **Tools for Enhancing Inquiry in Science Education**. Montrouge, France: Fibonacci Project, 2012. Disponível em: https://www.fondation-lamap.org/sites/default/files/upload/media/minisites/action_internationale/1-tools_for_enhancing_inquiry_in_science_education.pdf. Acesso em 14 jul. 2022.

BRASIL. **Diretrizes Curriculares Nacionais Gerais da Educação Básica**. Brasília: MEC/SEB/Dicej, 2013.

BRASIL. **Base Nacional Comum Curricular**. Brasília: Ministério da Educação, 2018.

BRAZ, Vinícius Aparecido. **NEM TUDO QUE RELUZ É OURO: fluorescência da curcumina para aprendizagem significativa no ensino de Bioquímica direcionada a estudantes do Ensino Médio**. Orientador: Rafael Pinto Vieira. 2024. Trabalho de Conclusão de Mestrado (Mestrado em Ensino de Biologia) - Instituto de Ciências Biológicas, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2024.

CUGNASCA, Beatriz S.; DOS SANTOS, Alcindo A.; **“FLUORESCÊNCIA: PRINCÍPIOS E ALGUMAS APLICAÇÕES”**, p. 71 -79. In: 9º Workshop do Mestrado Profissional Instituto de Química Universidade de São Paulo. São Paulo: Blucher, 2021. ISBN: 9786555501407, DOI 10.5151/9786555501407-06

FANCHIOTTI, Brenda Gomes. **Estudo da estabilidade da curcumina em quitosanas comercial e anfifílica**. Orientador: Carla Cristina Schimitt Cavalheiro. 2019. 66 f. Dissertação (Mestrado em Química) - Universidade de São Paulo, São Carlos, 2019. DOI <https://doi.org/10.11606/D.75.2019.tde-05062019-134029>.

GANT, Wiggins e McTIGHE, Jay. **Planejamento para a compreensão: alinhando currículo, avaliação e ensino por meio do planejamento reverso**; tradução Sandra Maria Mallmann da Rosa. 2 ed. (ampliada). Porto Alegre: Penso, 2019.

GASPARIN, J. L. **Aprender, Desaprender, Reaprender**. 2005.

INSTITUTO AYRTON SENNA. **Educação Integral para o século 21: O desenvolvimento pleno na formação para a autonomia**. 2018.

JESUS, Yasmin Lima de; LOPES, Edinéia Tavares; COSTA, Emmanoel Vilaça. **Descobrimo as Ciências na Cultura Indígena: Pinturas Corporais**. Revista Curiá: múltiplos saberes, [s. l.], v. 1, n. 1, 2015. Disponível em: <https://seer.ufs.br/index.php/CURIA/article/view/3627>. Acesso em: 4 set. 2022.



JOHNSTONE, A. H. **You Can't Get There from Here.** *Journal of Chemical Education*. V. 87, n. 1, p. 22-29, 2010.

JÚNIOR, Wilmo E. Francisco; FRANCISCO, Wellington. **Proteínas: Hidrólise, Precipitação e um Tema para o Ensino de Química.** *Química Nova na Escola*, [s. l.], n. 24, novembro 2006. Disponível em: <http://qnesc.sbq.org.br/online/qnesc24/ccd1.pdf>. Acesso em: 14 jul. 2022.

LINSINGEN, Luciana von. **Metodologia de Ensino de Ciências e Biologia.** Florianópolis: UFSC, 2010. ISBN 978-85-61485-35-1. Disponível em: <https://uab.ufsc.br/biologia/files/2020/08/Metodologia-do-Ensino-de-Ci%C3%A7ncias-e-Biologia.pdf>. Acesso em: 9 jul. 2022

LOURENÇO, Rafael Willian *et al.* **Por uma aprendizagem significativa: metodologias ativas para experimentação nas aulas de ciências e química no Ensino Fundamental II e Médio.** *Brazilian Journal of Development*, Curitiba, v. 7, n. 4, p. 35037-35045, 2021. DOI 10.34117/bjdv7n4-117. Disponível em: <https://www.brazilianjournals.com/index.php/BRJD/article/view/27720/21925>. Acesso em: 13 jul. 2022.

MELO, M.S. de; SILVA, R.R.da. **Os três níveis do conhecimento químico: dificuldades dos alunos na transição entre o macro, o submicro e o representacional.** *Revista Exitus*. Vol. 9, nº 5, p. 301-330, 2019.

MINAS GERAIS. Secretaria Estadual de Educação. **Currículo Referência de Minas Gerais.** Belo Horizonte, 2021.

PANELINHA, Editora. Arroz-doce com especiarias (cúrcuma, cardamomo e canela). **Panelinha**, 2023. Disponível em: <https://panelinha.com.br/receita/arroz-doce-com-especiarias>. Acesso em: 13 jun. 2024.

PEDROSA, I. **Da cor à cor inexistente.** 10ª ed., Rio de Janeiro: Senac Nacional, 2009.

PEDASTE, M. *et al.* **Phases of inquiry-based learning: Definitions and the inquiry cycle.** *Educational Research Review*, v.14, p.47-61, 2015. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/272946536_Phases_of_inquiry-based_learning_Definitions_and_the_inquiry_cycle. Acesso em: 01 jun. 2022.

PELIZZARI, A.; KRIEGL, M. L.; BARON, M. P.; FINCK, N. T. L.; DOROCINSKI, S. I. **Teoria da aprendizagem significativa segundo Ausubel.** *Revista PEC*, Curitiba, v.2, nº 1, p. 37-42, jul. 2001/jul. 2002.

PINHEIRO, Amanda Negreiros. **A Química dos Pigmentos?**. Universidade de Campinas, 2010.

SANTOS, Wildson Luiz Pereira Dos; SCHNETZLER, Roseli Pacheco. **Função social: o que significa ensino de química para formar o cidadão?** *Química Nova na Escola*, v. 4, p. 28-34, 1996. Disponível em: <http://qnesc.sbq.org.br/online/qnesc04/pesquisa.pdf>. Acesso em 14 jul. 2022.

SASSERON, L. H. **Alfabetização científica, ensino por investigação e argumentação: relações entre Ciências da Natureza e escola.** *Revista Ensaio*, v. 17, n. especial, p. 49-67, 2015.



SASSERON, L. H.; CARVALHO, A. M. P. de. Almejando a alfabetização científica no ensino fundamental: a proposição e a procura de indicadores do processo. **Investigações em Ensino de Ciências**, v.13, n.3, p.333-352, 2008. Disponível em: http://www.if.ufrgs.br/ienci/artigos/Artigo_ID199/v13_n3_a2008.pdf. Acesso em: 13 jul. 2022.

SCARPA, D. L.; SASSERON, L. H.; SILVA, M. B. **O Ensino por Investigação e a Argumentação em aulas de Ciências Naturais. Tópicos Educacionais**, Recife, v. 23, n.1, p.7-27, jan/jun. 2017. Disponível em: < <https://periodicos.ufpe.br/revistas/topicoseducacionais/>. Acesso em: 16 out. 2022.

SCARPA, Daniela Lopes; CAMPOS, **Natália Ferreira. Potencialidades do ensino de Biologia por Investigação**. Estudos Avançados, São Paulo, v. 32, n. 94, p. 25-42, 2018. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/329462863_Potencialidades_do_ensino_de_Biologia_por_Investigacao. Acesso em: 13 jul. 2022.

TEIXEIRA, M. G. D. *et al.* **As propriedades biológicas da curcumina: uma revisão de literatura**. Revista Multidisciplinar em Saúde, v. 3, n. 3, 2022. <https://doi.org/10.51161/rem/3519>

WERTHEIN, Jorge; CUNHA, Célio da (org.). **Ensino de Ciências e Desenvolvimento: O que pensam os cientistas**. 2ª. ed. rev. e aum. Brasília: UNESCO, Instituto Sangari, 2009. 272 p. ISBN 978-85-7652-104-4. Disponível em: <http://www.dominiopublico.gov.br/download/texto/is000004.pdf>. Acesso em: 9 jul. 2022.

WANG, F., HUANG, W., Jiang, L. *et al.* **Quantitative Determination of Proteins Based on Strong Fluorescence Enhancement in Curcumin-Chitosan-Proteins System**. Journal of Fluorescence, 22, 615–622, 2012. DOI <https://doi.org/10.1007/s10895-011-0997-x>.

ZEZELL, Denise Maria. **Biofotônica e lasers levando luz para doenças**. Brazilian Dental Science, [s. l.], v. 20, n. 4, 2017. Disponível em: <http://repositorio.ipen.br/bitstream/handle/123456789/28452/24227.pdf?sequence=1>. Acesso em: 3 set. 2022.





ANEXO I

SEI - “*Afinal, de que somos feitos?*”







SITUAÇÃO DE APRENDIZAGEM: De que somos feitos?

1- DADOS DA ATIVIDADE



Competência Específica 2 : Analisar e utilizar interpretações sobre a dinâmica da Vida, da Terra e do Cosmos para elaborar argumentos, realizar previsões sobre o funcionamento e a evolução dos seres vivos e do Universo, e fundamentar e defender decisões éticas e responsáveis

HABILIDADES:

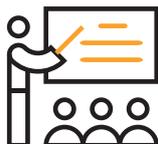


EM13CNT202X - Analisar as diversas formas de manifestação da vida em seus diferentes níveis de organização, bem como as condições ambientais favoráveis e os fatores limitantes a elas, tanto na Terra quanto em outros planetas, com ou sem o uso de dispositivos e aplicativos digitais.

EM13CNT209X - Analisar a evolução estelar associando-a aos modelos de origem e distribuição dos elementos químicos no Universo, compreendendo suas relações com as condições necessárias ao surgimento de sistemas solares e planetários, suas estruturas e composições e as possibilidades de existência de vida, utilizando representações e simulações, com ou sem o uso de dispositivos e aplicativos digitais.

OBJETOS DE CONHECIMENTO:

Água
Biomoléculas (Carboidratos, Lipídeos e Proteínas)



DURAÇÃO: 05 aulas

COMPETÊNCIA SOCIOEMOCIONAL EM FOCO: Curiosidade para aprender



OBJETIVO GERAL: Reconhecer que os seres vivos são constituídos por átomos, como qualquer outro tipo de matéria, o que revela uma identidade importante entre nós e outros componentes do universo.



OBJETIVOS ESPECÍFICOS:

Relacionar a composição química dos macro e micronutrientes presentes nos alimentos com suas propriedades e funções metabólicas.

Reconhecer a importância dos nutrientes para os organismos.

Reconhecer algumas interações biológicas exercidas por micronutrientes.

Conhecer algumas características químicas e as funções gerais dos macro e micronutrientes presentes nos seres vivos.

CRONOGRAMA:



<i>Aula</i>	<i>Atividade a ser executada</i>
01	<i>Sensibilização e Problematização</i>
02	<i>Experimentação</i>
03	<i>Experimentação e Discussão</i>
04	<i>Sistematização do Conhecimento</i>
05	<i>Avaliação</i>

ESTRATÉGIA DE REGISTRO E ANÁLISE DOS RESULTADOS:

O processo avaliativo acontecerá durante todo o processo, conforme Gasparin (2005), que destaca que a avaliação da aprendizagem na concepção dialética do conhecimento é a manifestação de quanto os estudantes se apropriaram das soluções para a resolução dos problemas e das questões levantadas, ou seja, do conhecimento adquirido.

Serão analisados os relatórios das práticas de experimentação, participação durante as dinâmicas e as atividades de discussão onde os estudantes aplicarão os conhecimentos adquiridos ao longo dessa sequência de 05 (cinco) aulas.

Deste modo o processo avaliativo se torna processual e contínuo, no qual em vez de usar apenas um teste, de um único tipo, ao final do ensino devemos reunir inúmeras evidências ao longo do caminho usando uma variedade de métodos e formatos (Wiggins, 2019).

2- PLANEJAMENTO

A) CONTEXTUALIZAÇÃO:

Esta SEI contribuirá para o desenvolvimento das habilidades **EM13CNT202X** e **EM13CNT209X**, do Currículo Referência de Minas Gerais. O tema a ser desenvolvido, Composição Química dos Seres Vivos, auxiliará o desenvolvimento da habilidade **EM13CNT202X**, de modo a construir o conceito de biodiversidade a partir da análise da composição e organização dos seres vivos e suas condições de desenvolvimento e interação com o ambiente. Contribui, também, na apresentação da habilidade **EM13CNT209X**, que permite a compreensão dos elementos químicos e das substâncias essenciais que garantem à vida.

