



**UNIVERSIDADE
FEDERAL DO
MARANHÃO**

**CENTRO DE CIÊNCIAS DE GRAJAÚ
COORDENAÇÃO DO CURSO DE LICENCIATURA EM
CIÊNCIAS NATURAIS-QUÍMICA**

NAUANE CRUZ SOUSA

INTRODUÇÃO DA NANOCIÊNCIA E NANOTECNOLOGIA NO ENSINO MÉDIO DE UMA ESCOLA PÚBLICA DO MUNICÍPIO DE GRAJAÚ - MA

**GRAJAÚ - MA
2025**

Centro de Ciências de Grajaú

Av. Aurila Maria dos Santos Barros Sousa, 2010, Loteamento Frei Alberto Beretta, Extrema – Grajaú– MA
CEP: 65940-000, Fone: (98) 3272-9750/9751



**UNIVERSIDADE
FEDERAL DO
MARANHÃO**

**CENTRO DE CIÊNCIAS DE GRAJAÚ
COORDENAÇÃO DO CURSO DE LICENCIATURA EM
CIÊNCIAS NATURAIS-QUÍMICA**

NAUANE CRUZ SOUSA

INTRODUÇÃO DA NANOCIÊNCIA E NANOTECNOLOGIA NO ENSINO MÉDIO DE UMA ESCOLA PÚBLICA DO MUNICÍPIO DE GRAJAÚ - MA

Monografia apresentada junto à Coordenação do Curso de Licenciatura em Ciências Naturais – Química da Universidade Federal do Maranhão como um dos requisitos para obtenção do grau de Licenciado em Ciências Naturais/Química.

Orientadora: Profa. Dra. Ilanna Campelo Lopes
Co-orientadora: Profa. Dra. Antonia de Sousa Leal

**GRAJAÚ-MA
2025**



**UNIVERSIDADE
FEDERAL DO
MARANHÃO**

**CENTRO DE CIÊNCIAS DE GRAJAÚ
COORDENAÇÃO DO CURSO DE LICENCIATURA EM
CIÊNCIAS NATURAIS-QUÍMICA**

Ficha gerada por meio do SIGAA/Biblioteca com dados fornecidos pelo(a) autor(a).
Diretoria Integrada de Bibliotecas/UFMA

Sousa, Nauane Cruz.

INTRODUÇÃO DA NANOCIÊNCIA E NANOTECNOLOGIA NO ENSINO
MÉDIO DE UMA ESCOLA PÚBLICA DO MUNICÍPIO DE GRAJAÚ – MA /
Nauane Cruz Sousa. – 2025.
73 f.

Coorientador(a) 1: Antonia de Sousa Leal.

Orientador(a): Ilanna Campelo Lopes.

Monografia (Graduação) – Curso de Ciências Naturais –
Química, Universidade Federal do Maranhão, Grajaú, 2025.

1. Nanociência. 2. Nanotecnologia. 3. Ensino de
Química. 4. Metodologias Alternativas. 5. Abordagem Cts.
I. Leal, Antonia de Sousa. II. Lopes, Ilanna Campelo.
III. Título.



**UNIVERSIDADE
FEDERAL DO
MARANHÃO**

**CENTRO DE CIÊNCIAS DE GRAJAÚ
COORDENAÇÃO DO CURSO DE LICENCIATURA EM
CIÊNCIAS NATURAIS-QUÍMICA**

NAUANE CRUZ SOUSA

INTRODUÇÃO DA NANOCIÊNCIA E NANOTECNOLOGIA NO ENSINO MÉDIO DE UMA ESCOLA PÚBLICA DO MUNICÍPIO DE GRAJAÚ - MA

Este Trabalho de Conclusão de Curso na modalidade de Monografia foi julgado adequado para obtenção do Título de Licenciado e aprovado em sua forma final pelo Curso de Ciências Naturais – Química.

Aprovado em: 07/08/2025

BANCA EXAMINADORA

Profa. Dra. Ilanna Campelo Lopes
Universidade Federal do Maranhão
Orientadora

Profa. Dra. Antonia de Sousa Leal
Universidade Federal do Piauí
Co-orientadora

Profa. Dra. Ionara Nayana Gomes Passos
Universidade Federal do Maranhão
1º membro da banca examinadora

Profa. Dra. Sandra Maria Barros Alves
Universidade Federal do Maranhão
2º membro da banca examinadora



**UNIVERSIDADE
FEDERAL DO
MARANHÃO**

**CENTRO DE CIÊNCIAS DE GRAJAÚ
COORDENAÇÃO DO CURSO DE LICENCIATURA EM
CIÊNCIAS NATURAIS-QUÍMICA**

Aos meus pais, Valdineis Sousa e Sandra Cruz, por todo amor, incentivo e apoio incondicional ao longo da minha jornada.

Aos meus avós, com especial carinho em memória de Benevenuto Torres (Bena) e à minha avó Maria Aldenize Silva (Valdeniza), cuja força, dedicação e presença, mesmo em meio às dificuldades, foram essenciais para que eu pudesse chegar até aqui.



**UNIVERSIDADE
FEDERAL DO
MARANHÃO**

**CENTRO DE CIÊNCIAS DE GRAJAÚ
COORDENAÇÃO DO CURSO DE LICENCIATURA EM
CIÊNCIAS NATURAIS-QUÍMICA**

AGRADECIMENTOS

Expresso minha gratidão à Universidade Federal do Maranhão, em especial ao Centro de Ciências de Grajaú (CCGR), pela oportunidade de cursar a Licenciatura em Ciências Naturais – Química.

À minha diretora, Dra. Sandra Maria Barros Alves, meus mais sinceros agradecimentos. Tenho-a como exemplo de educadora comprometida e inspirada; foi a primeira a me apresentar, na prática, os caminhos da pedagogia.

Às minhas orientadora Dra. Ilanna Campelo Lopes e co-orientadora Dra. Antonia de Sousa Leal, agradeço sinceramente pela paciência, apoio e orientação em todas as etapas desta pesquisa. Sei que, por muitas vezes, enviei mensagens em horários nada convencionais e, ainda assim, recebi atenção e cuidado. A dedicação de ambas foi essencial para o desenvolvimento deste trabalho.

Em especial, à Dra. Antonia de Sousa Leal, minha eterna gratidão pelo seu apoio contínuo desde o início da graduação. Mesmo após sua saída da universidade, manteve-se presente em minha trajetória acadêmica e pessoal. Sua força, perseverança e paixão pelo ensino foram e continuam sendo fonte de inspiração. Levo comigo aprendizados proporcionados pela sua orientação e humanidade. A senhora é sinônimo de coragem e excelência docente. Obrigada por tudo e, como sempre dizia: "Vamos que vamos!"

Agradeço também aos demais professores que contribuíram para minha formação e aos colegas de turmas. De modo especial, às colegas e amigas Dalila Souza, Égila Maria Assunção e Pricila Almeida pela amizade e parceria incondicional.

Aos professores Fernando e Ismael, minha gratidão por cederem suas turmas e colaborarem generosamente com este trabalho, contribuição que foi de suma importância.

À minha família, todo amor, incentivo e compreensão nos momentos mais desafiadores. À minha mãe, Sandra da Cruz, e ao meu pai, Valdineis de Sousa, meu eterno agradecimentos pelo amor incondicional, pelo apoio constante e por sempre acreditarem em mim.

À minha avó, Maria Aldenize, por ser fonte de sabedoria. Sua presença e seus conselhos foram fundamentais em minha trajetória.

Por fim, à pessoa que caminha ao meu lado com afeto e paciência, meus agradecimentos mais discretos, porém sinceros. Obrigada, senhorita Venâncio, por todo o apoio constante.



**UNIVERSIDADE
FEDERAL DO
MARANHÃO**

**CENTRO DE CIÊNCIAS DE GRAJAÚ
COORDENAÇÃO DO CURSO DE LICENCIATURA EM
CIÊNCIAS NATURAIS-QUÍMICA**

RESUMO

A nanociência é o estudo em escalas nanométricas e a nanotecnologia é a aplicação do estudo em materiais nanométricos. O objetivo desse estudo foi promover a compreensão e a aplicação dos conceitos de nanociência e nanotecnologia no contexto escolar, de forma teórica e prática. A proposta surgiu da constatação de que, apesar da crescente presença da nanotecnologia em diversas áreas do cotidiano, como saúde, cosméticos, eletrônica e meio ambiente, sua abordagem no contexto escolar ainda é restrita, comprometendo a formação crítica e científica dos estudantes. Assim, o foco principal dessa pesquisa foi analisar estratégias didático-pedagógicas inovadoras capazes de tornar acessíveis os conceitos de nanociência e nanotecnologia no ensino médio. Este trabalho investigou a aplicação de metodologias alternativas no ensino de Ciências Naturais, com ênfase na nanociência e nanotecnologia, no “Centro de Ensino Nicolau Dino” em Grajaú - MA. Foram realizados encontros virtuais de planejamento, aulas teóricas com recursos lúdicos e interativos, atividades práticas laboratoriais e aplicação de questionários para diagnóstico e avaliação da aprendizagem. Os dados obtidos revelaram um desconhecimento inicial significativo por parte dos alunos em relação à nanotecnologia, suas aplicações e conceitos básicos como a escala nanométrica. Após a intervenção pedagógica, observou-se um aumento expressivo na compreensão dos estudantes, demonstrado pela melhoria nas respostas e maior interesse por temas ligados à saúde, bem-estar, sustentabilidade e tecnologia. A utilização de jogos, simuladores, contação de histórias e experimentos laboratoriais mostrou-se eficaz para estimular o protagonismo estudantil e promover um aprendizado mais crítico e interdisciplinar. Diante disso, o trabalho evidenciou que a inserção da nanotecnologia no ensino de Ciências é viável e relevante, desde que acompanhada de planejamento, formação docente e uso de estratégias pedagógicas adaptadas à realidade local. Os resultados reforçam a importância de aproximar a ciência da vida cotidiana dos alunos, promovendo o desenvolvimento de competências compatíveis com os desafios. A proposta também contribui para o fortalecimento da abordagem Ciência-Tecnologia-Sociedade (CTS), ao integrar os impactos sociais e éticos das inovações tecnológicas ao processo educativo.

Palavras-chave: Nanociência; Nanotecnologia; Ensino de Química; Metodologias Alternativas; Abordagem CTS.



ABSTRACT

Nanoscience is the study of nanoscales, and nanotechnology is the application of nanoscale materials. The objective of this study was to promote the understanding and application of nanoscience and nanotechnology concepts in schools, both theoretically and practically. The proposal arose from the observation that, despite the growing presence of nanotechnology in various areas of daily life, such as healthcare, cosmetics, electronics, and the environment, its approach in schools remains limited, compromising students' critical and scientific development. Therefore, the main focus of this research was to analyze innovative didactic and pedagogical strategies capable of making nanoscience and nanotechnology concepts accessible in high school. This study investigated the application of alternative methodologies in Natural Sciences teaching, with an emphasis on nanoscience and nanotechnology, at the Nicolau Dino Teaching Center in Grajaú, Maranhão. Virtual planning meetings, theoretical classes with playful and interactive resources, practical laboratory activities, and questionnaires for diagnostic and learning assessment were held. The data revealed a significant initial lack of knowledge among students regarding nanotechnology, its applications, and basic concepts such as the nanometric scale. After the pedagogical intervention, a significant increase in student understanding was observed, demonstrated by improved responses and increased interest in topics related to health, well-being, sustainability, and technology. The use of games, simulators, storytelling, and laboratory experiments proved effective in stimulating student protagonism and promoting more critical and interdisciplinary learning. Therefore, the study demonstrated that the inclusion of nanotechnology in science education is feasible and relevant, as long as it is accompanied by planning, teacher training, and the use of pedagogical strategies adapted to local realities. The results reinforce the importance of bringing science closer to students' daily lives, promoting the development of skills compatible with these challenges. The proposal also contributes to strengthening the Science-Technology-Society (STS) approach by integrating the social and ethical impacts of technological innovations into the educational process.

Keywords: Nanoscience; Nanotechnology; Chemistry Teaching; Alternative Methodologies; STS Approach.



LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Gráficos das respostas dos alunos para a questão 1 do questionário de diagnóstico: “Você já ouviu falar sobre nanociências ou nanotecnologia?”	24
Figura 2 – Gráficos das respostas dos alunos para a questão 2 do questionário de diagnóstico: “Onde você ouviu falar sobre Nanociências ou nanotecnologia?”	25
Figura 3 - Gráficos das respostas dos alunos para a questão 3 do questionário de diagnóstico: “Você sabe o que é uma escala nanométrica?”	27
Figura 4 - Gráficos das respostas dos alunos para a questão 4 do questionário de diagnóstico: “Você sabe o que é nanotecnologia?”	28
Figura 5 - Gráficos das respostas dos alunos para a questão 5 do questionário de diagnóstico: “O que você entende por nanociência e nanotecnologia?”	29
Figura 6 - Gráficos das respostas dos alunos para a questão 6 do questionário de diagnóstico: “Você conhece algum produto do seu cotidiano que envolva nanotecnologia?”	30
Figura 7 - Gráficos das respostas dos alunos para a questão 7 do questionário de diagnóstico: “Em qual(is) área(s) a nanotecnologia é aplicada?”	31
Figura 8 - Gráficos das respostas dos alunos para a questão 8 do questionário de diagnóstico: “Se você pudesse aprender mais sobre nanociências ou nanotecnologia, qual aspecto mais te interessaria?”	32
Figura 9 – Gráficos das respostas dos alunos para a questão 9 do questionário de diagnóstico: “Você já teve alguma aula sobre nanociências ou nanotecnologia na escola?”	33
Figura 10 – Gráficos das respostas dos alunos para a questão 10 do questionário de diagnóstico: “Em qual disciplina da educação básica você acha que pode ter sido abordado o conteúdo da nanotecnologia?”	34
Figura 11 – Gráficos das respostas dos alunos para a questão 11 do questionário de diagnóstico: “Você acha que o tema nanociências e nanotecnologia deveria ser mais abordado no Ensino Médio?”	36
Figura 12 – Alunos participando do jogo da memória (A) e do jogo de trilha (B).	39
Figura 13 – Alunos participando do jogo da “forca”	40
Figura 14 – Desodorante “body splash” contendo nanopartículas de ouro em sua composição....	41
Figura 15 – Alunos e professores da escola campo no Laboratório de Química e Biologia da	



UFMA durante a demonstração do preparo de extratos vegetais de aroeira e candeia e a realização da triagem fitoquímica desses vegetais.....	42
Figura 16 – Alunos assistindo ao filme “Operação Big Hero”.....	43
Figura 17 – Alunos da escola campo interagindo durante a realização da síntese de nanopartículas de prata no Laboratório de Química e Biologia da UFMA.....	44
Figura 18 – Gráficos das respostas dos alunos para a questão 1 do questionário de pós-diagnóstico: “Após a participação no projeto, você se sente mais familiarizado(a) com os conceitos de nanociência e nanotecnologia?”	45
Figura 19 – Gráficos das respostas dos alunos para a questão 2 do questionário de pós-diagnóstico: “Após a participação no projeto, você se sente mais familiarizado(a) com os conceitos de nanociência e nanotecnologia?”	46
Figura 20 – Gráficos das respostas dos alunos para a questão 3 do questionário de pós-diagnóstico: “O projeto contribuiu para ampliar seus conhecimentos sobre a escala nanotecnológica e suas aplicações?”.....	47
Figura 21 – Gráficos das respostas dos alunos para a questão 4 do questionário de pós-diagnóstico: “Você considera que os conteúdos foram apresentados de forma clara e acessível?”.....	48
Figura 22 – Gráficos das respostas dos alunos para a questão 5 do questionário de pós-diagnóstico: “A experiência com Nanotecnologia despertou em você maior interesse ou curiosidade pelas Ciências em geral?”.....	49
Figura 23 – Gráficos das respostas dos alunos para a questão 6 do questionário de pós-diagnóstico: “O que você mais gostou na abordagem do projeto?”.....	50
Figura 24 – Gráficos das respostas dos alunos para a questão 7 do questionário de pós-diagnóstico: “O que poderia ser melhorado nas próximas edições do projeto?”.....	51
Figura 25 – Gráficos das respostas dos alunos para a questão 8 do questionário de pós-diagnóstico: “Em sua opinião, qual foi o impacto do projeto na sua prática docente (ou formação)?”.....	52
Figura 26 – Gráficos das respostas dos alunos para a questão 8 do questionário de pós-diagnóstico: “Você gostaria de continuar participando de atividades/formações sobre Nanotecnologia?”.....	53



UNIVERSIDADE FEDERAL DO MARANHÃO

CENTRO DE CIÊNCIAS DE GRAJAÚ
COORDENAÇÃO DO CURSO DE LICENCIATURA EM
CIÊNCIAS NATURAIS-QUÍMICA

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	12
2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA	14
2.1 Nanociência e nanotecnologia	14
2.2 Nanociência e nanotecnologia nas escolas	14
2.3 Nanotecnologia nas escolas públicas de Grajaú - MA	16
3 OBJETIVOS	19
3.1 Objetivo geral.....	19
3.2 Objetivos específicos.....	19
4 METODOLOGIA	20
4.1 Planejamento e discussão das atividades propostas	20
4.2 Desenvolvimento das atividades propostas na escola campo.	21
4.3 Desenvolvimentos das atividades propostas na UFMA	22
5 RESULTADOS E DISCUSSÃO	24
5.1 Atividades desenvolvidas na escola campo.	24
5.1.1 Aplicação do questionário de diagnóstico.	24
5.1.2 Metodologias de ensino utilizadas nas aulas	37
5.2 Atividades práticas desenvolvidas na UFMA	41
5.2.1 Aplicação do questionário final.....	45
6 CONCLUSÕES	56
7 PERSPECTIVAS FUTURAS	57
REFERÊNCIAS	58
APÊNDICES.....	62

1 INTRODUÇÃO

A nanociência refere-se ao estudo dos fenômenos que ocorrem na escala nanométrica, entre 1 e 100 nm, onde materiais apresentam propriedades únicas, distintas das observadas em escalas molecular ou macroscópica. A nanociência está relacionada ao estudo e à compreensão dos fenômenos que ocorrem na manipulação da matéria em diferentes escalas, como a atômica, molecular e macromolecular. Já a nanotecnologia representa a aplicação prática dos conhecimentos gerados pela nanociência. É o campo dedicado a produzir, caracterizar e utilizar materiais em escala nanométrica, controlando suas propriedades para aplicações tecnológicas. Enquanto a nanociência foca na investigação e compreensão das propriedades exclusivas da matéria em escala nanométrica, a nanotecnologia concentra-se no desenvolvimento de ferramentas, técnicas e aplicações práticas a partir desses conhecimentos (Sanfelice, Pavinatto e Correa, 2022).

Apesar da presença crescente da nanotecnologia em diversas áreas da ciência e da indústria, o ensino desse tema nas escolas de nível médio ainda é bastante limitado. A literatura aponta que esse conteúdo é pouco abordado nos currículos escolares e nos livros didáticos, o que contribui para uma lacuna no processo de alfabetização científica dos estudantes. Segundo Santos e Menezes (2023), há uma carência de materiais didáticos acessíveis e metodologias específicas que permitem aos professores integrar a nanotecnologia de forma eficaz às aulas de Ciências e Química. Além disso, muitos docentes não se sentem preparados para tratar de assuntos tão contemporâneos e multidisciplinares, o que reforçam a ausência do tema no cotidiano escolar.

Mesmo com o avanço da Base Nacional Comum Curricular (BNCC), que propõe uma abordagem por competências e incentiva a inserção de temas contemporâneos, como a nanotecnologia, sua aplicação prática nas escolas ainda é incipiente. Estudos indicam que a maioria dos conteúdos relacionados à nanociência aparece em livros didáticos apenas de forma superficial, sem contextualização crítica ou aprofundamento conceitual (Neto, 2022). Nesse sentido, embora a BNCC abra espaço para essa abordagem interdisciplinar, ainda faltam políticas públicas e formações continuadas que favoreçam a capacitação docente e a produção de sequências didáticas contextualizadas, capazes de aproximar os alunos das inovações científicas e tecnológicas que moldam a sociedade atual.



Produtos como medicamentos, cosméticos, tecidos funcionais e dispositivos eletrônicos representam apenas alguns exemplos de como essa tecnologia já está inserida no cotidiano da população, ainda que muitas vezes de forma imperceptível. No entanto, observa-se um distanciamento entre esse avanço científico e a sua presença no contexto educacional, o que dificulta o desenvolvimento de uma compreensão crítica por parte dos estudantes sobre os impactos e as potencialidades dessas inovações (Filho e Backx, 2020)

Nesse cenário, a inserção da temática da nanotecnologia na educação básica, especialmente nas escolas públicas do município de Grajaú - MA, apresenta-se como uma oportunidade de aproximar os alunos da ciência contemporânea desde sua formação inicial. Ao conhecer os rumores e aplicações dessa tecnologia emergente, os estudantes desenvolvem competências essenciais para a formação de cidadãos conscientes, críticos e reflexivos, capazes de relacionar os avanços científicos com questões sociais, políticas, ambientais e econômicas.

Apesar de sua relevância, conceitos ligados à nanociência em sala de aula ainda representam um desafio, sobretudo por envolver conteúdos com elevado grau de abstração, como estruturas atômicas e escala nanométrica. A dificuldade de visualização dessas características, somada à complexidade de termos e processos químicos, exige do professor abordagens didáticas diferenciadas que tornem o conteúdo mais acessível e significativo.

