



## **NANOCIÊNCIA E NANOTECNOLOGIA NO ENSINO MÉDIO: ABORDAGEM NO CONTEXTO DO ENSINO REMOTO**

*NANOSCIENCE AND NANOTECHNOLOGY IN HIGH SCHOOL: APPROACH IN THE  
CONTEXT OF REMOTE EDUCATION*

---

Márcia Blandina Aparecida de Oliveira Pedrosa  
Licenciada em Física  
Instituto Federal de Minas Gerais – Campus Ouro Preto  
marciabaop@gmail.com

Elisângela Silva Pinto  
Doutora em Ciências  
Instituto Federal de Minas Gerais – Campus Ouro Preto  
elisangela.pinto@ifmg.edu.br

## **Resumo**

Os conceitos de nanociência e a nanotecnologia estão cada vez mais presentes em avanços tecnológicos na atualidade, como em dispositivos, filmes finos e sensores e são pesquisados em várias áreas do conhecimento, como Biologia, Física, Química, Medicina e Engenharias. Porém, na maioria das vezes esses conteúdos não são trabalhados no Ensino Médio. O presente trabalho tem como foco produzir materiais sobre conteúdos de nanociência e nanotecnologia para introdução desses conceitos no Ensino Médio no contexto do ensino remoto. O objetivo foi potencializar o conhecimento científico desta parte da Física Contemporânea. Foi preparada uma cartilha sobre conceitos e aplicações da nanociência e nanotecnologia, além de uma sequência didática com entrevistas, vídeos, jogos e simulações. O material produzido e selecionado foi trabalhado com turmas de 1º ano do ensino médio integrado ao técnico de uma escola pública federal. Através de questionários aplicados antes e após o desenvolvimento da sequência didática, observou-se que as atividades propostas para o ensino de nanociência e nanotecnologia no ensino médio contribuíram para a introdução de novos conceitos de forma significativa e instigaram a curiosidade e interesse de muitos estudantes.

**Palavras-chave:** Nanociência e Nanotecnologia; Ensino de Física; Ensino Remoto.

## **Abstract**

The concepts of nanoscience and nanotechnology are present in current technological advances, such as devices, thin films and sensors and many researched in various areas of knowledge, such as Biology, Physics, Chemistry, Medicine and Engineering. However, most of the time, these contents are not worked in High School. The focus of this work is to produce materials on nanoscience and nanotechnology content to introduce these concepts in High School in the context of distance teaching, due to the COVID-19 pandemic, to enhance knowledge of this part of Contemporary Physics that is present in everyone's life. A booklet on concepts and applications of nanoscience and nanotechnology was prepared, as well as a didactic sequence with interviews, videos, games and simulations. The produced and selected were worked on remotely with first year of High School classes integrated to the technician of a federal public school. Through quizzes applied before and after the development of the didactic sequence, it had observed that the activities proposed for teaching nanoscience and nanotechnology in high school contributed to the introduction of new concepts significantly and instigated the curiosity of many students.

**Keywords:** Nanoscience and Nanotechnology; Physics Teaching; Remote Teaching .

## 1 INTRODUÇÃO

Os Parâmetros Curriculares Nacionais (PCNEM e PCN+), sugerem que o conhecimento e desenvolvimento cognitivo do aluno esteja relacionado com assuntos vivenciados em seu cotidiano, proporcionando uma visão crítica da realidade do mundo ao qual ele está inserido. Também ressaltam a importância do ensino de Física Moderna e Contemporânea (FMC) e que os jovens tenham contato com diferentes e novos materiais e com as novas tecnologias utilizadas no nosso cotidiano. Os exames vestibulares atuais também têm abordado questões voltadas para esses temas. Como exemplo, em uma das provas atuais de Ciências da Natureza e suas Tecnologias do Exame Nacional do Ensino Médio (ENEM, 2020), de 19 (dezenove) questões de Física, 4 (quatro) eram de FMC (21 % das questões), sendo que 1 (uma) delas era relacionada a nanociência e nanotecnologia.

Terrazzan (1992) e Ostermann e Moreira (2000), em seus trabalhos pioneiros sobre o tema, ressaltam a importância da introdução de conteúdos de FMC no currículo de Física do Ensino Médio. Entre os vários motivos para a introdução desses conteúdos, pode-se ressaltar o contato dos estudantes com as ideias da Física do século XX que revolucionaram as tecnologias atuais, além de instigar jovens para a carreira científica (OSTERMANN, FERREIRA e CAVALCANTI, 1998, apud GOULART e LEONEL, 2022).

Embora reconhecida a importância da abordagem de conteúdos de FMC no Ensino Médio, na maioria das vezes esses conteúdos não são apresentados aos estudantes. Várias são as razões que podem ser apontadas para a não abordagem desses conteúdos no Ensino Médio, como o extenso currículo de Física, não sendo possível chegar aos conteúdos de Física Moderna que geralmente são abordados no final do livro do 3º ano; a falta de material didático apropriado e algumas vezes a falta de capacitação de professores, pois nem todos os conteúdos, principalmente de alguns temas de Física Contemporânea, são abordados na universidade. Goulart e Leonel (2022) em um trabalho de revisão de literatura relacionado ao ensino de FMC, identificam alguns desafios enfrentados pelos professores para a inserção desses conteúdos no ensino básico, sendo eles: dificuldades com operações matemáticas; falta de empenho e motivação; falta de estrutura para atividades experimentais; carga horária reduzida da disciplina de Física e deficiência na formação de professores.

Entre os vários conteúdos de FMC, temas sobre nanociência e nanotecnologia estão cada vez mais presentes no cotidiano dos estudantes, em diversas tecnologias empregadas, desde cosméticos, produtos farmacêuticos a dispositivos eletrônicos; mas, raramente são abordados no estudo da Física. A nanociência e a nanotecnologia é o estudo de materiais em escala nanométrica (1 bilionésimo do metro) e suas aplicações tecnológicas. Schulz (2007), ao analisar os desafios atuais do ensino de Física, menciona que a nanociência e a nanotecnologia fazem parte do cotidiano das pessoas através de equipamentos práticos e que não está somente restrita a laboratórios sofisticados e com grandes investimentos em produção e manipulação. Ele exemplifica com a escrita a lápis, na qual a espessura do carbono que efetivamente permanece na folha de papel pode ser da ordem de nanômetros (SCHULZ, 2007).

Lourenço *et al.* (2017), em um estudo sobre as concepções que estudantes de uma escola pública brasileira apresentam sobre nanotecnologia, identificam que a maioria dos estudantes relacionam a nanotecnologia a aparelhos e circuitos eletrônicos. O autor também coloca a importância de inserção de nanotecnologia no contexto escolar, para que os estudantes tenham a percepção de seu cotidiano, mesmo relacionado a conteúdos que não estão visíveis à olho nu (LOURENÇO *et al.*, 2017).

Muitos trabalhos têm discutido diferentes possibilidades para a inserção de temas de nanociência e nanotecnologia na educação básica, seja através de demonstrações computacionais, animações, vídeos, experimentos ou textos (ELLWANGER *et al.*, 2020; BERNARDO, 2019; LIMA E ALMEIDA, 2012, TOMKELSKI, SCREMIN e FAGAN, 2019, SILVA, VIANA E MOHALLEM, 2009).