Como uma das propostas pedagógicas do Novo Ensino Médio, essas competências socioemocionais fazem parte do crescimento pleno do ser humano. Embora se façam separações didáticas, o desenvolvimento de competências cognitivas e socioemocionais acontece de maneira articulada.

Nesta SEI, os estudantes serão estimulados a desenvolver a competência **Curiosidade para aprender**, de modo a envolvê-los positivamente na construção do pensamento científico. A curiosidade para aprender está relacionada com a capacidade de ter



uma mente curiosa e investigativa, estimulando a aprendizagem de temas diversos para que se possa explorar novas ideias.

Para mobilizar essa competência e desenvolver as habilidades cognitivas da área de Ciências da Natureza e suas Tecnologias ao reconhecer que os seres vivos são constituídos por átomos, como qualquer outro tipo de matéria, essa SEI utilizará metodologias ativas de aprendizagem em vários momentos, contribuindo para a produção do conhecimento ao relacionar a teoria e prática, contemplando o desenvolvimento de habilidades cognitivas e socioemocionais.

B) DESENVOLVIMENTO

AULA 01: Sensibilização e Problematização

Nesta aula, o professor deve levantar alguns questionamentos aos estudantes, com o objetivo de emergir e iniciar a construção de conhecimentos prévios pelos estudantes. Também é possível utilizar esse momento como um diagnóstico.

Os estudantes serão instigados com perguntas como: **“O que é vida?”**; **“O que os seres vivos possuem em comum?”**; **“Quais as características comuns a todos os seres vivos?”**. É necessário que os estudantes possam participar ativamente, e o professor deverá anotar as respostas no quadro.

Neste momento o professor não deve julgar se as proposições dos estudantes estão certas ou erradas, uma vez que este momento possui a finalidade de levantar hipóteses e identificar os conhecimentos prévios dos estudantes, mas sim estimular a participação e mediar a discussão inicial. Este momento deverá ter uma duração de 15 minutos.

Após a discussão inicial, o professor dará sequência à aula, apresentando as características dos seres vivos, de modo a introduzir o conteúdo “Composição Química dos Seres Vivos”. Neste momento o professor irá levantar o seguinte questionamento: “De que somos feitos?”. O professor deverá mediar a discussão, fazendo intervenções, se necessário, a respeito da composição dos seres vivos, de modo a evidenciar para os estudantes a diversidade da vida existente na Terra. É importante que nesta etapa os estudantes anotem as suas respostas sobre o questionamento proposto.

É importante ressaltar que, ao final da discussão, o professor deve evidenciar aos estudantes que as respostas propostas por eles para esta pergunta é chamada de **hipótese**, no mundo da ciência.

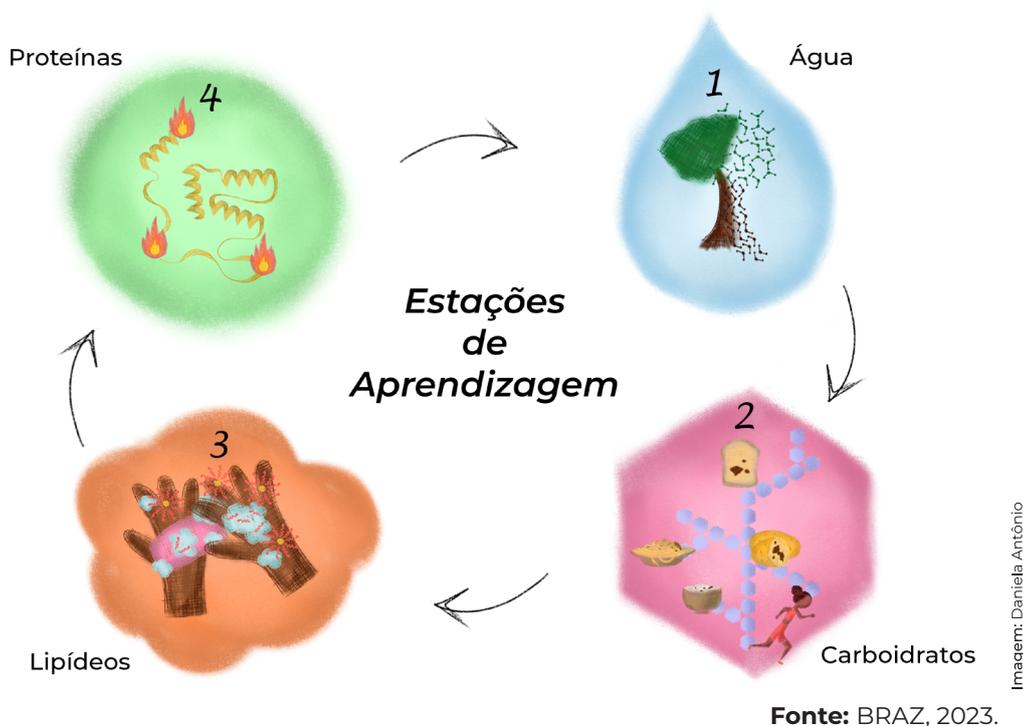


AULAS 02 E 03: Experimentação

Nessa aula, os estudantes irão realizar práticas de acordo com um roteiro fornecido pelo professor.

A turma será organizada em 4 (quatro) grupos de 6 (seis) estudantes. Para a execução desta aula o professor deve utilizar a metodologia ativa de aprendizagem “Rotação por Estações de Aprendizagem” (Figura 7), organizando a sala de aula em 4 estações (bancadas) contendo experimentos diferentes (**Roteiro do Estudante - Anexo II**).

Figura 7- Esquema simplificado das estações de aprendizado.



O roteiro haverá uma contextualização geral do tema desta SEI e as orientações para a execução de cada experimento. Além disso, ao final de cada Estação de Aprendizagem, onde os grupos permanecerão por 20 minutos, os estudantes deverão responder a perguntas de caráter investigativo.

Ao final destas aulas o professor irá solicitar que um representante de cada grupo faça um breve comentário da impressão que seu grupo obteve em cada estação.



AULAS 04 E 05: Sistematização do Conhecimento e Avaliação

Nestas aulas, o professor deverá realizar uma exposição dialogada do conteúdo, relacionando-o com cada estação vivenciada pelos estudantes durante a experimentação.

Ao final, o professor deverá organizar a turma em grupos e solicitar aos estudantes que elaborem um *podcast* respondendo às questões investigativas propostas em cada estação da prática, devendo ser entregue na data estipulada pelo professor.

Esses *podcasts* terão como objetivo a aplicação dos conhecimentos adquiridos ao longo destas aulas e serão utilizadas junto ao roteiro das atividades de experimentação como um dos instrumentos avaliativos.





Referências Bibliográficas

BACICH, Lilian e MORAN, José (Org). **Metodologias ativas para uma educação inovadora: uma abordagem teórico-prática**. Porto Alegre: Penso, 2018.

BRAZ, Vinícius Aparecido; ANTÔNIO, Daniela Luciana Pereira; VIEIRA, Rafael Pinto. **“AFINAL, DE QUE SOMOS FEITOS?”: Ensino Investigativo sobre a composição química dos seres vivos**. Anais do IX ENALIC, Campina Grande: Realize Editora, 2023. Disponível em: <https://editorarealize.com.br/artigo/visualizar/102804>. Acesso em: 13 jul. 2024.

CASTELLAR, Sonia Maria Vanzella (Organizadora). **Metodologias Ativas: introdução**. 1 edição. São Paulo: FTD, 2016.

CASTELLAR, Sonia Maria Vanzella (Organizadora). **Metodologias Ativas: projetos interdisciplinares**. 1 edição. São Paulo: FTD, 2016.

GANT, Wiggins e McTIGHE, Jay. **Planejamento para a compreensão: alinhando currículo, avaliação e ensino por meio do planejamento reverso**; tradução Sandra Maria Mallmann da Rosa. 2 ed. (ampliada). Porto Alegre: Penso, 2019.

GASPARIN, J. L. **Aprender, Desaprender, Reaprender**. 2005.

INSTITUTO AYRTON SENNA. **Educação Integral para o século 21: O desenvolvimento pleno na formação para a autonomia**. 2018.

MINAS GERAIS. Secretaria Estadual de Educação. **Currículo Referência de Minas Gerais**. Belo Horizonte, 2018.

ROSSI-RODRIGUES, Bianca Caroline; GALEMBECK, Eduardo (org.). **Biologia: aulas práticas**. 1. ed. Campinas: Eduardo Galembek, 2012. 156 p.

SANTOS, Udson; RODRIGUES, Márcia Candeia; LIMA, Aureliana Tavares de (org.). **Manual de aulas experimentais para o ensino de biologia**. São Paulo: Pimenta Cultural, 2021.

SASSERON, L. H. **Alfabetização científica, ensino por investigação e argumentação: relações entre Ciências da Natureza e escola**. Revista Ensaio, v. 17, n. especial, p. 49-67, 2015.







ANEXO II

Roteiro do Estudante da SEI - “*Afinal, de que somos feitos?*”





ESCOLA

ESTUDANTE

PROFESSOR(A)

DISCIPLINA

ÁREA DO CONHECIMENTO

SÉRIE/SEGMENTO

C. Natureza e suas Tecnologias

COMPETÊNCIA ESPECÍFICA

Competência Específica 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).

HABILIDADES

EM13CNT202X - Analisar as diversas formas de manifestação da vida em seus diferentes níveis de organização, bem como as condições ambientais favoráveis e os fatores limitantes a elas, tanto na Terra quanto em outros planetas, com ou sem o uso de dispositivos e aplicativos digitais.

EM13CNT209X - Analisar a evolução estelar associando-a aos modelos de origem e distribuição dos elementos químicos no Universo, compreendendo suas relações com as condições necessárias ao surgimento de sistemas solares e planetários, suas estruturas e composições e as possibilidades de existência de vida, utilizando representações e simulações, com ou sem o uso de dispositivos e aplicativos digitais.

OBJ. DE CONHECIMENTO

Composição Química dos Seres Vivos:

- Água
- Carboidratos
- Proteínas
- Lipídeos

OBJETIVO GERAL

Reconhecer que os seres vivos são constituídos por átomos, como qualquer outro tipo de matéria, o que revela uma identidade importante entre nós e os outros componentes do universo.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

Relacionar a composição química dos macro e micronutrientes presentes nos alimentos com suas propriedades e funções metabólicas.

Reconhecer a importância dos nutrientes para os organismos.

Reconhecer algumas interações biológicas exercidas por micronutrientes.

Conhecer algumas características químicas e as funções gerais dos macros e micronutrientes presentes nos seres vivos.



SITUAÇÃO DE APRENDIZAGEM: Afinal, de que somos feitos?

A Química da Vida

O desenvolvimento da Química nos séculos XIX e XX foi determinante para o desenvolvimento da Biologia atual. Sem a base proporcionada pela Química, seria impossível penetrar no mundo submicroscópico e descobrir como a célula funciona no nível molecular.

Para os biólogos, o desenvolvimento da Química foi essencial para desvendar a estrutura e o funcionamento das células vivas. O ramo das ciências naturais que estuda a química da vida é atualmente denominado Bioquímica.

A Bioquímica permitiu a descoberta da existência de milhares de substâncias diferentes em uma única célula e das intrincadas redes de reações químicas das quais elas participam. A variedade de moléculas reunidas no espaço microscópico de uma célula levou os cientistas a concluir que os seres vivos são os entes mais complexos e organizados do universo. E a vida caracteriza-se exatamente pela complexidade e pela organização.

A compreensão do mundo dos átomos e das moléculas dos seres vivos tem sido fundamental para o avanço da Bioquímica, da Biologia, da Medicina e das aplicações tecnológicas dessas ciências, que melhoram a qualidade da vida humana. Isso mostra como a Química é importante.

Estação 01: Água e os seres vivos

Mais de 70% do peso do seu corpo é água, excluindo os minerais encontrados nos ossos. A água é o principal componente de praticamente todos os organismos vivos, e a maior parte das reações bioquímicas ocorre em ambiente aquoso. A água é uma substância com propriedades incomuns. Nas condições presentes na Terra, a água existe como sólido, líquido e na forma de gás, e todas essas formas são importantes para os sistemas vivos. A água permite que reações químicas ocorram no interior dos organismos vivos, e é necessária para a formação de algumas estruturas biológicas.

Agora, você já parou para pensar o motivo da água ser tão importante para a vida? O que ela tem de especial? Nesta estação, iremos explorar como a estrutura e as interações entre as moléculas da água a tornam essencial para a vida.