Diante disso, este trabalho busca analisar a forma como os conteúdos relacionados à nanotecnologia podem ser trabalhados em turmas do Ensino Médio, por meio de metodologias alternativas e estratégias pedagógicas lúdicas, interativas e contextualizadas. A proposta visa não apenas facilitar a compreensão dos conceitos científicos envolvidos, mas também despertar o interesse e a curiosidade dos alunos através de temas que dialogam diretamente com a realidade tecnológica que os cerca.

2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

2.1 Nanociência e nanotecnologia

A nanotecnologia, termo originalmente proposto por Norio Taniguchi para descrever técnicas de manipulação em escala inferior à micrométrica, evoluiu com a visão de Eric Drexler, que a define como a manipulação da matéria em escala atômica. Sua natureza multidisciplinar e transdisciplinar abrange áreas como Física, Química, Biologia e Ciência dos Materiais, exigindo uma compreensão integrada dos fenômenos para aplicação tecnológica (Marques, 2014; Ferreira e Rangel, 2009).

A nanotecnologia distingue-se por explorar propriedades específicas da matéria que só se manifestam em escala nanométrica, as quais não são observadas nas formas macroscópicas dos materiais. Ao alterar a estrutura da matéria em nível atômico, é possível transformar significativamente suas propriedades, possibilitando inovações em produtos, processos e serviços já existentes. Assim, a nanotecnologia surge como uma ferramenta inovadora para promover avanços tecnológicos de forma eficiente e sustentável (Filho, Santos e Backx, 2023).

A natureza é uma fonte rica de inspiração para o desenvolvimento de tecnologias em escala nanométrica, como demonstram fenômenos naturais observados no "efeito lótus" e no "efeito gecko". Esses efeitos serviram de base para o desenvolvimento de superfícies sintéticas autolimpantes e superadesivos, dentro do campo da biomimética, um ramo da bionanotecnologia (Marques, 2014).

Nanomateriais formulados a partir de nanopartículas metálicas, como as de prata, cobre e zinco, apresentam propriedades antimicrobianas altamente eficazes. Esses materiais atuam diretamente sobre as paredes celulares dos microrganismos, comprometendo funções essenciais ao processo infeccioso (Backx et al., 2021). Tais aplicações tornam-se evidentes em áreas como a saúde, meio ambiente, energia, cosméticos, indústria têxtil e esportes, como mostram Disner e Cestari (2016).

2.2 Nanociência e nanotecnologia nas escolas

Ao serem indagados se consultam as Diretrizes Curriculares Nacionais (DCN) e os

Parâmetros Curriculares Nacionais (PCN) para preparar as atividades de sala de aula, a maioria dos professores afirma que sim ou pelo menos às vezes, o que representa uma informação importante, uma vez que ao utilizar esses documentos o professor acaba por inserir no seu planejamento tópicos envolvendo a nanotecnologia e nanociências (Tomkelski, Scremin e Fagan, 2019, p. 674).

A Lei de Diretrizes e Bases da Educação Nacional (LDB) (Lei nº 9.394/1996), em seu Art. 26, define que o ensino de Ciências e Tecnologia deve buscar conectar conhecimentos teóricos à realidade dos estudantes, favorecendo a compreensão do mundo e o desenvolvimento de competências (Brasil, 1996). A Lei nº 14.533/2023 fortalece a obrigatoriedade de competências digitais, robótica e programação, abrindo espaço para a inclusão da nanotecnologia como um eixo de articulação entre ciência e tecnologia. Na prática, no entanto, a realidade das escolas públicas brasileiras, como as do município de Grajaú - MA, ainda apresenta limitações significativas que dificultam essa inserção (Cruz, 2010; Guedes e Lima, 2024).

Diante desse cenário, o ensino, acaba sendo conduzido quase que exclusivamente de forma teórica, dificultando a relação dos estudantes com os fenômenos naturais e tecnológicos e comprometendo a formação de uma compreensão crítica e contextualizada da realidade (BRASIL, 2001).

Segundo a Base Nacional Comum Curricular (BNCC, 2016), o desenvolvimento do pensamento crítico e a tomada de decisões conscientes exige que os estudantes construam uma base de conhecimentos conectada com a realidade em que vivem. Para isso, é fundamental que os conteúdos escolares articulem temas diversos, como saúde, energia, meio ambiente, consumo, tecnologia e sustentabilidade, promovendo a integração entre os diferentes componentes curriculares. Nesse contexto, a inserção de temas como a nanociência e a nanotecnologia nas aulas de Química do Ensino Médio torna-se essencial, não apenas por despertar o interesse dos alunos, mas também por promover a compreensão sobre as tecnologias atuais e emergentes.

A BNCC, busca orientar os currículos escolares a partir de competências e habilidades essenciais para a formação cidadã. No entanto, observe-se que termos como “nanotecnologia” ou “nanociência” não são instruções explicitamente em nenhuma etapa do documento (Brasil, 2017). Essa ausência aponta para um desafio significativo na atualização dos conteúdos escolares frente às inovações científicas e tecnológicas. Segundo Marcondes (2018), a segunda versão da BNCC indicava que algumas abordagens nas Ciências da Natureza ainda não promovem, de forma

satisfatória, a compreensão crítica dos conflitos socioambientais, o que limita a formação integral do estudante.

A nanotecnologia, por sua vez, é reconhecida como uma área de conhecimento com caráter multidisciplinar e transdisciplinar, o que favorece o desenvolvimento de uma visão mais ampla e integrada por parte dos alunos do Ensino Fundamental e Médio. A abordagem desse tema permite conexões entre diferentes áreas do saber, estimulando o raciocínio transversal, o pensamento crítico e a capacidade de aplicar conceitos científicos em contextos sociais, econômicos e ambientais, habilidades cada vez mais aplicadas na contemporaneidade (Filho, Backx, 2020).

No entanto, a realidade das escolas públicas brasileiras impõe sérios desafios à implementação de propostas pedagógicas. A carência de infraestrutura, aliada à escassez de incentivos educacionais e sociais, dificulta significativamente a inserção de práticas de ensino que exigem materiais, laboratórios e formação continuada para os docentes. Além disso, observa-se uma lacuna na produção acadêmica externa ao ensino de Ciências em contextos de vulnerabilidade social, o que limita o acesso a metodologias e caminhos viáveis que possam garantir uma aprendizagem científica de qualidade nesses espaços (Reis, 2021).

De acordo Alves e Lima, a Ciência Tecnologia Sociedade (CTS) no ensino:

O uso da abordagem CTS na educação básica não tem o intuito de fazer divulgação científica, mas de possibilitar ao estudante entender os benefícios e os malefícios que qualquer produção da ciência e da tecnologia poderá gerar, afetando os indivíduos em sociedade. É uma forma de o aluno desenvolver uma visão crítica, diferente da que comumente se tem sobre a física, quando trabalhada de forma tradicional (Alves e Lima, 2018, p.39).

Esse posicionamento reforça a necessidade de se compensar a prática docente em Ciências, tornando o ensino mais contextualizado e próximo da realidade dos alunos.

2.3 Nanotecnologia nas escolas públicas de Grajaú - MA

A nanotecnologia já impacta profundamente setores como saúde, meio ambiente, energia e indústria, exigindo que os cidadãos sejam capazes de compreender os princípios científicos que sustentam essas inovações. Quando esse tema é abordado em sala de aula, cria-se uma oportunidade de desenvolver nos estudantes uma visão crítica e integrada da ciência. Diante disso,

é possível afirmar que “A aprendizagem e o entendimento do tema Nanotecnologia, bem como suas aplicações, é fundamental no ambiente escolar” (Pereira, Honório, Sannomiya, 2010, p. 75).

O alinhamento permite não apenas uma abordagem de conteúdos científicos atualizados, mas também promove uma integração mais significativa com os componentes curriculares de Química, Física e Ciências Naturais. De acordo com Pedrosa e Pinto (2023), a aplicação dessas sequências didáticas homologadas à BNCC tem fornecido resultados expressivos, destacando-se o aumento no engajamento e a curiosidade dos estudantes em relação às características que envolvem a escala nanométrica e as propriedades específicas dos materiais nesse nível.

A nanotecnologia, ao lidar com a manipulação torna-se um elemento pedagógico atrativo por trazer à tona conceitos científicos abstratos que podem ser associados a aplicações reais e tangíveis no cotidiano. Essa articulação entre teoria e prática facilita a construção de uma aprendizagem mais significativa, já que os estudantes passam a entender a relevância dos conteúdos científicos para o mundo à sua volta, um aspecto considerado fundamental para o desenvolvimento do raciocínio investigativo e da curiosidade científica (Sakhnini; Blonder, 2016).

Essa realidade é reforçada por estudos que mostram que, mesmo quando professores demonstram interesse em utilizar metodologias como aprendizagem baseadas em projetos ou atividades experimentais, eles enfrentam limites estruturais, como falta de formação continuada, ausência de apoio institucional e infraestrutura precária para inovação no ensino (Cruz, 2024; Guedes e Lima 2024). Esses obstáculos são acentuados quando se trata de conteúdos científicos sofisticados como a nanotecnologia, que exclui a compreensão abstrata e a conexão entre teoria e prática. No cenário local de Grajaú - MA, aplicar esse tipo de didática pode transformar a percepção dos alunos em relação à ciência e seus efeitos na sociedade.

A inserção da nanotecnologia no currículo escolar, mesmo em ambientes com recursos limitados, já apresentou resultados promissores em termos de engajamento e compreensão dos estudantes (Guedes e Lima 2024).

Júnior (2019) afirmam que a integração da nanotecnologia com a abordagem CTS favorece o desenvolvimento do pensamento crítico e da cidadania científica, pois torna o ensino mais contextualizado e conectado com os desafios do mundo contemporâneo. Ao analisar essas questões, os estudantes são incentivados a se posicionarem de forma ética e responsável.

Segundo Valotto, Keijok e Guimarães (2021) atividades experimentais de baixo custo,

como a produção de nanopartículas de prata utilizando soluções de nitrato de prata e extratos vegetais, são capazes de gerar interesse imediato dos alunos ao visualizar mudanças de cor e formação de precipitados. Esse tipo de experiência favorece o desenvolvimento do pensamento investigativo, a autonomia e o trabalho colaborativo, além de aproximar o conteúdo de situações reais, tornando o aprendizado mais conectado à vivência dos estudantes.

No contexto educacional do município de Grajaú, a precariedade de infraestrutura escolar, especialmente nas instituições públicas, ainda representa um obstáculo significativo para o ensino de ciências com práticas experimentais. Muitas escolas não contam com laboratórios fornecidos ou insumos básicos que possibilitam a execução de atividades práticas de maneira sistemática. De acordo com Câmara, Moraes, e Arandas (2021), a adoção de práticas associada ao uso de recursos audiovisuais, como vídeos tutoriais e protocolos abertos disponíveis online amplia o acesso dos alunos ao conhecimento científico, contribuindo para a superação dos entraves logísticos e financeiros que marcam o cotidiano escolar em regiões com baixo investimento educacional.

De acordo com Ribeiro e Leite (2025), quando os alunos são expostos a situações como problema, jogos didáticos e atividades que exigem tomada de decisão e reflexão, há uma maior consolidação do conhecimento, mesmo sem o uso de equipamentos laboratoriais sofisticados. Esses métodos incentivam a participação ativa dos discentes no processo de ensino aprendizagem, contribuindo para a formação de disciplinas críticas e capazes de aplicar os saberes científicos em seu cotidiano. Segundo Câmara, Moraes, e Arandas (2021), a antecipação desses conteúdos contribui para familiarizar os estudantes com a linguagem científica e tecnológica, favorecendo o desenvolvimento do pensamento crítico, da autonomia intelectual e da capacidade de tomada de decisão informada.

De acordo com Araújo, Silva e Silva (2025), ao tratar de temas emergentes e atuais como a nanotecnologia, é possível despertar maior interesse por parte dos estudantes, sobretudo por possibilitar a articulação entre teoria e prática e conectar os conteúdos das Ciências da Natureza com situações do cotidiano. A realidade da cidade de Grajaú pode se beneficiar dessa base teórica, pois o uso de estratégias já foi testado em contextos semelhantes. Por fim, a abordagem da nanotecnologia nas escolas públicas desse município representa uma oportunidade para modernizar o ensino de Ciências e Química.

3 OBJETIVOS

3.1 Objetivo geral

Promover a compreensão e a aplicação dos conceitos de nanociência e nanotecnologia no contexto escolar, de forma teórica e prática, por meio da utilização de metodologias alternativas e inovadoras no ensino de Ciências Naturais - Química do Centro de Ensino Nicolau Dino, localizado no município de Grajaú - MA.

3.2 Objetivos específicos

- Planejar e discutir as atividades a serem desenvolvidas durante o período de execução da pesquisa, por meio de encontros virtuais voltados à organização metodológica e definição das estratégias didático-pedagógicas;
- Desenvolver as atividades teóricas propostas na escola campo, através da aplicação de questionário de diagnóstico e da apresentação e contextualização dos fundamentos da nanociência e aplicações da nanotecnologia aos estudantes do Ensino Médio nas disciplinas de Química e Física, por meio de aulas expositivas e do uso de recursos variados, como contos, simuladores, jogos e outras abordagens lúdico-educativas;
- Desenvolver as atividades práticas propostas no Laboratório de Química e Biologia da Universidade Federal do Maranhão, através da observação e interação dos estudantes na realização de experimentos temáticos, no intuito de proporcionar experiências experimentais relacionadas ao tema abordado que articulem teoria e prática no processo de aprendizagem, e aplicar um questionário final de avaliação.

4 METODOLOGIA

4.1 Planejamento e discussão das atividades propostas

As atividades didático-pedagógicas propostas para execução deste trabalho pautaram-se na realização de reuniões remotas periódicas com a equipe executora, composta pela coordenadora professora Dra. Ilanna Campelo Lopes, vice-coordenadora professora Dra. Antonia de Sousa Leal, os docentes técnicos Francisco Fernando Teles da Silva e Ismael Alves Sousa e os discentes graduandos Carlos Eduardo Rocha e Nauane Cruz Sousa com o intuito de planejar, organizar e discutir as ações que seriam desenvolvidas na escola campo Centro de Ensino Nicolau Dino, localizada na cidade de Grajaú - MA. As reuniões ocorreram por meio da plataforma digital *Google Meet*, entre janeiro e junho de 2025, conforme a disponibilidade dos participantes.

No encontro inicial, realizado em 28 de janeiro, foram realizados o levantamento bibliográfico e a discussão sobre as metodologias alternativas que seriam implantadas no ensino de nanociência e nanotecnologia. Em 13 de fevereiro, o trabalho de pesquisa foi apresentado aos professores colaboradores da escola campo, sendo o professor Ismael Alves de Química e professor Fernando Teles de Física, fortalecendo o vínculo entre universidade e comunidade escolar. No dia 27 de fevereiro, foi apresentada uma proposta de aplicação de questionários (de diagnóstico e final) para coleta de dados junto aos alunos.

A reunião seguinte, no dia 20 de março, foi destinada à discussão das atividades pedagógicas que seriam executadas, bem como à análise das estratégias de abordagem dos conteúdos.

O processo de planejamento e discussão das atividades seguiram de forma contínua, com reuniões realizadas nos dias 01 e 11 de abril, 16 e 23 de maio. Nessas ocasiões, foram avaliadas as etapas desenvolvidas, realizados ajustes metodológicos e feitas reflexões sobre os resultados obtidos.

Destaca-se, ainda, a reunião final dia 20 de junho, que teve como foco a discussão das ações executadas durante as primeira e segunda visitas dos alunos ao Laboratório de Química e Biologia do Centro de Ciências de Grajaú da Universidade Federal do Maranhão, do questionário final de avaliação que seria aplicado e dar as orientações finais sobre o trabalho realizado.

Esse processo de planejamento colaborativo e discussão das atividades desenvolvidas foi

essencial para garantir a coerência e efetividade das atividades implementadas no ambiente escolar, consolidando a proposta de inserção da nanotecnologia no ensino de Ciências Naturais - Química por meio de práticas pedagógicas inovadoras.

4.2 Desenvolvimento das atividades propostas na escola campo

A execução das atividades propostas na escola campo contemplou os alunos da 3ª série do Ensino Médio das turmas de Química (turma 300 Ciências Naturais em Saúde - CNS) e Física (turma 301 Ciências Naturais em Saúde - CNS), da escola em questão. As atividades ocorreram entre março e junho de 2025 que são os meses letivos.

Uma sequência de aulas planejadas para as disciplinas de Química e Física das turmas acima mencionadas foi executada, sendo um dia para cada turma, conforme a descrição a seguir.

Na primeira intervenção ocorrida nos dias 18 e 25 de março, aplicou-se um questionário de diagnóstico sobre nanociência e nanotecnologia ([Apêndice 1](#)) para os alunos. Em seguida, foi realizada uma apresentação introdutória sobre a proposta de abordagem qualitativa do tema, explicando os conceitos da nanociência e aplicações da nanotecnologia no cotidiano, a sua importância no meio científico, a sua relevância no Ensino Médio, as metodologias alternativas que seriam utilizadas no decorrer da execução da pesquisa e como seriam o levantamento dos dados obtidos. Destacou-se também a importância da participação ativa dos estudantes e o papel da interação como elemento central para a construção coletiva do conhecimento.

O segundo encontro ocorreu nos dias 01 e 02 de abril, onde foram apresentados os assuntos relacionados aos módulos 0 e 1 do Nanobook Onano - Olimpíada Nacional de Nanotecnologia (ONANO Brasil, 2023), como a presença da nanotecnologia na indústria, seu impacto na sociedade, uma comparação entre passado e presente, a compreensão da escala nanométrica e as representações visuais das estruturas em nanoescala. Essa etapa contou com a exposição de slides explicativos e a utilização de uma história “A aventura nano de Léo e Sofia” ([Apêndice 2](#)), recurso lúdico que facilitou a compreensão do conteúdo. Além disso, foi apresentado um simulador digital “Htwins a escala universe 2” ([Apêndice 3](#)) que permitiu aos alunos visualizarem a escala nano, interagindo com representações de objetos, partículas e até células.

Nos dias 15 e 23 de abril, conteúdos mais específicos foram inseridos gradualmente, de acordo com os módulos 2 e 3 do Nanobook Onano - Olimpíada Nacional de Nanotecnologia

(ONANO Brasil, 2023), sobre o contexto histórico da nanotecnologia, estudos científicos publicados, linha do tempo dos avanços na área, princípios da biomimética, invenções inspiradas na natureza como o velcro e os efeitos nano observáveis em ambientes naturais. As aulas expositivas em forma de slides foram enriquecidas com vídeos, analogias com o cotidiano e a apresentação de objetos concretos, como CDs, velcro, cera e desodorante “body splash” utilizados para ilustrar as propriedades físico-químicas presentes em nanomateriais ([Apêndice 4](#)).

Nos encontros seguintes, 29 de abril e 07 de maio, foram introduzidos os diferentes métodos de síntese de nanopartículas, funcionalização de uma nanopartícula, tipos de nanoestruturas, classificação de agrupamento de materiais com nanopartículas, métodos de produção de nanopartículas e como funciona uma nanopartícula, conforme o módulo 4 do Nanobook Onano - Olimpíada Nacional de Nanotecnologia (ONANO Brasil, 2023). Para promover a participação ativa, foi utilizado um jogo da memória ([Apêndice 5](#)) que estimulavam os alunos a corresponderem as imagens correlacionadas às estruturas nanométricas correspondentes, desafios em grupo e um jogo de tabuleiro com trilha de perguntas ([Apêndice 6](#)).

As aplicações da nanotecnologia em áreas como saúde, cosméticos e embalagens foram apresentadas aos alunos nos dias 03 e 04 de junho, utilizando o módulo 6 do Nanobook Onano - Olimpíada Nacional de Nanotecnologia (ONANO Brasil, 2023) e realizando uma brincadeira de “forca” ([Apêndice 7](#)), proporcionando interação e fixação dos conceitos. A abordagem foi complementada com o estudo de aplicações reais da nanotecnologia, como o uso de nanopartículas no tratamento de câncer, em roupas hospitalares, nanocápsulas, embalagens inteligentes e nanocosméticos.

4.3 Desenvolvimento das atividades propostas na UFMA

A fim de aplicar a teoria na prática, os alunos e os professores colaboradores fizeram visitas ao laboratório de Química e Biologia do Centro de Ciências de Grajaú da Universidade Federal do Maranhão. As atividades foram realizadas em quatro etapas distintas, sendo duas com as turmas do professor Ismael e duas com as turmas do professor Francisco Fernando. Devido à limitação do espaço físico do laboratório, os alunos foram organizados em dois grupos. O foco principal foi proporcionar aos alunos uma vivência prática dos conteúdos teóricos abordados na sala de aula, especialmente aqueles relacionados à nanotecnologia, fortalecendo a conexão entre

teoria e prática, através de atividades práticas e lúdicas. A metodologia utilizada nas visitas foi semelhante para ambas as turmas, garantindo uma experiência uniforme e enriquecedora.

