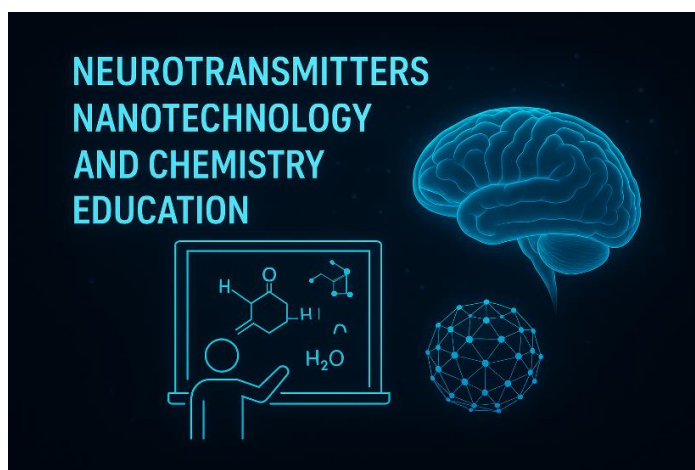


GRAPHICAL ABSTRACT



Connection between neurotransmitters, nanotechnology, and the teaching of chemistry, highlighting the integration of science and education in an innovative setting.

NANOTECNOLOGIA, NEUROTRANSMISSORES E MEDICAMENTOS: INOVAÇÃO INTERDISCIPLINAR NO ENSINO DE QUÍMICA

NANOTECHNOLOGY, NEUROTRANSMITTERS, AND MEDICATIONS: INTERDISCIPLINARY INNOVATION IN CHEMISTRY EDUCATION

Renata Almeida Souza¹, Eduardo Carlos Theotonio¹, Mikaella Barbosa Cruz¹, Simone Astori¹,
Cristiane Pereira Zdradek¹, André Romero,¹ e Laís Jubini Calegario,²

¹Instituto Federal do Espírito Santo Campus Vila Velha, 29106-010 Vila Velha – ES, Brasil

²Instituto Federal do Espírito Santo Campus Piúma, ES, 29285-000 Piúma – ES, Brasil

* (renataalmeida1526@gmail.com)

Resumo: O presente artigo aborda os avanços recentes nas ciências da natureza, destacando a importância da nanotecnologia como um campo transversal e disruptivo. A nanotecnologia envolve a manipulação de materiais em escala nanométrica (1 bilionésimo do metro), o que confere propriedades únicas e diversas aplicações tecnológicas, como nanopartículas, nanomembranas e nanotubos de carbono. Esses avanços têm transformado diversos setores da sociedade, incluindo energia, saúde, medicina, indústria têxtil, agronegócios, entre outros. Dessa maneira, países ao redor do mundo têm investido significativamente em nanotecnologia, reconhecendo-a como estratégia para o desenvolvimento econômico e social. Na educação, a proposta é integrar a nanotecnologia no ensino de Química, utilizando metodologias ativas, como a Aprendizagem Baseada em Problemas (ABP), visto que a abordagem visa promover uma aprendizagem interdisciplinar e contextualizada, explorando temas contemporâneos, como a produção de medicamentos psicotrópicos e a relação com a produção de neurotransmissores. A sequência didática proposta inclui desde a leitura crítica de textos até a criação de protótipos de aplicação da nanotecnologia na saúde, visando incentivar o pensamento crítico e a participação ativa dos alunos no processo educacional.

Palavras-chave: nanotecnologia; medicamentos; química orgânica; neurotransmissores.