Nesse contexto, o objetivo deste trabalho foi inserir tópicos sobre nanociência e nanotecnologia na Educação Básica no contexto do Ensino Remoto Emergencial (ERE) devido à pandemia da COVID-19. Inicialmente, buscou-se a ocorrência de temas relacionados à nanociência e nanotecnologia presentes nos livros didáticos da Programa Nacional do Livro Didático (PNLD 2018). Posteriormente, foi produzido um material com cartilha, vídeos, simulações e jogos que pudessem ser disponibilizados aos estudantes no contexto do ERE. O material foi produzido buscando-se uma aprendizagem significativa dos conteúdos. A teoria de Ausubel (1980) pressupõe que a aprendizagem é significativa quando uma nova informação adquire significado para o estudante, e que ele consiga estabelecer uma analogia com as ideias que se encontram na sua estrutura cognitiva, ou seja, com conhecimentos prévios adquiridos.

O material produzido foi disponibilizado para turmas de 1º ano do ensino médio integrado com o técnico de uma escola técnica federal, no final do ano letivo de 2020, durante uma das etapas do ERE. Questionários diagnóstico e prognóstico foram utilizados para analisar os conhecimentos prévios dos estudantes e obter um retorno dos mesmos quanto ao entendimento dos novos conceitos apresentados e suas percepções relativas ao conteúdo disponibilizado.

Espera-se, com este relato, apresentar alternativas para a introdução de tópicos de FMC no ensino básico, estimulando os estudantes a buscarem novos conhecimentos que permitam o contato com áreas de pesquisa avançada e o entendimento de tecnologias atuais.

## 2 METODOLOGIA

Este trabalho foi desenvolvido em quatro turmas de 1º ano do ensino médio integrado ao técnico de uma escola de ensino federal. O Quadro 1 mostra quais foram as ações e os objetivos propostos para o projeto.

**Quadro 1 - Apresentação das etapas de desenvolvimento da metodologia.**

| Ações                                                                                                                            | Objetivos                                                                                                        |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| I - Verificação nos livros didáticos de Física do programa PNLD sobre a ocorrência de conteúdos de nanociência e nanotecnologia. | Conhecer se temas sobre nanociência e nanotecnologia estavam propostos nos livros didáticos para o ensino médio. |
| II – Produção de uma cartilha sobre nanociência e nanotecnologia.                                                                | Produzir material didático para inserção dos conceitos de nanociência e nanotecnologia no ensino médio.          |
| III – Adaptação dos conteúdos da cartilha para o contexto do ERE.                                                                | Possibilitar o ensino de nanociência e nanotecnologia de forma remota.                                           |
| IV – Aplicação do questionário diagnóstico                                                                                       | Detectar se os estudantes possuem algum conhecimento prévio sobre o tema.                                        |

|                                                                         |                                                                                                                                                                                                              |
|-------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| V – Disponibilização do material didático produzido para os estudantes. | Possibilitar o ensino-aprendizagem da nanociência e nanotecnologia ao estudante do ensino médio.                                                                                                             |
| VI – Aplicação do questionário prognóstico.                             | Avaliar se o material produzido introduziu aos estudantes os conceitos iniciais para o entendimento de nanociência e nanotecnologia;<br><br>Verificar a percepção dos estudantes sobre o material produzido. |

Fonte: Autoras, 2021.

As ocorrências de abordagem de temas de nanociência e nanotecnologia nos livros didáticos de Física do PNLD 2018 foram verificadas nos livros listados no Quadro 2.

**Quadro 2 - Livros didáticos de Física analisados.**

| <b>Livros</b>                  | <b>Autores</b>                                         | <b>Volumes</b> |
|--------------------------------|--------------------------------------------------------|----------------|
| Compreendendo a Física         | Alberto Gaspar                                         | 1, 2 e 3       |
| Física - Contexto e Aplicações | Antônio Máximo<br>Beatriz Alvarenga<br>Carla Guimarães | 1, 2 e 3       |
| Física para o Ensino Médio     | Kazuhito e Fuke                                        | 1, 2 e 3       |
| Física Aula por Aula           | Benigno Barreto<br>Cláudio Xavier                      | 1, 2 e 3       |

Fonte: Autoras, 2021.

Foi produzida uma cartilha, de 6 (seis) páginas, que possui definições do que é a escala nanométrica, introduz conceitos sobre novas propriedades dos materiais nessa escala, apresenta alguns novos materiais com as suas propriedades e aplicações, mostra curiosidades sobre nanociência e nanotecnologia e contém uma seleção de links com vídeos, entrevistas, simulações e jogos. O texto traz uma linguagem introdutória e imagens ilustrativas. A cartilha também poderia ser utilizada de forma impressa, no ensino presencial.

Para a adaptação do material selecionado e sugerido na cartilha para o ERE, foi preparada uma sequência de passos utilizando vídeos, entrevistas, jogos e simulações. O material produzido foi inserido na plataforma Moodle, que era a plataforma de ensino utilizada na instituição. Foi criado um tópico Nanociência e Nanotecnologia e os materiais foram postados para serem trabalhados de forma assíncrona, ou seja, no momento mais oportuno pelos discentes, sem a presença do professor. As etapas inseridas na plataforma Moodle foram: passo 1 (questionário diagnóstico), passo 2 (cartilha nanociência e nanotecnologia), passo 3 (vídeos com entrevistas), passo 4 (jogos e simulações), e passo 5 (questionário prognóstico) (Figura 1).

Figura 1 - Print da página do Moodle.

**Nanociência e Nanotecnologia**

**NANOCIÊNCIA E NANOTECNOLOGIA**

Olá, [nome], seja bem vindo(a) ao Tópico de Nanociência e Nanotecnologia

Este tópico faz parte do Trabalho de Conclusão de Curso da estudante [nome] intitulado [título] orientado pela professora [nome].

A participação nesta pesquisa consistirá em realizar as atividades propostas sobre Nanociência e Nanotecnologia e responder aos questionários diagnóstico e prognóstico.

Os dados coletados serão utilizados única e exclusivamente para fins desta pesquisa, e os resultados poderão ser publicados. Mas, em nenhum momento as respostas serão identificadas.

Qualquer dúvida, entrem em contato pelo e-mail: [e-mail]

Agradecemos a participação de vocês e esperamos que aproveitem essa viagem ao conhecimento do mundo nano!

Bons estudos!

**1º PASSO:**  
Antes de iniciar as atividades, responda ao questionário diagnóstico, pois queremos saber o que você já ouviu sobre Nanociência e Nanotecnologia:

**Questionário Diagnóstico**

**2º PASSO:**  
Veja o que preparamos para você: uma cartilha com várias curiosidades sobre o mundo nano!

**3º PASSO:**  
Abaixo selecionamos alguns vídeos e reportagens interessantes para que você possa conhecer um pouco mais as pesquisas em Nanociência e Nanotecnologia.

**4º PASSO:**  
Vamos nos divertir um pouco? Veja os conteúdos interativos que separamos para você abaixo.

**5º PASSO:**  
O que você achou das atividades? Conseguiu entender um pouco sobre o mundo nano? Esperamos que tenha curtido as atividades que preparamos para você!

Responda ao questionário prognóstico para sabermos o que você entendeu sobre Nanociência e Nanotecnologia:

Questionário prognóstico

Seu progresso

Fonte: Autoras, 2021.