Assim, nos dias 20 de maio e 10 de junho foi realizada a primeira visita dos alunos e professores da escola campo ao laboratório do Campus universitário. Houve uma aula experimental através da demonstração do preparo de extratos naturais de aroeira e candeia e da realização da triagem fitoquímica desses extratos vegetais, seguindo o roteiro de aula prática existente no laboratório ([Apêndice 8](#)) e conectando os conteúdos teóricos abordados à realidade da escola e à experimentação científica. Visto que o laboratório comportava de forma segura apenas 20 alunos, cada turma foi dividida pela metade, enquanto uma metade esteve no laboratório observando os experimentos a outra metade ficou em uma sala de aula do Campus assistindo ao filme “Operação Big Hero” ([Apêndice 9](#)), cuja temática incluiu elementos relacionados à nanotecnologia.

Na segunda visita ao Laboratório de Química e Biologia, nos dias 17 e 18 de junho, também foi adotado o sistema de rodízio entre os grupos. Um grupo foi direcionado ao laboratório para acompanhar a síntese de nanopartículas de prata utilizando os extratos vegetais, conforme a metodologia descrita em um Trabalho de Conclusão de Curso do grupo de pesquisa do laboratório ([Apêndice 10](#)), enquanto o outro grupo participou, em sala de aula, de um bingo temático ([Apêndice 11](#)). Esse jogo educativo foi desenvolvido com base no conteúdo do Módulo 5 do Nanobook Onano - Olimpíada Nacional de Nanotecnologia (ONANO Brasil, 2023) que trata das técnicas de caracterização de nanomateriais, visando a fixação e revisão do conteúdo abordado e incentivando a participação dos alunos de forma dinâmica.

Ao término das atividades teóricas e práticas elaboradas ao longo do trabalho, no dia 27 de junho, foi aplicado um segundo questionário ([Apêndice 12](#)) com a finalidade de avaliar o impacto das ações pedagógicas na aprendizagem dos estudantes e medir o nível de compreensão dos conteúdos relacionados à nanociência nanotecnologia, bem como verificar o grau de familiaridade adquirido pelos alunos em relação aos conceitos explorados.

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

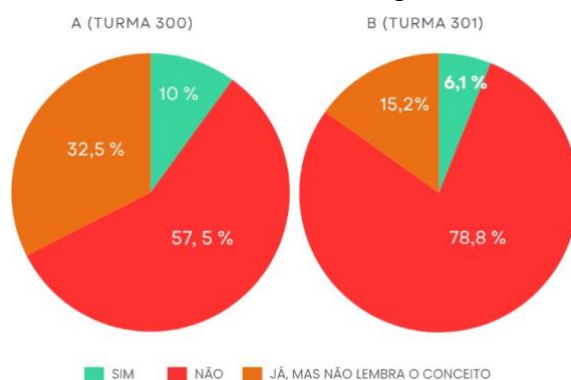
5.1 Atividades desenvolvidas na escola campo

5.1.1 Aplicação do questionário de diagnóstico

Os dados coletados por meio do questionário de diagnóstico composto por 11 perguntas, aplicado no primeiro dia em sala de aula aos estudantes pertencentes às duas turmas selecionadas (turma 300 CNS e turma 301 CNS), serão apresentados a seguir, permitindo uma análise quantitativa dos aspectos avaliados. São apresentados os resultados referentes ao nível de conhecimento prévio, engajamento e percepção dos alunos sobre a temática trabalhada.

A [Figura 1](#) mostra as respostas obtidas dos alunos para a primeira questão do questionário.

Figura 1 – Gráficos das respostas dos alunos para a questão 1 do questionário de diagnóstico: “Você já ouviu falar sobre nanociências ou nanotecnologia?”.



Fonte: Autoria própria (2025)

No gráfico A da [Figura 1](#), de um total de 40 alunos, observou-se que 57,5% dos estudantes afirmaram que nunca ouviram falar sobre nanociência ou nanotecnologia, o que representa a maioria da turma, 32,5% relataram que já ouviram falar, mas não se lembram mais do conceito, indicando um conhecimento vago e superficial. Apenas 10% dos alunos responderam que sim, demonstrando algum nível de familiaridade com o tema. Já no gráfico B da [Figura 1](#), que totaliza 33 alunos, os números são ainda mais expressivos em relação ao desconhecimento, um total de

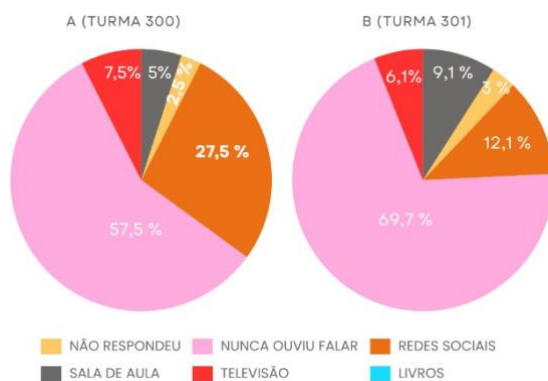
78,8% dos alunos afirmou nunca ter ouvido falar sobre o tema, revelando um desconhecimento ainda mais acentuado do que na turma anterior e outros disseram já ter ouvido falar, mas não se lembram do conceito, o que também indica uma lacuna na fixação do conteúdo. Somente 6,1% dos estudantes afirmaram conhecer ou lembrar-se do que é nanotecnologia ou nanociência.

Esses dados evidenciam que, mesmo em turmas do último ano do Ensino Médio, o conhecimento prévio sobre temas emergentes como a nanotecnologia é extremamente limitado. A grande maioria dos estudantes, em ambas as turmas, nunca teve contato direto com o tema ou não foi exposta a ele de maneira significativa ao longo da trajetória escolar. A turma 301 CNS demonstrou um grau ainda maior de desconhecimento, o que pode estar relacionado a fatores como a ausência de projetos interdisciplinares, falta de formação docente específica ou escassez de recursos didáticos na unidade escolar.

Dados levantados revelam que entre 30% e 40% dos alunos da educação básica desconhecem completamente os conceitos relacionados à nanociência e à nanotecnologia, o que evidencia uma lacuna significativa no processo de ensino-aprendizagem de temas emergentes e de grande relevância para o século XXI (Alves e Lima, 2018). Esse dado é especialmente preocupante quando se considera o papel crescente que essas áreas desempenham em setores como saúde, meio ambiente, alimentos, indústria têxtil e tecnologia da informação.

Para a segunda questão do questionário aplicado, as respostas obtidas são mostradas na [Figura 2](#).

Figura 2 – Gráficos das respostas dos alunos para a questão 2 do questionário de diagnóstico: “Onde você ouviu falar sobre Nanociências ou nanotecnologia?”.



Fonte: Autoria própria (2025)

A análise desses dados demonstrou uma predominância significativa de alunos que nunca

ouviram falar sobre o tema, especialmente na turma 301 CNS, gráfico B da [Figura 2](#), que 69,7% dos estudantes afirmaram desconhecer completamente qualquer fonte de informação sobre nanociência ou nanotecnologia. Já na Turma 300 CNS, gráfico A da [Figura 2](#), esse número é ligeiramente menor, mas ainda expressivo: 57,5%. Entre os que já tiveram contato com o tema, o principal meio citado por ambas as turmas foram as redes sociais, representando 27,5% das respostas na turma 300 e 12,1% na turma 301. Isso sugere que, embora o acesso a informações via plataformas digitais seja relevante, ele ainda é pouco eficaz em tornar o conceito de nanotecnologia amplamente compreendido pelos alunos.

Outras fontes, como sala de aula, foram mencionadas por 5% dos estudantes da turma 300 CNS e 9,1% da turma 301 CNS, indicando uma presença tímida do tema nos ambientes formais de ensino, mesmo que ele tenha potencial interdisciplinar e aplicabilidade real, como apontam autores como Bassoto (2011). O dado é ainda mais preocupante considerando que esse tipo de conhecimento científico deveria ser fomentado no ambiente escolar, conforme defendem Araújo, Silva e Silva (2025).

A televisão foi referida por 7,5% dos alunos da turma 300 e 6,1% da turma 301 CNS, enquanto os livros não foram citados por nenhum aluno em nenhuma das turmas, reforçando a carência de acesso ou incentivo à leitura científica sobre nanotecnologia. Por fim, um pequeno percentual de estudantes não respondeu à pergunta 2,5% na turma 300 CNS e 3% na turma 301 CNS, o que não altera significativamente o panorama geral, mas ainda assim revela certa evasão ou insegurança em relação ao tema.

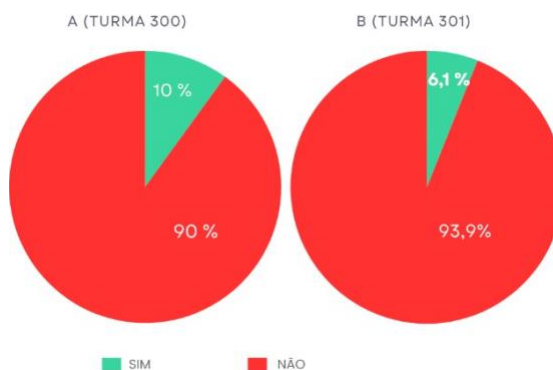
A [Figura 3](#) apresenta as respostas da terceira pergunta do questionário, a fim de buscar descobrir o conhecimento dos alunos sobre a escala que é abordada no ensino.

Com base nos dados apresentados na [Figura 3](#), observou-se um grande desconhecimento por parte dos estudantes de ambas as turmas. Na turma 300 CNS, apenas 10% dos alunos afirmaram saber o que é uma escala nanométrica, enquanto 90% declararam não saber. Esse índice é ainda mais baixo na turma 301 CNS, em que apenas 6,1% responderam positivamente e 93,9% afirmaram não conhecer o conceito.

Esses dados reforçam o cenário identificado nas perguntas anteriores, há uma carência significativa de conhecimentos básicos relacionados à nanotecnologia no contexto escolar. A escala nanométrica é um dos fundamentos essenciais para se compreender a atuação e o comportamento da matéria em nível atômico e molecular. A ausência desse conhecimento

compromete a capacidade dos alunos de compreender conceitos mais amplos de nanociência e suas aplicações tecnológicas no cotidiano.

Figura 3 - Gráficos das respostas dos alunos para a questão 3 do questionário de diagnóstico: “Você sabe o que é uma escala nanométrica?”.



Fonte: Autoria própria (2025)

Essa lacuna demonstra a urgência de práticas pedagógicas inovadoras que integrem o conteúdo da nanotecnologia de forma acessível, interdisciplinar e contextualizada. Conforme defendido por Sampaio (2017), metodologias que combinam teoria, prática e questionamentos investigativos podem ampliar o interesse e a compreensão dos alunos sobre temas complexos como esse. Além disso, Araújo, Silva e Silva (2025) reforçam que a formação de professores e o uso de recursos didáticos adequados são fundamentais para fortalecer a educação científica e promover o engajamento com temas contemporâneos.

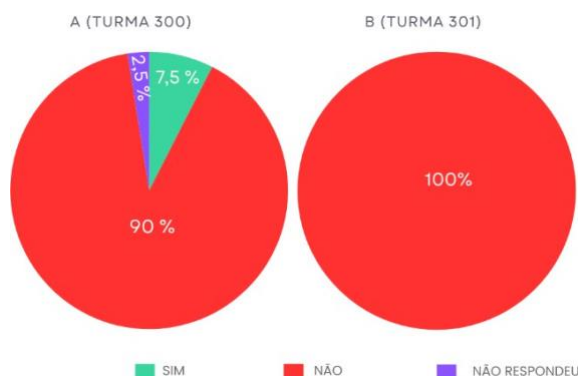
Assim, os dados da [Figura 3](#) destacam um desafio, mas também uma oportunidade para a renovação do ensino de Ciências Naturais, incorporando temas emergentes que dialogam com o mundo real e com as transformações tecnológicas da sociedade.

A [Figura 4](#) apresenta os resultados obtidos para a quarta pergunta realizada, direcionada aos alunos das turmas 300 CNS e 301 CNS. Os dados revelam um cenário ainda mais preocupante em relação ao conhecimento prévio sobre o tema.

Na turma 300 CNS, apenas 7,5% dos alunos afirmaram saber o que é nanotecnologia, enquanto 90% afirmaram não ter conhecimento sobre o assunto, e 2,5% sequer responderam à pergunta. Já na turma 301 CNS, o índice de desconhecimento foi absoluto, com 100% dos alunos declarando que não sabem o que é nanotecnologia. Essa ausência quase total de familiaridade com

o tema confirma o que Alves e Lima (2018) já havia indicado em sua pesquisa: entre 30% a 40% dos alunos não conhecem sequer os termos “nanociência” ou “nanotecnologia”. Os dados reforçam a necessidade urgente de incluir esse conteúdo no currículo desde o início do Ensino Médio, a fim de reduzir a distância entre os avanços científicos e o conhecimento escolar.

Figura 4 - Gráficos das respostas dos alunos para a questão 4 do questionário de diagnóstico: “Você sabe o que é nanotecnologia?”.



Fonte: Autoria própria (2025)

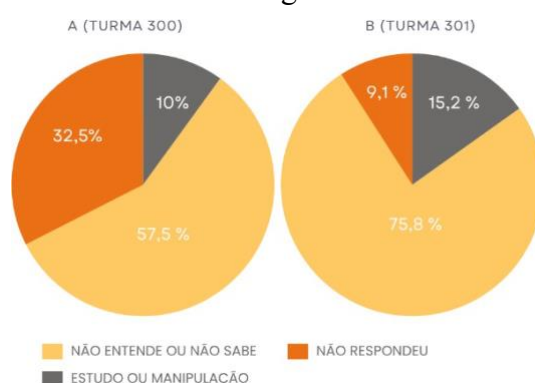
Além disso, a baixa familiaridade com o termo compromete o desenvolvimento de competências científicas contemporâneas, como o pensamento crítico e a aplicação de saberes interdisciplinares. Como destaca Sampaio (2017), projetos de ensino que envolvem nanotecnologia favorecendo maior conexão entre o conteúdo e a realidade dos estudantes, promovendo engajamento e significado.

A [Figura 5](#) apresenta os resultados obtidos a partir da quinta pergunta feita aos estudantes. Os dados revelam um panorama ainda limitado quanto à compreensão conceitual dos termos, apesar da familiaridade crescente com o vocabulário científico no cotidiano.

Na turma 300 CNS, 57,5% dos alunos afirmaram não entender ou não saber o significado de nanociência ou nanotecnologia, a maioria das respostas está em “Não lembro desse termo” ou “Não entendo nada”. Outros não responderam à pergunta e apenas 10% apresentaram respostas que demonstram compreensão, mesmo que parcial, como a menção de “Ela estuda e manipula a matéria em escala nanométrica”, “Me lembra a escala de nanômetros”, “Algo tecnológico no cotidiano”, “Um estilo de estudo”. Já na turma 301 CNS, o desconhecimento foi ainda mais acentuado 75,8% declararam não saber o que os termos significam como frases “Nada por que

nunca ouvi falar”, “No momento eu não tenho conhecimento do conceito” “Não sei opinar sobre o tema citado”, 9,1% não responderam, e apenas 15,2% revelaram algum grau de entendimento, como citações “O estudo de elementos de escala pequena”, “Entendo que aborda estudos sobre a ciências e as tecnologias”, “A nanociência é trabalhada na área do conhecimento sobre tecnologia”.

Figura 5 - Gráficos das respostas dos alunos para a questão 5 do questionário de diagnóstico: “O que você entende por nanociência e nanotecnologia?”.



Fonte: Autoria própria (2025)

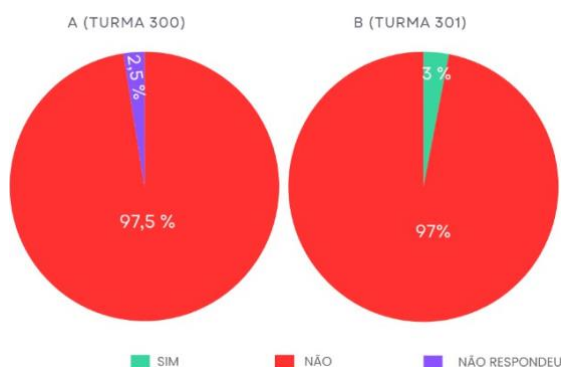
Esses dados evidenciam que, mesmo com o crescimento do uso de produtos nanotecnológicos no cotidiano, como em cosméticos, roupas e embalagens, os alunos ainda carecem de uma base conceitual clara e sólida sobre o assunto. Isso reforça a necessidade apontada por Araújo, Silva e Silva (2025), de recursos didáticos adequados e formação docente específica para introduzir esses conteúdos de forma efetiva no Ensino Médio. A lacuna conceitual também indica a urgência de metodologias que promovam a construção ativa do conhecimento, como as metodologias híbridas, mencionadas por Sampaio (2017), que combinam teoria, prática e investigação, favorecendo a compreensão de conteúdos complexos de forma significativa.

A [Figura 6](#) mostra os resultados da sexta pergunta, direcionada às turmas 300 CNS e 301 CNS. Os gráficos revelam uma percepção muito limitada por parte dos estudantes em relação à aplicação prática da nanotecnologia em seus contextos diários.

Na turma 300 CNS, 97,5% dos alunos responderam “não”, demonstrando desconhecimento sobre produtos que utilizam essa tecnologia, e apenas 2,5% não responderam. Já na turma 301 CNS, a percentagem de respostas negativas foi igualmente expressiva, com 97%

dos alunos respondendo “não” e apenas 3% afirmando conhecer algum produto que envolva nanotecnologia.

Figura 6 - Gráficos das respostas dos alunos para a questão 6 do questionário de diagnóstico: “Você conhece algum produto do seu cotidiano que envolva nanotecnologia?”.



Fonte: Autoria própria (2025)

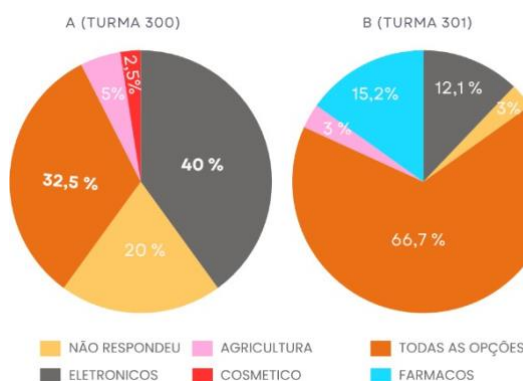
Esses dados indicam que, embora a nanotecnologia esteja presente em diversos itens amplamente utilizados como protetores solares, embalagens de alimentos, tecidos antimicrobianos, cosméticos e dispositivos eletrônicos, essa presença ainda não é reconhecida pelos estudantes. Isso evidenciou uma desconexão entre o conhecimento científico e o cotidiano escolar, dificultando a percepção da relevância da ciência na vida prática. Essa lacuna reforçou a importância de estratégias didáticas que contextualizem o conteúdo científico, apresentando aplicações reais e próximas da realidade dos alunos. A integração da nanotecnologia com objetos de estudo familiares pode não apenas ampliar a compreensão conceitual, mas também fortalecer o engajamento e a curiosidade científica conforme proposto por Araújo, Silva e Silva (2025), que destaca a necessidade de recursos pedagógicos práticos para o ensino de nanotecnologia na educação básica.

A [Figura 7](#) apresenta os dados obtidos a partir da sétima pergunta feita. Os gráficos ilustram diferentes níveis de compreensão entre as turmas sobre a diversidade de áreas impactadas pela nanotecnologia.

Na turma 300 CNS, 40% dos alunos associaram a nanotecnologia à eletrônica, enquanto 32,5% consideraram sua aplicação em todas as áreas relevantes (cosmético, farmacêutico,

eletrônico, agrícola). Apenas 20% não souberam responder, e em 5% indicaram a agricultura e 2,5% apontaram os cosméticos. A concentração de respostas nos eletrônicos e a opção “todas as áreas” revelam um conhecimento parcial, porém em expansão, sobre a amplitude da nanotecnologia. Já na turma 301 CNS, 66,7% dos alunos selecionaram a opção “todas as áreas”, demonstrando uma percepção mais integrada da aplicação da nanotecnologia em diferentes setores. Além disso, 15,2% consideraram seu uso em medicamentos, 12,1% em eletrônicos e 3% em agricultura. Apenas uma pequena parcela de 3% deixou de responder.

Figura 7 - Gráficos das respostas dos alunos para a questão 7 do questionário de diagnóstico: “Em qual(is) área(s) a nanotecnologia é aplicada?”.



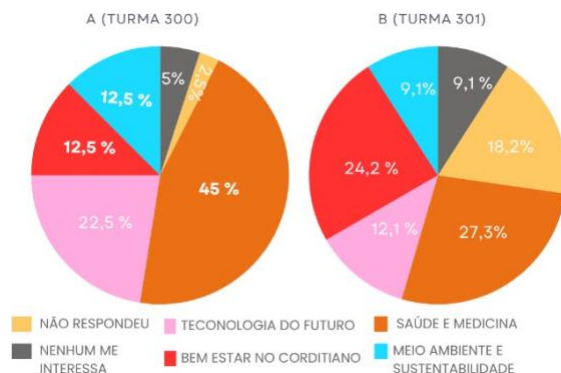
Fonte: Autoria própria (2025)

Essa comparação aponta uma evolução significativa entre as turmas em relação ao entendimento interdisciplinar da nanotecnologia, especialmente quando se observa o destaque da turma 301 CNS à opção mais abrangente. Isso pode refletir não apenas o impacto das estratégias didáticas aplicadas, mas também a necessidade de reforçar exemplos práticos e contextualizados durante o processo de ensino. A análise desses dados reforça a importância de abordagens pedagógicas que evidenciam a presença da nanotecnologia em múltiplos setores, ampliando a compreensão dos alunos e fortalecendo a interdisciplinaridade. Ao considerar essas aplicações diversas, os estudantes desenvolvem uma visão mais conectada entre ciência, tecnologia e sociedade.