Abstract: This article addresses recent advances in the natural sciences, highlighting the importance of nanotechnology as a transversal and disruptive field. Nanotechnology involves the manipulation of materials at the nanometric scale (one-billionth of a meter), which gives them unique properties and enables a wide range of technological applications, such as nanoparticles, nanomembranes, and carbon nanotubes. These advances have transformed various sectors of society, including energy, health, medicine, the textile industry, agribusiness, and more. As a result, countries around the world have been investing significantly in nanotechnology, recognizing it as a strategic driver for economic and social development. In education, the proposal is to integrate nanotechnology into Chemistry teaching through active methodologies, such as Problem-Based Learning (PBL), since this approach aims to foster interdisciplinary and contextualized learning by exploring contemporary topics such as the production of psychotropic drugs and their relationship with neurotransmitter synthesis. The proposed didactic sequence includes activities ranging from critical reading of texts to the creation of prototypes applying nanotechnology in health, with the goal of encouraging critical thinking and active student participation in the educational process.

Keywords: nanotechnology; medicines; organic chemistry; neurotransmitter

1 INTRODUÇÃO

Os avanços contemporâneos nas diversas áreas das ciências da natureza têm gerado

significativos resultados, levando à abertura de novos horizontes para o desenvolvimento tecnológico. Inovações em física, como os novos materiais para armazenamento de energia, em química, como as partículas avançadas para catalisadores eficientes, e em biologia, como técnicas de precisão para entrega controlada de medicamentos, têm transformado a sociedade e o cotidiano das pessoas. Essas tecnologias não apenas impulsionam o progresso industrial e médico, mas também promovem a sustentabilidade ambiental, trazendo impactos na sociedade, muitas vezes integrando-se ao cotidiano dos indivíduos. (LEOPOLDO, C. de J.; VECHIO, G. H. D., 2020).

Nessa perspectiva, um ramo que vem se consolidando é o da nanotecnologia, campo científico e tecnológico que abrange múltiplos aspectos, sendo transversal, disruptivo e pervasivo. Seu foco reside na compreensão, controle e aplicação das propriedades da matéria em escala nanométrica, correspondente a 1 bilionésimo do metro ($1,0 \times 10^{-9} \text{m}$). Assim, alguns materiais que possuem ao menos uma dimensão desse tamanho podem manifestar propriedades completamente novas e características distintas, exploráveis para diversas aplicações tecnológicas; alguns exemplos comuns incluem nanopartículas, nanomembranas, nanotubos de carbono e fulerenos.

As novas propriedades dos nanomateriais, possibilitadas pela nanotecnologia, não só revolucionam a ciência, como também transformam setores produtivos como bens de capital, gerando novos produtos e serviços inovadores anteriormente inimagináveis em áreas tão diversas, quanto energia, saúde, medicina, HPPC (higiene pessoal, perfumaria e

cosméticos), indústria têxtil, agronegócios, alimentos, indústria automotiva, aeroespacial meio ambiente, entre outros.

Devido às suas inúmeras aplicações e potencial para agregar valor, a nanotecnologia é reconhecida como uma tecnologia estratégica e fundamental para as principais nações e blocos econômicos, como Estados Unidos, Coreia do Sul, Japão, União Europeia, Suíça, Rússia, Inglaterra, China, entre outros, incluindo o Brasil. Muitos desses países e blocos possuem especificamente a nanotecnologia (Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovações).

Segundo Fillipponi e Sutherland (2013), a Nanociência representa um avanço significativo ao explorar os fenômenos em escalas atômicas, moleculares e macromoleculares, onde as propriedades diferem substancialmente daquelas observadas em escalas maiores. A Nanotecnologia, por sua vez, aplica esses conhecimentos na criação prática de estruturas e sistemas em nanoescala, promovendo avanços tecnológicos que podem revolucionar aspectos fundamentais da sociedade contemporânea, incluindo comunicação, trabalho e vida cotidiana.

Além disso, a Nanotecnologia exibe uma vasta aplicabilidade interdisciplinar, promovendo colaboração entre diversas áreas, tais como física, química, biologia, matemática, computação, engenharias, ética, legislação, ciências da saúde, economia e meio ambiente (ZANELLA et al., 2009).