Inicialmente, os estudantes responderam ao questionário diagnóstico. O questionário foi realizado pelo *Google Forms* e o link disponibilizado na sequência didática do Moodle. O questionário era constituído somente de questões objetivas, com o intuito de saber o conhecimento prévio dos estudantes sobre o tema. Posteriormente, os estudantes tinham acesso à cartilha. No 3º passo foram selecionados dois vídeos<sup>1</sup> referentes ao grafeno que apresentam entrevistas com pesquisadores que explicam o que é o grafeno e mostram os avanços nas pesquisas com esse novo material. Ainda no 3º passo, os estudantes tinham que acessar um vídeo de um experimento que mostrava a diferença na velocidade da reação de um material inteiro em escala de centímetros e o mesmo material triturado, evidenciando o aumento da relação área superficial/volume quando o material está em pequenas escalas. Nesse vídeo uma pastilha efervescente inteira (Figura 2a) é colocada em um copo com água e outra pastilha esfarelada (Figura 2b) no segundo copo com a mesma quantidade de água. Observou-se que o tempo para a pastilha inteira dissolver (26,05 s) foi muito maior que o tempo necessário para a

<sup>1</sup> Vídeos: “Por que o Grafeno em Breve Dominará o Mundo”, Canal Incrível do Youtube; link: [www.youtube.com/watch?v=ffUv3hOx0GE](http://www.youtube.com/watch?v=ffUv3hOx0GE), acessado em 10/2020; “Admirável mundo nano”, site [nanodivulga.ufn.edu.br](http://nanodivulga.ufn.edu.br), acessado em 10/2020.

pastilha esfarelada (16,19 s) porque ela tem uma menor área superficial de contato com o líquido, ou seja, tem uma menor relação área superficial/volume (Figura 2a).

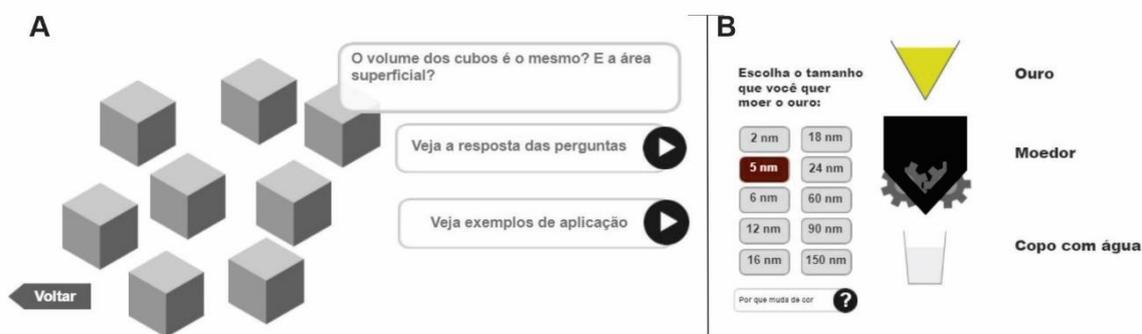
**Figura 2 - Experimento sobre aumento da área superficial: pastilha efervescente A) inteira e B) esfarelada no líquido.**



Fonte: Canal do Youtube MAIS UNIFRA – Experimento das pastilhas – velocidade de reação. Acesso em junho de 2021.

No 4º passo foram disponibilizados aos estudantes materiais interativos, sendo duas simulações e um jogo. As duas simulações são do site MAIS UNIFRA (2011), sendo que em uma delas os estudantes simulavam repartir um cubo em várias partes e respondiam algumas perguntas sobre o novo valor da área superficial (Figura 3a). Na outra simulação, os estudantes moíam o ouro e podiam observar a mudança nas cores das nanopartículas (Figura 3b). Os sites de simulação também traziam conteúdo teórico para os estudantes lerem antes de realizarem as simulações.

**Figura 3 - Print do site das simulações sobre A) área superficial; B) cores em nanoescala.**



Fonte: MAIS UNIFRA, 2011.

No passo 4 também foi disponibilizado o link de um jogo, onde eram novamente trabalhados de forma lúdica alguns conceitos de nanociência (Figura 4).

**Figura 4 - Print do site do jogo disponibilizado aos estudantes.**

Fonte: Disponível em: <<http://nanodivulga.ufn.edu.br/index.php/conteudos-digitais-em-nano/jogo-digital/>>. Acesso em junho de 2021.

No 5º e último passo, os estudantes respondiam ao questionário prognóstico. Da mesma forma que o questionário diagnóstico, o questionário prognóstico foi realizado no *Google Forms* e o link disponibilizado no Moodle. Além das questões objetivas propostas no questionário diagnóstico, o questionário prognóstico também tinha uma questão aberta perguntando aos estudantes o que eles acharam das atividades.

Os conteúdos foram disponibilizados de forma optativa para os estudantes que se interessassem pelo tema. O tópico nanociência e nanotecnologia descrito ficou disponível por 15 (quinze) dias para 5 (cinco) turmas de 1º ano de uma escola federal de ensino técnico e tecnológico, com um total de 153 estudantes matriculados.

### 3 RESULTADOS E DISCUSSÕES

#### 3.1 OCORRÊNCIA DE CONTEÚDOS DE NANOCIÊNCIA E NANOTECNOLOGIA NOS LIVROS DIDÁTICOS

Ao analisar os livros didáticos de Física, foi constatada a ocorrência esporádica em pequenos textos sobre conteúdos de nanociência e nanotecnologia (Quadro 3).

**Quadro 3. Ocorrência de tópicos de nanociência e nanotecnologia nos livros didáticos.**

| Tópico                                          | Abordagem do capítulo | Livros                                                                         |
|-------------------------------------------------|-----------------------|--------------------------------------------------------------------------------|
| Texto Complementar<br>Nanorrevolução            | Introdução a medidas  | Física - Contexto e Aplicações, Vol. 1, A. Máximo, B. Alvarenga e C. Guimarães |
| Texto Complementar<br>Microscopia Moderna       | Refração da luz       | Física - Contexto e Aplicações, Vol. 2, A. Máximo, B. Alvarenga e C. Guimarães |
| Conceito sobre nanotecnologia ao longo do texto | Áreas da Física       | Física para o Ensino Médio, Vol. 1, Kazuhito e Fuke                            |

Fonte: Autoras, 2021.

Nanorrevolução foi um texto complementar no capítulo sobre medidas no livro de 1º ano “Física - Contexto e Aplicações” dos autores Antônio Máximo, Beatriz Alvarenga e Carla Guimarães. O texto descreve a escala nanométrica, onde aparecem três estruturas feitas de carbono: o fulereno, os nanotubos e o grafeno. O texto conceitua essas nanoestruturas e descreve algumas aplicações, como, por exemplo, em cosméticos, em nanodispositivos ou em tintas.

Um texto complementar sobre Microscopia Moderna, apresentado no capítulo referente a refração da luz no livro do 2º ano “Física - Contexto e Aplicações” dos autores Antônio Máximo, Beatriz Alvarenga e Carla Guimarães, descreve as técnicas de microscopia eletrônica e microscopia por tunelamento, que permitem a visualização e manipulação de átomos e moléculas, possibilitando grande avanço na área de nanociência e nanotecnologia.