A [Figura 8](#) refere-se à oitava pergunta com os dados obtidos de ambas as turmas. Os gráficos apontam a tendência dos estudantes quanto aos temas que mais despertam sua

curiosidade ou motivação para o aprofundamento no conteúdo.

Figura 8 - Gráficos das respostas dos alunos para a questão 8 do questionário de diagnóstico: “Se você pudesse aprender mais sobre nanociências ou nanotecnologia, qual aspecto mais te interessaria?”.



Fonte: Autoria própria (2025)

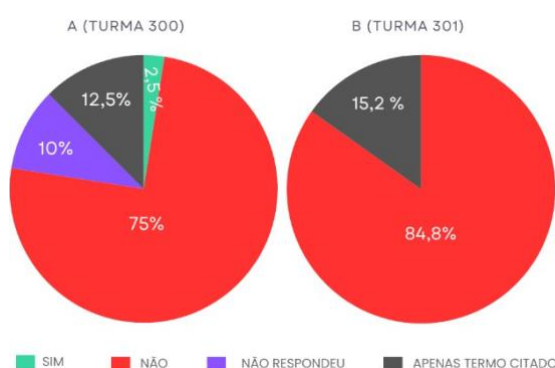
Na turma 300 CNS, a maior parte dos alunos 45% manifestou interesse pela área de saúde e medicina, seguida por 22,5% que apontaram a tecnologia do futuro como foco principal. As categorias bem-estar no cotidiano e meio ambiente e sustentabilidade apareceram com 12,5% cada, indicando que parte da turma compreende a relevância da nanotecnologia em aspectos práticos do dia a dia. Ainda assim, 5% afirmaram que nenhum aspecto os interessa, e 2,5% não responderam. Na turma 301 CNS, os resultados foram mais distribuídos. A maioria 27,3% também optou por saúde e medicina, mas o interesse por bem-estar no cotidiano se destacou com 24,2%. Em seguida, 18,2% dos alunos não souberam responder, o que pode indicar dúvidas ou falta de familiaridade com os subtemas da área. Já os temas de tecnologia do futuro, meio ambiente e sustentabilidade, e nenhum me interessa tiveram porcentagens mais próximas 12,1%, 9,1% e 9,1%, respectivamente.

Esses dados indicam que as aplicações biomédicas da nanotecnologia são as mais atrativas para os estudantes do Ensino Médio, possivelmente por estarem mais presentes em contextos midiáticos ou conteúdos escolares, como vacinas, tratamentos contra o câncer e curativos inteligentes, o que também é apontado por Alves e Lima (2018) que destaca o apelo de que a biotecnologia e a nanomedicina exercem sobre os jovens por envolverem soluções para problemas reais de saúde.

Além disso, Silva (2021) observou que o interesse dos alunos geralmente está relacionado à percepção de praticidade da ciência no cotidiano, o que justifica o segundo maior número de respostas associadas ao bem-estar no cotidiano e tecnologia do futuro. A relevância de abordar os conteúdos escolares nos contextos de vida dos estudantes também é reforçada por Delizoicov e Angotti (2002), ao defender uma abordagem CTS (Ciência-Tecnologia-Sociedade), que torna o aprendizado mais significativo.

A [Figura 9](#) mostra os resultados da nona pergunta do questionário comparando as respostas das turmas 300 CNS e 301 CNS. Os gráficos de setores demonstram uma realidade significativa em que maioria dos estudantes nunca teve contato com o tema em sala de aula.

Figura 9 – Gráficos das respostas dos alunos para a questão 9 do questionário de diagnóstico: “Você já teve alguma aula sobre nanociências ou nanotecnologia na escola?”.



Fonte: Autoria própria (2025)

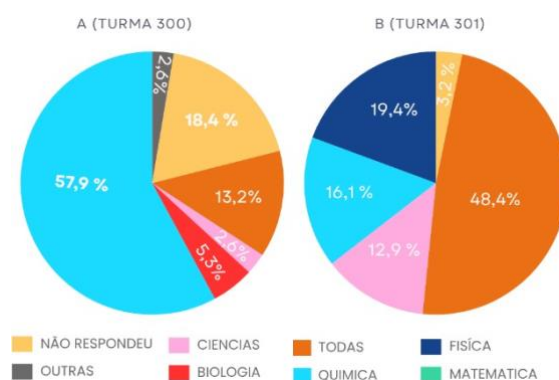
Na turma de 300 CNS, 75% dos alunos responderam que nunca tiveram aula sobre o tema, 12,5% afirmaram que o termo foi apenas citado em algum conteúdo, mas sem aprofundamento, e apenas 2,5% disseram ter tido aula de fato sobre nanociências ou nanotecnologia. Além disso, 10% dos estudantes não souberam responder, o que pode indicar insegurança ou falta de clareza sobre o conteúdo. Já na turma 301 CNS, o dado é ainda mais expressivo, 84,8% responderam não e os 15,2% restantes afirmaram que o termo foi apenas citado em algum conteúdo, mas sem aprofundamento. Nenhum aluno desta turma afirmou ter participado de uma aula eficaz sobre o tema, o que aponta para uma ausência quase total desse conteúdo no currículo escolar tradicional.

Esses dados reforçam o que já foi discutido por autores como Pereira, Honório e Sannomiya (2010), que destacaram a escassez de iniciativas formais sobre nanotecnologia no Ensino Básico, mesmo com sua crescente relevância científica e tecnológica. Conforme apontam Sakhnini e Blonder (2016), essa ausência compromete a formação crítica dos estudantes sobre os avanços que já fazem parte do cotidiano, como roupas antimicrobianas, cosméticos com nanopartículas ou materiais de alto desempenho.

A predominância da resposta “não” ou “apenas o termo foi citado” revela uma lacuna no ensino de Ciências e indica que os estudantes têm poucas oportunidades de discutir tecnologias emergentes que moldam o mundo contemporâneo. Tal cenário reforça a necessidade de inserir conteúdos interdisciplinares e atualizados, como os da nanotecnologia, por meio de abordagens contextualizadas, conforme defendido por Delizoicov e Angotti (2002) com a proposta CTS (Ciência-Tecnologia-Sociedade).

A **Figura 10** corresponde à décima pergunta da atividade aplicada e apresenta a percepção dos alunos das duas turmas quanto à associação entre os conteúdos de nanotecnologia e as disciplinas escolares.

Figura 10 – Gráficos das respostas dos alunos para a questão 10 do questionário de diagnóstico: “Em qual disciplina da educação básica você acha que pode ter sido abordado o conteúdo da nanotecnologia?”.



Fonte: Autoria própria (2025)

Na turma 300 CNS, 57,9% dos alunos apontaram a Química como a disciplina mais adequada para abordar o tema, seguido por 18,4% que não souberam responder. 13,2% consideraram que o tema pode ser tratado em todas as disciplinas, enquanto 5,3% escolheram

Biologia, 2,6% mencionaram Ciências e o mesmo percentual foi registrado para outras disciplinas, entre as quais, a Informática. Já as disciplinas de Física e Matemática não foram citadas, até porque os alunos relacionaram a aplicação do projeto à disciplina de Química. Já na turma 301 CNS, a maior parte dos estudantes, 48,4%, também afirmaram que a nanotecnologia pode ser abordada em todas as disciplinas, revelando uma visão mais interdisciplinar sobre o tema 19,4% associaram a Física, 16,1% à Química, 12,9% às Ciências, e 3,2% não souberam responder. O maior número em Física difere do gráfico A, uma vez que a pesquisa foi ministrada na disciplina de Física e as opções como Biologia, outras e Matemática não foram citadas nessa turma.

A comparação entre as duas turmas evidenciou diferenças relevantes. A turma 300 CNS apresentou uma visão mais tradicional, associando a nanotecnologia prioritariamente à Química, o que pode indicar uma relação à disciplina em que o questionário foi aplicado. Já a turma 301 CNS apresentou uma abordagem mais abrangente, confirmando o potencial interdisciplinar da nanotecnologia, o que está alinhado às propostas contemporâneas de ensino por temas integradores, como destaque Delizoicov e Angotti (2002) na abordagem CTS.

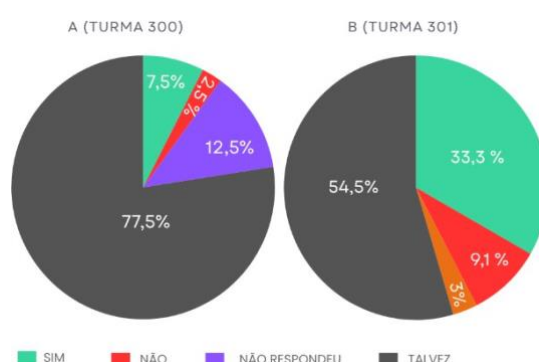
Essa percepção de interdisciplinaridade é fundamental, pois a nanotecnologia, por sua natureza, transcende os limites das disciplinas isoladas, estando presente tanto em especificações físicas e químicas quanto em aplicações biológicas e matemáticas. Segundo Ferreira e Rangel (2009), a inserção da nanotecnologia no currículo pode favorecer o desenvolvimento, além de promover o letramento tecnológico, que é essencial para a formação cidadã no século XXI.

A [Figura 11](#) apresenta os resultados da última pergunta do questionário, analisando a opinião dos estudantes das duas turmas sobre a relevância e a necessidade de inserção mais eficaz desse conteúdo no currículo escolar.

De acordo com o gráfico A, na turma 300 CNS, a maioria 77,5% respondeu “talvez”, ou seja, os alunos vão depender da forma que vai ser ensinado para poder opinar, deixando uma postura de dúvida. Esse dado pode refletir o desconhecimento ou pouca familiaridade dos estudantes com a nanotecnologia, dificultando que eles reconheçam sua importância. Apenas 7,5% afirmaram que sim e que achou o assunto muito interessante e importante, enquanto 2,5% afirmaram que não, que não é um tema relevante e 12,5% não souberam responder. Em contrapartida, a turma 301 CNS apresenta um perfil mais positivo, uma vez que 33,3% dos estudantes disseram “sim” que é um tema importante e interessante, o que demonstra um maior

interesse ou percepção da importância do tema. Contudo, 54,5% ainda responderam “talvez”, vai depender a forma que vai ser abordado, revelando que mesmo entre alunos com mais abertura à Ciência, há ainda insegurança sobre o conteúdo. Apenas 9,1% rejeitaram a ideia, enquanto 3% optaram por não responder.

Figura 11 – Gráficos das respostas dos alunos para a questão 11 do questionário de diagnóstico: “Você acha que o tema nanociências e nanotecnologia deveria ser mais abordado no Ensino Médio?”.



Fonte: Autoria própria (2025)

Esses dados sugerem que há pouco contato ou compreensão aprofundada do tema nanotecnologia por parte dos alunos, o que pode explicar o alto índice de respostas “talvez”. A diferença entre as turmas escolhidas para o estudo também indica que experiências de ensino ou abordagens anteriores podem impactar na forma como os alunos percebem a necessidade de discutir o assunto em sala de aula.

Assim, percebe-se a urgência de inserir conteúdos contemporâneos, como a nanotecnologia, de forma contextualizada e interdisciplinar, valorizando a construção de conhecimento significativo e crítico. Além disso, ações educativas que despertem a curiosidade e promovam publicações sobre ciência e tecnologia podem contribuir para transformar as respostas “talvez” em um “sim” consciente e fundamentado.

A análise das respostas do questionário de diagnóstico revelou a relevância de compreender o nível de conhecimento, interesse e percepções dos estudantes em relação às nanociências e nanotecnologia. Esse levantamento é fundamental para embasar a construção de práticas pedagógicas mais efetivas, que dialoguem com a realidade dos alunos e promovam maior

engajamento. Além disso, os dados evidenciam a necessidade de tornar esses temas mais acessíveis e contextualizados, favorecendo a alfabetização científica e o desenvolvimento do pensamento crítico. Portanto, a escuta ativa dos estudantes, por meio de instrumentos como este questionário, permite planejar intervenções mais assertivas e significativas no processo de ensino-aprendizagem.

5.1.2 Metodologias de ensino utilizadas nas aulas

As aulas ministradas com base nos módulos 0 e 1, apresentaram os conceitos fundamentais da nanotecnologia, sua relação com outras tecnologias emergentes e aplicações práticas em áreas como medicina, eletrônica, meio ambiente e agricultura. As comparações de escalas (macro, micro e nano) apresentadas no material facilitaram a compreensão dos alunos, sobretudo ao relacionar objetos do cotidiano com medidas nanométricas.

Na sequência, a narrativa da história “A Aventura Nano de Léo e Sofia” serviu como ferramenta de engajamento. A contação da história ajudou os estudantes a entrarem em uma imersão lúdica no universo da nanotecnologia, promovendo um momento de escuta ativa e reflexão. A linguagem acessível e o enredo instigante foram desenvolvidos para a construção de significados, especialmente no que diz respeito à compreensão das propriedades diferenciadas dos materiais na nanoescala, como o ouro azul, os nanorrobôs e os nanotubos de carbono.

Contudo, o ponto alto da sequência didática foi o uso do simulador em escala nanométrica. Durante essa etapa, houve um aumento significativo na interação dos alunos ao observar o comportamento das partículas em diferentes dimensões, principalmente o fio de cabelo em escala nanométrica. Dessa forma, a combinação entre recursos visuais (slides), linguagem lúdica (história) e ferramentas digitais (simulador) revelou-se eficaz na mediação do conteúdo, promovendo não apenas a assimilação conceitual, mas também o interesse dos alunos pelo tema.

Nos módulos 2 e 3 do ONANO Ebook, a aula teve uma sequência didática expositiva e interativa, com foco na apresentação de conceitos de biomimética, materiais inspirados na natureza e os efeitos das nanoestruturas em superfícies. Durante a exposição dos slides, em que foram introduzidos os conceitos fundamentais como a evolução histórica da nanotecnologia, a invenção do microscópio de tunelamento e os impactos sociais e industriais da nanotecnologia,

os alunos foram instigados a refletir sobre os efeitos nano na natureza, com destaque para estruturas como a folha de lótus, as asas da borboleta *Blue Morpho*, a pele do tubarão e as patas da lagartixa *Gecko*, conforme apresentados no nanobook Onano - Olimpíada Nacional de Nanotecnologia (ONANO Brasil, 2023).

A introdução de objetos físicos como a cera impermeável (representando o efeito lótus), o CD (para simular a manipulação de luz e interferência óptica, análoga às asas da borboleta) e o velcro (representando a biomimética da aderência da lagartixa) foi fundamental para consolidar o conteúdo apresentado, a fim de aproximar os alunos da compreensão das propriedades nanoestruturadas de materiais naturais e artificiais. Essas analogias permitiram que os alunos compreendessem na prática como as nanoestruturas naturais são aplicadas em tecnologias biomiméticas modernas.

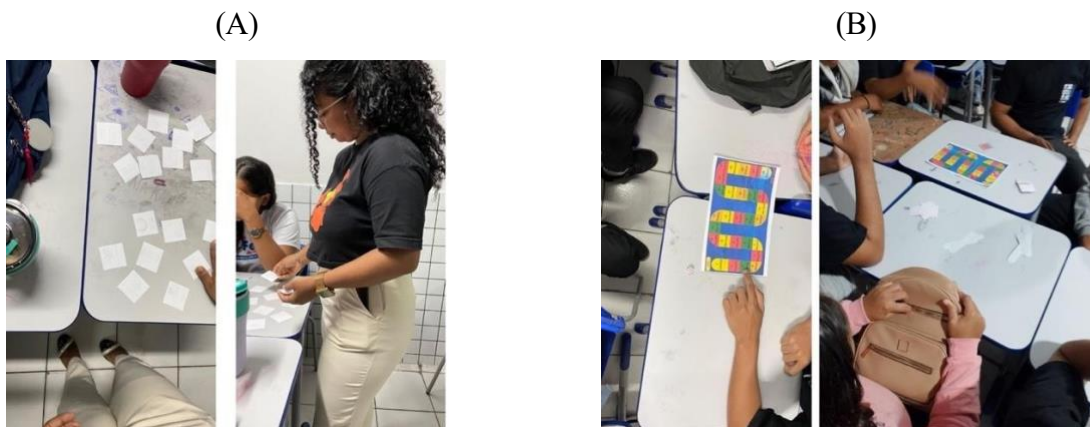
A participação estudantil foi intensificada nas relações práticas. Muitos alunos ficaram surpresos ao descobrir que o velcro foi inspirado na estrutura microscópica de sementes e que superfícies hidrofóbicas como uma folha de lótus podem ser reproduzidas artificialmente. O uso da cera impermeável gerou uma associação imediata ao conceito de repelência da água, reforçando visualmente a propriedade autolimpante de superfícies nanoestruturadas. Ao final, os outros exemplos reais foram mencionados sempre relacionando com a biomimética, como tecidos impermeáveis, adesivos inteligentes e tintas autolimpantes, ou que demonstrem a internalização do conteúdo. A experiência reforça que o uso combinado de apresentação expositiva, materiais concretos e analogias facilita a compreensão de conteúdos complexos como os da nanotecnologia.

As aulas do Ebook 4, com ênfase nos métodos de síntese, funcionalização de nanopartículas e tipos de nanoestruturas, foram aplicadas aos estudantes do Ensino Médio com o apoio de materiais expositivos (slides) e recursos lúdicos (jogo da memória e trilha). A primeira etapa das aulas, conduzida por meio da apresentação de slides ilustrados, abordaram conceitos fundamentais como os métodos *top-down* e *bottom-up* de síntese de nanopartículas, além de exemplos práticos como a síntese verde, a transação química e o processo de funcionalização com fins biomédicos, cosméticos e tecnológicos. Os alunos demonstraram interesse ao relacionar esses conteúdos com produtos do cotidiano, como cosméticos e sensores, facilitando a internalização dos conceitos.

Em seguida, os jogos didáticos foram aplicados como estratégias de reforço e avaliação formativa. O jogo da memória continha pares com termos e imagens relacionadas a tipos de

nanoestruturas, formas de funcionalização e exemplos de aplicação. A [Figura 12A](#) mostra a participação dos alunos no jogo em sala de aula. Já a trilha de nanotecnologia desafiava os estudantes a avançarem em casas ao responderem corretamente perguntas sobre o conteúdo apresentado. A [Figura 12B](#) apresenta os alunos participando do jogo da trilha. Essas práticas se revelaram altamente eficazes: os alunos participaram ativamente, discutindo as respostas em grupo e demonstrando entusiasmo durante uma competição. As interações geradas pelos jogos favoreceram a conversação científica e a compreensão dos processos complexos de forma natural e colaborativa. Além disso, os erros cometidos ao longo do jogo foram transformados em momentos de correção coletiva, o que reforçou a aprendizagem sem penalizações, conforme recomendação de Moran, Masetto e Behrens (2000).

Figura 12 – Alunos participando do jogo da memória (A) e do jogo de trilha (B).



Fonte: Autoria própria (2025)

Assim, o foco dessa aula foi promover a aprendizagem colaborativa por meio da gamificação e da construção ativa do conhecimento, conforme propostas de autores como Valente (2014) e da BNCC, que reconhecem a importância das metodologias participativas no ensino de Ciências.

A aula ministrada referente ao módulo 6 (ONANO Brasil, 2023) envolveu as aplicações da nanotecnologia no cotidiano. A estratégia metodológica escolhida foi a gamificação, por meio da brincadeira da “forca”, com palavras-chave relacionadas ao conteúdo treinado. A [Figura 13](#) mostra a participação dos alunos nesse jogo em sala de aula. Essa dinâmica promoveu maior engajamento dos alunos, facilitando a fixação dos conceitos técnicos de maneira lúdica e

interativa. Os termos usados na brincadeira incluíram "nanocápsula", "nanocosmético", "nanomedicina", "embalagens inteligentes", "nanoprata", entre outros.

Figura 13 – Alunos participando do jogo da “forca”.



Fonte: Autoria própria (2025)

A participação ativa dos estudantes demonstrou alto nível de interesse e compreensão dos temas, especialmente quando conectados a situações reais. As palavras sorteadas serviram como ponto de partida para discutir em grupo, nas quais os alunos foram incentivados a relacionar os conceitos à sua aplicação prática. Por exemplo, ao acertar a palavra “nanocápsula” os alunos discutiram como essa tecnologia é usada na liberação controlada de medicamentos, especialmente em terapias contra o câncer, na quais as nanopartículas atuam diretamente em células tumorais, minimizando os efeitos colaterais nos tecidos saudáveis.

Além disso, a abordagem foi enriquecida com a apresentação de estudos de caso sobre a utilização de nanopartículas de prata em roupas hospitalares, destacando suas propriedades antimicrobianas. Também foram exploradas as embalagens inteligentes com sensores que indicam a validade dos alimentos, e os nanocosméticos, que melhoraram a abertura de ativos na pele e no cabelo, demonstrando o impacto direto da nanotecnologia no cotidiano. A [Figura 14](#) mostra um desodorante “body splash”, contendo nanopartículas de ouro em sua composição, o qual foi apresentado aos alunos durante a aula.