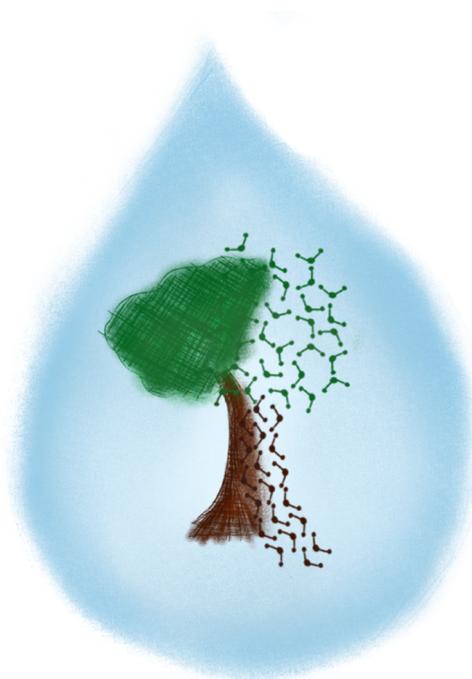


Imagem: Daniela Antônio



Antes de iniciar os experimentos, procure responder a seguinte questão utilizando os seus conhecimentos sobre o assunto:

Como uma árvore de 10 metros de altura consegue transportar água e sais minerais da raiz até a sua folha mais alta?



EXPERIMENTO 01: Mistura ou não mistura?

MATERIAIS NECESSÁRIOS:

- Água
- Óleo vegetal
- Talco
- Sal de cozinha
- Acetona
- Seringa
- Pipeta tipo Pasteur
- Colher de sobremesa descartável
- Homogeneizador
- Copos descartáveis
- Marcador permanente (*para identificação dos copos*)

PROCEDIMENTOS:

- 1- Com o auxílio da seringa distribua 50 mL de água em cada copo.
- 2- Adicione aos copos 1, 2, 3 e 4, respectivamente, 1 colher de sal de cozinha, 1 colher de talco, 1 medida de pipeta Pasteur de óleo vegetal e 1 medida de pipeta Pasteur de acetona.
- 3- Identifique as substâncias adicionadas nos copos com o auxílio do marcador permanente.
- 4- Com o auxílio do homogeneizador, tente dissolver completamente cada uma das substâncias.
- 5- Registre os resultados na tabela a seguir.

	<i>Substância adicionada</i>	<i>Solubilidade em água</i>	<i>Hipótese a respeito da polaridade da substância, composto ou material</i>
Copo 01			
Copo 02			
Copo 03			
Copo 04			



EXPERIMENTO 02: Contra o fluxo

MATERIAIS NECESSÁRIOS:

- Mistura colorida (água + corante alimentício)
- Óleo vegetal
- Copos descartáveis
- Tiras de papel
- Algodão hidrófilo
- Seringa
- Duas bandejas

PROCEDIMENTOS:

- 1- Com o auxílio da seringa, distribua 100 mL da mistura colorida em dois copos.
- 2- Com o auxílio de outra seringa, distribua 100 mL de óleo vegetal em dois copos.
- 3- Coloque uma das tiras de papel dentro de um dos copos com a mistura colorida e outra tira de papel dentro de um dos copos com óleo.
- 4- Faça o mesmo procedimento, agora com o algodão.
- 5- Espere 2 minutos e observe o que aconteceu.
- 6- Retire, cuidadosamente, os papéis e as tiras de algodão dos copos e coloque-as sobre as bandejas.
- 7- Analise, criteriosamente, os papéis e as tiras de algodão.

INTERPRETANDO OS RESULTADOS OBTIDOS:

A) O que aconteceu com as tiras de papel?

B) O que aconteceu com as tiras de algodão?



EXPERIMENTO 03: De gota em gota

MATERIAIS NECESSÁRIOS:

- Água
- Pipeta tipo Pasteur
- Detergente
- Moedas

Antes de começar, responda: quantas gotas você acha que consegue colocar sobre a moeda antes que a água transborde?

PROCEDIMENTOS:

1- Com o auxílio do conta-gotas ou da pipeta Pasteur pingue, uma a uma, gotas de água sobre uma das moedas até que o líquido transborde, mantendo uma contagem cuidadosa do número de gotas adicionadas.

2- Anote, no local indicado deste roteiro, o número de gotas que você conseguiu colocar sobre a moeda antes que o líquido transbordasse.

3- Encoste levemente seu dedo no detergente e passe-o na superfície da outra moeda.

4- Repita o procedimento 1.

5- Anote, no local indicado neste roteiro, o número de gotas que você conseguiu colocar sobre a moeda antes que o líquido transbordasse.



INTERPRETANDO OS RESULTADOS OBTIDOS:

Quantas gotas você conseguiu colocar sobre a moeda antes que ela transbordasse?

<i>Moeda sem detergente</i>	<i>Moeda com detergente</i>

A) Na primeira moeda, você conseguiu acertar o número de gotas? Caso não, formule uma hipótese para explicar o que você acha que aconteceu.

B) Comparando os resultados obtidos, você acha que o detergente teve algum efeito sobre o resultado? Procure explicar o resultado formulando uma hipótese para o ocorrido.



Observações:

Agora que você terminou os experimentos desta estação, faça o que se pede a seguir quando faltarem 5 minutos para finalizar o tempo desta estação.

Descarte o líquido dos copos no balde, ao lado da sua estação.

Leve os conta-gotas ou pipeta Pasteur vazios para a mesa de apoio e substitua-os pelos novos.

Organize os materiais na mesa, da mesma forma que os encontrou.



DISCUSSÃO:

Após realizar os experimentos, responda à questão inicial desta estação.
Como uma árvore de 10 metros de altura consegue transportar água e sais minerais da raiz até a sua folha mais alta?

Observação: Analise os experimentos e procure associar os resultados obtidos com a sua explicação para a problemática.



Estação 02: Carboidratos

Carboidratos são um grande grupo de moléculas com composição atômica similar, mas que variam em tamanho, propriedades químicas e funções biológicas. Também chamados de açúcares ou hidratos de carbono, são moléculas orgânicas constituídas fundamentalmente por átomos de carbono, hidrogênio e oxigênio. O termo açúcar costuma ser associado ao sabor doce, mas nem todos os representantes desse grupo de substâncias são adocicados.

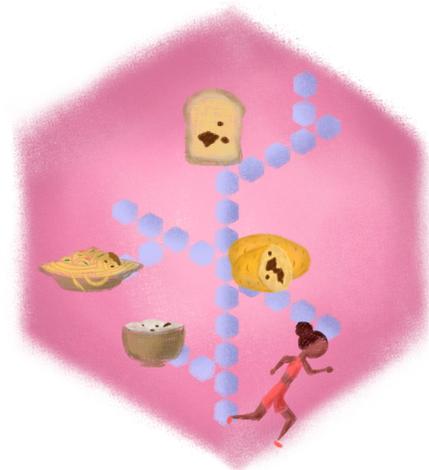


Imagem: Daniela Antônio

Os carboidratos constituem a principal fonte de energia para os seres vivos e estão presentes em diversos tipos de alimentos. Além de constituir a mais importante fonte de energia para os seres vivos, os carboidratos também desempenham papel relevante na estrutura corporal dos seres vivos. A celulose, por exemplo, que forma a parede das células vegetais e dá sustentação ao corpo das plantas, é um glicídio com função estrutural.

Agora, você já pensou a respeito da diversidade dos carboidratos presentes em nosso cotidiano? Todo carboidrato é doce? Por que você, ao fazer uma prova que exige grande esforço mental, sempre leva uma barra de cereais ou uma barra de chocolates? Nesta estação, compararemos a diferença de concentração de um determinado carboidrato em diferentes tipos de alimentos.



Antes de iniciar os experimentos, procure responder a seguinte questão utilizando os seus conhecimentos sobre o assunto:

Um jogador de futebol ao fazer sua refeição antes de um importante jogo fará a opção por um cardápio composto por frutas, carnes magras e leite ou por um cardápio composto por pães, batata, arroz e massas?



EXPERIMENTO: Onde está o amido?

MATERIAIS NECESSÁRIOS:

- Tintura de iodo
- Pipeta Pasteur
- Pratos descartáveis
- Colher descartável
- Batata
- Arroz (cru e cozido)
- Peito de frango
- Maçã
- Banana
- Clara de ovo
- Leite
- Farinha de trigo
- Amido de milho
- Sal de cozinha
- Pão
- Sal
- Açúcar
- Macarrão

PROCEDIMENTOS:

- 1- Coloque os alimentos nos pratos descartáveis de maneira individual.
- 2- Com o auxílio da pipeta Pasteur adicione 3 gotas da tintura de iodo no sal de cozinha e no amido de milho.
- 3- Observe a coloração das duas amostras e compare.
- 4- Com o auxílio da pipeta Pasteur, adicione cerca de 3 gotas da tintura de iodo em cada um dos alimentos restantes.
- 5- Observe a alteração na coloração dos alimentos.
- 6- Compare as colorações obtidas.



Observações:

Agora que você terminou os experimentos desta estação, faça o que se pede a seguir quando faltarem 5 minutos para finalizar o tempo desta estação.

*Descarte o líquido dos copos no balde, ao lado da sua estação.
Leve os conta-gotas ou pipeta Pasteur vazios para a mesa de apoio e substitua-os pelos novos.*

Organize os materiais na mesa, da mesma forma que os encontrou.



DISCUSSÃO:

Após realizar os experimentos, responda à questão inicial desta estação. Um jogador de futebol ao fazer sua refeição antes de um importante jogo fará a opção por um cardápio composto por frutas, carnes magras e leite ou por um cardápio composto por pães, batata, arroz e massas?

Observação: Analise os experimentos e procure associar os resultados obtidos com a sua explicação para a problemática.



Estação 03: Lipídios

O termo lipídio designa um grupo de compostos orgânicos, como óleos, ceras e gorduras, cuja principal característica é a baixa solubilidade em água e a solubilidade em certos solventes orgânicos. Você já deve ter observado que óleos e gorduras não se misturam à água; a razão dessa insolubilidade é que as moléculas dos lipídios são consideradas apolares e, portanto, não têm afinidade pelas moléculas polarizadas da água. São encontrados abundantemente em organismos



Imagem: Daniela Antônio

animais e vegetais e atuam, entre outras funções, como reserva de energia e componentes estruturais.

Agora, você já parou para pensar o motivo do óleo não se misturar à água? Por que utilizamos óleo em determinados procedimentos na culinária, para extrair determinada cor ou gosto de um tempero? Nesta estação, iremos explorar uma característica essencial dos lipídeos.



Antes de iniciar os experimentos, procure responder a seguinte questão utilizando os seus conhecimentos sobre o assunto:

Por que lavar as mãos com água e sabão, além de importante, é mais eficiente quando comparamos à lavagem utilizando apenas água?



EXPERIMENTO: Emulsificando a gordura

MATERIAIS NECESSÁRIOS:

- Água (quente e fria)
- Seringa
- Copo descartável
- Óleo vegetal
- Colher descartável
- Detergente

PROCEDIMENTOS:

- 1- Com o auxílio da seringa, adicione em um copo 50 mL de água fria e depois, no outro copo, a água quente.
- 2- Com o auxílio de outra seringa, adicione 5 mL de óleo vegetal em cada um dos copos.
- 3- Com a colher, misture o conteúdo dos copos.
- 4- Observe.
- 5- Com o auxílio de outra seringa, adicione 2 mL de detergente em cada um dos copos.
- 6- Com a colher, misture o conteúdo dos copos.
- 7- Observe e compare os resultados.





Observações:

Agora que você terminou os experimentos desta estação, faça o que se pede a seguir quando faltarem 5 minutos para finalizar o tempo desta estação.

*Descarte o líquido dos copos no balde, ao lado da sua estação.
Leve os conta-gotas ou pipeta Pasteur vazios para a mesa de apoio e substitua-os pelos novos.*

Organize os materiais na mesa, da mesma forma que os encontrou.



DISCUSSÃO:

Após realizar os experimentos, responda à questão inicial desta estação. *Por que lavar as mãos com água e sabão, além de tão importante, é mais eficiente quando comparamos à lavagem utilizando apenas água?*

Observação: *Analise os experimentos e procure associar os resultados obtidos com a sua explicação para a problemática.*



Estação 04: Proteínas

As proteínas possuem diversos papéis em nosso cotidiano. Proteínas são polímeros compostos por resíduos de aminoácidos em diferentes proporções e sequências. As proteínas variam em tamanho, desde pequenas (como o hormônio humano insulina, com apenas 51 resíduos de aminoácidos) até gigantescas moléculas (como a proteína muscular titina, com cerca de 26.926 resíduos de aminoácidos). As proteínas são compostas por uma ou mais **cadeias polipeptídicas** – polímeros



Imagem: Daniela Antônio

não-ramificados (lineares) de resíduos de aminoácidos unidos por meio de ligações covalentes. Variações na sequência de resíduos em cadeias polipeptídicas permitem a grande variedade de estrutura e função das proteínas. Cada cadeia enovela-se em uma conformação tridimensional especificada pela sequência de resíduos da cadeia.