Outro recorte sobre nanotecnologia aparece no livro de 1º ano “Física para o Ensino Médio”, dos autores Kazuhito e Fuke, no qual a nanotecnologia é conceituada ao longo de um texto sobre áreas da Física. O texto conceitua a nanotecnologia como o conjunto de técnicas e saberes relacionados à produção de materiais em dimensões nanométricas. Como exemplo de aplicação, no texto aparece uma imagem de nanofios de óxido de zinco usados na fabricação de lasers e fotodetectores.

Dos 9 (nove) livros analisados, somente 3 (três) apresentam tópicos sobre nanociência e nanotecnologia. Observa-se, portanto, a baixa ocorrência desse conteúdo nos materiais didáticos disponíveis para o ensino médio, o que reforça a importância da produção de materiais que possam servir de apoio para estudantes e docentes no ensino de tópicos de nanociência e nanotecnologia. Observa-se também que dos 3 (três) recortes sobre nanociência e nanotecnologia, 2 (dois) aparecem nos livros de 1º ano e 1 (um) no livro de 2º ano, não sendo encontrado nenhum recorte em livros de 3º ano.

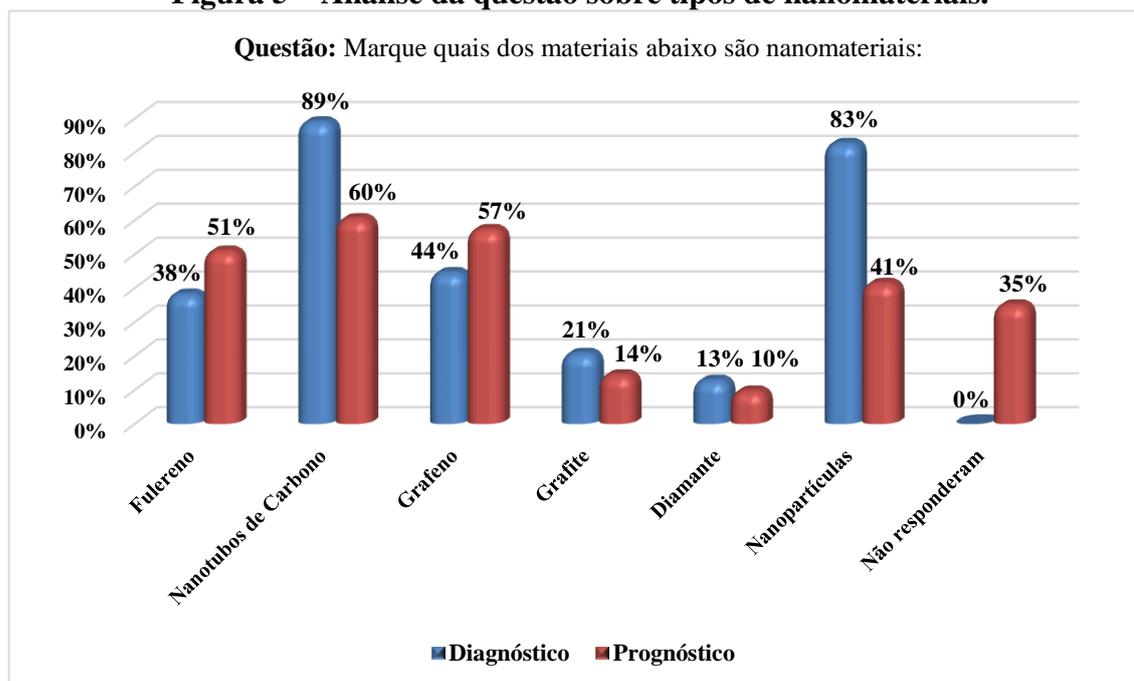
### 3.2 ANÁLISE DOS QUESTIONÁRIOS DIAGNÓSTICO E PROGNÓSTICO

Do número de estudantes matriculados nas 5 (cinco) disciplinas de 1º ano, 41% participaram das atividades propostas, respondendo inicialmente o questionário diagnóstico. Vale ressaltar que os estudantes foram convidados a participar das atividades, não sendo uma atividade obrigatória e que ela foi realizada no final do ano letivo de 2020. Dos estudantes que iniciaram as atividades, somente 65 % responderam ao questionário prognóstico, realizando portanto, as atividades propostas até o final. O número diferente de estudantes que responderam ao questionário diagnóstico e prognóstico e a não identificação dos mesmos dificultou a comparação direta entre as respostas dos questionários. Para facilitar a análise comparativa, colocamos em todos os dados coletados no prognóstico, a porcentagem de 35% de estudantes que não responderam a esse questionário.

No questionário diagnóstico, a maior parte dos estudantes (76%) responderam já ter ouvido falar sobre os conteúdos de nanociência e nanotecnologia e 65% acreditam que a nanociência e nanotecnologia estão presentes nos dispositivos eletrônicos. Mas, embora muitos estudantes já tenham ouvido falar sobre o tema e acreditem que estão presentes em dispositivos eletrônicos, a maioria não sabia o que era a nanociência e nanotecnologia antes do desenvolvimento da sequência didática: 76% responderam que não sabiam o que era nanociência e nanotecnologia.

Quando perguntados sobre exemplos de materiais nanométricos no questionário diagnóstico (podendo escolher mais de uma opção), as opções mais votadas foram os nanotubos de carbono (89%) e as nanopartículas (83%), provavelmente influenciados pelo prefixo nano nas sentenças. Após a sequência didática, no questionário prognóstico, os mais votados foram as novas estruturas de carbono, sendo, nanotubos de carbono (60%), grafeno (57%) e fulereno (51%), demonstrando que o uso da cartilha e dos demais materiais disponibilizados como material de aprendizagem podem corroborar com o aprendizado desses novos conceitos (Figura 5).

**Figura 5 – Análise da questão sobre tipos de nanomateriais.**

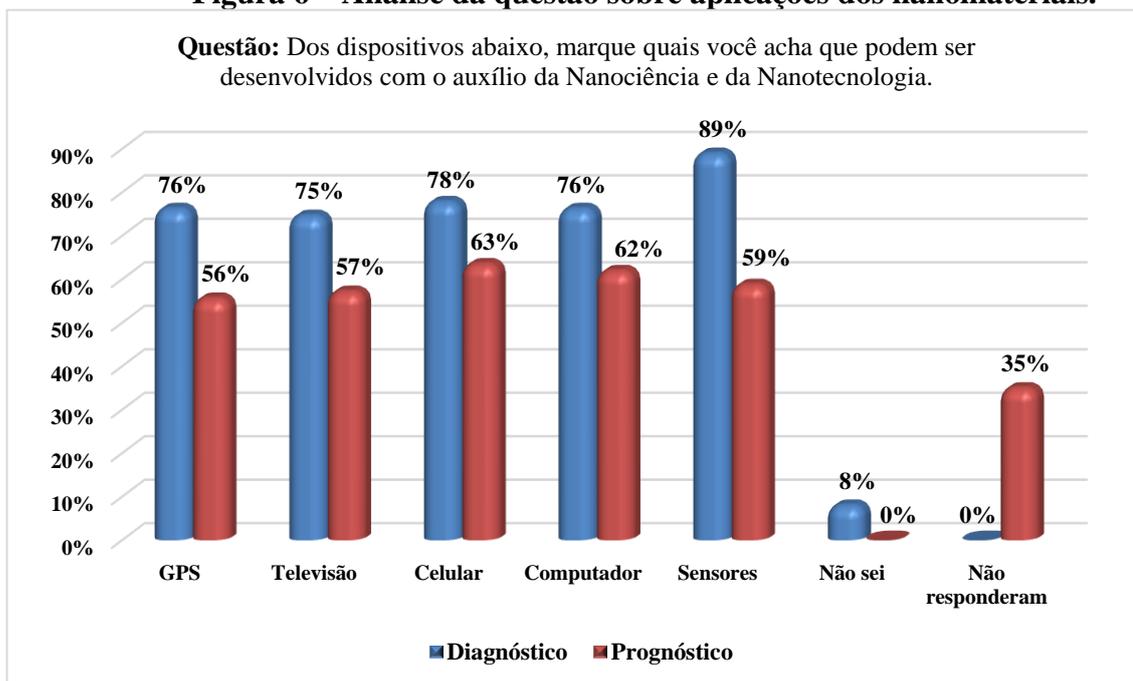


Fonte: Autoras, 2021.