Essa metodologia associou teoria e prática de maneira eficiente, contribuindo significativamente para a compreensão interdisciplinar entre Química, Biologia e Física. A mediação docente teve papel essencial ao contextualizar o conteúdo científico em linguagem acessível, reforçando o aprendizado por meio da experimentação e da ludicidade.

Figura 14 – Desodorante “body splash” contendo nanopartículas de ouro em sua composição.



Fonte: Autoria própria (2025)

Observou-se que o uso de imagens, analogias visuais, produtos e jogos possibilitou aos estudantes de diferentes níveis de aprendizagem se engajarem igualmente, promovendo inclusão e equidade no processo educacional. Portanto, os resultados indicam que a combinação entre aulas expositivas e jogos educativos torna-se uma abordagem pedagógica eficaz para o ensino de nanotecnologia, tornando conteúdos consistente, mais acessíveis e despertando o interesse dos estudantes pela ciência e pela pesquisa.

5.2 Atividades práticas desenvolvidas na UFMA

As visitas dos alunos e professores da escola campo ao laboratório do campus universitário representou uma etapa fundamental para a articulação entre o conhecimento científico escolar e a prática acadêmica universitária. Essa ação promoveu o contato direto com técnicas de experimentação científica, o que, segundo Freire (1996), fortalece o protagonismo do aluno e sua percepção crítica sobre o fazer científico, pois o foco do laboratório foi o de permitir que alguns alunos manuseassem as vidrarias e fizessem parte do procedimento planejado.

Na primeira visita, foi feita uma abordagem inicial sobre o preparo de extratos vegetais e da triagem fitoquímica desses vegetais, a fim de introduzir os alunos na aula prática. Durante a aula demonstrativa sobre o preparo de extratos naturais de aroeira e candeia, os alunos ficaram motivados e bastante interessados nos procedimentos apresentados e equipamentos utilizados no

preparo desses extratos. Na realização da triagem fitoquímica dos extratos vegetais, os alunos tiveram a oportunidade de interagir manuseando vidrarias e alguns equipamentos do laboratório. O teste de alcalóides realizado para aroeira e candeia, indicando que há propriedades biológicas ativas em seu potencial farmacológico, proporcionou imenso entusiasmo nos alunos por serem plantas que alguns conheciam e sabiam de forma tradicional que tinham propriedades medicinais, porém não sabiam como era feito essa descoberta, ou seja, como era testado. Esse momento foi essencial para que os alunos compreendessem na prática a relação entre as plantas medicinais científicas em sala de aula e os testes laboratoriais para detecção de metabólitos secundários. A [Figura 15](#) apresenta algumas fotos dos alunos e professores no laboratório durante a aula experimental.

Figura 15 – Alunos e professores da escola campo no Laboratório de Química e Biologia da UFMA durante a demonstração do preparo de extratos vegetais de aroeira e candeia e a realização da triagem fitoquímica desses vegetais.



Fonte: Autoria própria (2025)

Enquanto um grupo estava no laboratório participando a aula prática um outro estava assistindo o filme “Operação *Big Hero*”. O vídeo abordava de maneira lúdica e acessível o uso da nanotecnologia na resolução de problemas sociais e médicos, especialmente por meio do personagem robô Baymax. A [Figura 16](#) apresenta os alunos assistindo ao filme de forma

atenciosa e interessante.

Figura 16 – Alunos assistindo ao filme “Operação Big Hero”.



Fonte: Autoria própria (2025)

Essa divisão de atividades simultâneas revelou-se estratégica, tanto pela organização do fluxo de estudantes quanto pela ampliação dos estímulos cognitivos. A atividade prática no laboratório favoreceu a aproximação dos estudantes à linguagem científica, o contato com vidrarias e reagentes, além do entendimento dos cuidados com a segurança em ambientes de pesquisa. Já a exibição do filme, em ambiente descontraído, ampliou o repertório dos estudantes ao apresentar uma abordagem ficcional da nanotecnologia, o que estimulou o imaginário e possibilitou conexões com as futuras aplicações dos conhecimentos adquiridos.

Os relatos dos alunos ao final dessa primeira visita revelaram o envolvimento, o despertar curiosidade e paixão. Muitos destacaram como foi surpreendente o fato de que plantas encontradas em sua comunidade são objetos de pesquisa científica e apresentarem potencial para uso em produtos nanotecnológicos. Outros mencionaram o impacto do filme como um meio de entendimento, de forma divertida, sobre as aplicações da nanotecnologia na área da saúde.

A segunda visita ao laboratório da UFMA deu continuidade ao processo de aproximação entre os alunos da escola campo e o ambiente universitário, com foco no aprofundamento dos conteúdos relacionados à síntese e caracterização de nanopartículas. A atividade seguiu o mesmo formato de rodízio entre os grupos adotados na primeira visita, a fim de obter conformidade com o limite de segurança de ocupação do laboratório.

O primeiro grupo selecionado foi para manusear a síntese de nanopartículas de prata como mostra na [Figura 17](#). Essa etapa experimental permitiu que os alunos observassem, de

forma prática, os princípios da propriedade como agentes redutores e estabilizantes na formação das nanopartículas, a cor da solução, a mudança de turbidez e o uso de testes simples. Durante a aula prática, foi possível verificar o envolvimento dos alunos na observação de fundamentos físicos e químicos relacionados à formação de nanopartículas, como variações ópticas e de coloração, conectando o conteúdo teórico à sua aplicação tecnológica.

Figura 17 – Alunos da escola campo interagindo durante a realização da síntese de nanopartículas de prata no Laboratório de Química e Biologia da UFMA.



Fonte: Autoria própria (2025)

Simultaneamente, o segundo grupo participou de um bingo temático sobre nanotecnologia, com base no conteúdo do Módulo 5 (ONANO Brasil, 2023), que trata das técnicas de caracterização de nanomateriais, como Dispersão Dinâmica de Luz (DLS), Microscopia Eletrônica de Transmissão (MET) e Microscopia Eletrônica de Varredura (MEV). Os alunos envolvidos nessa atividade aumentaram o engajamento e o interesse durante a execução do jogo, que estimularam a leitura, a escuta ativa e a cooperação entre os colegas.

O bingo, por sua natureza dinâmica e divertida, contribuiu significativamente para a revisão dos conteúdos estudados nas aulas anteriores, ao mesmo tempo em que manteve os estudantes motivados e participativos. A investigação entre ciência e ludicidade, como defendem autores como Kishimoto (2007), favorecem um ambiente de aprendizagem mais leve e acessível, sem prejuízo à profundidade conceitual dos temas.

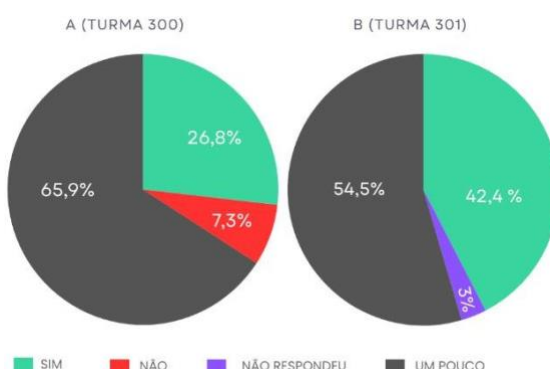
Ao final das atividades, observou-se que a combinação entre a prática laboratorial e o jogo educativo possibilitou diferentes formas de aprendizagem, atendendo a diversos estilos

cognitivos dos alunos. As falas espontâneas revelaram entusiasmo, e muitos estudantes disseram que a visualização dos processos e a competição saudável do bingo os ajudaram a compreender melhor o conteúdo.

5.2.1 Aplicação do questionário final

As respostas obtidas através do questionário pós-diagnóstico serão apresentadas e discutidas a seguir. Os resultados da primeira questão estão representados na [Figura 18](#), sendo o gráfico A correspondente à turma 300 CNS e o gráfico B à turma 301 CNS.

Figura 18 – Gráficos das respostas dos alunos para a questão 1 do questionário de pós-diagnóstico: “Após a participação no projeto, você se sente mais familiarizado(a) com os conceitos de nanociência e nanotecnologia?”.



Fonte: Autoria própria (2025)

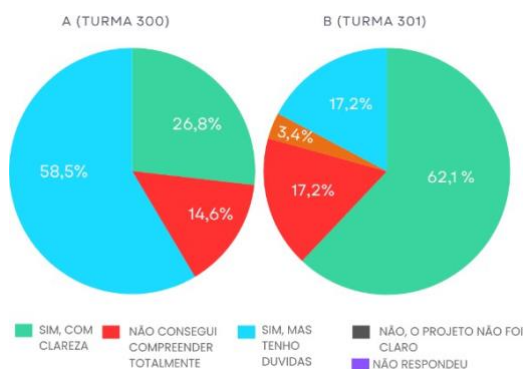
A análise dos gráficos revela uma percepção positiva quanto ao nível de familiaridade dos alunos com os conceitos de nanociência e nanotecnologia após a realização do projeto. Na turma 300 CNS (gráfico A), que corresponde à disciplina de Química, 26,8% dos estudantes responderam “sim”, indicando que se sentem mais familiarizados com o tema. A maioria, 65,9%, respondeu “um pouco”, enquanto 7,3% respondeu que não se sente mais familiarizada. Já na turma 301 CNS (gráfico B), correspondente à disciplina de Física, observa-se um percentual ainda maior de estudantes que se sentem mais familiarizados com os conceitos, 42,4% responderam “sim”, 54,5% afirmaram “um pouco”, e 3% não responderam. Não houve respostas negativas nessa turma, o que sugere uma aceitação mais efetiva do conteúdo.

Esses resultados indicam que a pesquisa contribuiu significativamente para o aumento do conhecimento e da familiaridade dos alunos com a nanotecnologia, ainda que, para muitos, esse conhecimento permaneça em um nível introdutório. Como afirmam Vygotsky (2001) e Scarpa (2015), o aprendizado se torna mais eficaz quando parte do conhecimento prévio dos alunos é construído em contextos significativos. Assim, mesmo as respostas “um pouco” evidenciaram que houve avanço em relação à percepção inicial do tema, o que valida o uso de metodologias ativas no processo de ensino.

Além disso, de acordo com Moreira (2011), a aprendizagem significativa depende da relação entre o novo conteúdo e os conhecimentos que o aluno já possui. Dessa forma, o projeto demonstrou seu papel como mediador dessa construção, favorecendo o entendimento de temas emergentes como a nanotecnologia, os quais, geralmente, não estão presentes no currículo regular do Ensino Médio.

A **Figura 19** apresenta os resultados obtidos a partir da segunda pergunta do questionário, que investigou se os estudantes aprenderam o conceito de nanotecnologia durante a realização do projeto.

Figura 19 – Gráficos das respostas dos alunos para a questão 2 do questionário de pós-diagnóstico: “Após a participação no projeto, você se sente mais familiarizado(a) com os conceitos de nanociência e nanotecnologia?”.



Fonte: Autoria própria (2025)

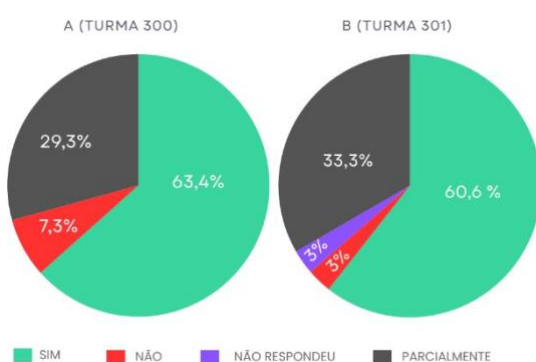
A análise dos dados apresentados na **Figura 19** revela que o projeto teve um impacto significativo na aprendizagem dos alunos, especialmente no que diz respeito ao conceito de nanotecnologia. Na turma 301 CNS (gráfico B), observou-se que 62,1% dos estudantes afirmaram ter compreendido o conceito com clareza, o que demonstra um forte indicativo de

sucesso metodológico. Em contrapartida, na turma 300 CNS (gráfico A), 58,5% dos participantes relataram ter aprendido o conceito, embora ainda apresentem algumas dúvidas. Apesar disso, um número considerável de estudantes da turma 300 (26,8%) declarou ter compreendido com clareza, evidenciando que mais da metade da turma assimilou o conteúdo de forma satisfatória. Ressalta-se ainda que as percentagens de alunos que afirmaram não ter compreendido totalmente o conteúdo foram de 14,6% na turma 300 e 17,2% na turma 301, enquanto apenas 3,4% da turma 301 mencionou que o projeto não foi claro.

Esses dados reforçam a importância de metodologias ativas e abordagens contextualizadas para a aprendizagem significativa de temas complexos como a nanotecnologia (Moreira, 2011; Scarpa 2015). A presença de dúvidas em uma parcela dos alunos também destaca a necessidade de reforço contínuo e reinterpretação dos conteúdos ao longo das atividades, como sugere Vygotsky (2001), ao considerar a aprendizagem como um processo social e progressivo.

A **Figura 20** apresenta os resultados obtidos a partir da terceira pergunta do questionário pós-diagnóstico, que investigou se o projeto contribuiu para ampliar o conhecimento dos estudantes sobre a escala nanométrica e suas aplicações. O gráfico A refere-se à turma 300 CNS e o gráfico B à turma 301.

Figura 20 – Gráficos das respostas dos alunos para a questão 3 do questionário de pós-diagnóstico: “O projeto contribuiu para ampliar seus conhecimentos sobre a escala nanotecnológica e suas aplicações?”.



Fonte: Autoria própria (2025)

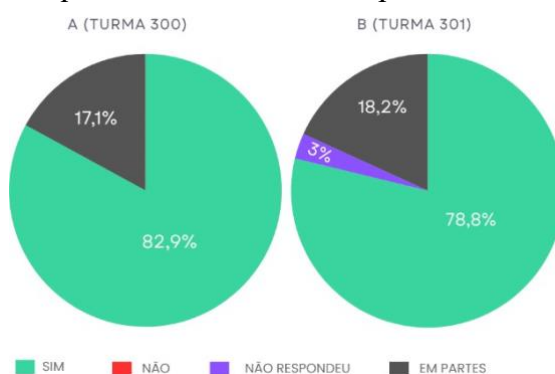
Os resultados demonstrados na **Figura 20** revelaram que a maioria dos estudantes reconheceu que o projeto contribuiu para ampliar seus conhecimentos sobre a escala nanométrica e suas aplicações. Na turma 300 CNS (Significado)(gráfico A), 63,4% dos estudantes responderam afirmativamente, enquanto na turma 301 CNS (gráfico B), 60,6% também

afirmaram ter ampliado sua compreensão sobre o tema. É importante destacar que, embora a maioria tenha respondido positivamente, uma parcela significativa dos alunos afirmou ter compreendido o conteúdo apenas parcialmente: 29,3% na turma 300 CNS e 33,3% na turma 301 CNS. Esses dados indicam que, apesar do êxito do projeto em despertar interesse e promover aprendizado, ainda existem lacunas que devem ser trabalhadas com estratégias mais individualizadas ou com reforço contínuo. O número de respostas negativas foi baixo, representando apenas 7,3% na turma 300 CNS e 3% na turma 301 CNS, o que reforça a eficácia geral da abordagem utilizada. Além disso, 3% dos alunos da turma 301 CNS não responderam à pergunta.

Esses resultados colaboram com a literatura que defende o uso de metodologias ativas como ferramentas eficazes no ensino de conceitos complexos e abstratos (Marques, 2014; Batista et al., 2010), especialmente quando se trata da nanotecnologia, que exige mediações visuais, práticas e interdisciplinares para sua compreensão efetiva.

A [Figura 21](#) traz os dados referentes à quarta pergunta do questionário, a qual investigou se os conteúdos trabalhados ao longo do projeto foram apresentados de forma clara e acessível aos estudantes.

Figura 21 – Gráficos das respostas dos alunos para a questão 4 do questionário de pós-diagnóstico: “Você considera que os conteúdos foram apresentados de forma clara e acessível?”.



Fonte: Autoria própria (2025)

De acordo com os dados da [Figura 21](#), a maioria dos estudantes avaliou positivamente a clareza e acessibilidade na apresentação dos conteúdos durante o projeto. Na turma 300 CNS, 82,9% dos respondentes afirmaram que os conteúdos foram apresentados de forma clara,

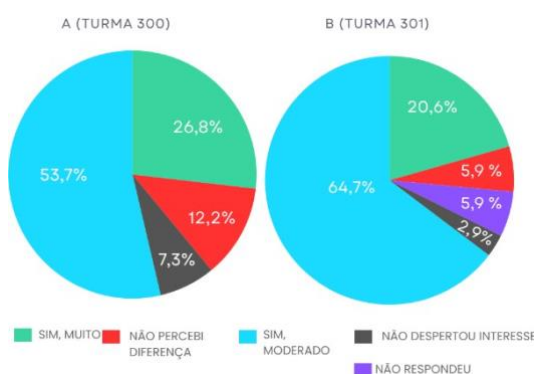
enquanto 78,8% da turma 301 CNS também indicaram a mesma percepção. Em ambas as turmas, uma percentagem menor afirmou que os conteúdos foram compreendidos apenas em partes 17,1% na turma 300 CNS e 18,2% na turma 301 CNS o que sugere que, apesar do esforço metodológico, parte dos alunos ainda encontrou dificuldades pontuais de assimilação. Além disso, 3% dos estudantes da turma 301 CNS não responderam à pergunta.

Esses resultados evidenciam que a abordagem didático-pedagógica utilizada foi, de maneira geral, eficaz e bem-recebida, o que reforça a importância de estratégias que favoreçam a linguagem acessível e o uso de exemplos contextualizados no ensino de temas complexos como a nanotecnologia. Segundo Sampaio (2017), a mediação docente e o uso de recursos diversificados, como analogias e experimentações, favorecem significativamente a construção do conhecimento em sala de aula.

Dessa forma, os dados indicam que a maior parte dos estudantes sentiu-se incluída no processo de aprendizagem, o que é um ponto fundamental para o sucesso de qualquer prática educativa, especialmente no contexto da educação científica.

A [Figura 22](#) apresenta os dados obtidos na quinta pergunta do questionário, que investigou se a experiência com o estudo da nanotecnologia despertou maior interesse ou curiosidade dos alunos pelas Ciências em geral.

Figura 22 – Gráficos das respostas dos alunos para a questão 5 do questionário de pós-diagnóstico: “A experiência com Nanotecnologia despertou em você maior interesse ou curiosidade pelas Ciências em geral?”.



Fonte: Autoria própria (2025)

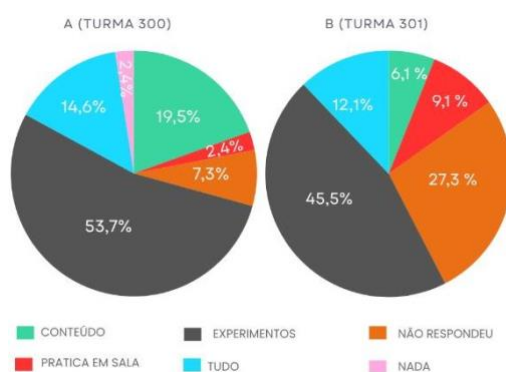
Os dados da [Figura 22](#) revelam que a experiência com o tema da Nanotecnologia contribuiu significativamente para despertar o interesse dos estudantes pelas Ciências. Na turma 300, 26,8% dos alunos afirmaram que a atividade despertou muito interesse, enquanto 53,7%

relatarem interesse moderado. Já na turma 301, 20,6% demonstraram alto interesse, e 64,7% relataram um interesse moderado. É importante destacar que apenas uma pequena parcela dos estudantes não percebeu diferença em seu interesse 12,2% na turma 300 e 5,9% na turma 301, ou afirmou que a atividade não despertou interesse 7,3% e 2,9%, respectivamente. Houve também um índice de não resposta na turma 301, correspondendo a 5,9%.

Esses resultados indicam que o contato com conteúdos inovadores e aplicados ao cotidiano, como a nanotecnologia, tem potencial para ampliar o engajamento dos alunos sua aprendizagem, promovendo uma aproximação mais significativa com os temas científicos. Isso vai ao encontro do que propõem autores como Delizoicov, Angotti e Pernambuco (2011), ao defenderem o ensino por meio de temas geradores, capazes de articular ciência, tecnologia e sociedade.

A **Figura 23** apresenta os resultados da sexta pergunta do questionário aplicado, que investigou o que os estudantes mais gostaram na abordagem do projeto sobre Nanotecnologia.

Figura 23 – Gráficos das respostas dos alunos para a questão 6 do questionário de pós-diagnóstico: “O que você mais gostou na abordagem do projeto?”.



Fonte: Autoria própria (2025)

Os dados evidenciaram que a maioria dos alunos valorizou principalmente os experimentos práticos realizados durante o projeto, na turma 300 CNS, 53,7% dos estudantes apontaram os experimentos como o aspecto mais interessante da proposta, enquanto na turma 301 CNS esse número foi de 45,5%. Esses resultados sugerem que a prática experimental foi um elemento central no engajamento dos alunos, reforçando a importância da experimentação no ensino de Ciências, como apontam autores como Carvalho (2006). Na turma 300 CNS, 19,5%

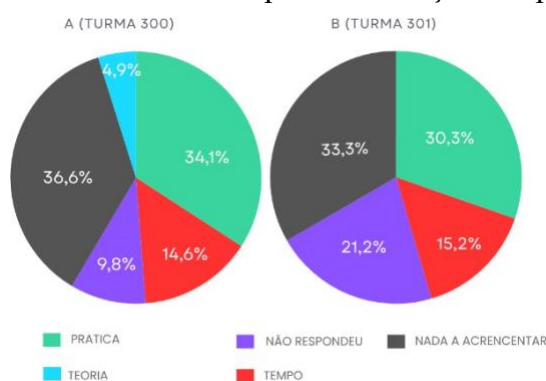
destacaram o conteúdo como o ponto alto da atividade, e 14,6% afirmaram ter gostado de tudo. Já na turma 301 CNS, 12,1% também escolheram a opção "tudo", e 6,1% indicaram o conteúdo.