A estrutura terciária de uma proteína descreve sua conformação tridimensional e é estabilizada por ligações de hidrogênio, interações hidrofóbicas, atrações iônicas, forças de Van der Waals e, em algumas proteínas, pontes dissulfeto. Em uma proteína, os grupos expostos na sua superfície conferem formato e grupos químicos que podem interagir de modo específico com outras moléculas e íons. As forças que estabilizam a estrutura secundária, terciária e quaternária de uma proteína a tornam vulnerável à degradação por fatores ambientais.

Agora, você já parou para pensar sobre a grande diversidade de proteínas existente em nosso corpo? Que a maior parte das enzimas é uma proteína? Que proteínas possuem um importante papel biológico para a vida? Nesta estação, exploraremos como a estrutura espacial de uma proteína, quando afetada, afeta sua função.



Antes de iniciar os experimentos, procure responder a seguinte questão utilizando os seus conhecimentos sobre o assunto:

Por que a febre alta é tão perigosa?



EXPERIMENTO 01: Alimentos espumantes

MATERIAIS NECESSÁRIOS:

- Fígado de boi (cozido e cru)
- Batata inglesa (cozida e crua)
- Água
- Peróxido de hidrogênio (água oxigenada) 10 volumes
- Suco de limão
- Água sanitária
- Seringa
- Copos descartáveis
- Marcador permanente (para identificação)

PROCEDIMENTOS:

1- Com o marcador permanente, numere os copos de acordo com as substâncias descritas abaixo:

Identificação do copo	Substâncias adicionadas
Copo 1	Fígado cru
Copo 2	Fígado cru + 5 mL de suco de limão
Copo 3	Fígado cru + 25 mL de água sanitária
Copo 4	Fígado cozido
Copo 5	Fígado cozido + 5 mL de suco de limão
Copo 6	Fígado cozido + 25 mL de água sanitária
Copo 7	Batata crua + 25 mL de água
Copo 8	Batata crua + 25 mL de água + 5 mL de suco de limão
Copo 9	Batata crua + 25 mL de água + 25 mL de água sanitária
Copo 10	Batata cozida + 25 mL de água
Copo 11	Batata cozida + 25 mL de água + 5 mL de suco de limão
Copo 12	Batata cozida + 25 mL de água + 25 mL de água sanitária

2- Adicione as substâncias, na respectiva ordem, em cada um dos copos.

3- Com o auxílio de uma seringa, adicione 5 mL de peróxido de hidrogênio em cada um dos copos.

4- Observe e compare.

5- Registre os resultados na tabela a seguir.

Identificação do copo	Resultados obtidos
<i>Copo 1</i>	
<i>Copo 2</i>	
<i>Copo 3</i>	
<i>Copo 4</i>	
<i>Copo 5</i>	
<i>Copo 6</i>	
<i>Copo 7</i>	
<i>Copo 8</i>	
<i>Copo 9</i>	
<i>Copo 10</i>	
<i>Copo 11</i>	
<i>Copo 12</i>	



EXPERIMENTO 02: Estragou?

MATERIAIS NECESSÁRIOS:

- Ovo
- Leite
- Álcool
- Limão
- Seringa
- Prato descartável

PROCEDIMENTOS:

- 1- Quebre o ovo, cuidadosamente, em um prato.
- 2- Com o auxílio de uma seringa adicione, aos poucos, 20 mL de álcool sobre o ovo.
- 3- Observe e anote os resultados.
- 4- Adicione o suco de meio limão ao leite.
- 5- Observe e anote os resultados.

INTERPRETANDO OS RESULTADOS OBTIDOS:

A) O que aconteceu com o ovo ao adicionar o álcool?

B) O que aconteceu com o leite ao adicionar o suco de limão?





Observações:

Agora que você terminou os experimentos desta estação, faça o que se pede a seguir quando faltarem 5 minutos para finalizar o tempo desta estação.

Descarte o líquido dos copos no balde, ao lado da sua estação.

Leve os conta-gotas ou pipeta Pasteur vazios para a mesa de apoio e substitua-os pelos novos.

Organize os materiais na mesa, da mesma forma que os encontrou.



DISCUSSÃO:

Após realizar os experimentos, responda à questão inicial desta estação.

Por que a febre alta é tão perigosa?

Observação: *Analise os experimentos e procure associar os resultados obtidos com a sua explicação para a problemática.*



ISBN: 978-85-88221-74-1

CDL



9 788588 221741



NEM TUDO QUE RELUZ É OURO! **Fluorescência da curcumina e** **Bioquímica Básica no Ensino Médio**

Vinícius Aparecido Braz

CADERNO DO ESTUDANTE

NEM TUDO QUE RELUZ É OURO!

Fluorescência da curcumina e

Bioquímica Básica no Ensino Médio

Vinícius Aparecido Braz



CADERNO DO ESTUDANTE

Belo Horizonte
2024

NEM TUDO QUE RELUZ É OURO!
Fluorescência da curcumina e Bioquímica Básica no Ensino Médio
CADERNO DO ESTUDANTE
Versão Eletrônica

Ficha Técnica:

Vinícius Aparecido Braz - **Autor**
Rafael Pinto Vieira - **Revisão Técnica**
Erich Birelli Tahara - **Revisão Técnica**
Leonardo Távora Dias - **Revisão**

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)
(Câmara Brasileira do Livro, SP, Brasil)

Braz, Vinícius Aparecido
Nem tudo que reluz é ouro! [livro eletrônico] :
fluorescência da curcumina e bioquímica básica no
ensino médio : caderno do estudante / Vinícius
Aparecido Braz. -- Belo Horizonte : Pró-reitoria
de Extensão da UFMG, 2024.
PDF

ISBN 978-85-88221-73-4

1. Bioquímica 2. Bioquímica - Estudo e ensino
3. Doença de Alzheimer - Diagnóstico I. Título.

24-220859

CDD-572.07

Índices para catálogo sistemático:

1. Bioquímica : Estudo e ensino 572.07

Tábata Alves da Silva - Bibliotecária - CRB-8/9253



[Nem tudo que reluz é ouro! A luz e a Bioquímica Básica no Ensino Médio - Caderno do Professor](#) © 2024 está licenciado sob uma Licença de Atribuição *Creative Commons*.
[Atribuição-Não-Comercial-NãoDerivativos 4.0 Internacional \(CC BY-NC-ND 4.0\)](#).

Belo Horizonte
2024



Sobre o autor



Vinícius Aparecido Braz é Mestre em Ensino de Biologia pela Universidade Federal de Minas Gerais, Biólogo pelo Centro Universitário Metodista Izabela Hendrix e Pedagogo pela Faculdade de Ciências de Wenceslau Braz. Professor de Educação Básica de Biologia da rede estadual de ensino de Minas Gerais. Redator da área de Ciências da Natureza do Ensino Fundamental do Currículo Referência de Minas Gerais, através do Programa de Implementação da Base Nacional Comum Curricular (Pró-BNCC) e professor de Biologia e ENEM do programa televisivo “Se Liga na Educação”, parceria entre a Secretaria de Estado de Educação e a TV Rede Minas. Professor-formador da área de Ciências da Natureza da Escola de Formação e Desenvolvimento Profissional de Educadores de Minas Gerais e pesquisador em Ensino de Biologia por Investigação e tendências teórico-metodológicas e perspectivas transdisciplinares na formação de professores de Biologia, integrante do grupo de pesquisa pluS Ações e Reações – Química Medicinal e Neuroquímica. (Espelho do grupo de pesquisa no DGP-CNPq: dgp.cnpq.br/dgp/espelhogrupo/4481667887881628. Endereço do grupo de pesquisa: <https://plusdobrasil.weebly.com/>).





Agradecimentos

A realização deste material foi possível graças ao apoio indispensável de inúmeras pessoas e instituições. Em primeiro lugar, expresso minha gratidão a Deus e todas as Suas manifestações, que me propiciaram a vida e a força necessária para seguir em frente. Também sou profundamente grato ao Leonardo Távora, meu companheiro em todas as horas, cujo apoio e compreensão foram essenciais durante todo este processo, além de ter revisado este material inúmeras vezes. Aos meus pais, devo um agradecimento especial pela paciência e compreensão durante minha ausência enquanto estava dedicado a este projeto. Sem o suporte incondicional deles, esta realização não teria sido possível. Igualmente, minha gratidão se estende ao professor Dr. Rafael Vieira, cujo suporte, disponibilidade, empenho e orientação excepcional foram fundamentais para a conclusão deste trabalho. Ao professor Dr. Erich Tahara, pela disponibilidade em revisar este material.

Este livro também é fruto do empenho dos meus estudantes do 2º Ano/2023 da Escola Estadual José Pereira Cançado. O protagonismo e a dedicação deles ao longo de todo o processo foram inspiradores e cruciais para o desenvolvimento deste trabalho. Não poderia deixar de mencionar minhas amigas, parceiras e colegas de trabalho, Júnia Katiane e Leonora Campos, cujo apoio emocional, dicas e incentivos foram indispensáveis. Aos professores do PROFBIO da UFMG, que desempenham um papel docente ímpar com paciência e maestria, meu sincero agradecimento. Aos colegas da turma do PROFBIO, em especial Cláudia Lopes e Lyra Lana, agradeço pela parceria e amizade que foram fundamentais ao longo desta jornada.

Por fim, agradeço à Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Brasil (CAPES) pelo apoio financeiro, Código do Financiamento 001, que foi crucial para a realização deste trabalho.

A todos, meu muito obrigado.

Realização:



Financiamento:



Apoio:





Sumário

Sobre o autor	3
Agradecimentos	4
Sumário	5
Apresentação	7
Luz e Fluorescência	8
Situação de Aprendizagem 01: Como estabelecer a ponte entre o macro e micro/submicro?	10
Situação de Aprendizagem 02: Conexão entre o macro e micro/submicro envolvendo biomoléculas	15
Situação de Aprendizagem 03: Sistematização do Conhecimento	20





Apresentação

Olá, Estudante!

É com grande prazer que lhe apresentamos este material, uma ferramenta fundamental para o seu envolvimento ativo em uma sequência de atividades que irá abordar temáticas relacionadas à Luz, Fluorescência, Espectro Eletromagnético e a sua aplicação no cotidiano, como forma de diagnóstico de doenças neurodegenerativas. Este caderno foi elaborado especialmente para auxiliá-lo na jornada de exploração científica, permitindo que você registre suas observações, anotações e conclusões ao longo das atividades.

Este material pedagógico foi apresentado ao Mestrado Profissional em Ensino de Biologia em Rede Nacional - PROFBIO, do Instituto de Ciências Biológicas da Universidade Federal de Minas Gerais como recurso educacional proveniente do Trabalho de Conclusão de Mestrado, intitulado “NEM TUDO QUE RELUZ É OURO: Fluorescência da curcumina para uma aprendizagem significativa no ensino de Bioquímica para estudantes do Ensino Médio”, inserido no projeto de Extensão Dimensões, SIEX: 404313, projeto de extensão do Departamento de Bioquímica e Imunologia do ICB-UFMG, cujos livros produzidos por esse projeto possui diferentes públicos-alvo: desde o infanto-juvenil, ligado à Educação Básica, até alunos de Graduação. As produções também se estendem ao público compreendendo adultos e jovens adultos em geral, uma vez que abordam assuntos que dialogam com o cotidiano da coletividade sob diversos aspectos e temáticas.

Aqui, você encontrará roteiros detalhados dos experimentos, questões provocativas e espaço para registrar seus resultados e reflexões. O objetivo é ajudá-lo a consolidar seu aprendizado, tornando-o um participante ativo na construção do conhecimento científico.

Esperamos que este caderno seja uma fonte valiosa para a sua aprendizagem. Lembre-se de que a ciência é uma aventura emocionante, e estamos ansiosos para compartilhar essa jornada com você.

Bons estudos!