Quando perguntados sobre aplicações da nanociência e nanotecnologia em dispositivos (podendo escolher mais de uma opção), todas as opções foram bem votadas, tanto no questionário diagnóstico como no prognóstico, o que está correto (Figura 6).

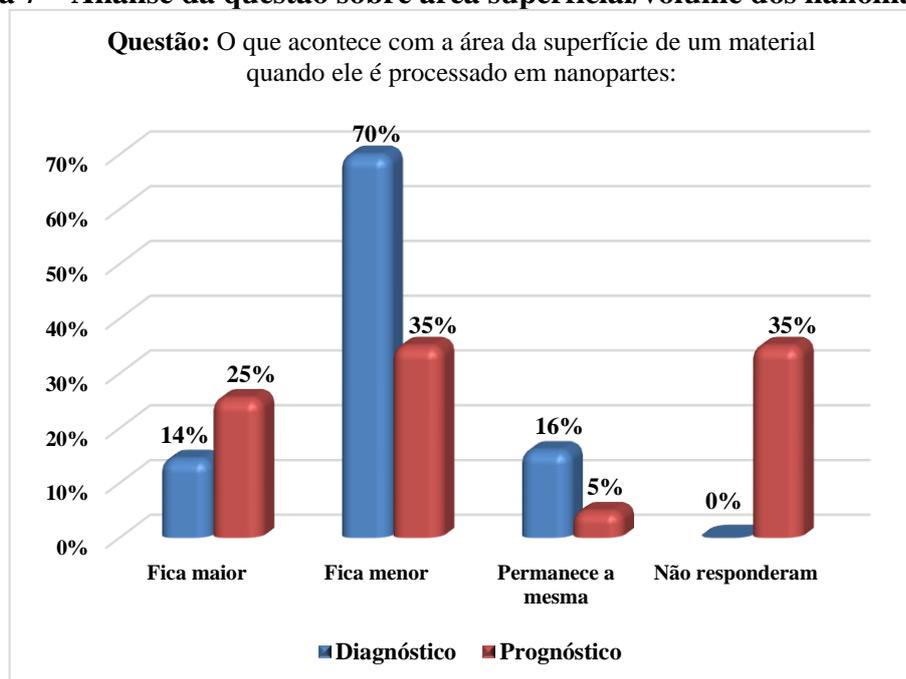
O material disponibilizado trazia informações sobre as novas propriedades dos nanomateriais. Uma dessas novas propriedades é a relação área superficial/volume. Quando processados em nanopartes, a relação área superficial/volume aumenta consideravelmente tornando os materiais mais reativos. Essa propriedade foi descrita na cartilha, mencionada nos vídeos indicados e também trabalhada em um experimento (Figura 2) e uma simulação (Figura 3a). Abordando essa propriedade, os estudantes foram perguntados o que aconteceria com a área superficial de um material se ele fosse processado em nanopartes. No questionário diagnóstico, somente 14% dos estudantes responderam corretamente a questão, dizendo que a área da superfície ficava maior. Embora o número de estudantes que acertou a questão tenha aumentado no questionário prognóstico (25%), muitos ainda permaneceram na dúvida sobre essa propriedade (Figura 7).

**Figura 6 – Análise da questão sobre aplicações dos nanomateriais.**



Fonte: Autoras, 2021.

**Figura 7 – Análise da questão sobre área superficial/volume dos nanomateriais.**

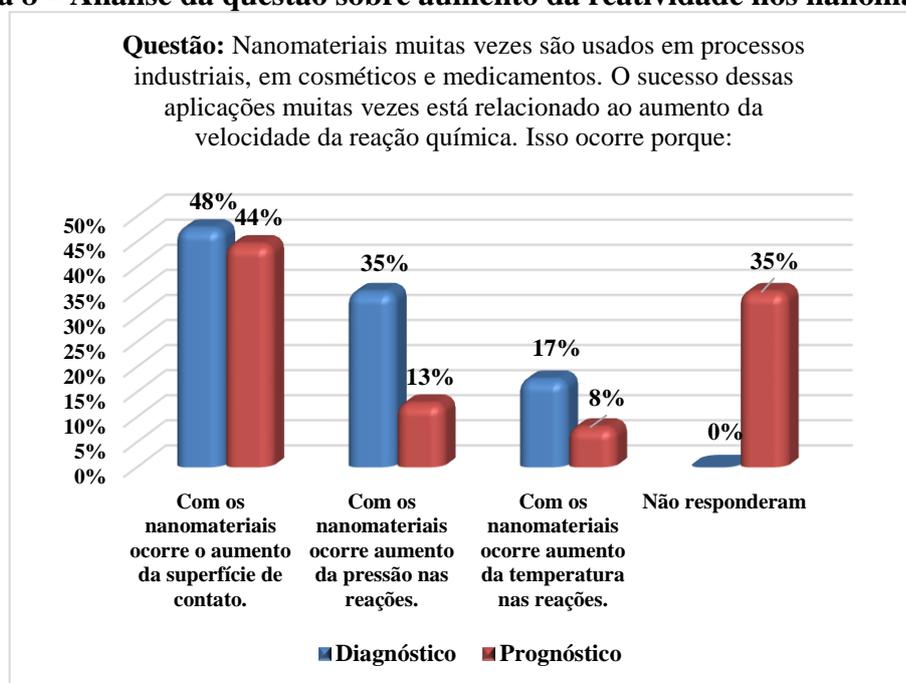


Fonte: Autoras, 2021.

Em sequência, ainda relacionada à propriedade de aumento da relação área superficial/volume dos nanomateriais, os estudantes tinham que responder porque as reações ocorriam mais rapidamente nos materiais nanoprocessados (Figura 8). A maior parte dos estudantes acertou a questão antes e após o estudo no material disponibilizado. No questionário diagnóstico 48% dos estudantes acertaram a pergunta respondendo que com os nanomateriais

ocorre o aumento da superfície de contato. No questionário prognóstico, 44% dos estudantes acertaram a questão, mas, embora este valor represente 68% dos estudantes que responderam ao questionário, não é possível saber se as respostas corretas foram devido ao entendimento do conteúdo a partir do material disponibilizado ou de conhecimento prévio dos estudantes.