Sendo assim, essa convergência multidisciplinar não apenas facilita o desenvolvimento de novas tecnologias, bem como levanta questões éticas e legais, que precisam ser cuidadosamente consideradas para garantir o uso seguro e responsável das inovações, de maneira que, atualmente, estamos testemunhando uma explosão de ferramentas inovadoras, que promovem e aprimoram a disseminação do conhecimento, tanto dentro quanto fora dos

ambientes educacionais. É possível reconhecer que os alunos da contemporaneidade interagem, de maneira eficaz, com as modernas tecnologias educacionais, como as mídias digitais.

Para que se cumpra o que consta nos documentos normativos nacionais, como a Base Nacional Comum Curricular (BNCC), recentemente implementada no Brasil e que também recomenda temas contemporâneos para a educação básica (Brasil, 2018), este artigo tem como objetivo propor uma sequência didática que traz a integração da nanotecnologia no ensino de Química como uma forma de promover a interdisciplinaridade no contexto educacional, utilizando, como tema estruturante, a produção de neurotransmissores e a relação com o uso de medicamentos psicotrópicos, para executar o conteúdo Funções Orgânica no Ensino Médio, com o objetivo de englobar uma aprendizagem cognitivista e humanista, por meio de metodologias ativas, em especial, a Aprendizagem Baseada em Problemas/Projetos (ABP).

2 REFERENCIAL TEÓRICO

Desde os primórdios da humanidade, a ciência tem sido uma busca constante do homem para compreender o mundo ao seu redor, lidar com os fenômenos naturais e desvendar os mistérios do desconhecido. Nessa perspectiva, a ciência continua a enfrentar desafios diversos, especialmente os contemporâneos, buscando soluções para problemas sociais complexos.

Portanto, as tecnologias têm desempenhado um papel crucial ao transformar aspectos sociais, econômicos e culturais da vida moderna. O desenvolvimento contínuo de novos conhecimentos e soluções práticas têm não apenas dado origem a novas áreas do saber, mas também influenciado significativamente as práticas sociais e o ambiente de trabalho.

Nesse cenário de inovações e potenciais, emergem conceitos fundamentais como Nanociência e Nanotecnologia, conforme Murrielo, Contier e Knobel (2006, p. 2), que destacam que a Nanociência, embora recente como campo nomeado, já tinha suas raízes no estudo de elementos em escala nanométrica, impulsionado pelo desenvolvimento de novas ferramentas nas últimas décadas. Isso culminou na Nanotecnologia, que envolve a engenharia de materiais a partir de átomos e moléculas, permitindo a manipulação e reorganização de nanopartículas para criar novos materiais e dispositivos.

As Orientações Educacionais Complementares aos Parâmetros Curriculares Nacionais publicadas em 2002, desenvolvidas para oferecer suporte adicional na implementação dos Parâmetros Curriculares Nacionais (PCNs) e que foram introduzidos na década de 1990, apresentam, como competência geral da área das Ciências da Natureza, “reconhecer e avaliar o desenvolvimento tecnológico contemporâneo, suas relações com as ciências, seu papel na vida humana, sua presença no mundo cotidiano e seus impactos na vida social”. Para desenvolver essa competência, no ensino de Química, os conteúdos abordados e as atividades desenvolvidas devem reconhecer o papel do conhecimento químico no desenvolvimento tecnológico atual, em diferentes áreas do setor produtivo, industrial e agrícola; por exemplo, na fabricação de alimentos, corantes, medicamentos e novos materiais” (BRASIL, 2002).

Mais tarde, as Orientações Educacionais Complementares aos PCN das Ciências da Natureza, Matemática e suas Tecnologias, datados de 2006, sugerem um conjunto de competências a serem alcançadas para a área das ciências, por meio de temas relevantes e atuais, onde abordam, explicitamente, a nanotecnologia como temática para auxiliar as escolhas do professor na reorientação das práticas educacionais exercidas nas escolas.