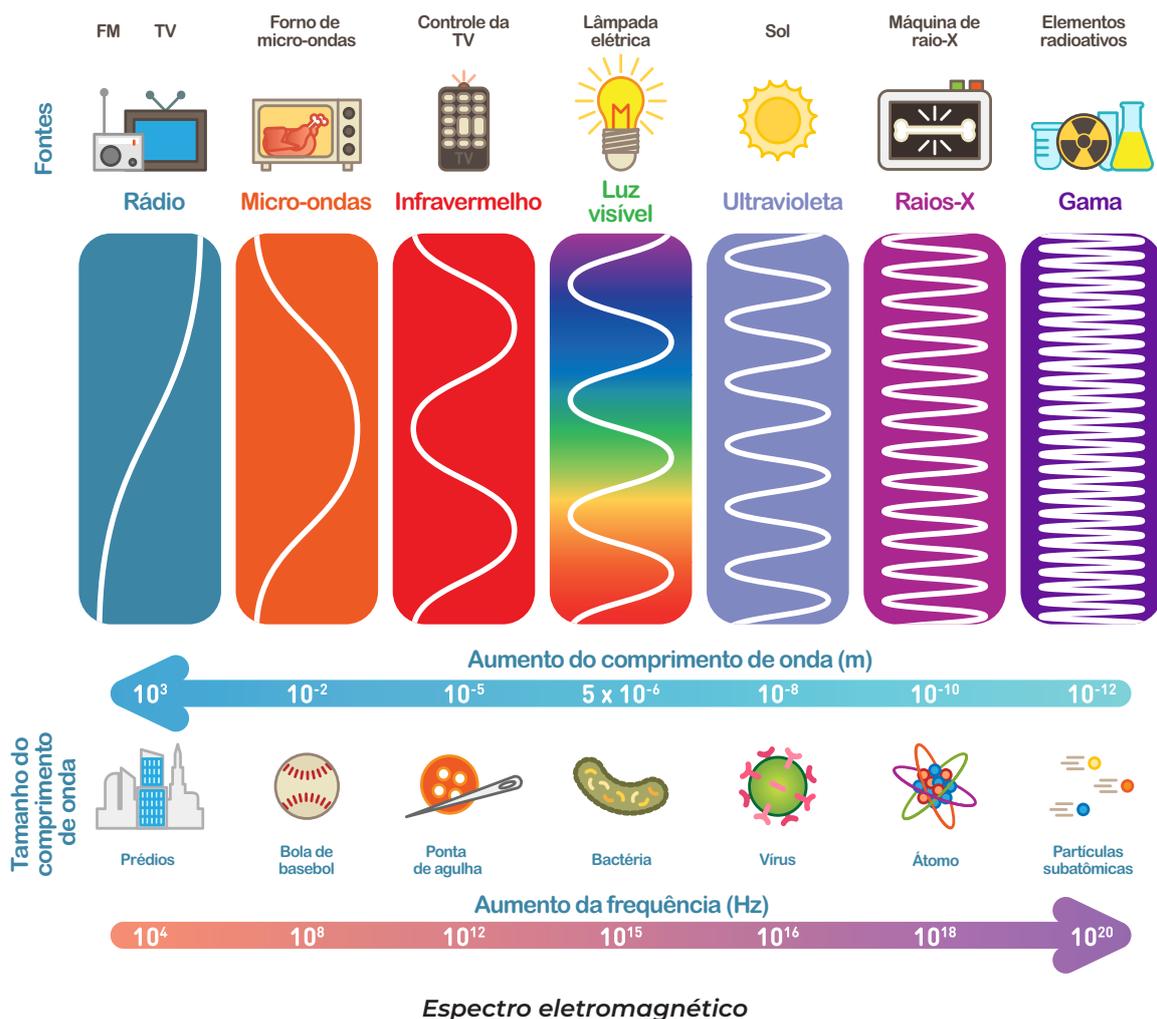


Luz e Fluorescência

A luz é uma forma essencial de energia e uma parte fundamental da nossa existência diária. Sua interação com a matéria é um fenômeno fascinante que desempenha um papel crucial em várias aplicações, incluindo a fluorescência, que apresenta, uma ligação profunda com interações bioquímicas.

A luz é uma forma de radiação eletromagnética que se propaga como ondas, composta por partículas chamadas *fótons*. Esses *fótons* têm diferentes energias, e essa energia determina o comportamento da luz quando ela interage com a matéria. A luz visível é apenas uma pequena parte do espectro eletromagnético, com uma faixa de comprimento de onda que nossos olhos podem detectar, compreendendo as cores do arco-íris, do vermelho ao violeta.

ESPECTRO ELETROMAGNÉTICO

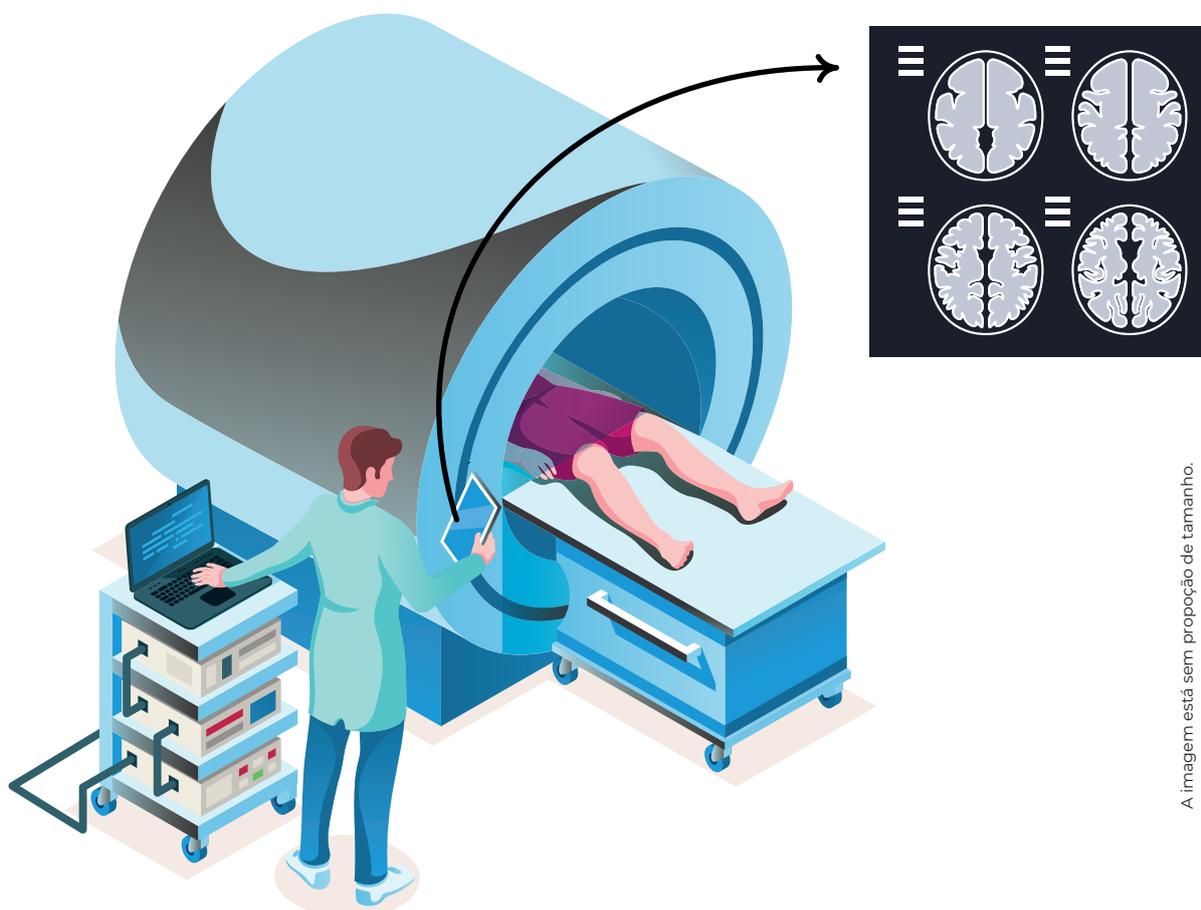


A imagem está sem proporção de tamanho.



A fluorescência é um fenômeno em que a luz é emitida por uma substância após absorver energia de uma fonte externa, como luz ultravioleta ou raios-X. Esse processo ocorre devido às interações bioquímicas específicas em nível molecular. A fluorescência é amplamente utilizada em diversos campos, incluindo a biologia e a química, devido à sua capacidade de destacar e estudar moléculas específicas. Em aplicações bioquímicas, a fluorescência desempenha um papel crucial na pesquisa e diagnóstico. Por exemplo, os corantes fluorescentes são frequentemente usados em biologia molecular para marcar proteínas, ácidos nucleicos e outras moléculas. Quando esses corantes são expostos à luz adequada, eles emitem luz fluorescente detectável, permitindo a observação e a quantificação dessas moléculas em experimentos de laboratório.

Além disso, a fluorescência é amplamente utilizada na medicina, especialmente em diagnóstico por imagem. A ressonância magnética nuclear por imagem (RMN), a tomografia por emissão de pósitrons (PET) e a ressonância magnética funcional (fMRI) são técnicas que exploram a fluorescência para visualizar estruturas e processos bioquímicos dentro do corpo humano. A fluorescência também é empregada em aplicações médicas, como na detecção de marcadores fluorescentes em células cancerígenas, facilitando o diagnóstico precoce e o monitoramento de doenças.



A imagem está sem proporcão de tamanho.

Esquema representativo da aparelhagem e resultado impresso de uma Ressonância Magnética





ESCOLA

ESTUDANTE

PROFESSOR(A)

DISCIPLINA

ÁREA DO CONHECIMENTO

C. Natureza e suas Tecnologias

SÉRIE/SEGMENTO

COMPETÊNCIA ESPECÍFICA

Competência Específica 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).

HABILIDADES

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.

EM13CNT307 - Analisar as propriedades dos materiais para avaliar a adequação de seu uso em diferentes aplicações (industriais, cotidianas, arquitetônicas, tecnológicas, entre outras) e/ou propor soluções seguras e sustentáveis considerando seu contexto local e cotidiano.

EM13CNT311MG - Investigar e analisar comportamentos específicos dos diversos tipos de ondas, para avaliar suas diferentes aplicações tecnológicas (comunicação, saúde, música, entre outros), identificar e/ou avaliar os impactos individuais, coletivos e socioambientais de tais tecnologias, a fim de promover seu uso seguro e sustentável.

OBJ. DE CONHECIMENTO

Espectro Eletromagnético
Luz
Fluorescência

OBJETIVO GERAL

Fomentar a discussão sobre como o conhecimento de fenômenos naturais, enfatizando o contexto bioquímico, pode ser útil em múltiplos cenários, desde o estímulo à curiosidade até o desenvolvimento de novas formas de tratamento e diagnóstico de doenças.

OBJETIVO ESPECÍFICO

Evidenciar a inter-relação do submicro e do micro com o macro por meio de fenômenos que correlacionem luz, cores, fluorescência e elementos do cotidiano, como pigmentos e condimentos de origem natural.



SITUAÇÃO DE APRENDIZAGEM 01:

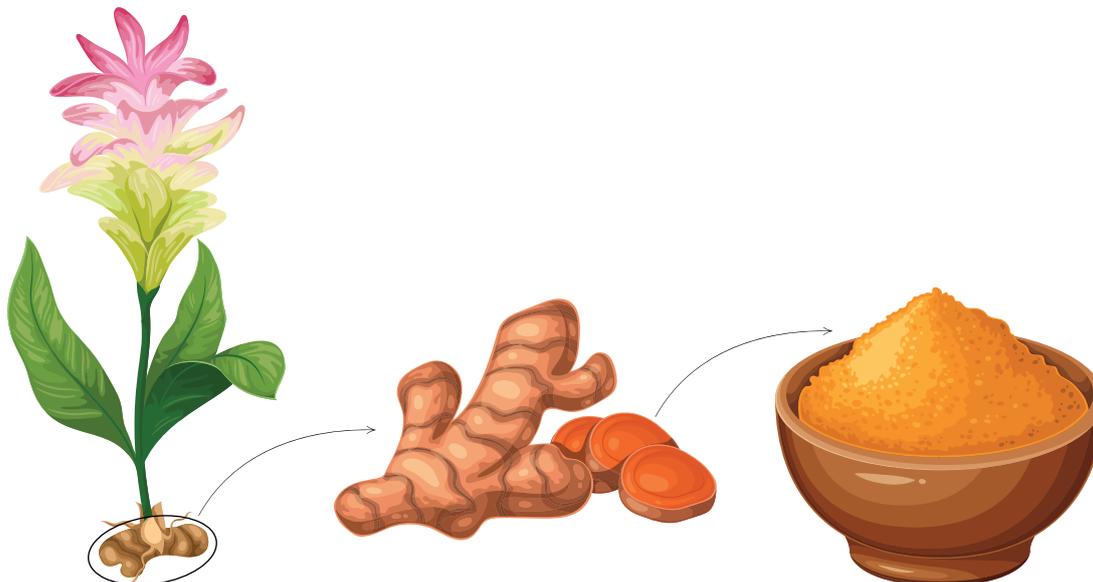
Como estabelecer a ponte entre o macro e micro/submicro?