Por outro lado, uma pequena parcela dos alunos marcou a opção prática em sala 2,4% na turma 300 CNS e 9,1% na turma 301, que era a parte dinâmica dos jogos, enquanto uma parte significativa da turma 301 CNS 27,3% não respondeu à pergunta. Ainda na turma 300 CNS, 2,4% declararam que nada chamou atenção no projeto, o que indica uma resistência pontual que pode ser investigada mais a fundo.

De modo geral, os resultados apontam que abordagens ativas e baseadas na experimentação são eficazes para promover o interesse dos alunos em temas científicos complexos como a Nanotecnologia. O envolvimento com atividades práticas favorece a aprendizagem significativa e aproxima os conteúdos científicos da realidade dos estudantes, conforme defendem as Diretrizes Curriculares Nacionais (Brasil, 2013).

A [Figura 24](#) mostra os resultados da sétima pergunta do questionário pós-diagnóstico, a qual investigou o que poderia ser melhorado em futuras edições do projeto. O gráfico A corresponde à turma 300 e o gráfico B à turma 301.

Figura 24 – Gráficos das respostas dos alunos para a questão 7 do questionário de pós-diagnóstico: “O que poderia ser melhorado nas próximas edições do projeto?”.



Fonte: Autoria própria (2025)

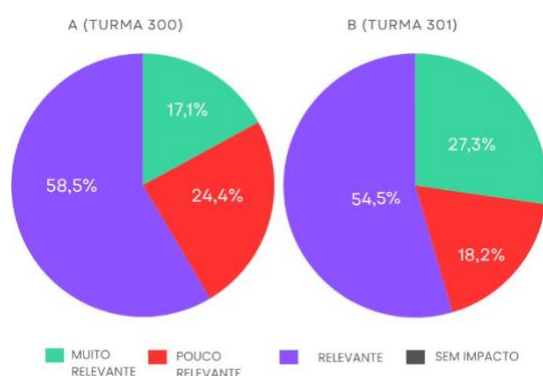
A análise da questão 7 revelou que a maioria dos alunos de ambas as turmas acreditam que não há nada a acrescentar ao projeto, o que pode ser interpretado como um indicativo de satisfação geral com a metodologia e as atividades propostas. Na turma 300 CNS, 36,6% dos respondentes não sugeriram melhorias, enquanto na turma 301 CNS esse percentual foi de

33,3%. Ainda assim, um número relevante de estudantes apresentou sugestões construtivas. Na turma 300, 34,1% sugeriram mais atividades práticas, enquanto 4,9% solicitaram mais teoria e como ela é abordada, demonstrando o interesse entre prática e conteúdo conceitual. Já na turma 301 CNS, 30,3% também sugeriram mais prática, e 15,2% apontaram a questão do tempo como um aspecto que poderia ser mais tempo para o projeto, o que indica a necessidade de mais encontros ou de um maior tempo dedicado às atividades propostas. A percentagem de alunos que não respondeu foi maior na turma 301 CNS, 21,2%, do que na turma 300 9,8%, o que pode sinalizar um menor engajamento ou insegurança em formular críticas.

Os resultados reforçaram a importância de manter a abordagem prática, que é bastante valorizada, ao mesmo tempo em que apontam oportunidades de refinamento, como a melhor distribuição entre teoria e prática e a ampliação do tempo para execução das atividades. Ouvir essas percepções é essencial para garantir a continuidade de propostas pedagógicas que realmente dialoguem com os interesses e necessidades dos estudantes (Moran, Masetto e Behrens, 2000).

A [Figura 25](#) apresenta os resultados da oitava pergunta, que buscou compreender a percepção dos participantes sobre o impacto do projeto em sua prática docente ou formação.

Figura 25 – Gráficos das respostas dos alunos para a questão 8 do questionário de pós-diagnóstico: “Em sua opinião, qual foi o impacto do projeto na sua prática docente (ou formação)?”.



Fonte: Autoria própria (2025)

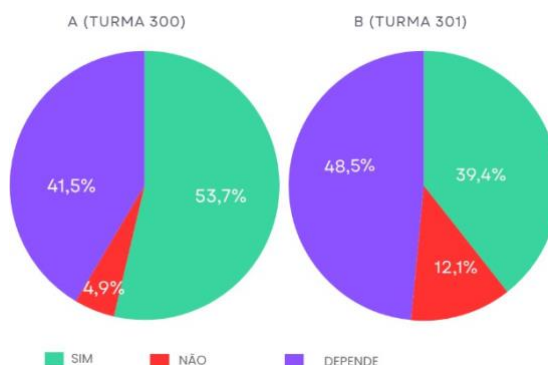
Os dados revelaram que o projeto teve impacto relevante na percepção da maioria dos participantes das duas turmas. Na turma 300 CNS, 58,5% dos alunos classificaram o impacto como relevante, seguidos por 24,4% que consideraram pouco relevante, e 17,1% que o avaliaram como muito relevante. Já na turma 301 CNS, 54,5% consideraram o projeto relevante, enquanto

uma parcela maior do que na turma 300 CNS (27,3%) indicou que o projeto foi muito relevante para sua formação. Apenas 18,2% dos participantes da turma 301 CNS apontaram que o impacto foi pouco relevante.

Importante destacar que nenhuma das turmas assinalou a opção “sem impacto”, o que demonstra que o projeto gerou algum tipo de contribuição significativa para todos os participantes, mesmo que em diferentes níveis. Essa avaliação positiva sugere que as estratégias utilizadas como aulas práticas, recursos didáticos diferenciados e a abordagem interdisciplinar contribuíram para uma aprendizagem mais ativa e significativa, reforçando os pressupostos defendidos por autores como Moran, Masetto e Behrens (2000), que destacam a importância de práticas pedagógicas que envolvam e motivem o aluno em sua formação crítica.

A [Figura 26](#) exibe um comparativo das respostas dos alunos das turmas 300 CNS e 301 CNS à pergunta: "Você gostaria de continuar participando de atividades/formações sobre Nanotecnologia?"

Figura 26 – Gráficos das respostas dos alunos para a questão 8 do questionário de pós-diagnóstico: “Você gostaria de continuar participando de atividades/formações sobre Nanotecnologia?”



Fonte: Autoria própria (2025)

A interpretação do gráfico da turma 300 CNS (Gráfico A): 53,7% dos alunos responderam "Sim", demonstrando um interesse majoritário em continuar aprendendo sobre nanotecnologia, 41,5% responderam "Depende", indicando que há um número considerável de estudantes que podem se engajar mais dependendo da disponibilidade de horários. Apenas 4,9% disseram "Não", revelando uma rejeição mínima ao tema. Já na turma 301 CNS (Gráfico

B): 39,4% responderam "Sim", uma porcentagem menor em comparação com a turma 300, o que indica menor entusiasmo inicial. 48,5% disseram "Depende", ou seja, quase metade da turma está indecisa e pode ser motivada com ajustes nas atividades, 12,1% responderam "Não", um número mais elevado que na turma 300 CNS, sugerindo uma maior resistência entre os alunos da turma 301 CNS.

A turma 300 CNS demonstrou maior interesse direto em continuar com as atividades sobre nanotecnologia, já a turma 301 CNS, apesar de ter menos respostas positivas, apresentou um alto percentual de alunos indecisos, o que representa uma oportunidade com estratégias adequadas, para a disponibilidade de horários. O baixo índice de rejeição em ambas as turmas é um indicativo positivo para a continuidade e aprimoramento das formações.

A questão final, foi para os alunos deixarem suas sugestões, críticas e observações sobre o trabalho; dos discentes da turma 300 CNS a maioria colocou que não tinha críticas e nada a acrescentar, mas fizeram muitas contribuições como: “ Foi um projeto incrível, e que se eu pudesse teria mais aulas desse tipo”, “Poucas experiências, professores ótimos”, “ É um projeto que chama atenção e traz conhecimento”, “Foi um projeto muito bom e dinâmico”, “Que deveriam ter mais projetos assim”, “Não usar muitos slides, explique escrevendo, desenhando no quadro ao mesmo tempo para entender melhor, + jogos sobre o assunto” e “ O projeto foi bem executado e gostei bastante”.

Na turma 301 CNS, a maioria escreveu que gostou e foi bastante proveitoso, com citações tais como: “O projeto foi bom, abriu uma perspectiva de novas áreas e profissões”, “Só tenho de agradecer por participar do projeto, foi uma ótima experiência”, “ O projeto abordou o assunto de forma clara por meio de explicações e aulas praticas”, “O projeto é extremamente perfeito, pois ensina muitas coisas sobre a nano”, “O projeto foi bom, mas preciso aprender mais.”, “É uma ótima iniciativa, que deve ser aplicada em mais escolas”, “Demonstrações práticas, ou seja, alunos e mestres criar algo juntos sobre o assunto, um projeto” e “O projeto na minha visão está excelente”.

6 CONCLUSÕES

A inserção da nanociência e da nanotecnologia no contexto da educação básica, especialmente no Ensino Médio, revelou-se uma estratégia eficaz para aproximar os alunos de temas contemporâneos e altamente relevantes para a sociedade atual. O trabalho desenvolvido demonstrou que, ao utilizar metodologias alternativas, recursos lúdicos, aulas expositivas e atividades práticas, foi possível despertar o interesse dos estudantes para áreas que, muitas vezes, são consideradas complexas ou distantes da realidade escolar. A familiarização dos discentes com a escala nanométrica e suas aplicações cotidianas ampliou a compreensão científica, conectando teoria e prática de forma significativa.

Os dados obtidos por meio dos questionários pré e pós-diagnóstico evidenciaram uma mudança perceptível no conhecimento e no interesse dos alunos. Inicialmente, a maioria desconhecia os conceitos básicos da nanotecnologia e suas aplicações, e grande parte nunca havia tido contato com o tema em sala de aula. Após a realização das atividades da pesquisa, os resultados apontaram para uma melhora expressiva na familiaridade com o conteúdo, no entendimento dos conceitos abordados e no reconhecimento da importância do tema na formação científica. Além disso, os alunos passaram a associar a nanotecnologia não apenas à Química ou à Física, mas ao potencial interdisciplinar dessa área do conhecimento.

Outro ponto de destaque foi o impacto da abordagem utilizada na formação dos estudantes. A utilização de recursos como jogos didáticos, experimentações e contação de histórias possibilitou um ambiente de aprendizagem mais dinâmico e inclusivo. Os estudantes reconheceram que os conteúdos foram transmitidos de forma clara e acessível, o que reforça a importância do uso de metodologias que dialoguem com a realidade do aluno e que favoreçam a construção coletiva do conhecimento. A valorização da experiência como promotora de interesse pelas Ciências é um indicativo da relevância de práticas pedagógicas inovadoras no ensino de temas complexos.

Portanto, pode-se concluir que o ensino de nanociência e nanotecnologia no Ensino Médio, quando associado a metodologias participativas e recursos didáticos contextualizados, é uma estratégia promissora para tornar o ensino de Ciências mais atrativo, significativo e transformador.



7 PERSPECTIVAS FUTURAS

Diante dos resultados obtidos, que mostrou um aceite e uma boa conexão, as perspectivas futuras apontam para a ampliação e continuidade das ações educativas voltadas à temática da nanotecnologia no contexto escolar, especialmente com o uso de novas metodologias ativas e interdisciplinares. A replicação do trabalho em outras turmas da escola escolhida e em outras escolas públicas da cidade de Grajaú pode contribuir para a consolidação de um currículo mais conectado com os avanços científicos e tecnológicos da atualidade, além de promover o protagonismo estudantil.

Sugere-se, ainda, o desenvolvimento de materiais didáticos próprios, como jogos, roteiros experimentais e simuladores interativos, adaptados à realidade dos alunos, de modo a facilitar a assimilação dos conteúdos. Outro ponto relevante é a capacitação continuada de professores das áreas de Ciências da Natureza, favorecendo uma formação docente mais crítica, reflexiva e atualizada em relação aos temas emergentes da ciência. Por fim, esperamos que este trabalho inspire outras iniciativas de inovação pedagógica, que valorizem o diálogo entre Ciência, Tecnologia e Sociedade, contribuindo para uma educação mais inclusiva, significativa e transformadora.

REFERÊNCIAS

ALVES, JV; LIMA, MCA. Uma abordagem sobre nanociência e nanotecnologia na Educação Básica. **Ensino e Multidisciplinaridade**, v. 2, pág. 33–52, 2018.

ANTUNES FILHO, Sérgio; SANTOS, Mayara Santana dos; 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, v. 20, 30 maio 2023. Disponível em: <https://educacaopublica.cecierj.edu.br/artigos/23/20/e-possivel-falar-de-nanotecnologia-na-escola-uma-proposta-de-artigo-cientifico-para-criancas-e-adolescentes> . Acesso em: 14 jul. 2025.

ARAÚJO, AFC; SILVA, KNP; SILVA, JA As contribuições da nanotecnologia em aulas de química na educação básica: estudo de revisão. **Ciências Exatas e da Terra**, v. 29, ed. 145, abr. 2025.

BACKX, BP; SANTOS, MS; SANTOS, OAL; FILHO, AS. O Papel das Nanopartículas de Prata Biossintetizadas em Mecanismos Antimicrobianos. **Current Pharmaceutical Biotechnology**, v. 22, n. 6, p. 762–772, 2021. DOI: 10.2174/1389201022666210202143755.

BASSOTO, Gabriela Viana. **Nanotecnologia: uma investigação fundamentada na educação pela pesquisa se refletindo na formação de professores e no ensino de química**. 2011. 130f. Dissertação (Mestrado em Ciências e Matemática) – Pontifícia Universidade Católica do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2011.

BATISTA, RS et al. Nanociência e nanotecnologia como temáticas para discussão de ciência, tecnologia, sociedade e meio ambiente. **Ciência & Educação**, v. 2, pág. 479–490, 2010.

BRASIL. Lei nº 14.533, de 22 de dezembro de 2023. Institui a Política Nacional de Educação Digital. **Diário Oficial da União**: seção 1, Brasília, DF, 22 dez. 2023.

BRASIL. Lei nº 9.394, de 20 de dezembro de 1996. Estabelece as diretrizes e bases da educação nacional. **Diário Oficial da União**: seção 1, Brasília, DF, 23 dez. 1996.

BRASIL. Ministério da Educação. **Base Nacional Comum Curricular**. Brasília: MEC, 2017. Disponível em: <http://basenacionalcomum.mec.gov.br> . Acesso em: 10 jul. 2025.

BRASIL. Ministério da Educação. **Diretrizes Curriculares Nacionais para o Ensino Médio**. Brasília, DF: MEC/SEB, 2013.

BRASIL. Ministério da Educação. Secretaria de Educação Fundamental. **Parâmetros Curriculares Nacionais: Ciências Naturais**. Brasília: MEC/SEF, 2001.

CÂMARA, MSC; MORAIS, CS; ARANDAS, AM Abordagens em Nanociência e Nanotecnologia de baixo custo aplicada para o ensino médio no sertão do Pajéu. In: 3ª **Reunião Anual da Sociedade Brasileira de Química**, 2021.



CARVALHO, A. M. P. Ensino de ciências por investigação: condições para implementação em sala de aula. São Paulo: Cengage Learning, 2006.

CRUZ, EKT O ensino de Ciências: o uso da metodologia por investigação. **Revista Educação Pública**, Rio de Janeiro, v. 25, 16 jul. 2024. Disponível em: <https://educacaopublica.cecierj.edu.br/artigos/24/25/o-ensino-de-ciencias-o-uso-da-metodologia-por-investigacao> . Acesso em: 10 jul. 2025.

DELIZOICOV, Demétrio; ANGOTTI, José André; PERNAMBUCO, Marta Maria Castanho Almeida. Ensino de ciências: fundamentos e métodos. São Paulo: Cortez, 2002. 364 p. (**Docência em formação: Ensino Fundamental**). ISBN 8524908580.

DISNER, G. R.; CESTARI, M. M. Nanociência & nanotecnologia. **Evidência**, Joaçaba, v. 16, n. 1, p. 71-76, jan./jun. 2016.

FERREIRA, H. S.; RANGEL, M. C. Nanotecnologia: aspectos gerais e potencial de aplicação em catálise. **Química Nova**, São Paulo, v. 32, n. 7, p. 1860-1870, 2009.

FILHO, F. A.; BACKX, E. P. A nanotecnologia e os seus impactos: subsídios para inserção da temática no ensino de Química. **Revista Ciências Exatas e Naturais**, v. 1, p. 109-122, 2020.

GUEDES, C. P.; LIMA, M. E. M.; DANTAS, L. A. Os desafios da nanotecnologia em medicamentos. In: **Farmácia: fronteiras na pesquisa e desenvolvimento**, p. 37–50, 2024.

JUNIOR, C. A. S.; JESUS, D. P.; FRANCISCO, C. R. L.; CUNHA, R. L. Ensino de nanociência e nanotecnologias no Brasil: uma revisão sistemática. **International Journal Education and Teaching (PDVL)**, v. 3, p. 1-18, 2020. ISSN 2595-2498. DOI: <https://doi.org/10.31692/2595-2498.v3i3.144>.

JUNIOR, E. V. F. **Nanociência no Ensino Médio: potencialidades da Educação CTS**. 2019. Dissertação (Mestrado em Física) – Universidade de Brasília, Brasília, DF, 2019.

MARCONDES, M. E. R. As Ciências da Natureza nas 1ª e 2ª versões da Base Nacional Comum Curricular. **Estudos Avançados**, São Paulo, v. 32, n. 94, 2018.

MARQUES, E. F. Da nanociência à nanotecnologia. **Revista Ciência Elementar**, v. 2, n. 3, p. 058, 2014. DOI: <https://doi.org/10.24927/rce2014.058>.

MORAN, José Manuel; MASETTO, Marcos T.; BEHRENS, Marilda Aparecida. Novas tecnologias e mediação pedagógica. Campinas: Papirus, 2000.

MOREIRA, M. A. Teoria da aprendizagem significativa: um referencial para organizar o ensino. 2. ed. Brasília: **Editora da UnB**, 2011.

NETO, J. L. **A alfabetização científica contida em nanociência e nanotecnologia nos livros didáticos de química**. 2021. Dissertação (Mestrado em Ensino de Ciências) – Universidade Federal de São Paulo, Diadema, 2022. Disponível em: <https://repositorio.unifesp.br/handle/11600/65825>. Acesso em: 10 jul. 2025.

ONANO BRASIL. Olimpíada Nacional de Nanotecnologia. Coordenação: Delmárcio Gomes. [S.l]: Projeto CNPq, 2023.

PEDROSA, M. B. A. O.; PINTO, E. S. Nanociência e nanotecnologia no ensino médio: abordagem no contexto do ensino remoto. **Revista Dynamis**, Blumenau: FURB, v. 29, n. 1, p. 91–108, 2023. ISSN 1982-4866.

PEREIRA, F. D.; HONÓRIO, K. M.; SANNOMIYA, M. Nanotecnologia: desenvolvimento de materiais didáticos para uma abordagem no ensino fundamental. **Química Nova na Escola**, v. 32, n. 2, maio 2010.

REIS, P. Desafios à Educação em Ciências em tempos conturbados. **Ciência & Educação**, Bauru, v. 27, e21000, 2021.

RIBEIRO, J. S.; LEITE, S. A presença das metodologias ativas nas áreas do conhecimento do CNPq: uma revisão das produções das áreas. **Revista Eletrônica Pesquiseduca**, [S. l.], v. 17, n. 44, p. 97–113, 2025. DOI: <https://doi.org/10.58422/repesq.2025.e1751>. Disponível em: <https://periodicos.unisantos.br/pesquiseduca/article/view/1751>. Acesso em: 22 jul. 2025.

CRUZ, S. C. dos S. **As dificuldades no ensino da Química: um olhar sobre a prática pedagógica em escolas públicas**. 2010. 104 f. Dissertação (Mestrado em Educação) – Universidade Estadual do Maranhão, São Luís, 2010.

SAKHNINI, S.; BLONDER, R. Aplicações da nanotecnologia como contexto para o ensino dos conceitos essenciais da NST. **International Journal of Science Education**, v. 38, n. 3, p. 1–18, 2016.

SAMPAIO, Rafael Andrade. **Ensino de nanotecnologia no ensino médio de diferentes metodologias teórico-práticas**. 2017. 85 f. Monografia (Graduação em Química) – Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2017.

SANFELICE, R. C.; PAVINATTO, A.; CORREA, D. S. Introdução à nanotecnologia. In: SANFELICE, R. C. et al. **Nanotecnologia aplicada a polímeros**. São Paulo: Blucher, 2022. cap. 1.

SANTOS, R. dos; MENEZES, A. de. A experimentação no ensino de Química: principais abordagens, problemas e desafios. **Revista Eletrônica Pesquiseduca**, [S. l.], v. 12, n. 26, p. 180–207, 2020. Disponível em: <https://periodicos.unisantos.br/pesquiseduca/article/view/940>. Acesso em: 22 jul. 2025.