Sobre a abordagem metodológica no Ensino de Química, o documento indica que temas contextuais organizadores do currículo da escola podem ser identificados a partir de uma diversidade de temas, como poluição, recursos energéticos, saúde, cosméticos, plásticos, metais, gestão de resíduos, química agrícola, energia nuclear, petróleo, alimentos, medicamentos, agrotóxicos, água, atmosfera, solos, vidros, cerâmicas, nanotecnologia, entre outros, todos eles também abordados em livros didáticos destinados ao Ensino médio (BRASIL, 2006).

O crescente interesse em pesquisas de nanociência e nanotecnologia (N&N) posiciona esta área como um novo paradigma do conhecimento, com significativos impactos científicos e econômicos. Faz-se importante ressaltar que as políticas de Ciência e Tecnologia (C&T) estão sendo constantemente revisadas e debatidas, resultando em novas propostas de ação para enfrentar desafios globais em níveis local, regional, estadual e nacional. Entre os focos principais dessas políticas estão temas relacionados à saúde, como o desenvolvimento de fármacos e medicamentos (figura 01), além de matérias-primas e materiais inovadores e tradicionais, incluindo a ciência dos nanomateriais. (DIMER et al, 2013).

Figura 01: O emprego da nanotecnologia nos fármacos.



Fonte: JORNALISMO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA (2024).

Portanto, é essencial que alunos e professores do ensino básico conheçam o que é, a potencialidade e os efeitos da nanociência e da nanotecnologia, visto que estas áreas prometem fazer uma nova revolução tecnológica, sendo que diversos países já possuem disciplinas que abordam temas específicos de nanociência e nanotecnologia, desde o ensino infantil até o ensino médio (COLLEGE, 2008). Dessa forma, fica ressaltada a importância de levar essas informações na formação do cidadão conhecedor e crítico.

De acordo com Rodrigues e Lopes (2023), explorar temas atuais, como a nanotecnologia em sala de aula, pode melhorar a aprendizagem dos alunos, pois, ao contextualizar os conteúdos, os estudantes percebem o que estão aprendendo e conectam essas aprendizagens à sua realidade, uma vez que usam celulares, computadores e outros dispositivos tecnológicos fabricados com base na nanotecnologia e nanociência.

Algumas estratégias metodológicas de ensino diferenciadas vêm sendo desenvolvidas por professores que acreditam ser possível promover mudanças em suas práticas pedagógicas, tendo em vista uma aprendizagem significativa. A Aprendizagem Baseada em Problemas (ABP) surge como uma dessas estratégias de método inovadoras, em que os estudantes trabalham com o objetivo de solucionar um problema real ou simulado, a partir de um contexto. Trata-se, portanto, de um método de aprendizagem centrado no aluno, que deixa o papel de receptor passivo do conhecimento e assume o lugar de protagonista de seu próprio aprendizado por meio da pesquisa.

3 PROPOSTA DIDÁTICA

Como já citado, a nanotecnologia envolve o estudo e aplicação da matéria em uma escala extremamente pequena. A integração de metodologias ativas com tecnologias digitais é essencial para seu ensino, pois aumenta o engajamento dos alunos por meio de atividades interativas e

simulações que facilitam a compreensão de conceitos complexos em escalas nanométricas.

Dessa maneira, a aprendizagem baseada em problemas e projetos (ABP) pode ser aplicada ao dividir a temática em tópicos por grupos de alunos, propondo estudos, reflexões e desenvolvimentos de ideias a serem expostas para toda a turma em sala de aula (ANTUNES; SANTOS; BACKX, 2023).

Nessa perspectiva, uma sequência didática pode ser planejada e desenvolvida para alunos do Ensino Médio Regular e ser aplicada conforme os currículos educacionais, onde, por exemplo, por meio do temas geradores: “*Neurotransmissores*” e “*Nanotecnologia*” contextualizado o componente curricular funções orgânicas de maneira interdisciplinar através da metodologia de Aprendizagem Baseada em Problemas (ABP). (SOUSA, 2024)

A figura 02 traz a imagem do neurotransmissor da felicidade e a representação de suas sinapses.