A cúrcuma, também conhecida pelo nome científico *Curcuma longa*, é uma planta nativa do sul da Ásia, amplamente reconhecida pelo seu papel na culinária, especialmente na cozinha indiana, onde é um ingrediente fundamental em pratos como o *curry*. A principal parte utilizada desta espécie é o seu rizoma, que possui uma coloração interna amarelo-alaranjada, sendo um potente corante natural. Essa coloração deve-se



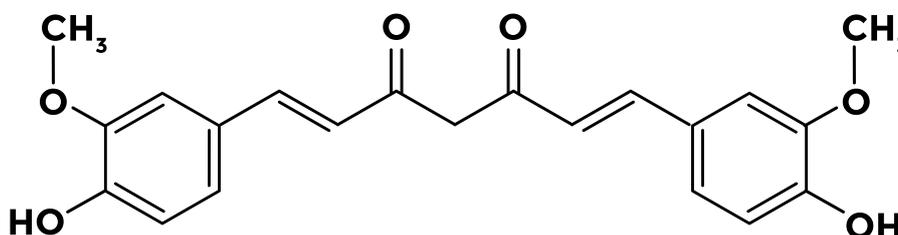
à presença de um pigmento bioativo, a curcumina, um composto polifenólico de caráter hidrofóbico cujas propriedades terapêuticas têm sido investigadas há décadas pela ciência.

(A)



A imagem não está em proporção de tamanho.

(B)



Rizoma e pó de cúrcuma (*Curcuma longa*) **(A)**; molécula de curcumina **(B)**

Os cientistas estão investigando a utilização da curcumina como uma molécula de sinalização em testes diagnósticos. Por exemplo, a curcumina pode ser modificada para se ligar a proteínas ou biomarcadores específicos associados a diferentes doenças. Quando a curcumina modificada liga-se ao biomarcador alvo, ela pode produzir uma mudança na cor, emitir fluorescência ou gerar outro tipo de sinal detectável. Isso permite a criação de testes diagnósticos sensíveis e específicos para uma variedade de condições médicas.





Agora, pensando bem: *Será que todo alimento onde é utilizado a cúrcuma ele se torna fluorescente?* Observando o arroz-doce, apresentado pelo professor, responda à pergunta abaixo:

Como a solubilidade da cúrcuma pode afetar seu efeito na receita e, consequentemente, na interação com a luz que foi observada?



EXPERIMENTO: Identificando a fluorescência da cúrcuma

MATERIAIS NECESSÁRIOS:

- Água
- Álcool
- Acetona
- Cúrcuma
- Tubos tipo Falcon® 50mL
- Papel filtro
- Barbante ou elástico
- Colher descartável
- Marcador permanente (para identificação dos copos)
- Tesoura
- Lâmpada ou lanterna UV

PROCEDIMENTOS:

- 1- Faça três círculos de papel filtro e forme um cone em cada tubo Falcon®, de modo a obter um filtro. Utilize o elástico ou barbante para prender o filtro ao tubo.
- 2- Identifique os tubos Falcon® com auxílio do marcador permanente, na seguinte ordem: água, álcool e acetona.
- 3- Adicione $\frac{1}{2}$ colher de cúrcuma em cada tubo.
- 4- Com as luzes apagadas adicione aos tubos 1, 2, 3, respectivamente, água, álcool e acetona.
- 5- Com o auxílio da lanterna ou lâmpada UV, ilumine os tubos.
- 6- Analise criteriosamente o que aconteceu em cada tubo.

INTERPRETANDO OS RESULTADOS OBTIDOS:

A) O que aconteceu em cada tubo?

B) Como você justificaria a diferença de fluorescência nos tubos?



Observações:

Agora que você terminou os experimentos, faça o que se pede a seguir:

Descarte o líquido dos tubos no balde, ao lado da sua bancada.

Organize os materiais na mesa, da mesma forma que os encontrou.



DISCUSSÃO:

Após realizar os experimentos e discutir os resultados com a turma, responda à questão inicial. *Como a solubilidade da cúrcuma pode afetar seu efeito na receita e, conseqüentemente, na interação com a luz que foi observada?*

Observação: *Analise os experimentos e procure associar os resultados obtidos com a sua explicação para a problemática.*



REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS:

BAGNATO, Vanderlei S.; PRATAVIEIRA, Sebastião. **Luz para o progresso do conhecimento e suporte da vida**. Revista Brasileira de Ensino de Física, [s. l.], v. 37, n. 4, 2015. DOI <http://dx.doi.org/10.1590/S1806-11173732037>.

CUGNASCA, Beatriz S.; DOS SANTOS, Alcindo A.; **“FLUORESCÊNCIA: PRINCÍPIOS E ALGUMAS APLICAÇÕES”**, p. 71 -79. In: 9º Workshop do Mestrado Profissional Instituto de Química Universidade de São Paulo. São Paulo: Blucher, 2021. ISBN: 9786555501407, DOI 10.5151/9786555501407-06

FANCHIOTTI, Brenda Gomes. **Estudo da estabilidade da curcumina em quitosanas comercial e anfifílica**. Orientador: Carla Cristina Schimitt Cavalheiro. 2019. 66 f. Dissertação (Mestrado em Química) - Universidade de São Paulo, São Carlos, 2019. DOI <https://doi.org/10.11606/D.75.2019.tde-05062019-134029>.

TEIXEIRA, M. G. D. *et al.* **As propriedades biológicas da curcumina: uma revisão de literatura**. Revista Multidisciplinar em Saúde, v. 3, n. 3, 2022. <https://doi.org/10.51161/rem/3519>

Wang, F., Huang, W., Jiang, L. *et al.* **Quantitative Determination of Proteins Based on Strong Fluorescence Enhancement in Curcumin-Chitosan-Proteins System**. Journal of Fluorescence, 22, 615–622, 2012. DOI <https://doi.org/10.1007/s10895-011-0997-x>.

ZEZELL, Denise Maria. **Biofotônica e lasers levando luz para doenças**. Brazilian Dental Science, [s. l.], v. 20, n. 4, 2017. Disponível em: <http://repositorio.ipen.br/bitstream/handle/123456789/28452/24227.pdf?sequence=1>. Acesso em: 3 set. 2022.





ESCOLA

ESTUDANTE

PROFESSOR(A)

DISCIPLINA

ÁREA DO CONHECIMENTO

C. Natureza e suas Tecnologias

SÉRIE/SEGMENTO

COMPETÊNCIA ESPECÍFICA

Competência Específica 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).

HABILIDADES

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.

EM13CNT307 - Analisar as propriedades dos materiais para avaliar a adequação de seu uso em diferentes aplicações (industriais, cotidianas, arquitetônicas, tecnológicas, entre outras) e/ou propor soluções seguras e sustentáveis considerando seu contexto local e cotidiano.

EM13CNT311MG - Investigar e analisar comportamentos específicos dos diversos tipos de ondas, para avaliar suas diferentes aplicações tecnológicas (comunicação, saúde, música, entre outros), identificar e/ou avaliar os impactos individuais, coletivos e socioambientais de tais tecnologias, a fim de promover seu uso seguro e sustentável.

OBJ. DE CONHECIMENTO

Interações química entre compostos orgânicos

Desnaturação de proteínas

Fluorescência

OBJETIVO GERAL

Fomentar a discussão sobre como o conhecimento de fenômenos naturais, enfatizando o contexto bioquímico, pode ser útil em múltiplos cenários, desde o estímulo à curiosidade até o desenvolvimento de novas formas de tratamento e diagnóstico de doenças.

OBJETIVO ESPECÍFICO

Demonstrar como o conhecimento sobre a luz e a manipulação de fenômenos como a fluorescência podem evidenciar mudanças físico-químicas relacionadas às biomoléculas, como a desnaturação de proteínas.

**SITUAÇÃO DE APRENDIZAGEM 02:
Conexão entre o macro e micro/submicro
envolvendo biomoléculas**

A interação da curcumina com biomoléculas pode resultar em uma série de efeitos, incluindo a modificação da estrutura e função dessas biomoléculas. A fluorescência desempenha um papel crucial nesse contexto, pois muitos compostos orgânicos, incluindo a curcumina, são capazes de emitir luz fluorescente quando excitados por luz ultravioleta ou visível. Isso permite que os pesquisadores estudem as interações da cúrcuma com biomoléculas de forma sensível e precisa.



A fluorescência da curcumina é frequentemente explorada em estudos de ligação de proteínas, em que a mudança na intensidade ou no espectro de emissão fluorescente pode indicar a formação de complexos entre a curcumina e a proteína alvo. Além disso, a fluorescência pode ser usada para monitorar a localização celular da curcumina e entender como ela interage com membranas celulares e organelas.

A pesquisa sobre a interação da cúrcuma com biomoléculas e fluorescência também apresenta implicações na área da medicina. Por exemplo, a curcumina tem sido estudada como agente anticancerígeno, e a fluorescência pode ser usada para rastrear sua absorção e distribuição nas células cancerígenas, ajudando a compreender seus mecanismos de ação.

Além disso, a cúrcuma e seus compostos podem ser utilizados como sondas fluorescentes em estudos bioquímicos e farmacológicos, contribuindo para o desenvolvimento de novas terapias e diagnósticos.



Agora, vamos analisar a interação da cúrcuma com biomoléculas em diferentes situações, de modo a saber se haverá ou não fluorescência. Antes de iniciar os experimentos, responda à questão.

A desnaturação de proteínas em um alimento poderá afetar a fluorescência da cúrcuma que for adicionada à ele?



EXPERIMENTO 02: Interação da cúrcuma e biomolécula

MATERIAIS NECESSÁRIOS:

- Leite
- Cúrcuma
- Vinagre
- Seringa de 5 mL
- Béquer
- Marcador permanente (para identificação dos copos)
- Lâmpada ou lanterna UV
- Homogeneizador ou colher descartável
- Funil
- Papel filtro

PROCEDIMENTOS:

- 1- Identifique os béqueres, com o auxílio do marcador permanente, respectivamente: leite frio, leite em temperatura ambiente e leite quente.
- 2- Adicione 100 mL de leite frio, 100 mL de leite em temperatura ambiente e 100 mL de leite quente nos respectivos béqueres.
- 3- Adicione 5 mL de vinagre em cada um dos béqueres e aguarde.
- 4- Adicione $\frac{1}{2}$ colher de cúrcuma em cada um dos béqueres e com o auxílio do homogeneizador ou colher descartável, misture cuidadosamente.
- 5- Com o auxílio da lanterna ou lâmpada UV, ilumine os tubos.
- 6- Analise criteriosamente o que aconteceu em cada tubo.

INTERPRETANDO OS RESULTADOS OBTIDOS:

A) Em qual dos béqueres houve maior interação da cúrcuma com o leite?

B) Formule uma hipótese baseada nos seus conhecimentos prévios e que justificaria o que foi observado.



C) Agora, no béquer que houve maior fluorescência com o auxílio do funil e do papel filtro, despeje o conteúdo do béquer e com o auxílio da lanterna ou lâmpada UV, ilumine. Descreva o que aconteceu.



Observações:

Agora que você terminou os experimentos, faça o que se pede a seguir:

Descarte o líquido dos tubos no balde, ao lado da sua bancada.

Organize os materiais na mesa, da mesma forma que os encontrou.



DISCUSSÃO:

Após realizar os experimentos e discutir os resultados com a turma, responda à questão inicial. *A desnaturação de proteínas poderá afetar a fluorescência da cúrcuma?*

Observação: *Analise os experimentos e procure associar os resultados obtidos com a sua explicação para a problemática.*

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS:

BAGNATO, Vanderlei S.; PRATAVIEIRA, Sebastião. **Luz para o progresso do conhecimento e suporte da vida**. Revista Brasileira de Ensino de Física, [s. l.], v. 37, n. 4, 2015. DOI <http://dx.doi.org/10.1590/S1806-11173732037>.

CUGNASCA, Beatriz S.; DOS SANTOS, Alcindo A.; **“FLUORESCÊNCIA: PRINCÍPIOS E ALGUMAS APLICAÇÕES”**, p. 71 -79. In: 9º Workshop do Mestrado Profissional Instituto de Química Universidade de São Paulo. São Paulo: Blucher, 2021. ISBN: 9786555501407, DOI 10.5151/9786555501407-06

FANCHIOTTI, Brenda Gomes. **Estudo da estabilidade da curcumina em quitosanas comercial e anfifílica**. Orientador: Carla Cristina Schimitt Cavalheiro. 2019. 66 f. Dissertação (Mestrado em Química) - Universidade de São Paulo, São Carlos, 2019. DOI <https://doi.org/10.11606/D.75.2019.tde-05062019-134029>.

TEIXEIRA, M. G. D. *et al.* **As propriedades biológicas da curcumina: uma revisão de literatura**. Revista Multidisciplinar em Saúde, v. 3, n. 3, 2022. <https://doi.org/10.51161/rem/3519>

Wang, F., Huang, W., Jiang, L. *et al.* **Quantitative Determination of Proteins Based on Strong Fluorescence Enhancement in Curcumin-Chitosan-Proteins System**. Journal of Fluorescence, 22, 615–622, 2012. DOI <https://doi.org/10.1007/s10895-011-0997-x>.

ZEZELL, Denise Maria. **Biofotônica e lasers levando luz para doenças**. Brazilian Dental Science, [s. l.], v. 20, n. 4, 2017. Disponível em: <http://repositorio.ipen.br/bitstream/handle/123456789/28452/24227.pdf?sequence=1>. Acesso em: 3 set. 2022.





ESCOLA

ESTUDANTE

PROFESSOR(A)

DISCIPLINA

ÁREA DO CONHECIMENTO

SÉRIE/SEGMENTO

C. Natureza e suas Tecnologias

COMPETÊNCIA ESPECÍFICA

Competência Específica 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).

HABILIDADES

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.

EM13CNT307 - Analisar as propriedades dos materiais para avaliar a adequação de seu uso em diferentes aplicações (industriais, cotidianas, arquitetônicas, tecnológicas, entre outras) e/ou propor soluções seguras e sustentáveis considerando seu contexto local e cotidiano.

EM13CNT311MG - Investigar e analisar comportamentos específicos dos diversos tipos de ondas, para avaliar suas diferentes aplicações tecnológicas (comunicação, saúde, música, entre outros), identificar e/ou avaliar os impactos individuais, coletivos e socioambientais de tais tecnologias, a fim de promover seu uso seguro e sustentável.

OBJ. DE CONHECIMENTO

Luz

Fluorescência

Diagnóstico de doenças neurodegenerativas

OBJETIVO GERAL

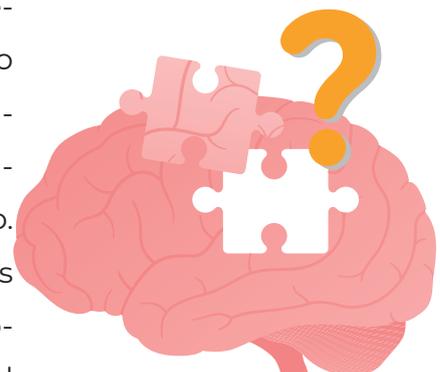
Fomentar a discussão sobre como o conhecimento de fenômenos naturais, enfatizando o contexto bioquímico, pode ser útil em múltiplos cenários, desde o estímulo à curiosidade até o desenvolvimento de novas formas de tratamento e diagnóstico de doenças.



SITUAÇÃO DE APRENDIZAGEM 03: Sistematização do conhecimento

A Doença de Alzheimer

A Doença de Alzheimer (DA) é uma doença do cérebro, progressiva e fatal, que se manifesta pela deterioração do aprendizado (cognição) e da memória, comprometimento progressivo das atividades de vida diária e uma variedade de sintomas e de alterações do comportamento. Há muitos processos químicos e bioquímicos relacionados à doença e, muitas vezes, ela pode progredir quando o processamento de certas proteínas do sistema nervoso central



começa a dar errado. Surgem, então, dentro dos neurônios e nos espaços que existem entre eles, fragmentos de proteínas cortadas e forma diferente da usual e que podem ser, tóxicas. Como consequência dessa toxicidade, pode ocorrer perda progressiva de neurônios em certas regiões do cérebro, como o hipocampo, que está relacionado à memória, e o córtex cerebral, essencial para a linguagem e o raciocínio, memória, reconhecimento de estímulos sensoriais e pensamento abstrato.

A causa exata ainda é desconhecida, mas acredita-se que ela pode estar relacionada às proteínas acima citadas, além de fatores ambientais e genéticos em casos específicos. A Doença de Alzheimer (DA) é a forma mais comum de demência neurodegenerativa em pessoas de idade, sendo responsável por mais da metade dos casos de demência nessa população.

No Brasil, centros de referência do Sistema Único de Saúde (SUS) oferecem tratamento multidisciplinar integral e gratuito para pacientes com DA, além de medicamentos que ajudam a retardar a evolução dos sintomas. Os cuidados dedicados às pessoas com DA, porém, devem ocorrer em tempo integral. Cuidadores, enfermeiras, outros profissionais e familiares, mesmo fora do ambiente dos centros de referência, hospitais e clínicas, podem encarregar-se de detalhes relativos à alimentação, ambiente e outros aspectos que podem elevar a qualidade de vida dos pacientes.

Os estágios da doença



Importante:

Nos casos mais graves da DA, a perda da capacidade das tarefas cotidianas também aparece, resultando em completa dependência da pessoa. A doença pode vir ainda acompanhada de depressão, ansiedade e apatia.

A DA costuma evoluir para vários estágios de forma lenta e inexorável, ou seja: não há o que possa ser feito para barrar o avanço da doença. A partir do diagnóstico, a sobrevivência média das pessoas acometidas por DA oscila entre 8 e 10 anos. O quadro clínico costuma ser dividido em quatro estágios:

o **Estágio 1 (forma inicial)**: alterações na memória, na personalidade e nas habilidades visuais e espaciais;

o **Estágio 2 (forma moderada)**: dificuldade para falar, realizar tarefas simples e coordenar movimentos. Agitação e insônia;

o **Estágio 3 (forma grave)**: resistência à execução de tarefas diárias. Incontinência urinária e fecal. Dificuldade para comer. Deficiência motora progressiva;

o **Estágio 4 (terminal)**: restrição ao leito. Mutismo. Dor à deglutição. Infecções intercorrentes.

Os sintomas da Doença de Alzheimer

O primeiro sintoma da DA, sendo também o mais marcante, é a perda de memória recente. Com a progressão da doença, vão aparecendo sintomas mais graves como, a perda de memória remota (ou seja, dos fatos mais antigos), bem como irritabilidade, falhas na linguagem, prejuízo na capacidade de se orientar no espaço e no tempo.

Entre os principais sinais e sintomas do Alzheimer estão:

o Falta de memória para acontecimentos recentes;

o Repetição da mesma pergunta várias vezes;

o Dificuldade para acompanhar conversações ou pensamentos complexos;

o Incapacidade de elaborar estratégias para resolver problemas;

o Dificuldade para dirigir automóvel e encontrar caminhos conhecidos;

o Dificuldade para encontrar palavras que expressem ideias ou sentimentos pessoais;

o Irritabilidade, suspeição injustificada, agressividade, passividade, interpretações erradas de estímulos visuais ou auditivos, tendência ao isolamento.





Importante:

Quanto maior for a estimulação cerebral da pessoa, maior será o número de conexões criadas entre as células nervosas, chamadas neurônios. Esses novos caminhos criados ampliam a possibilidade de contornar as lesões cerebrais, sendo necessária uma maior perda de neurônios para que os sintomas de demência comecem a aparecer. Por isso, uma maneira de retardar o processo da doença é a estimulação cognitiva constante e diversificada ao longo da vida.

A identificação de fatores de risco e da DA em seu estágio inicial e o encaminhamento ágil e adequado para o atendimento especializado dão à Atenção Básica, principal porta de entrada para o Sistema Único de Saúde (SUS), um caráter essencial para um melhor resultado terapêutico e prognóstico dos casos.

Alguns fatores de risco para o Alzheimer são:

o **A idade e a história familiar:** a demência é mais provável se a pessoa tem algum familiar que já sofreu do problema;

o **Baixo nível de escolaridade:** pessoas com maior nível de escolaridade geralmente executam atividades intelectuais mais complexas, que oferecem uma maior quantidade de estímulos cerebrais.

Prevenção

A Doença de Alzheimer ainda não possui uma forma de prevenção específica: no entanto os médicos acreditam que manter a cabeça ativa e uma boa vida social, regada a bons hábitos e estilos, pode retardar ou até mesmo inibir a manifestação da doença. Com isso, as principais formas de prevenir, não apenas a DA, mas outras doenças crônicas como diabetes, câncer e hipertensão, por exemplo, são:

- o Estudar, ler, pensar, manter a mente sempre ativa;
- o Fazer exercícios de aritmética;
- o Jogos inteligentes;
- o Atividades em grupo;
- o Não fumar;
- o Não consumir bebida alcoólica;
- o Ter alimentação saudável e regrada;
- o Fazer prática de atividades físicas regulares.



Como é feito o diagnóstico da Doença de Alzheimer?

O diagnóstico da Doença de Alzheimer é por exclusão. O rastreamento inicial deve incluir avaliação de depressão e exames de laboratório com ênfase especial na função da tireoide e nos níveis de vitamina B12 no sangue.

Qual médico pode diagnosticar e tratar a DA?

A DA pode ser tratada pelo psiquiatra geriatra ou por um neurologista especializado no tratamento da DA.

Como saber se uma pessoa está com DA?

O diagnóstico da DA no paciente que apresenta problemas de memória é baseado na identificação das modificações cognitivas específicas. Exames físicos e neurológicos cuidadosos acompanhados de avaliação do estado mental para identificar os déficits de memória, de linguagem, além de visoespaciais, que é a percepção de espaço.

Vale ressaltar, mais uma vez, que o diagnóstico precoce, o tratamento adequado e em tempo oportuno é fundamental para possibilitar o alívio dos sintomas e a estabilização ou retardo da progressão da doença.

Tratamento

O tratamento da DA é medicamentoso e os pacientes têm à disposição a oferta de medicamentos capazes de minimizar os distúrbios da doença, que devem ser prescritos pela equipe médica. O objetivo do tratamento medicamentoso é, também, propiciar a estabilização do comprometimento cognitivo, do comportamento e da realização das atividades da vida diária (ou modificar as manifestações da doença), com um mínimo de efeitos adversos.

Por Ministério da Saúde [Adaptado]. Publicado em 14 de out. de 2022. Atualizado em 10 fev. 2023.

Disponível em: <https://www.gov.br/saude/pt-br/assuntos/saude-de-a-a-z/a/alzheimer>.

Acesso em 23 de set. de 2023.





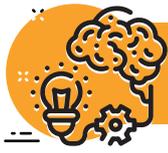
ANALISANDO A SITUAÇÃO-PROBLEMA:

O diagnóstico da DA é feito a partir da manifestação de sintomas característicos, como a perda de memória e comportamento alterado do indivíduo (principalmente idosos), resultando em comportamentos que se repetem e comprometem o dia a dia da pessoa, interferindo no funcionamento das atividades pessoais.

Após a leitura e de acordo com os seus conhecimentos sobre a Doença de Alzheimer, responda:

Você é um pesquisador e sabe que a DA é uma doença ainda sem cura e que seu diagnóstico muitas vezes é feito em pacientes cujas alterações no cérebro estão avançadas. A partir disso, quais soluções você buscaria para melhorar a qualidade de vida dos pacientes?

O que você propõe para que se possa comprovar a proposta feita na questão anterior?



Contextualizando

TEXTO I

Imagem da retina promete auxiliar na detecção precoce de Alzheimer

Uma análise de como a retina do olho dispersa a luz mostra-se promissora como um auxílio para o diagnóstico precoce da Doença de Alzheimer.

Cientistas da Universidade de Minnesota, em Minneapolis, nos Estados Unidos, chegaram a essa conclusão após realizar um estudo recente, cujas descobertas aparecem na revista científica *ACS Chemical Neuroscience*.

Os pesquisadores investigaram a imagem hiperespectral da retina (HSI) como uma técnica potencial para a detecção precoce da Doença de Alzheimer em 35 pessoas.

O HSI é um método de imagem emergente na medicina. Como auxílio ao diagnóstico, ele pode fornecer informações valiosas sobre a composição e estrutura dos tecidos.

Os cientistas podem fazer varreduras HSI da retina usando uma câmera especial conectada a um sistema de imagem espectral.

O método, que leva cerca de 10 minutos para administrar, não é invasivo e não requer a injeção de substâncias traçadoras.

Necessidade de biomarcadores do início da Doença de Alzheimer

A Doença de Alzheimer é responsável por 60 a 80% dos casos de demência, uma condição incurável que prejudica progressivamente a memória e o pensamento, a ponto de não ser mais possível viver de forma independente.

A presença de aglomerados tóxicos de proteína beta-amiloide no cérebro é uma marca registrada da Doença de Alzheimer.