**Figura 8 – Análise da questão sobre aumento da reatividade nos nanomateriais.**

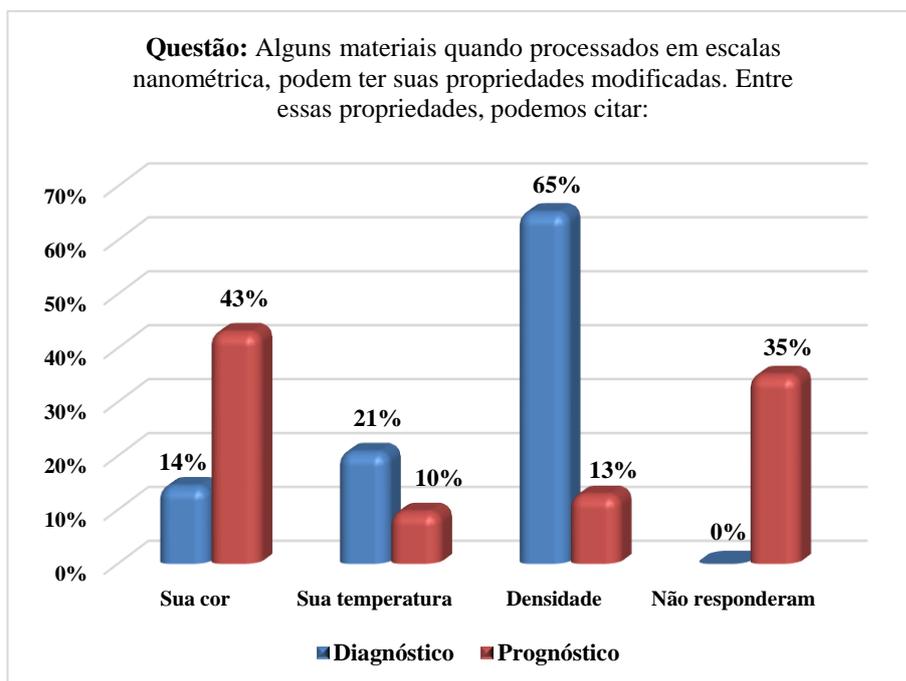


Fonte: Autoras, 2021.

As propriedades óticas dos nanomateriais também foram mencionadas na cartilha e trabalhadas em uma simulação (Figura 3b). Quando perguntados sobre uma das propriedades dos nanomateriais que podem ser modificadas quando eles são processados em forma nanométrica (Figura 9), a maioria dos estudantes, 65%, errou a questão respondendo “sua densidade” no questionário diagnóstico. Já no questionário prognóstico, a maioria dos estudantes, 43%, respondeu “sua cor”, acertando a questão.

A cartilha produzida trazia algumas informações sobre as técnicas de microscopia que permitiam a visualização e manipulação de materiais em escala nanométrica, como a Microscopia Eletrônica e as técnicas de Microscopia de Varredura por Sonda. Os vídeos indicados também mencionavam algumas dessas técnicas. Portanto, as próximas três perguntas (Figura 10-12) estão relacionadas às possibilidades de visualização de materiais nanométricos e manipulações atômicas.

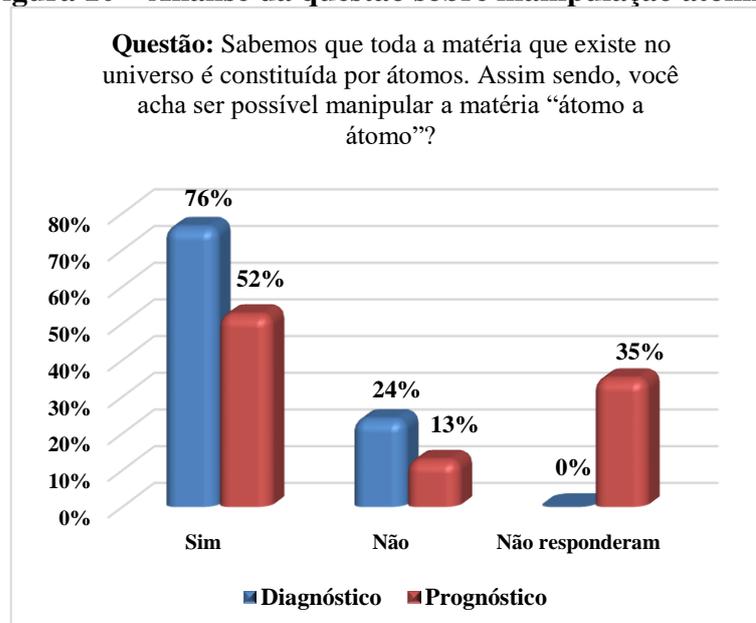
**Figura 9 – Análise da questão sobre propriedades óticas dos nanomateriais.**



Fonte: Autoras, 2021.

Para os estudantes, a manipulação de átomo a átomo é possível, mesmo antes de realizarem as atividades propostas: 76% dos estudantes responderam que seria possível a manipulação átomo a átomo no questionário diagnóstico (Figura 10). No questionário prognóstico, embora a maioria dos estudantes tenha acertado a questão, 13% ainda erraram, respondendo que não seria possível a manipulação atômica (Figura 10).

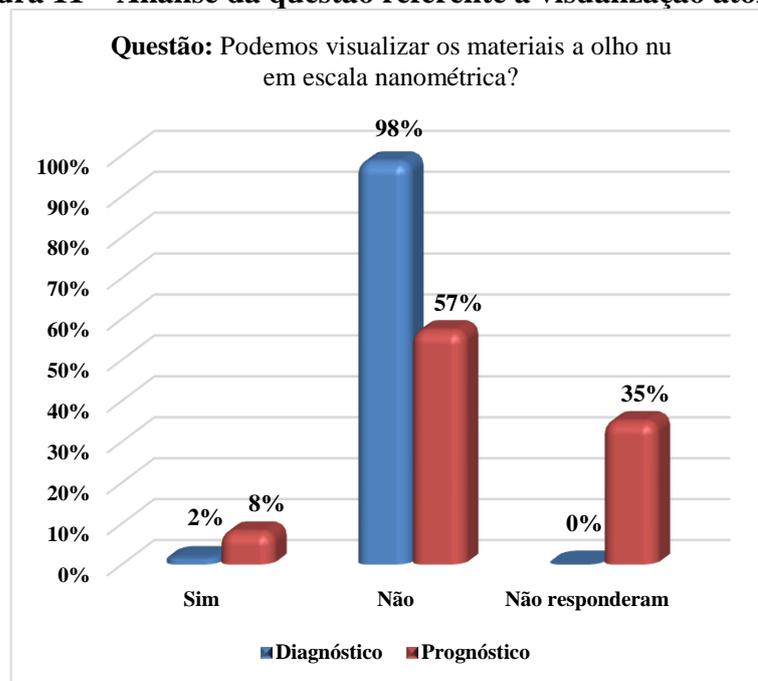
**Figura 10 – Análise da questão sobre manipulação atômica.**



Fonte: Autoras, 2021.

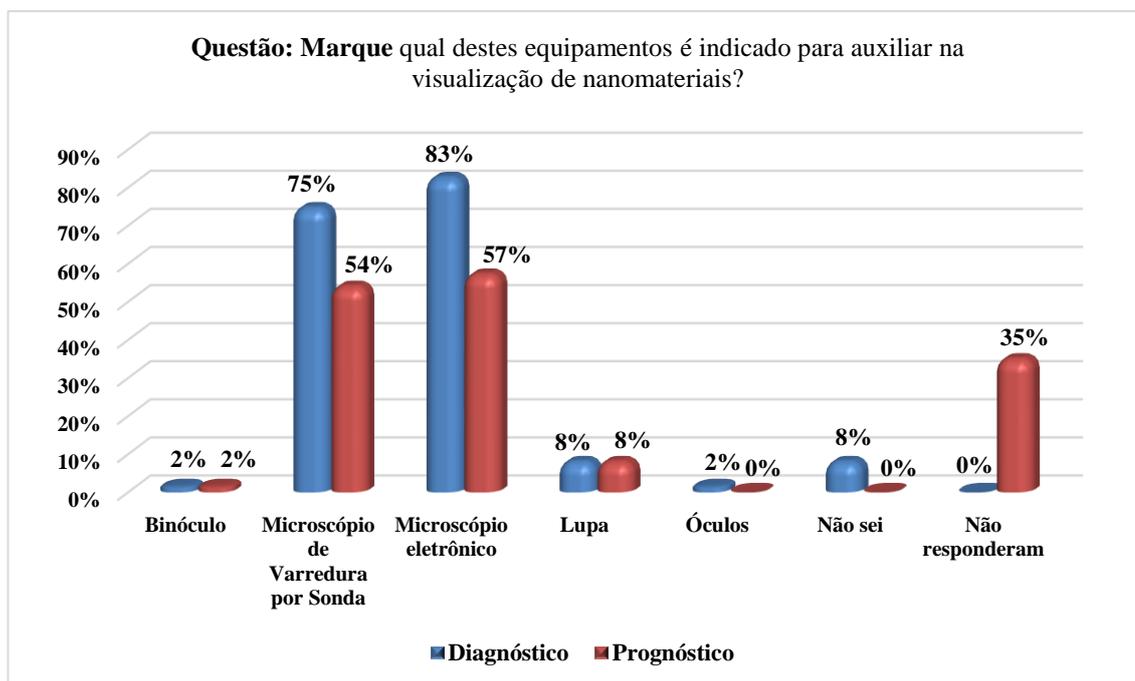
Quando perguntados sobre a possibilidade de visualizar os nanomateriais a olho nu, a maioria dos estudantes acertou a questão respondendo que não, tanto no questionário diagnóstico como no prognóstico (Figura 11). No entanto, após o material disponibilizado, houve um aumento do número de estudantes que respondeu que era possível a visualização a olho nu de materiais nanométricos. Como na cartilha e nos vídeos apareceram algumas imagens de microscopia com resolução atômica, alguns estudantes podem ter se confundido.

**Figura 11 – Análise da questão referente à visualização atômica.**



Fonte: Autoras, 2021.

A maior parte dos estudantes respondeu corretamente que os equipamentos indicados para visualizar nanomateriais são o microscópio eletrônico e o microscópio de varredura por sonda, tanto no questionário diagnóstico como no prognóstico (Figura 12).

**Figura 12 – Análise da questão sobre microscopias.**

Fonte: Autoras, 2021.

O questionário prognóstico teve uma questão aberta, na qual os estudantes tiveram a oportunidade de expor suas percepções sobre as atividades propostas, e assim, emitir de forma espontânea um feedback sobre o trabalho referente aos tópicos de nanociência e nanotecnologia que foram desenvolvidos no contexto do ERE. Os relatos dos estudantes tiveram imensa importância para efetivar e enriquecer a conclusão deste trabalho. A questão era “*Escreva neste espaço o que você achou das atividades sobre Nanociência e Nanotecnologia e se as atividades propostas te ajudaram a esclarecer um pouco sobre esses conceitos.*”

Em 100% as respostas tivemos um retorno positivo com relação às atividades e a maior parte delas foram bem elaboradas, como pode ser visto pelos depoimentos dos estudantes E1 e E2, o que demonstrou o interesse dos discentes em dar um retorno sobre as atividades.

*De modo que, o meu conhecimento sobre nanotecnologia e nanociência era bem vago, acredito que as atividades me acrescentaram muito e positivamente. Sendo assim, saber que algo tão fino e tão minúsculo, como o grafeno, é capaz de fazer tantas coisas incríveis, é inovador e uma esperança para um futuro mais evoluído. Destarte, consegui esclarecer muito sobre o significado dessas palavras e pude compreender que o mundo é cheio de novidades. Contudo, achei magnífica a possibilidade de ser possível, transformar a água dos oceanos em água potável, as telas de celulares em telas flexíveis e ter um material que auxilie na detecção de células cancerígenas. E1*

*Acredito que todo o material disponibilizado sobre a Nanociência e Nanotecnologia ajudaram a esclarecer sobre o assunto, que apesar de muito interessante e promissor, não é muito difundido e debatido em todas as esferas da ciência, deixando a discussão atrelada ao laboratório. Contudo, com as ferramentas oferecidas no presente bloco, nos deu a perspectiva da Nanotecnologia estar presente em várias áreas da nossa vida, sem contar com as diferentes funções que os materiais processados em nano partes, podem nos proporcionar, através uma vida mais prática e sustentável (como o grafeno usado para a transformação da água do mar, em água potável, por exemplo). E2*

Os adjetivos que aparecem nas respostas são: divertido, legal, inovador e interessante, sendo que o mais frequente é interessante, que aparece em 54 % das respostas. Como pode ser exemplificado nos depoimentos dos estudantes E3 e E4:

*As atividades foram interessantes, pois não se tornaram cansativas, além de podermos aprender com um pouco de prática. Com certeza elas ajudaram a esclarecer sobre os conceitos e suas aplicações. E3;*

*Gostei bastante da atividade, achei muito interessante, já tinha ouvido falar, mas nunca pesquisei mais a fundo, essa atividade me despertou a curiosidade para pesquisar mais sobre. E4.*

Na Tabela 1 as respostas dos estudantes foram categorizadas levando em consideração se mencionaram os seguintes pontos: atividades lúdicas como jogos ou simulações; aplicações tecnológicas; ligação dos conteúdos com o cotidiano e se auxiliaram na compreensão o conteúdo abordado.

**Tabela 1 – Categorização das respostas dos estudantes.**

| Menções nas respostas   | Porcentagem dos estudantes |
|-------------------------|----------------------------|
| Atividades Lúdicas      | 24 %                       |
| Aplicações tecnológicas | 15 %                       |
| Ligação com o cotidiano | 22 %                       |
| Compreensão do conteúdo | 63 %                       |

Fonte: Autoras, 2021.

Nas respostas, 24 % dos estudantes ressaltam a importância das atividades práticas, como as simulações e jogos, para despertar o interesse ou auxiliar no entendimento do tema. Para exemplificar, temos os depoimentos dos estudantes E5, E6 e E7:

*Eu achei um pouco confuso a definição, mas eu comecei a entender melhor fazendo as atividades dos joguinhos e simulação, foi um "aprender fazendo". E5;*

*Eu gostei muito dos jogos, porque é uma atividade dinâmica, que mesmo assim, ensina. E6;*

*Foi muito divertido, eu gostaria que houvesse mais atividades desse gênero, onde poderíamos viabilizar uma visão não tão linear da Física, dando-a, assim, uma dimensão mais usual, cotidiana e, para alguns, mais divertida. E7.*

Os depoimentos dos estudantes E1, E2 e E3 também exemplificam a ligação que os estudantes fazem entre os conteúdos estudados e as aplicações tecnológicas dos mesmos. No total das respostas, 15 % mencionam aplicações tecnológicas. O estudante E1 diz que achou “*magnífica a possibilidade de ser possível, transformar a água dos oceanos em água potável, as telas de celulares em telas flexíveis e ter um material que auxilie na detecção de células cancerígenas*”. O estudante E2 fala do “*grafeno usado para a transformação da água do mar, em água potável*”. Já o estudante E3 menciona “*as inovações tecnológicas que poderiam ser alcançadas em um futuro próximo com o uso do grafeno*”.

Alguns estudantes, 22 %, mencionam em seus depoimentos a ligação dos novos conteúdos estudados com suas realidades cotidianas, demonstrando a contribuição das atividades propostas para a construção de uma aprendizagem significativa, pois, segundo Ausubel (1980), a aprendizagem é significativa quando uma nova informação adquire significado para o aluno. Como exemplo, podemos verificar os depoimentos dos estudantes E8 a E10:

*Achei muito interessante o conteúdo apresentado, pois a minha visão era de que os nanomateriais estavam muito distantes da minha vida cotidiana, mas através dos vídeos e textos consegui entender a importância dessa ciência para a rotina que levo, e foi muito prazeroso aprender mais sobre suas características, seu estudo e suas aplicações! E8;*

*Achei muito interessante, essas atividades me ajudaram a esclarecer muito mais sobre as coisas ao meu redor. Nanotecnologia é mesmo incrível. E9;*

*Estamos em constante contato com tudo que estudamos, só temos que parar pra observar. E10.*

A maioria das respostas, 63 %, menciona que o material disponibilizado auxiliou no entendimento dos conteúdos referentes à nanociência e nanotecnologia.

As respostas dos estudantes nos questionários diagnóstico e prognóstico demonstram que embora alguns conceitos ainda permaneceram um pouco confusos e precisariam ser melhor trabalhados, as atividades propostas para o ensino de nanociência e nanotecnologia no ensino médio contribuíram para a introdução de novos conceitos de forma significativa e instigaram a curiosidade e interesse de muitos estudantes.

#### **4 CONSIDERAÇÕES FINAIS**

Como foi observado pela análise dos livros didáticos, a ocorrência de conteúdos de nanociência e nanotecnologia nos livros é mínima, mostrando a relevância da produção de material didático para o ensino médio. A cartilha produzida neste projeto pode ser trabalhada tanto de forma remota como presencial, podendo servir de apoio aos professores para o ensino de nanociência e nanotecnologia.

Percebe-se que assuntos contemporâneos de Física despertam o interesse de muitos estudantes, pois mesmo sendo uma atividade optativa e realizada no final de um ano letivo, onde muitos já estão cansados e/ou já passaram de ano, 44 % dos estudantes se interessaram em realizar as atividades.

A forma como foi ministrada as atividades, mesmo que remotamente, foi vista pelos estudantes de maneira didática e até mesmo lúdica, abrangendo o cotidiano a que eles estão inseridos e despertando o interesse pelo tema.

Alguns temas precisariam ser melhor trabalhados, pois demonstraram dificuldade no entendimento pelos estudantes. Dessa forma, poderia ser incluída na sequência das atividades um encontro síncrono ou presencial com o professor da disciplina para discussão dos conteúdos abordados.

Os conhecimentos tecnológicos adquiridos com o ERE contribuíram para que novas abordagens de ensino possam ser trabalhadas no ensino básico. A proposta apresentada neste trabalho para o tema de nanociência e nanotecnologia, poderia ser ampliada para outros temas de Física Moderna e Contemporânea e disponibilizadas para os estudantes ao longo dos 3 (três) anos do ensino médio, mesmo com o retorno das atividades presenciais. O uso de plataformas para a disponibilização dos conteúdos e a grande quantidade de bons materiais disponíveis, como vídeos, entrevistas, simulações e jogos, podem ser selecionadas e disponibilizadas aos estudantes de forma assíncrona para que possam despertar o interesse dos mesmos por temas atuais de Física.

Assim, através deste trabalho, é possível corroborar e sugerir o quanto o currículo deve ser reavaliado e os educadores instruídos para se trabalhar com conteúdo de Física Moderna e Contemporânea no ensino básico.

## REFERÊNCIAS

- AUSUBEL, D. P.; NOVAK, J. D.; HANESIAN, H. **Psicologia educacional**. Tradução Eva Nick. Rio de Janeiro: Interamericana, 1980.
- BERNARDO, G. A. M. **A ciência do surpreendentemente pequeno: uma sequência didática para a nanociência e nanotecnologia no ensino médio**. Universidade Federal de Campina Grande, 2019.
- ELLWANGER, L.; OSSATO, J.; GRANADA, M.; BORTOLUZZI, V. I.; FAGAN, S. B. O ensino de nanociências por meio do objeto de aprendizagem. **Revista Renote Novas Tecnologias na Educação**, v. 10, n. 1, p. 1-10, 2012.
- LIMA, M. C. A.; ALMEIDA, M. J. P. M. Articulação de textos sobre nanociência e nanotecnologia para a formação inicial de professores de física. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v. 34, n. 4, 2012.
- GOULART, G. S.; LEONEL, A. A. Revisão da literatura sobre o ensino de física moderna e contemporânea no ensino médio sob a ótica da TAS: problemáticas emergentes a partir de eventos brasileiros de ensino de física. **Revista Dynamis**, v. 28, n.1, p. 231-251, 2022.
- LOURENÇO, A. B.; COLOMBO JUNIOR, P. D.; LÍCIO, J. G.; OVIGLI, D. F. B. A nanotecnologia na concepção de estudantes do ensino médio: o desenho como elemento de análise. **Enseñ Aprend Cienc**, v. 12, n. 1, p. 27-42, 2017.
- MAIS UNIFRA. **Espaço Virtual de Aprendizagem**. Santa Maria, RS: Unifra, 2011. Disponível em: <<http://maisunifra.com.br/>>. Acesso em: 17 jun. 2021.
- OSTERMANN, F.; FERREIRA, L. M.; CAVALCANTI, C. J. H. Tópicos de física contemporânea no ensino médio: Um texto para professores sobre supercondutividade. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v.20, n.3, p. 270-288, 1998.
- OSTERMANN, F.; MOREIRA, M. A. Uma revisão bibliográfica sobre a área de pesquisa “física moderna e contemporânea no ensino médio”. **Investigações em Ensino de Ciências**, v.5, n.1, p. 23-48, 2000.
- SCHULZ, P. A. **De volta para o futuro: os precursores da nanotecnociência**. In: III Ciclo de Estudos Desafios da Física para o Século XXI, Cadernos IHU ideias. São Leopoldo: Unisinos, v. 95, 2007.
- SILVA, S. L. A.; VIANA, M. M.; MOHALLEM, N. D. S. Afinal, o que é Nanociência e Nanotecnologia? Uma Abordagem para o Ensino Médio. **Química Nova na Escola**, v. 31, n. 3, 2009.
- TERRAZZAN, E. A. A inserção da física moderna e contemporânea no ensino de física na escola de 2º Grau. **Caderno Catarinense de Ensino de Física**, v. 9, n. 3, p.209-214, 1992.
- TOMKELSKI, M. L; SCREMIN, G.; FAGAN, S. B. Ensino de Nanociência e Nanotecnologia: perspectivas manifestadas por professores da educação básica e superior. **Ciênc. Educ.**, v. 25, n.3, 2019.