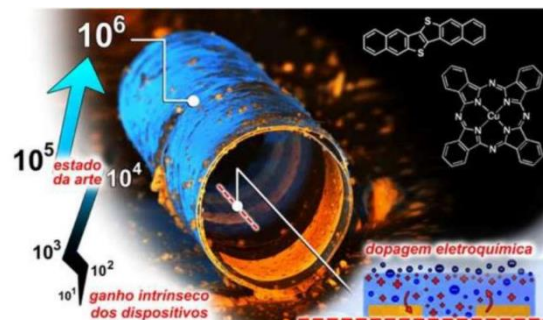
Figura 02: Dopamina, o neurotransmissor que nos dá felicidade.



Fonte: Osinsa (2024).

A proposta se inicia com a exposição de fragmentos do livro: “*Química do Amor*”. Em seguida, os alunos leem as reportagens da CNN e do G1, intituladas “*Uso de medicamentos para a saúde mental cresce no Brasil; especialistas alertam sobre cuidados e Cientistas brasileiros criam dispositivo que pode facilitar diagnóstico de doenças como Alzheimer e Parkinson, contextualizando a relevância do tema no cenário atual.* (CASTRO, 2024)

Figura 03: Estrutura nanométrica desenvolvida no CNPEM, em Campinas (SP), que pode auxiliar no diagnóstico de doenças como Alzheimer e Parkinson.



Fonte: G1, 2024.

A partir dessas leituras, os alunos são solicitados a elaborar uma resenha crítica, de, no mínimo, 20 linhas, discutindo seus conhecimentos prévios e opiniões sobre o uso da nanotecnologia na produção de medicamentos, relacionando o conteúdo do livro e da reportagem com suas próprias percepções.

Depois dessa introdução, é apresentado o cenário problemático: “*A indiscriminação do uso de medicamentos pós-pandemia*”. Os alunos discutem como a nanotecnologia pode oferecer soluções inovadoras e seguras para a produção de medicamentos, sendo organizados em grupos de 04 a 05 componentes, utilizando a metodologia de rotação por estação, para iniciar a discussão e elaboração das questões-problemas. Assim, o professor disponibiliza materiais de apoio, como artigos científicos, vídeos educativos e infográficos sobre nanotecnologia aplicada à medicina.

A investigação do problema continua com os mesmos grupos, através de um questionário elaborado para guiar a pesquisa; esse questionário inclui perguntas sobre os benefícios, desafios, implicações éticas da nanotecnologia na medicina e a importância da nanotecnologia no tratamento e diagnóstico de doenças neurológicas. Em seguida, realiza-se um debate em grupo, para discutir possíveis soluções transdisciplinares, como a redução

do uso indiscriminado de medicamentos e a promoção de um estilo de vida saudável, que favoreça a produção natural de neurotransmissores. (SOUSA, 2024)

Para promover a aprendizagem criativa, sugere-se a utilização da cultura maker para a criação de protótipos de sinapses neurais, utilizando conceitos de nanotecnologia, dessa maneira, os alunos podem criar maquetes, simulações de exercícios físicos e exposições de alimentos que contribuem para um estilo de vida saudável. Posteriormente, organiza-se uma exposição, onde os alunos apresentam suas maquetes, simulações e alimentos, explicando como a nanotecnologia pode ser aplicada para melhorar a saúde mental e reduzir o uso indiscriminado de medicamentos.

Ao final da sequência didática, os alunos preparam uma apresentação em slides, contendo a síntese das soluções propostas para os problemas investigados, abordando os aspectos conceituais, procedimentais e atitudinais aprendidos durante a SD.

A avaliação é realizada pelo tutor através da observação contínua do processo de aprendizagem, verificando as habilidades conceituais, procedimentais e atitudinais dos alunos, observando se eles alcançaram uma aprendizagem significativa e concreta. Essa abordagem permite que os alunos explorem as funções orgânicas no contexto da nanotecnologia aplicada à produção de medicamentos, promovendo um aprendizado mais ativo e crítico.