SCARPA, D. L. O papel da argumentação no ensino de ciências: lições de um workshop. **Revista Ensaio**, Belo Horizonte, v. 17, n. especial, p. 15–30, nov. 2015.

SILVA, José Lucena Nunes da. Nanociência e nanotecnologia no ensino de ciências: uma análise dos trabalhos publicados nas atas do ENPEC. In: **Anais do XIII Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências**, Campina Grande: Realize Editora, 2021. Disponível em: <https://ns1.editorarealize.com.br/artigo/visualizar/76410>. Acesso em: 22 jul. 2025.

TOMKELSKI, M. L.; SCREMIN, G.; FAGAN, S. B. Ensino de nanociência e nanotecnologia: perspectivas manifestadas por professores da educação básica e superior. **Ciência & Educação**, Bauru, v. 25, n. 3, p. 665–683, 2019.

VALENTE, José Armando. **Inovação nos processos de ensino e de aprendizagem: o papel das tecnologias digitais**. Instituto de Artes (IA) & Núcleo de Informática Aplicada à Educação (NIED), UNICAMP, 2018.

VALOTTO, R. S.; KEIJOK, W. J.; GUIMARÃES, M. C. C. Síntese e caracterização de nanopartículas de ouro reduzidas com casca de romã (*Punica granatum* L.). In: **O ensino e a pesquisa em química 3**. São Paulo: [s.n.], 2021. cap. 9, p. 107–116.

VYGOTSKY, L. S. A formação social da mente: o desenvolvimento dos processos psicológicos superiores. 7. ed. São Paulo: **Martins Fontes**, 2001.



**UNIVERSIDADE
FEDERAL DO
MARANHÃO**

61

**CENTRO DE CIÊNCIAS DE GRAJAÚ
COORDENAÇÃO DO CURSO DE LICENCIATURA EM
CIÊNCIAS NATURAIS-QUÍMICA**

APÊNDICES



APÊNDICE 1 – Questionário de diagnóstico sobre nanociência e nanotecnologia.



UNIVERSIDADE
FEDERAL DO
MARANHÃO
CENTRO DE CIÊNCIAS DE GRAJAÚ
COORDENAÇÃO DO CURSO DE LICENCIATURA EM
CIÊNCIAS NATURAIS-QUÍMICA

TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO (TCLE) EM
CONCORDÂNCIA COM A PESQUISA

Prezado(a) Participante,

Você está sendo convidado para participar do Projeto de Extensão intitulado **"NANOTECNOLOGIA NA ESCOLA: Abordagens pedagógicas da Nanociência e Nanotecnologia em escolas da educação básica no município de Grajaú-MA"** coordenado pela Profa Dra Ilanna Campelo Lopes do Curso de Licenciatura Interdisciplinar em Ciências Naturais-Química do Centro de Ciências de Grajaú da Universidade Federal do Maranhão. A sua participação nesta pesquisa se deve a você ser discente do Ensino Básico, e, desse modo, é voluntária. Sua participação consiste, ao aceitar em colaborar com a pesquisa, em responder este questionário que será entregue em sala de aula. É obrigatório responder a todas as perguntas se assim você o desejar. O(a) entrevistado(a) não terá despesas e nem será remunerado pela participação na pesquisa. Todas as despesas decorrentes de sua participação na pesquisa não serão cobradas. Para garantir a confidencialidade e a privacidade dos indivíduos, não haverá a nenhum momento a necessidade da exposição do nome do participante no questionário. Todos os dados obtidos na pesquisa serão utilizados exclusivamente com finalidades científicas conforme previsto no consentimento do participante. Os resultados da pesquisa não serão divulgados a terceiros. Não existe benefício ou vantagem direta em participar deste estudo. Os benefícios e vantagens em participar são indiretos, proporcionando retorno social através da publicação dos resultados da pesquisa em periódicos científicos. A sua privacidade será mantida através da não identificação do seu nome. Para concordar com o termo, o entrevistado deverá assinar o termo. Agradecemos a sua participação.

Assinatura do(a) participante

Centro de Ciências de Grajaú
Av. Auril Maria dos Santos Barros Sousa, 2010, Loteamento Frei Alberto Beretta, Extrema – Grajaú-MA
CEP: 65940-000, Fone: (98) 3272-9750/9751



UNIVERSIDADE
FEDERAL DO
MARANHÃO
CENTRO DE CIÊNCIAS DE GRAJAÚ
COORDENAÇÃO DO CURSO DE LICENCIATURA EM
CIÊNCIAS NATURAIS-QUÍMICA

9. Você já teve alguma aula sobre Nanociência ou Nanotecnologia na escola?
() Sim, já tivemos uma aula detalhada sobre o tema.
() Não, apenas o termo foi citado em algum conteúdo, mas sem aprofundamentos. A exemplo, sobre unidades de medidas.
() Nunca estudamos sobre o tema na escola.

10. Em qual disciplina da educação básica você acha que pode ter sido abordado o conteúdo da Nanotecnologia?
() Biologia () Ciências () Física () Matemática
() Química () Todas as disciplinas citadas acima () Outra. Qual? _____

11. Você acha que o tema Nanociências e Nanotecnologia deveria ser mais abordado no Ensino Médio?
() Sim, acho um assunto interessante e importante.
() Talvez, dependa da forma como foi ensinado.
() Não, acho que não é um tema relevante para mim.

Centro de Ciências de Grajaú
Av. Auril Maria dos Santos Barros Sousa, 2010, Loteamento Frei Alberto Beretta, Extrema – Grajaú-MA
CEP: 65940-000, Fone: (98) 3272-9750/9751



UNIVERSIDADE
FEDERAL DO
MARANHÃO
CENTRO DE CIÊNCIAS DE GRAJAÚ
COORDENAÇÃO DO CURSO DE LICENCIATURA EM
CIÊNCIAS NATURAIS-QUÍMICA

Projeto de Extensão: NANOTECNOLOGIA NA ESCOLA: Abordagens pedagógicas da Nanociência e Nanotecnologia em escolas da educação básica no município de Grajaú-MA.

Questionário de diagnóstico sobre Nanociências ou Nanotecnologia

1. Você já ouviu falar sobre Nanociência ou Nanotecnologia?
() Sim
() Não
() Já ouvi falar, mas não lembro o conceito
2. Onde você ouviu falar sobre Nanociência ou Nanotecnologia?
() Jornais ou revistas () Televisão () Redes sociais
() Livros () Sala de aula () Nunca ouvi falar
3. Você sabe o que é uma escala nanométrica?
() Sim () Não
4. Você sabe o que é Nanotecnologia?
() Sim () Não
5. O que você entende por Nanociência e Nanotecnologia?

6. Você conhece algum produto do seu cotidiano que envolve Nanotecnologia?
() Sim () Não
7. Em qual(is) área(s) a Nanotecnologia é aplicada?
() Agricultura () Fármacos () Eletrônicos
() Cosméticos () Todas as opções citadas acima
8. Se você pudesse aprender mais sobre Nanociências ou Nanotecnologia, qual aspecto mais te interessaria?
() Aplicação na Saúde e na Medicina
() Aplicação na Tecnologia do futuro
() Aplicação na preservação do meio ambiente e a sustentabilidade
() Aplicação no bem-estar da vida cotidiana (cosméticos, alimentos, vestuário, etc.)
() Nenhum desses temas me interessa

Centro de Ciências de Grajaú
Av. Auril Maria dos Santos Barros Sousa, 2010, Loteamento Frei Alberto Beretta, Extrema – Grajaú-MA
CEP: 65940-000, Fone: (98) 3272-9750/9751

APÊNDICE 2 – História “A aventura nano de Léo e Sofia”

A Aventura Nano de Léo e Sofia

Léo e Sofia eram dois amigos curiosos que adoravam ciência, mas nunca tinham parado para pensar no mundo invisível ao seu redor. Um dia, ao final da aula de química, a professora Ana fez uma pergunta intrigante:

— “Vocês já imaginaram como seria entrar no mundo dos átomos?”

Os alunos riram, achando que era impossível. Mas então, a professora pegou um dispositivo estranho, parecido com um relógio, e explicou:

— “Hoje vocês terão a oportunidade de **encolher para a nanoescala** e descobrir como a nanotecnologia está mudando o mundo!”

Antes que pudessem questionar, a sala ao redor começou a brilhar. De repente, Léo e Sofia estavam diminuindo... e diminuindo... até que tudo ao redor parecia gigantesco.

Eles haviam acabado de entrar no **Mundo Nano**!

Léo olhou ao redor e ficou de boca aberta. Eles estavam em cima de algo dourado, mas... aquilo **não era dourado de verdade!**

— “Sofia, olha! O ouro aqui parece azul!”

A professora Ana, agora do tamanho deles, explicou:

— “Isso acontece porque, na nanoescala, os materiais mudam de propriedade. O ouro pode ficar azul, vermelho ou até roxo!”

— “Nossa, então as coisas não funcionam da mesma forma quando são muito pequenas?” — perguntou Sofia.

— “Exatamente! As regras da física tradicional mudam no mundo nano.”

Eles continuaram explorando e viram estruturas estranhas ao longe. Eram como tubos minúsculos que se enrolavam e pareciam extremamente resistentes.

— “Isso é um nanotubo de carbono!” — explicou a professora. “Ele é mais forte que o aço, mas incrivelmente leve. É usado para criar materiais super-resistentes e até para melhorar baterias.”

Léo e Sofia estavam fascinados.

De repente, uma luz forte os puxou para outro local. Agora estavam dentro de um corpo humano!

— “O que está acontecendo?” — perguntou Léo, assustado.

— “Estamos dentro da corrente sanguínea!” — disse a professora. “E vejam, ali estão os **nanorrobôs**!”

Eles viram pequenas partículas viajando pelo sangue e se dirigindo para uma célula doente.

— “Esses são nanorrobôs médicos. Eles podem encontrar células doentes e liberar remédios no lugar exato, sem afetar o resto do corpo. Isso ajuda a evitar os efeitos colaterais dos tratamentos tradicionais, como a quimioterapia.”

Sofia arregalou os olhos.

— “Então, no futuro, podemos tratar doenças sem precisar de tantos remédios?”

— “Sim! E isso já está acontecendo. A nanotecnologia permite criar medicamentos que atacam apenas o problema, sem prejudicar as células saudáveis.”

Léo ficou empolgado. Ele sempre quis ser médico, e aquilo parecia coisa de ficção científica... só que era real!

Após alguns segundos, a cena mudou novamente. Agora estavam em um lugar repleto de máquinas, mas algo estava diferente. Não havia peças gigantes, nem operários suados. Tudo parecia organizado, limpo e... muito pequeno.

— “Estamos em uma fábrica nanotecnológica?” — perguntou Sofia.

— “Sim!” — respondeu a professora. “Aqui, os materiais são construídos átomo por átomo. Isso permite criar coisas mais leves, resistentes e eficientes!”

Eles viram um carro sendo fabricado com materiais ultraleves, roupas que repeliam água e telas de celular inquebráveis.

— “Então, a nanotecnologia pode mudar tudo?” — perguntou Léo.

— “Isso mesmo! Desde a forma como fazemos roupas até a maneira como produzimos energia. Com nanomateriais, podemos criar **painéis solares mais eficientes, embalagens biodegradáveis e até impressoras 3D que constroem órgãos para transplante!**”

Sofia olhou para um pequeno frasco contendo um líquido transparente.

— “O que é isso?”

— “Esse é um protetor solar nanotecnológico!” — disse a professora. “Diferente dos comuns, ele espalha uniformemente e protege melhor contra os raios UV.”

— “Então, usamos nanotecnologia sem nem perceber?”

— “Exato! Ela está no seu celular, na sua roupa esportiva, nos cosméticos e até nos alimentos!”

Depois dessa incrível jornada, Léo e Sofia começaram a brilhar e, de repente... estavam de volta à sala de aula.

— “O que foi isso?” — perguntou Léo, ainda maravilhado.

A professora sorriu.

— “Foi um pequeno vislumbre do futuro! Agora me digam: o que aprenderam sobre nanotecnologia?”

Léo olhou para Sofia e disse:

— “Aprendemos que ela está em tudo: na medicina, na indústria, na tecnologia e até no meio ambiente!”

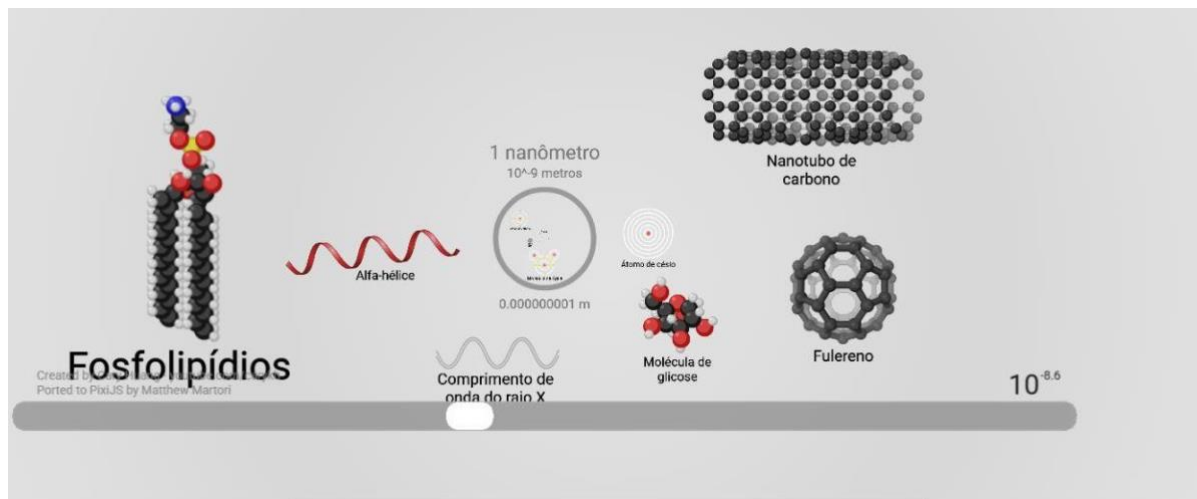
Sofia completou:

— “E que, por menor que seja, ela tem um impacto gigantesco!”

A professora aplaudiu.

— “Muito bem! Então, quem aqui quer ser um cientista nano no futuro?”

APÊNDICE 3 – Simulador digital “Htwins a escala universe 2”.



APÊNDICE 4 – Objetos concretos apresentados para ilustrar as propriedades físico-químicas presentes em nanomateriais.



APÊNDICE 5 – Jogo da memória.

1. Nanoesfera sólida (ouro)

Descrição: Esfera microscópica feita de ouro.
Uso: Terapia térmica no tratamento de câncer e exames de imagem com contraste.
Analogia: Uma bolinha invisível de ouro que aquece células doentes.

2. Nanoesfera de hidrogel (polimérica)

Descrição: Esfera feita de um gel que retém muita água.
Uso: Liberação lenta e controlada de medicamentos ou substâncias em cosméticos.
Analogia: Uma mini-esponja hidratada que libera remédio aos poucos.

3. Nanoesfera mesoporosa de sílica

Descrição: Esfera com poros (buracos) que armazenam outras substâncias.
Uso: Transporte de fármacos, catalisadores e agentes para diagnósticos.
Analogia: Uma penicila minúscula que carrega remédio.

4. Nanorod / Nanotubo de carbono

Descrição: Estrutura cilíndrica super-resistente, feita de átomos de carbono.
Uso: Dispositivos eletrônicos, tecidos reforçados e sensores.
Analogia: Um "camudinho" microscópico muito forte.

5. Nanocápsula (SPION – óxido de ferro superparamagnético)

Descrição: Cápsula com núcleo magnético que carrega substâncias.
Uso: Direcionamento de medicamentos com campo magnético e diagnóstico por imagem (MRI).
Analogia: Uma pílula invisível com ímã dentro.

6. Micela (auto-organizada)

Descrição: Grupo de moléculas que se organizam espontaneamente em forma de bolha.
Uso: Carrega substâncias que não se dissolvem em água (como certos medicamentos).
Analogia: Bolha de sabão feita de moléculas de remédio.

7. Lipossomo

Descrição: Esfera com dupla camada de gordura e interior aquoso.
Uso: Entrega de vacinas, cosméticos e medicamentos.
Analogia: Bola de chiclete cheia de água com remédio dentro.

8. Nanoshell (ferritina natural)

Descrição: Partícula feita com proteína ferritina e núcleo de ferro.
Uso: Transporte de ferro no organismo ou entrega de substâncias.
Analogia: Um "ovo de ferro" com casca de proteína.

9. Nanoshell (albumina + medicamento)

Descrição: Estrutura de proteína (albumina) com medicamento dentro.
Uso: Liberação controlada e segura de remédio no corpo.
Analogia: Uma cápsula invisível recheada de tratamento.

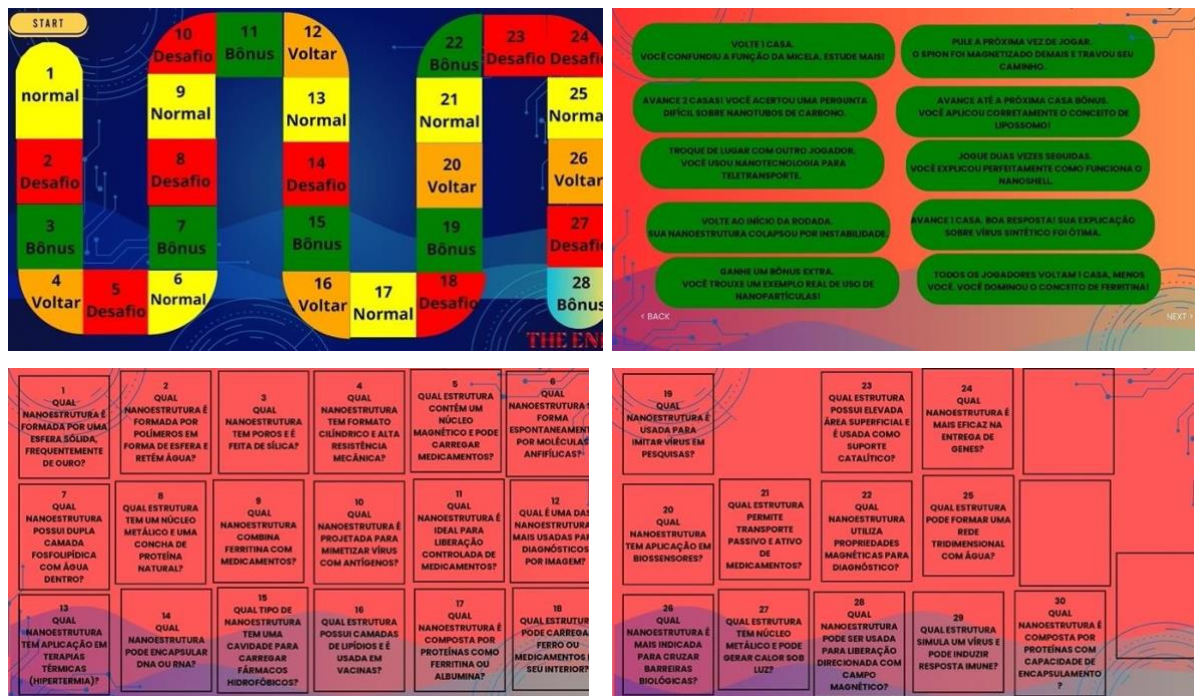
10. Nanopartícula viral sintética

Descrição: Imita um vírus, mas não causa doença.
Uso: Estimula o sistema imune em vacinas e terapias.
Analogia: Um vírus "de mentira" que ensina o corpo a se proteger.

Nanoesfera sólida (ouro) Esfera microscópica feita de ouro. Usada em terapias térmicas e imagem.  Nanoesfera sólida, ouro	Nanoesfera de hidrogel Estrutura gelatinosa que libera medicamentos lentamente.  Nanoesfera polimérica de hidrogel	Nanoesfera mesoporosa de sílica Esfera porosa que armazena substâncias como fármacos.  Nanoesfera mesoporosa de sílica
Nanorod (nanotubo de carbono) Cilindro microscópico usado em eletrônica e tecidos.  Nanorod (nanotubo de carbono)	Nanocápsula (SPION) Cápsula magnética para entrega de medicamentos.  Nanocápsula (SPION)	Selfassembled NP (micela) Micela Bolha de moléculas que carrega compostos insolúveis em água.  Micela

Lipossomo Bolha com duas camadas lipídicas usada em vacinas e cosméticos.  Vírus sintético Partícula que imita vírus usada em vacinas modernas.  Nanoshell, engineered albumina + medicamento	Nanoshell (ferritina) Concha de proteína com ferro usada em transporte de nutrientes.  Selfassembled NP (lipossomo) Nanoshell, ferritina natural	Nanoshell (albumina + fármaco) Estrutura proteica com medicamento encapsulado.  Vírus sintético em NP
--	--	---

APÊNDICE 6 – Jogo de tabuleiro com trilhas de perguntas.



APÊNDICE 7 - Jogo da “força”.