Se houvesse uma maneira de detectar os grupos tóxicos de beta-amiloide nos estágios iniciais, isso poderia melhorar muito o diagnóstico precoce e aumentar o potencial de tratamento para retardar a progressão da doença.

Como a retina é uma extensão do cérebro, é possível que esses grupos de proteínas tóxicas também se formem lá.

Esse conhecimento levou os cientistas a procurar os biomarcadores de DA na retina, o que é fácil de examinar de forma não-invasiva.

HSI da retina usa espalhamento de luz

O HSI da retina aplica o princípio da dispersão de luz.

Em seu estudo, os autores explicam que, por esse princípio, eles esperariam que as retinas com pequenos aglomerados iniciais de beta-amiloide dispersassem a luz de uma maneira diferente das retinas que não possuem aglomerados de proteínas ou têm aglomerados mais desenvolvidos.

A equipe já havia demonstrado a eficácia da técnica em modelos de camundongos da Doença de Alzheimer.

O novo estudo “refere-se à tradução de nossa técnica [HSI da retina] de modelos animais para sujeitos humanos [Doença de Alzheimer]”, escrevem os autores.

Na nova investigação, a equipe comparou os resultados do HSI da retina de 19 pessoas em diferentes estágios da Doença de Alzheimer com os de 16 controles que não tinham a doença e também não possuíam histórico familiar.

HSI da retina escolhe estágio MCI

Para cada participante, a equipe realizou varreduras HSI de diferentes partes da retina.

Os resultados mostraram que indivíduos cuja dispersão da luz da retina teve o “maior desvio espectral em relação aos indivíduos controle” foram aqueles cujos testes de memória indicaram que estavam no estágio de comprometimento cognitivo leve (MCI).

Além disso, os pesquisadores descobriram que a quantidade de desvio espectral correlacionava-se com as pontuações dos testes de memória daqueles no estágio MCI.

Eles sugerem que esses resultados indicam que a sensibilidade da técnica é maior nos estágios iniciais da Doença de Alzheimer.

A idade e certas condições oculares, como glaucoma e catarata, parecem ter pouco ou nenhum efeito nos resultados.

O primeiro e correspondente autor do estudo, Swati S. More, Ph.D., professor associado do *Center for Drug Design da Universidade de Minnesota*, prevê que o HSI da retina se torne parte de exames oftalmológicos anuais que possam ajudar a identificar indivíduos que possam precisar de mais um exame ou tratamento.

Por Universo Visual. Publicado em 14 de nov. de 2019.

Disponível em: <https://universovisual.com.br/imagem-da-retina-promete-auxiliar-na-deteccao-precoce-de-alzheimer/>. Acesso em 23 de set. de 2023.

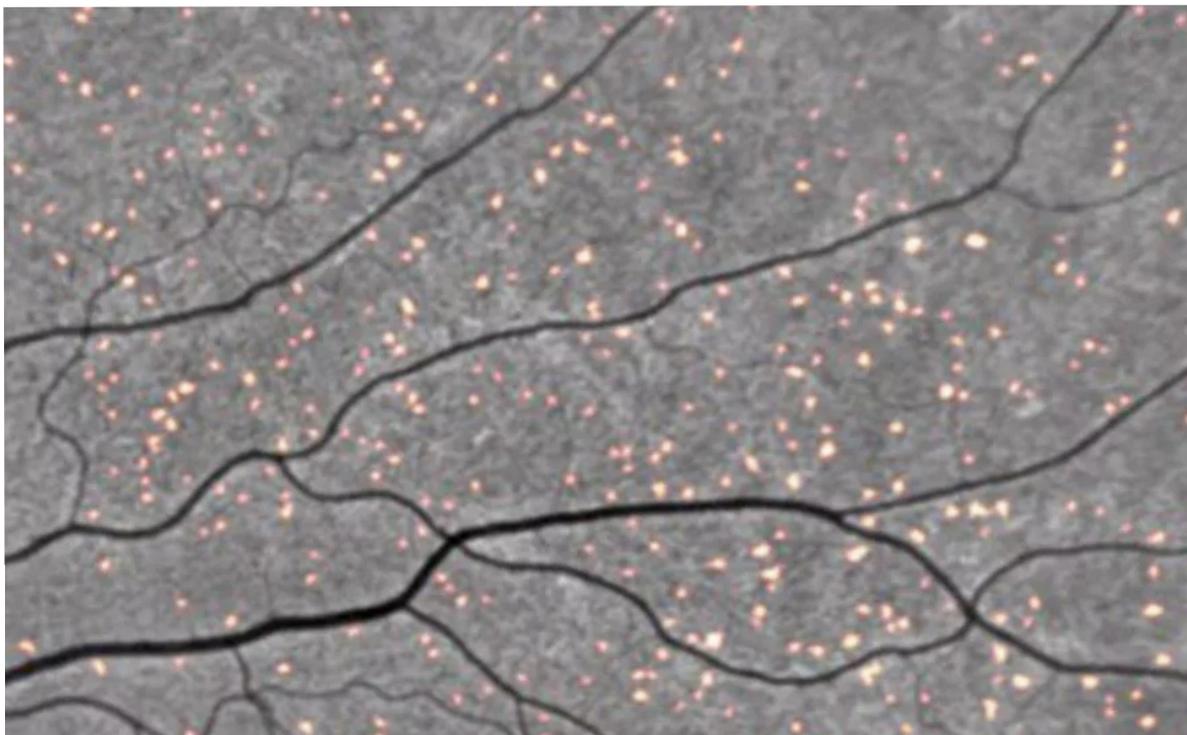


TEXTO II

Presença de proteína na retina pode indicar diagnóstico de Alzheimer

Estudo compara placas amiloides dos olhos com as que se acumulam nas células cerebrais e conclui que elas podem servir para detectar estágio inicial da doença

Cientistas descobriram que depósitos de certas proteínas na retina podem ajudar a avaliar o risco para a Doença de Alzheimer em seu estágio inicial. Os resultados foram publicados no 17 de agosto de 2021 na revista científica *Alzheimer's & Dementia*.



*Depósitos amiloides marcados com curcumina ganham destaque em uma varredura da retina
(Foto: NeuroVision)*

Chamados de placas amiloides, os depósitos proteicos também se acumulam entre células cerebrais, levando à morte de neurônios e causando a neurodegeneração típica da DA. Sabendo disso, os pesquisadores compararam testes das proteínas da retina com coletas provenientes do tecido cerebral, considerando inclusive dados de outro estudo sobre o tema.

Liderada por uma equipe da Universidade da Califórnia em San Diego, nos Estados Unidos, a equipe considerou exames feitos em oito pessoas. Utilizando a curcumina, princípio ativo extraído da cúrcuma, os especialistas observaram que as imagens de manchas na retina dos pacientes tinham correlação com varreduras cerebrais contendo altos níveis de amiloides.

“A curcumina se liga à proteína amiloide *in vivo* e tem sido usada como reagente de contraste para identificar depósitos de amiloide na retina de indivíduos com diagnósti-

co de Déficit Cognitivo Ligeiro (MCI) bem como Doença de Alzheimer leve a moderada”, explicam os pesquisadores, no estudo.

Em comunicado, Robert Rissman, líder da pesquisa, avalia que os resultados são “encorajadores”, porque sugerem que pode ser possível determinar o início, a disseminação e a morfologia da DA usando imagens da retina, em vez das varreduras cerebrais, que são mais difíceis e caras de serem feitas.

Segundo o especialista, a equipe ainda aguarda resultados de varreduras adicionais da retina e planeja realizar um estudo maior e mais duradouro sobre as placas amiloides. Um dos objetivos futuros dos cientistas é buscar nas imagens o impacto do uso do anticorpo monoclonal solanezumabe, estudado para tratar doenças neurodegenerativas.

Por Redação Galileu. Publicado em 25 de ago. de 2021.

Disponível em: <https://revistagalileu.globo.com/Ciencia/Saude/noticia/2021/08/presenca-de-proteina-na-retina-pode-indicar-diagnostico-de-alzheimer.html>. Acesso em 23 de set. de 2023.

TEXTO III

Primeiros sinais de Alzheimer podem aparecer nos olhos, diz estudo

Doença começa no cérebro décadas antes dos primeiros sintomas de perda de memória, aponta neurologista

Os olhos são mais do que uma janela para a alma – eles também são um reflexo da saúde cognitiva de uma pessoa.

“O olho é a janela para o cérebro”, disse a oftalmologista Dra. Christine Greer, diretora de educação médica do Instituto de Doenças Neurodegenerativas em Boca Raton, Flórida.

“Você pode ver diretamente o sistema nervoso olhando para a parte de trás do olho, em direção ao nervo óptico e à retina”.

Estudos têm explorado como o olho pode ajudar no diagnóstico da Doença de Alzheimer antes do início dos sintomas. A doença está bem avançada quando a memória e o comportamento são afetados.

“A doença começa no cérebro décadas antes dos primeiros sintomas de perda de memória”, disse o Dr. Richard Isaacson, um neurologista preventivo de Alzheimer que também trabalha no Instituto de Doenças Neurodegenerativas.

Se os médicos forem capazes de identificar a doença em seus estágios iniciais, as pessoas poderão fazer escolhas de estilo de vida saudáveis e controlar seus “fatores de risco modificáveis, como pressão alta, colesterol alto e diabetes”, disse Isaacson.



Os olhos mostram

Vê sinais de declínio cognitivo? Para descobrir, um estudo recente examinou tecidos doados da retina e do cérebro de 86 pessoas com diferentes graus de declínio mental.

“Nosso estudo é o primeiro a fornecer análises aprofundadas dos perfis de proteínas e dos efeitos moleculares, celulares e estruturais da Doença de Alzheimer na retina humana e como eles correspondem a mudanças no cérebro e na função cognitiva”, disse o autor sênior Maya Koronyo-Hamaoui, professor de neurocirurgia e ciências biomédicas no Cedars-Sinai em Los Angeles, em um comunicado.

“Essas mudanças na retina correlacionam-se com mudanças em partes do cérebro chamadas córtices entorrinal e temporal, um centro de memória, navegação e percepção do tempo”, disse Koronyo-Hamaoui.

Os pesquisadores do estudo coletaram amostras de retina e tecido cerebral de 86 doadores humanos ao longo de 14 anos com Doença de Alzheimer e comprometimento cognitivo leve – o maior grupo de amostras de retina já estudado, de acordo com os autores.

Os pesquisadores então compararam amostras de doadores com função cognitiva normal com aqueles com comprometimento cognitivo leve e ainda aqueles com Doença de Alzheimer em estágio avançado.

O estudo, publicado em fevereiro na revista *Acta Neuropathologica*, encontrou aumentos significativos no beta-amiloide, um marcador chave da doença, em pessoas com Alzheimer e declínio cognitivo precoce.

As células microgлияis diminuíram 80% naqueles com problemas cognitivos, segundo o estudo.

Essas células são responsáveis por reparar e manter outras células, incluindo a eliminação de beta-amiloide do cérebro e da retina.

“Foram [também] encontrados marcadores de inflamação, que podem ser um marcador igualmente importante para a progressão da doença”, disse Isaacson, que não participou do estudo.

“As descobertas também foram aparentes em pessoas com sintomas cognitivos mínimos ou inexistentes, o que sugere que esses novos testes oftalmológicos podem estar bem posicionados para auxiliar no diagnóstico precoce”.

Os pesquisadores do estudo descobriram um número maior de células imunológicas envolvendo firmemente as placas beta-amiloides, bem como outras células responsáveis pela inflamação e morte celular e tecidual.

A atrofia do tecido e a inflamação nas células na periferia distante da retina foram mais preditivas do estado cognitivo, segundo o estudo.

“Essas descobertas podem eventualmente levar ao desenvolvimento de técnicas de imagem que nos permitam diagnosticar a Doença de Alzheimer mais cedo e com



mais precisão”, disse Isaacson, “e monitorar sua progressão de forma não invasiva, olhando através do olho”.

Por Sandee LaMotte, para CNN. Publicado em 28 de mar. De 2023.

Disponível em: <https://www.cnnbrasil.com.br/saude/primeiros-sinais-de-alzheimer-podem-aparecer-nos-olhos-diz-estudo/>. Acesso em 23 de set. de 2023.



DISCUSSÃO:

Após realizar a leitura dos textos, responda:

Considerando que a curcumina pode ser considerada uma ferramenta para o diagnóstico da DA, quais os desafios que serão enfrentados até que essa ferramenta seja utilizada em larga escala?

Observação: Estabeleça conexões com os experimentos e as discussões realizadas nas aulas anteriores, utilizando a cúrcuma.

ISBN: 978-85-88221-73-4

CDL



9 788588 221734