3.1 Etapas da Aplicação Didática

1. Introdução e Sensibilização do Tema

A sequência didática é iniciada com a apresentação do tema “Química do Amor”, relacionando a ação dos neurotransmissores com os sentimentos humanos. Em seguida, são realizadas leituras dirigidas de reportagens atuais (CNN e G1), que abordam o crescimento dos casos de transtornos

mentais no Brasil e o desenvolvimento de dispositivos nanotecnológicos, para o diagnóstico de doenças como Alzheimer e Parkinson. Essa etapa tem como objetivo contextualizar o tema e evidenciar sua relevância social e científica.

2. Leitura Crítica e Produção Textual

Com base nas leituras iniciais, os alunos são orientados a produzir uma resenha crítica, de, no mínimo, 20 linhas, relacionando os conhecimentos prévios sobre neurotransmissores e medicamentos à aplicação da nanotecnologia na área da saúde. Este momento visa desenvolver habilidades de leitura, argumentação e reflexão crítica.

3. Apresentação do Problema Norteador

Após a introdução, os alunos são apresentados ao problema central da proposta:

“A discriminação do uso de medicamentos no contexto pós-pandêmico”.

A partir disso, os estudantes são organizados em grupos de 04 a 05 integrantes e orientados a iniciar uma investigação colaborativa sobre como a nanotecnologia pode contribuir com soluções inovadoras, seguras e éticas para o desenvolvimento de medicamentos.

4. Rotação por Estações e Pesquisa Guiada

Utiliza-se a metodologia de rotação por estações, onde os grupos percorrem diferentes espaços de aprendizagem com materiais de apoio, como artigos científicos, vídeos explicativos e infográficos. Logo após, os alunos respondem a um questionário orientador, contendo questões sobre os benefícios, riscos, implicações éticas e aplicações da nanotecnologia no diagnóstico e tratamento de doenças neurológicas.

5. Debate e Construção de Soluções

Após a pesquisa, os grupos participam

de debates orientados sobre os dados encontrados, com o objetivo de levantar soluções transdisciplinares. As discussões abordam, por exemplo, formas de reduzir o uso abusivo de medicamentos e estratégias para estimular a produção natural de neurotransmissores, por meio de práticas saudáveis.

6. **Atividade Maker e Prototipagem Criativa**

Para incentivar a aprendizagem criativa e significativa, os alunos são convidados a criar protótipos de sinapses neurais e estruturas relacionadas aos neurotransmissores, utilizando elementos da nanotecnologia. As representações podem incluir maquetes, simulações de exercícios físicos, exposições de alimentos funcionais, entre outros. Os protótipos são apresentados em uma feira científica escolar, com explicações sobre a aplicabilidade da nanotecnologia na saúde mental.

7. **Apresentação Final e Sistematização**

Ao final da sequência didática, os alunos preparam uma apresentação em slides, com a síntese das soluções investigadas, relacionando os aspectos conceituais, procedimentais e atitudinais, desenvolvidos ao longo do projeto.

8. **Avaliação**

A avaliação é realizada de maneira formativa e contínua, por meio da observação dos alunos durante todo o processo. O professor-tutor analisa os seguintes aspectos:

Conceituais: compreensão dos conteúdos de Química (funções orgânicas, nanotecnologia, neurotransmissores e medicamentos);

Procedimentais: participação ativa, organização das ideias e produção dos protótipos;

Atitudinais: colaboração, pensamento crítico, ética e engajamento nas discussões.

4 METODOLOGIA

O artigo foi elaborado a partir de um processo metodológico estruturado em etapas sequenciais, que garantiram a sistematização da produção científica, desde a escolha do tema até a finalização do texto. A metodologia adotada teve caráter qualitativo e exploratório, fundamentando-se em pesquisa bibliográfica e aplicação de uma sequência didática, pertinentes à área de estudo.

Inicialmente, realizou-se a delimitação do tema e do problema de pesquisa, com base em observações teóricas e lacunas identificadas na literatura especializada. Em seguida, foram definidos os objetivos gerais e específicos, os quais orientaram todas as fases subsequentes do trabalho.

A etapa seguinte consistiu na revisão de literatura, realizada por meio da consulta a livros, artigos científicos e periódicos indexados em bases de dados, como SciELO e CAPES Periódicos. Os critérios de seleção incluíram a relevância, atualidade e pertinência dos textos ao tema proposto. Essa revisão teve, como finalidade, identificar conceitos-chave, principais teorias e abordagens metodológicas relacionadas ao objeto de estudo.

Os dados foram analisados qualitativamente, com o objetivo de identificar avanços na compreensão dos conteúdos e na integração entre os temas abordados na proposta.

Com base nas informações obtidas, procedeu-se à organização lógica do artigo, contemplando a estrutura convencional de trabalhos científicos: introdução, referencial teórico, metodologia, análise/discussão e conclusão. A redação do texto foi realizada de forma contínua, com revisões parciais em cada etapa, buscando garantir clareza, coesão e coerência argumentativa.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A química de neurotransmissores e a nanotecnologia são áreas de pesquisa que

ainda estão sendo pouco exploradas conjuntamente. A contextualização de neurotransmissores no estudo da química orgânica, a análise das funções orgânicas de cada neurotransmissor e o mapeamento funcional desses elementos no organismo podem formar um modelo integrado e complementar para o ensino de química orgânica.

Sendo assim, a nanotecnologia não só oferece novas perspectivas científicas e tecnológicas, mas, também, pode provocar mudanças significativas nos campos educacionais e profissionais. Incorporar temas como nanociência e nanotecnologia nos currículos pode preparar as futuras gerações para um mundo cada vez mais influenciado por avanços tecnológicos em nanoescala. Por isso, correlacionar o uso de medicações psíquicas com a nanotecnologia pode gerar debates interdisciplinares, enriquecendo a discussão acadêmica, tendo em vista que a integração da nanotecnologia no ensino de química, especialmente focada em neurotransmissores e medicamentos psicotrópicos, representa um avanço metodológico significativo. Isso não apenas enriquece o conteúdo científico, mas também contextualiza o aprendizado, tornando-o mais relevante para os alunos. A nanotecnologia abre novas fronteiras para o desenvolvimento de tecnologias inovadoras na medicina, com promessas significativas para o tratamento e diagnóstico de doenças neurológicas.

Além disso, as metodologias ativas, como a aprendizagem baseada em problemas (ABP), promovem uma abordagem interdisciplinar e crítica, essencial para preparar cidadãos para os desafios do século XXI. A inclusão de tecnologias digitais e a cultura maker aumenta o engajamento dos alunos, facilitando a compreensão de conceitos complexos e suas aplicações práticas.

Abordar questões éticas e sociais relacionadas ao uso de medicamentos e à promoção de estilos de vida saudáveis incentiva uma reflexão crítica necessária

para o desenvolvimento de uma consciência cidadã responsável.

Por fim, a proposta apresentada não só contribui para a formação científica dos alunos, mas também os prepara para um futuro onde a nanotecnologia terá um papel central, buscando integrar inovações tecnológicas e metodológicas na educação, transformando a sociedade, promovendo um desenvolvimento sustentável e inclusivo. A sequência didática focada na nanotecnologia aplicada à medicina exemplifica como a educação pode se adaptar às demandas contemporâneas, de modo a preparar os alunos para serem protagonistas na construção de um futuro melhor.

AGRADECIMENTOS

Agradecemos aos professores do IFES pela disponibilidade em contribuir com este trabalho.

REFERÊNCIAS

ANTUNES FILHO, Sérgio; SANTOS, Mayara Santana; BACKX, Bianca Pizzorno. **É possível falar de nanotecnologia na escola? Uma proposta de artigo científico para crianças e adolescentes.** Revista Educação Pública, Rio de Janeiro, Vol. 23, No. 20, 2023.

BRASIL, **Orientações Educacionais Complementares aos Parâmetros Curriculares Nacionais (PCN+). Ciências da Natureza e Matemática e suas tecnologias.** Brasília: MEC, 2006.

BRASIL, **Orientações Educacionais Complementares aos Parâmetros Curriculares Nacionais (PCN+). Ciências da Natureza e Matemática e suas tecnologias.** Brasília: MEC, 2002

BRASIL. **Ministério da Educação. Base Nacional Comum Curricular.** Brasília, 2017.

BRASIL. **Parâmetros Curriculares Nacionais. Bases Legais.** Brasília: MEC, 2002.

CNN BRASIL. **Uso de medicamentos para a saúde mental cresce no Brasil; especialistas alertam sobre cuidados.** Disponível em: [Uso de medicamentos para a saúde mental cresce no Brasil; especialistas alertam sobre cuidados | CNN Brasil](#). Acesso em 08 de julho de 2024.

COLLEGE. **St Helena Secondary.** Disponível em <http://www.sthelenavic.edu.au/>. Acesso em 08 de julho de 2024.

DIMER, Frantiescoli A.; FRIEDRICH Rossana B.; BECK, Ruy C. R.; GUTERRES, Sílvia S.; POHLMANN, Adriana R. **Impactos da nanotecnologia na saúde: produção de medicamentos.** Quim. Nova, Vol. 36, No. 10, 2013.

FILLIPPONI, L.; SUTHERLAND, D. **Nanotechnologies: principles, applications, implications and hands-on activities: compendium for educators.** Luxembourg: European Commission, 2013.

G1. **Cientistas brasileiros criam dispositivo que pode facilitar diagnóstico de doenças como Alzheimer e Parkinson.** Disponível em: [Cientistas brasileiros criam dispositivo que pode facilitar diagnóstico de doenças como Alzheimer e Parkinson | Campinas e Região | G1 \(globo.com\)](#). Acesso em 08 de julho de 2024.

JORNALISMO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA. **Nanotecnologia transporta medicação até as células doentes.** Disponível em: <https://cienciaetec.wordpress.com/2013/05/09/nanotecnologia-transporta-medicao-ate-as-celulas-doentes/>. Acesso em 08 de julho de 2024.

LEOPOLDO, C. de J.; VECHIO, G. H. D.

Nanotecnologia e suas aplicações. Revista Interface Tecnológica. Vol. 17, No. 2, 2020.

MURRIELLO, S.; CONTIER, D.; KNOBEL, M. **Desafios de uma exposição sobre nanociência e nanotecnologia.** Journal of Science Communication, Trieste, Vol. 5, No. 4, 2006.

OSINSA. **Dopamina, o neurotransmissor que nos dá felicidade.** Disponível em: <https://osinsa.org/2022/05/09/dopamina-el-neurotransmisor-que-nos-da-la-felicidad/>. Acesso em 08 de julho de 2024.

RODRIGUES, César Teixeira; LOPES, Mirleida Dantas. **Nanociência e Nanotecnologia: uma análise documental a partir da BNCC.** Revista Física no Campus. Vol. 03, No.2, 2023.

ZANELLA, Ivana; FAGAN, Solange B.; BISOGNIN, Vanilde; BISOGNIN, Eleni. **Abordagens e nanociência e nanotecnologia para o Ensino Médio.** XVIII Simpósio Nacional de Ensino de Física – SNEF – Vitória, ES, 2009.

CASTRO, Juliane Souza de. **Nanotecnologia na terapia de doenças neurodegenerativas: Alzheimer e Parkinson.** 2024. 56 f. TCC (Graduação) - Curso de Farmácia, Icet, Universidade Federal do Amazonas, Itacoatiara, 2024.

SOUSA, Francisco Varley Silva. **A química dos neurotransmissores: uma atividade lúdica para o ensino de química.** 2024. f24. TCC - Curso de Química, Instituto de Ciências Exatas e da Natureza, Universidade da Integração Internacional da Lusofonia Afro-Brasileira, Redenção-CE, 2024.