Nº Palavra (Resposta)	Dica para o jogo	Nº Palavra (Resposta)	Dica para o jogo
1 Nanopartícula	É menor que um fio de cabelo e usada na medicina e cosméticos.	18 Cicatrização	Processo acelerado pelas nanopartículas de prata em pomadas.
2 Citronela	Planta com ação repelente usada na síntese verde.	19 Cosmético	Produto de uso estético que pode usar nanotecnologia.
3 Redução	Processo químico que forma nanopartículas.	20 Nylon	Tecido onde nanopartículas podem ser aplicadas para evitar bactérias.
4 Fagocitose	Mecanismo de entrada das nanopartículas nas células.	21 Drug delivery	Termo em inglês para entrega de fármacos usando nanotecnologia.
5 Fotodinâmica	Terapia que usa luz para ativar nanopartículas contra o câncer.	22 Rip Sense	Embalagem inteligente que indica o estado do alimento por cor.
6 Nanocápsula	Estrutura que libera fármacos lentamente no organismo.	23 Infravermelho	Tipo de luz usada na terapia fotodinâmica.
7 Nanocosmético	Produto de beleza com ativos nanoestruturados.	24 Alimento	Produto que pode ser embalado com nanopartículas para durar mais.
Roupas hospitalares	Onde nanopartículas de prata são aplicadas para evitar infecções.	25 Aplicação	Onde usamos as nanopartículas (cosmético, remédio, tecido, etc).
9 Anticorpo	Molécula que reconhece e se liga à célula-alvo, como no câncer.	26 Ciclo celular	As nanopartículas interferem nisso para matar células tumorais.
10 Prata	Metal com ação bactericida e fungicida em nanopartículas.	27 Contaminação	Riscos que as roupas hospitalares com nanopartículas ajudam a evitar.
11 Ouro	Metal usado em nanopartículas para tratamento do câncer.	28 Efeito térmico	Responsável pela destruição de tumores via laser ou campo magnético.
12 Magnetohipertermia	Técnica com nanopartículas magnéticas que gera calor para matar tumores.	29 Diagnóstico	Função das nanopartículas no início do tratamento do câncer.
13 Transporte	Função das nanopartículas para levar remédio ao lugar certo.		
14 Encapsulamento	Protege o princípio ativo e libera lentamente o remédio.		
15 Liberação controlada	Tipo de ação em que o fármaco é liberado de forma contínua.		
16 Membrana polimérica	Envolve o fármaco dentro das nanocápsulas.		
17 Estabilidade	Uma das vantagens das nanocápsulas, ajuda a preservar o medicamento.		
Nº Palavra (Resposta)	Dica para o jogo		
30 Sensor	Elemento presente nas embalagens inteligentes para monitorar o alimento.		

APÊNDICE 8 – Roteiro da aula prática utilizado para a realização da triagem fitoquímica dos extratos vegetais aroeira e candeia.



Laboratório de Química e Biologia
Laboratório de Pesquisa – Ciências Naturais
Grupo de Pesquisa em Ciências Naturais e Biotecnologia - CENATEC



PROSPECÇÃO FITOQUÍMICA

Para a identificação das classes de metabólitos secundários será utilizado a metodologia descrita por Barbosa et al. (2004) no Manual para Análise Fitoquímica e Cromatográfica de Extratos Vegetais.

- ✓ Observar a quantidade de análises realizadas para prosseguir aos ajustes das quantidades de soluções;
- ✓ Os testes devem ser realizados em triplicata;
- ✓ Em todos os testes deve ser realizado o branco;
- ✓ Observar informações das etiquetas das soluções e rótulos dos reagentes;
- ✓ Os reagentes e soluções que apresentam riscos devem ser manuseados utilizando a capela de exaustão de gases;
- ✓ Os resíduos gerados nos testes devem ser devidamente descartados de forma segura utilizando os frascos de descarte;
- ✓ Qualquer dúvida, buscar orientação.

Determinação do Branco

Um branco contém os reagentes e solventes usados na determinação, mas não o analito (os analitos são os componentes de uma amostra a ser determinados). Em uma determinação em branco, todas as etapas da análise são desenvolvidas no material denominado branco. Os resultados são então aplicados na correção das medidas feitas com a amostra. Determinações em branco revelam erros que ocorrem devido a interferentes presentes nos reagentes e frascos usados na análise. (Skoog et al., 2006).

■ SAPONINAS

Saponina espumida: dissolver 20 miligramas do extrato alcoólico seco em 5 mL de água destilada. Em seguida, diluir para 15 mL e agitar vigorosamente durante 2 min em tubo fechado.

Resultado: se a camada de espuma permanecer estável por mais de meia hora, o resultado é considerado positivo para saponina espumida.

■ REATIVOS E SUA PREPARAÇÃO

Reativo de BOUCHARDAT para Alcalóides: dissolver 4g de Iodeto de Potássio 2g de Iodo resublimado em 100 mL de água destilada.

■ ALCALÓIDES

Dissolver 40 miligramas do extrato seco em 5 mL de solução de HCl a 5%, filtrar se necessário. Adicionar gotas do reativo abaixo.

Reativo de Bouchardat, RESULTADO: precipitado laranja avermelhado

■ REATIVOS E SUA PREPARAÇÃO

Reativo de PASCOVÁ para Ácidos Orgânicos:

Solução A: dissolver em 100 mL de Etanol 0,075g de Verde de Bromocresol e 0,25g de Azul de Bromofenol.

BARBOSA, W. L. R. et al. Manual para análise fitoquímica e cromatográfica de extratos vegetais. Revista científica da UFPA, Belém, v. 4, n. 5, p. 1-19, 2004.

Laboratório de Química e Biologia
Laboratório de Pesquisa – Ciências Naturais
Grupo de Pesquisa em Ciências Naturais e Biotecnologia - CENATEC

Solução B: dissolver em 100mL de água destilada, 0,25g Permanganato de Potássio ($KMnO_4$) e 0,25g de Carbonato de Sódio (Na_2CO_3). $10H_2O$. Misturar 9 partes de A para 1 parte de B, somente no momento de usar. A mistura só é estável durante 5 a 10 min.

■ ÁCIDOS ORGÂNICOS

Dissolver alguns miligramas do extrato seco em 5 mL de água destilada. Filtrar se necessário. Transferir 2 mL para um tubo de ensaio, ou 1 mL para uma placa escavada, e adicionar gotas do REATIVO DE PASCOVÁ.

Resultado: se houver descoloração do reativo, a reação é positiva.

■ REATIVOS E SUA PREPARAÇÃO

Reativo de FEHLING para Açúcares Redutores:

Solução A: dissolver 34,65g de Sulfato de Cobre ($CuSO_4$) em água destilada e completar o volume para 500 mL.

Solução B: dissolver 173g de Tartarato de Sódio e Potássio ($KNaC_4H_4O_6 \cdot 4H_2O$) e 125g de Permanganato de Potássio (KOH) em água destilada e diluir para 500 mL. Utilizar na proporção de 2 mL de A, para 2 mL de B.

■ AÇÚCARES REDUTORES

Técnica 1: dissolver 20 miligramas do extrato seco em 5 mL de água destilada. Filtrar se necessário. Adicionar 2 mL do reativo de FEHLING A e 2 mL do reativo de FEHLING B. Aquecer em BM (banho maria) em ebulição durante 5min.

Resultado: o aparecimento de um precipitado vermelho tijolo, indica presença de açúcares redutores. Obs.: caso não ocorra aparecimento de precipitado, executar técnica 2. (Ver técnica 2 no manual)

■ REATIVOS E SUA PREPARAÇÃO

LUGOL: dissolver 10g de Iodeto de Potássio (KI) e 5g de Iodo em 50 mL de água destilada e completar o volume para 100 mL.

■ POLISSACARÍDIOS

Dissolver 20 miligramas do extrato seco em 5 mL de água destilada. Filtrar se necessário. Adicionar duas gotas de lugol.

Resultado: o aparecimento de coloração azul, indica resultado positivo.

■ FENÓIS E TANINOS

Dissolver 20 miligramas de extrato seco em 5 mL de água destilada, filtrar se necessário e adicionar 1 a II gotas de solução alcoólica de $FeCl_3$ a 1%.

Resultado: qualquer mudança na coloração ou formação de precipitado é indicativo de reação positiva, quando comparado com o teste em branco (água + Sol. de $FeCl_3$).

BARBOSA, W. L. R. et al. Manual para análise fitoquímica e cromatográfica de extratos vegetais. Revista científica da UFPA, Belém, v. 4, n. 5, p. 1-19, 2004.

Laboratório de Química e Biologia
Laboratório de Pesquisa – Ciências Naturais
Grupo de Pesquisa em Ciências Naturais e Biotecnologia - CENATEC

■ Coloração inicial entre o azul e o vermelho, é indicativo da presença de fenóis, quando o teste em branco for negativo.

■ Precipitado escuro de tonalidade azul, indica presença de taninos pirogâlicos (taninos hidrolisáveis) e verde, presença de taninos catéigicos.

■ FLAVONÓIDES

o GERAL: dissolver 50 miligramas do extrato seco, em 10 mL de Metanol, filtrar se necessário. Adicionar V gotas de HCl concentrado e raspas de Magnésio.

Resultado: o surgimento de uma coloração rósea na solução indica reação positiva.

■ DERIVADOS DA CUMARINA

Dissolver 20 miligramas do extrato seco em 5mL de éter etílico, concentrar em RM até 0,5 mL. Em papel filtro, aplique gotas de solução etílica, de modo a formar duas manchas de aproximadamente 1cm de diâmetro cada. A uma destas, junte 1 gota de solução de $NaOH$ a 1N. Cubra a metade da mancha com papel escuro, e exponha a outra metade a luz ultravioleta. Descubra e compare.

Resultado: fluorescência azul na parte exposta da mancha, indica reação positiva.

■ ESTERÓIDES E TRITERPENÓIDES

Dissolver 20 miligramas do extrato seco em 10 mL de Clorofórmio. Filtrar se necessário. Transferir o filtrado para um tubo de ensaio completamente seco. Adicionar 1mL de Anidrido Acético e agitar suavemente, em seguida, adicionar cuidadosamente, III gotas de H_2SO_4 concentrado. Torne a agitar suavemente.

Resultado: observe se há rápido desenvolvimento de cores, que vão do azul evanescente, ao verde persistente que indicam resultado positivo.

Obs.: cuidado, pode haver projeção durante a agitação.

BARBOSA, W. L. R. et al. Manual para análise fitoquímica e cromatográfica de extratos vegetais. Revista científica da UFPA, Belém, v. 4, n. 5, p. 1-19, 2004.

APÊNDICE 9 – Sinopse do filme “Operação Big Hero” transmitido em sala de aula.**Sinopse**

Cidade de San Fransokyo, Estados Unidos. Hiro Hamada (voz de Ryan Potter) é um garoto prodígio que, aos 13 anos, criou um poderoso robô para participar de lutas clandestinas, onde tenta ganhar um bom dinheiro. Seu irmão, Tadashi (voz de Daniel Henney), deseja atraí-lo para algo mais útil e resolve levá-lo até o laboratório onde trabalha, que está repleto de invenções. Hiro conhece os amigos de Tadashi e logo se interessa em estudar ali. Para tanto ele precisa fazer a apresentação de uma grande invenção, de forma a convencer o professor Callahan (James Cromwell) a matriculá-lo. Entretanto, as coisas não saem como ele imaginava e Hiro, deprimido, encontra auxílio inesperado através do robô inflável Baymax (voz Scott Adsit), criado pelo irmão.



APÊNDICE 10 – Metodologia utilizada na aula prática para a síntese de nanopartículas de prata utilizando os extratos vegetais.



UNIVERSIDADE FEDERAL DO MARANHÃO
PRÓ-REITORIA DE ENSINO – PROEN
COORDENAÇÃO DO CURSO DE LICENCIATURA EM
CIÊNCIAS NATURAIS – QUÍMICA
CAMPUS UNIVERSITÁRIO DE GRAJAÚ

OBTENÇÃO DE FILMES A PARTIR DO MESOCARPO DE BABAÇU
(*Orbignya sp.*) DESPIGMENTADO PARA APLICAÇÕES
BIOTECNOLÓGICAS

VANILMA SILVA RÊGO DE SOUZA

GRAJAÚ – MA
2020

21

3.2 Obtenção dos filmes poliméricos

O mesocarpo de babaçu, bem como, a glicerina e carboximetilcelulose, são misturados sob aquecimento de 90°C durante 3 h. Posteriormente, para a evaporação do solvente, a mistura homogênea será vertida em placas de Petri e secas em estufas a 40°C, por 24 horas. Para o preparo dos filmes é utilizada a técnica de *casting*. A incorporação do agente ativo é realizada após a homogeneização da mistura filogênica, e posterior secagem na estufa.

3.3 Obtenção das nanopartículas de prata

Dissolve-se 0,0167g de ácido tânico em 50 mL de água destilada em temperatura ambiente, em um béquer de 100 mL. Em um outro béquer dissolveu 0,0343g de AgNO_3 em 50 mL de água destilada, também em temperatura ambiente. Após total dissolução, adiciona-se a solução de AgNO_3 lentamente (gotejando) na solução de ácido tânico. Para isso usa-se uma pipeta de plástico (Pasteur) ou conta gotas. Durante todo o processo, a mistura deve ser mantida em agitação magnética vigorosa, até você notar a mudança de cor para uma cor castanha coloidal de nanopartículas (AgNpAT), mais ou menos umas 3 horas. As AgNpAT foram armazenadas em um frasco âmbar, ou deve ser revertido com papel alumínio.

Para a síntese das nanopartículas estabilizadas com extrato hidroalcolico da flor do pequi dissolveu 5g de extrato de flor do pequi em 50 mL de água destilada em temperatura ambiente, em um béquer de 100 mL. Em um outro béquer dissolveu 0,0343g de AgNO_3 em 50 mL de água destilada, também em temperatura ambiente. Após total dissolução, adiciona-se a solução de AgNO_3 lentamente (gotejando) na solução de extrato. Para isso usa-se uma pipeta de plástico (Pasteur) ou conta gotas. Durante todo o processo, a mistura deve ser mantida em agitação magnética vigorosa, até você notar a mudança de cor para uma cor castanha coloidal de nanopartículas (AgNpEX), mais ou menos umas 3 horas. As AgNpEX foram armazenadas em um frasco âmbar, ou deve ser revertido com papel alumínio.

3.4 Obtenção dos filmes poliméricos de mesocarpo com nanopartículas

Em um béquer revestido com papel alumínio adiciona-se 100 mL de água destilada, colocou-se uma barra magnética em constante agitação sobre um aquecedor em seguida pesa-se 5g de mesocarpo de babaçu e adiciona-se no béquer com água em uma temperatura a 90 °C. Após verificar a formação de um gel transparente adicionar-se 2 mL de glicerina, e deixar sobre agitação

APÊNDICE 11 – Bingo temático.

- "Sou uma técnica que usa o laser para estudar partículas em suspensão."
Resposta: DLS
- "Permito ver o interior das nanopartículas com até 1 milhão de vezes de aumento."
Resposta: TEM
- "Com uma régua e uma imagem, ajude a descobrir o tamanho real de uma nanopartícula."
Resposta: Regra de Três
- "Estudo o vai e vem das partículas num líquido, um tipo de movimento invisível aos olhos."
Resposta: Movimento Browniano
-  "Emito elétrons para formar imagens 3D da superfície de materiais."
Resposta: MEV
- "Minha função é mostrar a forma, a textura e a relevância das nanopartículas."
Resposta: Morfologia
-  "Sou muito pequeno, mas meu tamanho afeta diretamente a eficiência dos nanomateriais."
Resposta: Tamanho
- "Sou o tipo de partícula usada pelos específicos mais potentes, no lugar da luz."
Resposta: Elétrons
- "Sou um efeito de espalhamento que acontece quando a luz encontra partículas minúsculas."
Resposta: Difração
- Resposta Microscópio**
"Sou o aparelho que serve para ver coisas que o olho não enxerga."
- Resposta Laser**
"Sou um tipo de luz muito forte usado para estudar partículas."
- Resposta Nanômetro**
"Sou uma medida super pequena usada na nanotecnologia."
- Resposta Suspensão**
"Sou quando as partículas ficaram misturadas na água e não afundaram logo."
- Resposta Imagem 3D**
"Sou uma figura com profundidade, usada para ver detalhes."
- Resposta Histograma**
"Sou um gráfico que mostra o tamanho das nanopartículas."
- Planta usada como redutor natural na síntese das nanopartículas verdes.
Resposta Citronela

NANO BINGO			
Laser	Elétrons	Extrato vegetal	Síntese verde
Microscópio	Morfologia	MEV	Varredura
Esterilizado	Difração	undefined BINGO	Microscópio Eletrônico
Antimicrobiana	Histograma	Reação de redução	TEM

NANO BINGO			
Histograma	Antimicrobiana	Compostos fenólicos	Imagem 3D
Laser	Movimento Browniano	Tamanho	Microscópio
Filtração	Regra de Três	undefined BINGO	Repelente
Banho-maria	MEV	Síntese verde	Difração

NANO BINGO			
Repelente	MEV	Banho-maria	Antimicrobiana
DLS	Esterilizado	Microscópio	Prata
Compostos fenólicos	Histograma	undefined BINGO	Extrato vegetal
NP metálicas	Imagem 3D	Elétrons	Microscópio Eletrônico

NANO BINGO			
Banho-maria	Laser	DLS	Citronela
Imagem 3D	Suspensão	Difração	Repelente
Histograma	NP metálicas	undefined BINGO	Nanômetro
MEV	Marron-avermelhada	Elétrons	Antimicrobiana

NANO BINGO			
Repelente	Nanômetro	Microscópio Eletrônico	Regra de Três
Difração	Elétrons	Síntese verde	DLS
MEV	Suspensão	undefined BINGO	TEM
Laser	Reação de redução	Filtração	Banho-maria

NANO BINGO			
Repelente	Difração	Marron-avermelhada	Movimento Browniano
NP metálicas	Varredura	DLS	Reação de redução
Compostos fenólicos	Histograma	undefined BINGO	Nanômetro
MEV	TEM	Síntese verde	Microscópio

NANO BINGO			
Tamanho	Difração	Esterilizado	NP metálicas
TEM	Laser	Movimento Browniano	DLS
Nanômetro	Filtração	undefined BINGO	Microscópio
Reação de redução	MEV	Suspensão	Regra de Três



APÊNDICE 12 – Questionário final de avaliação.



**UNIVERSIDADE
FEDERAL DO
MARANHÃO**
CENTRO DE CIÊNCIAS DE GRAJAÚ
COORDENAÇÃO DO CURSO DE LICENCIATURA EM
CIÊNCIAS NATURAIS-QUÍMICA

**PROJETO DE EXTENSÃO: "NANOTECNOLOGIA NA ESCOLA"
CENTRO DE CIÊNCIAS DE GRAJAÚ – UFMA**

Prezado(a) participante, este questionário tem como objetivo avaliar as experiências vivenciadas no decorrer do projeto, identificar os conhecimentos adquiridos e coletar sugestões para melhorar futuras ações. Sua colaboração é muito importante. As respostas serão utilizadas apenas para fins acadêmicos.

Grajaú-MA, ____/____/____

Assinatura do(a) participante

Projeto de Extensão: NANOTECNOLOGIA NA ESCOLA: Abordagens pedagógicas da Nanociência e Nanotecnologia em escolas da educação básica no município de Grajaú-MA.



**UNIVERSIDADE
FEDERAL DO
MARANHÃO**
CENTRO DE CIÊNCIAS DE GRAJAÚ
COORDENAÇÃO DO CURSO DE LICENCIATURA EM
CIÊNCIAS NATURAIS-QUÍMICA

Projeto de Extensão: NANOTECNOLOGIA NA ESCOLA: Abordagens pedagógicas da Nanociência e Nanotecnologia em escolas da educação básica no município de Grajaú-MA.

QUESTIONÁRIO PÓS-PROJETO

1. Após a participação no projeto, você se sente mais familiarizado(a) com os conceitos de Nanociência e Nanotecnologia?
☐ Sim
☐ Um pouco
☐ Não
2. Você aprendeu o conceito de nanotecnologia durante o projeto?
☐ Sim, aprendi com clareza
☐ Sim, mas ainda tenho dúvidas
☐ Não consegui compreender totalmente
☐ Não, o projeto não abordou claramente esse conceito
3. O projeto contribuiu para ampliar seus conhecimentos sobre a escala nanotecnologia e suas aplicações?
☐ Sim
☐ Parcialmente
☐ Não
4. Você considera que os conteúdos foram apresentados de forma clara e acessível?
☐ Sim
☐ Em partes
☐ Não
5. A experiência com Nanotecnologia despertou em você maior interesse ou curiosidade pelas Ciências em geral?
☐ Sim, despertou bastante interesse
☐ Sim, mas de forma moderada
☐ Não percebi diferença no meu interesse
☐ Não despertou interesse
6. O que você mais gostou na abordagem do projeto?



**UNIVERSIDADE
FEDERAL DO
MARANHÃO**
CENTRO DE CIÊNCIAS DE GRAJAÚ
COORDENAÇÃO DO CURSO DE LICENCIATURA EM
CIÊNCIAS NATURAIS-QUÍMICA

7. O que poderia ser melhorado nas próximas edições do projeto?

8. Em sua opinião, qual foi o impacto do projeto na sua prática docente (ou formação)?

- ☐ Muito relevante
☐ Relevante
☐ Pouco relevante
☐ Sem impacto

9. Você gostaria de continuar participando de atividades/formações sobre Nanotecnologia?

- ☐ Sim
☐ Não
☐ Depende da disponibilidade de horário

10. Deixe aqui suas sugestões, críticas construtivas ou observações gerais sobre o projeto: