2º SEMINÁRIO INTERNACIONAL EM ENSINO DE CIÊNCIAS E MATEMÁTICA
de 20 a 22 de agosto de 2025
E-book
DOI: https://doi.org/10.48195/siecm2025.29449
ISBN: 978-65-5852-447-0
Unindo Fronteiras: Ciência, Tecnologia e Inovação no Ensino de Ciências e Matemática

IMPLEMENTAÇÃO DE ESTUDOS DE NANOCIÊNCIAS E NANOTECNOLOGIA NO ESTADO DA BAHIA – POSSIBILIDADES E DESAFIOS

Jorge Raphael Rodrigues de Oliveira Cotinguiba[1]
Solange Binotto Fagan[2]

Temática: Ensino de Ciências e Matemática: Currículo

Resumo

Este trabalho, parte de uma tese, avalia a implementação de estudos em Nanociências e Nanotecnologia (N&N) no estado da Bahia. A pesquisa é inovadora, pois não há cursos de formação continuada em Alfabetização Científica e Tecnológica em Nanociências e Nanotecnologia no estado. Devido ao caráter multidisciplinar da área, a inserção de conteúdos relacionados a esta área é salutar para uma formação docente plena e essencial. A pesquisa final será aplicada na Bahia, mobilizando grupos de estudos em N&N vinculados à Universidade Franciscana (UFN) tendo como ponto de partida o Instituto Federal da Bahia (IFBA). Foram analisados, inicialmente, os currículos dos cursos de licenciaturas do IFBA de Física, Química e Matemática, verificando a presença de conteúdos relacionados a N&N e nos casos de ausência são apontadas possibilidades de inserções dessa área nos currículos analisados.

Palavras-Chave: Nanociências. Nanotecnologia. Formação de Professores. Currículo.

INTRODUÇÃO

Estudos relacionados à Nanociências e Nanotecnologia (N&N) têm avançado ao longo dos anos, e sua inserção nos mais diversos espaços tem sido cada vez mais significativo. Isso perpassa pela necessidade de uma formação mais próxima da realidade do mundo atual. Pesquisas recentes apontam que o papel da N&N frente a todos os desafios da sociedade, assim como na integração tecnológica, fica mais aparente a cada dia. Destacamos o papel da N&N em ações de ensino, como se observar em artigos publicados de Tomkelski, Scremin, Fagan (2019); Zanella, et al. (2009); Carlos da Silva Júnior et al. (2021); Maria Consuelo Lima et al. (2021).

Esta pesquisa tem como objetivo analisar currículos de cursos de licenciatura e verificar a presença de temas relacionados à N&N.

Preliminarmente apresentamos uma análise nos cursos de licenciaturas vinculados ao Instituto Federal da Bahia – IFBA, instituição multicampi com diversas áreas de formação inicial e continuada, além de abrigar também cursos técnicos integrados nas áreas de tecnologia, informática e cursos técnicos de diversas formações.

[1] Doutorando, Universidade Franciscana – UFN. Docente, Instituto Federal da Bahia – IFBA. E-mail: jorgecotinguiba@gmail.com
[2] Doutora, Professora Titular, Universidade Franciscana - UFN. E-mail: sfagan@ufn.edu.br

EDUCAÇÃO E DISSEMINAÇÃO DO CONHECIMENTO EM N&N

A N&N abrange diversas áreas do conhecimento e, diante de sua importância e crescimento exponencial, destacamos sua definição a seguir.

Nanociências: estuda as propriedades dos materiais que possuem, pelo menos, uma dimensão na escala nanométrica, ou seja, com tamanho da ordem de um bilionésimo do metro. Nanotecnologia: criação de materiais funcionais a partir do conhecimento e controle da matéria em escala nanométrica, explorando o seu potencial tecnológico (SILVA e FAGAN, 2024).

Para que os benefícios da Nanociência e Nanotecnologia sejam plenamente aproveitados pela sociedade, é fundamental que haja um investimento contínuo na educação e na disseminação do conhecimento nessa área. A educação, nesse sentido, atua como um alicerce que promove o desenvolvimento ético e sustentável da temática. Contudo, a complexidade inerente a esses campos pode torná-los inacessíveis ao público em geral.

A alfabetização científica e tecnológica (ACT) em N&N é uma estratégia eficaz para tornar esses conceitos mais compreensíveis e inspiradores para todos. A proposta de um trabalho focado na implementação de estudos de N&N no estado da Bahia, por exemplo, visa suprir a lacuna de cursos de formação continuada nessa área, especialmente na alfabetização científica e tecnológica.

Destacamos alguns autores que mostram o quanto é fundamental abordagem Ciência-Tecnologia-Sociedade-Ambiente (CTSA) para o ensino de N&N, visando o letramento científico e o pensamento crítico dos alunos.

Apesar da crescente presença da N&N no cotidiano, sua inclusão na educação é incipiente e fragmentada. Isso se deve à falta de formação docente específica, materiais didáticos adequados e políticas educacionais de apoio. Assim, a pesquisa sugere a necessidade de intensificar a produção científica, investir na capacitação de professores e desenvolver estratégias pedagógicas inovadoras para integrar a N&N ao ensino formal, especialmente na educação básica. (Silva Junior, Lopes, Jesus e Cunha, 2021; Santos, Moraes, Pereira, 2023; Zanella, Fagan, Bisognin. V., Bisognin. E. 2009).

O caráter multidisciplinar da N&N torna os cursos de formação voltados para profissionais da área de educação e outras áreas correlatas essenciais para a capacitação e atualização do conhecimento. Além disso, a criação de produtos educacionais aplicáveis a estudantes do ensino médio, como resultado de cursos de

formação de professores, é uma forma de introduzir a N&N em níveis mais fundamentais da educação.

A mobilização de grupos de estudos em N&N vinculados a universidades, como a Universidade Franciscana (UFN) e a Universidade Estadual de Feira de Santana (UEFS), e tendo como ponto focal o Instituto Federal da Bahia (IFBA), demonstra o compromisso com a expansão do conhecimento e a formação de novos pesquisadores e profissionais na área. A meta principal de tais iniciativas é a formação em alfabetização científica e tecnológica de toda a população na área de N&N.

METODOLOGIA

A metodologia deste trabalho está firmada preliminarmente na análise curricular de cursos de licenciaturas do Instituto Federal da Bahia, com ênfase nos cursos de Física, Química e Matemática, nas modalidades presencial e à distância, com foco na possibilidade e ou não de inserção de conteúdos relacionados à N&N.

O IFBA oferece diversos cursos de licenciatura em diferentes campi. Na modalidade presencial, destacam-se os cursos de Matemática (Salvador), Física (Salvador) e Química (Porto Seguro). Na modalidade a distância, são ofertados os cursos de Licenciatura em Matemática, Física e Educação Profissional e Tecnológica.

A Tabela 1 traz o panorama desses cursos presentes no IFBA.

Tabela 1. Carga Horária dos Curso do IFBA

Curso	Modalidade	Carga Horária (h)
Matemática	Presencial	3065
Matemática	EAD	3065
Física	Presencial	2945
Física	EAD	3200
Química	Presencial	3000

Fonte: IFBA (2024).

A seguir, apresentamos uma análise curricular de cada uma das licenciaturas.

1. Análise Curricular: Licenciatura em Matemática - IFBA

Na modalidade presencial, o curso de Licenciatura em Matemática possui uma carga horária de aproximadamente 3.065 horas, com ênfase em fundamentos matemáticos, educação matemática, tecnologias da informação e comunicação (TICs) e práticas pedagógicas.

Na modalidade EAD, a estrutura curricular é semelhante, incluindo disciplinas como Álgebra, Cálculo, Física, Didática, TICs e Estágios Supervisionados.

Observa-se, entretanto, a ausência de conteúdos diretamente relacionados à N&N em ambas as modalidades.

Apesar da sólida formação em fundamentos matemáticos e pedagógicos, não há menção direta ou explícita à nanotecnologia em ambas as modalidades. No entanto, a presença de TICs e laboratórios, tanto físicos quanto virtuais Laboratório de Modelagem Matemática Computacional (LAMMC), Laboratório de Inovações e Práticas Interdisciplinares (LIPI), laboratórios de informática), oferece uma infraestrutura propícia para a introdução da N&N por meio de simulações e softwares, mesmo na ausência de laboratórios de N&N dedicados.

Disciplinas existentes que podem servir como portas de entrada para a N&N incluem:

- Modelagem Matemática (Optativa MAT251 - Presencial, Mencionada em EAD): esta disciplina é essencial para descrever e analisar fenômenos em escala nanométrica. As propriedades dos materiais nessa escala podem ser contraintuitivas, exigindo abordagens matemáticas complexas para sua compreensão e previsão. A Modelagem Matemática permite a criação de representações abstratas para fenômenos que não são diretamente observáveis, o que é crucial para a nanociência.

- Estatística (Probabilidade e Estatística MAT219 - Presencial e EAD): a Estatística é fundamental para a análise de grandes volumes de dados gerados em experimentos com nanomateriais. Ela é indispensável para o controle de qualidade de nanoprodutos, a compreensão de distribuições de tamanho de nanopartículas e a validação de resultados experimentais.

- Análise Numérica (Cálculo Numérico MAT215 - Presencial e EAD): Esta disciplina é crucial para a simulação computacional de sistemas nanométricos e para a resolução de equações diferenciais que descrevem o comportamento de nanomateriais. Muitos problemas em N&N não possuem soluções analíticas, tornando os métodos numéricos indispensáveis.

- Álgebra Linear (MAT228 - Presencial e EAD): A Álgebra Linear fornece a base matemática para a compreensão de estruturas cristalinas e propriedades de materiais em escala atômica e nanométrica. Conceitos como vetores, matrizes e transformações lineares são aplicados na descrição de redes cristalinas e na análise de simetrias em nanoestruturas.

2. Análise Curricular: Licenciatura em Física - IFBA

O curso presencial de Licenciatura em Física possui carga horária de cerca de 2.945 horas, com foco em fundamentos da Física Clássica e Moderna, práticas laboratoriais, ensino de ciências e pesquisa educacional.

Na modalidade EAD, o curso apresenta carga horária de aproximadamente 3.200 horas, com disciplinas teóricas e práticas voltadas ao ensino de Física, pesquisa e extensão.

Conteúdos como Física Moderna e Mecânica Quântica podem servir como portas de entrada para a introdução de temas relacionados à N&N.

O currículo da Licenciatura em Física não menciona explicitamente "N&N". No entanto, a forte ênfase em pesquisa educacional e a disciplina "Tecnologias de Informação e Comunicação no Ensino de Física" (FIS230 - Presencial) indicam uma abertura para a incorporação de temas emergentes e o uso de ferramentas computacionais para simulações de N&N.

Disciplinas existentes que podem servir como portas de entrada para a N&N incluem:

- Física Moderna (FIS219 - Presencial, FIS219 - EAD): esta disciplina abarca a Teoria da Relatividade e a Teoria Quântica, elementos essenciais para entender o comportamento da matéria na nanoescala. Fenômenos como o efeito túnel, confinamento quântico e a dualidade onda-partícula, que são cruciais para as propriedades dos nanomateriais, são introduzidos aqui.

- Mecânica Quântica (FIS225 - Presencial, FIS225 - EAD): Fundamental para a compreensão das propriedades eletrônicas, ópticas e magnéticas dos nanomateriais, que são regidas por fenômenos quânticos. O estudo aprofundado da mecânica quântica permite entender como as propriedades dos materiais mudam drasticamente quando suas dimensões se aproximam da escala nanométrica.

- Termodinâmica e Mecânica Estatística (FIS224 - Presencial, FIS224 - EAD): crucial para entender a estabilidade, auto-montagem e comportamento de sistemas

nanométricos em diferentes condições de temperatura e pressão. Esses conceitos são aplicados na síntese e no processamento de nanomateriais.

- Física Clássica da Matéria e da Luz (FIS215 - Presencial e EAD): Embora trate de escalas maiores, pode servir de base para discutir propriedades de materiais antes de introduzir o comportamento nano, destacando as diferenças e emergências de propriedades na nanoescala.

- Física de Materiais: embora não haja uma disciplina explícita com esse nome nos PPCs analisados, a discussão sobre materiais é inerente à Física. A inclusão de tópicos de Física de Materiais, como propriedades de sólidos e semicondutores, seria um excelente ponto de conexão com a N&N, permitindo explorar a base física dos nanomateriais.

3. Análise Curricular: Licenciatura em Química - IFBA

O curso presencial de Licenciatura em Química, ofertado em Porto Seguro, apresenta uma estrutura curricular voltada para Química Geral, Ensino de Química, práticas laboratoriais e pesquisa educacional.

Embora não haja menção explícita à N&N, disciplinas como Química de Materiais, Química Ambiental e Tecnologias Emergentes podem ser exploradas para introduzir esses conteúdos.

O documento do PPC de Química de Porto Seguro não faz menção explícita a "N&N". No entanto, há uma forte ênfase na pesquisa educacional e no uso de TICs, com disciplinas como "Informática Aplicada à Educação I" e "Desenvolvimento e Manipulação de Software para o Ensino de Química". O Laboratório Interdisciplinar de Tecnologias Educacionais (LITE) e programas como PET e PIBID oferecem um ambiente favorável para a pesquisa e o uso de tecnologias no ensino, que podem ser adaptadas para N&N.

Disciplinas existentes que podem servir como portas de entrada para a N&N incluem:

- Química de Materiais (e.g., via Química dos Polímeros OPT-004 - Porto Seguro): embora não explicitamente denominada "Química de Materiais", a disciplina de Química dos Polímeros já aborda a relação entre estrutura e propriedades em escala molecular, um conceito central para a N&N. Uma disciplina mais abrangente de "Química de Materiais" seria ideal para explorar nanomateriais inorgânicos e compósitos.

- Físico-Química (I e II, e experimentais - Porto Seguro): esta área aborda cinética, equilíbrio, termodinâmica e introdução à teoria quântica (Físico-Química Avançada), conceitos essenciais para entender a síntese, caracterização e comportamento de nanomateriais. A compreensão das interações em nível molecular é crucial para a nanociência.

- Química Ambiental (Porto Seguro): permite discutir as aplicações da nanotecnologia na remediação ambiental, como o uso de nanopartículas para tratamento de água e solo, e os potenciais impactos ecotoxicológicos dos nanomateriais no meio ambiente.

- Química Geral (I e II, e experimentais - Porto Seguro): Pode introduzir conceitos básicos de escala, estrutura atômica e ligações químicas em um contexto nano, servindo como base para tópicos mais avançados.

RESULTADOS

A análise comparativa entre as modalidades presencial e EAD dos cursos de licenciatura do IFBA, bem como entre os currículos de Matemática, Física e Química, revela aspectos distintos e convergentes que impactam a potencial inserção da N&N.

Com base na análise dos currículos apresentados, podemos destacar os seguintes elementos no que se refere ao potencial de cada curso em inserir conteúdos relacionados em ensino de N&N.

Elencamos a seguir diversas estratégias pedagógicas e curriculares para a Integração de conteúdos relacionados à N&N.

A inserção de N&N pode ser realizada de forma transversal e gradual, fazendo uso dos fundamentos já existentes nas disciplinas.

- Integração Transversal: Conceitos de N&N podem ser inseridos em disciplinas existentes que já possuem fundamentos relevantes.

a) Física: Tópicos em Física Moderna (FIS219), Mecânica Quântica (FIS225) e Termodinâmica (FIS224) podem ser aprofundados para incluir exemplos e aplicações em nanoescala, como o funcionamento de pontos quânticos, o efeito túnel em dispositivos nanoeletrônicos ou as propriedades térmicas de nanomateriais.

b) Química: A N&N pode ser explorada em Química de Materiais (ou a disciplina optativa Química dos Polímeros OPT-004), Físico-Química (I e II) e

Química Ambiental, abordando a síntese de nanopartículas, as propriedades catalíticas de nanomateriais ou os impactos ambientais da nanotecnologia.

c) Matemática: Disciplinas como Modelagem Matemática (MAT251), Estatística (MAT219) e Análise Numérica (MAT215) podem ser utilizadas para resolver problemas e simular fenômenos relacionados à N&N, como a dinâmica de fluidos em microcanais ou a análise de dados de microscopia de força atômica.

- Criação de Disciplinas Optativas: A criação de disciplinas específicas para aprofundamento, como "Introdução à Nanotecnologia", "Aplicações da Nanotecnologia" ou "Didática da Nanociência", permitiria aos alunos interessados um estudo mais aprofundado e contextualizado.

- Projetos Interdisciplinares: Fomentar projetos que integrem conhecimentos de Matemática, Física e Química para abordar problemas reais da N&N, promovendo uma visão CTSA. Isso pode incluir o desenvolvimento de materiais didáticos sobre N&N ou a análise de casos de aplicação e seus impactos sociais.

- Uso de Laboratórios Virtuais e Simulações Computacionais: Essencial para a visualização de fenômenos em nanoescala, que são invisíveis a olho nu, e para a modalidade EAD. O IFBA já possui infraestrutura de TICs e laboratórios de informática, que podem ser otimizados para esta finalidade.

- Material Didático Adaptado: É fundamental desenvolver ou adaptar materiais didáticos que incorporem a N&N, dada a escassez do tema em livros didáticos atuais. Isso pode incluir a criação de artigos científicos para crianças e adolescentes ou o desenvolvimento de recursos online.

Tabela 2: Potencial para inserção de N&N nos currículos de licenciatura do IFBA

Curso/IFBA	**Modalidade**	**Potencial para N&N**
Matemática	Presencial	Médio
Matemática	EAD	Médio
Física	Presencial	Alto
Física	EAD	Alto
Química	Presencial	Alto

Fonte: Os autores.

A Tabela 2 apresenta uma análise sobre a aplicabilidade da N&N em diferentes cursos e modalidades de ensino. Ao observar os dados, percebe-se uma distinção clara no potencial de inserção, o que sugere que algumas áreas e formatos educacionais estão mais propícios a incorporar os avanços no ensino de N&N.

Começando pelos cursos de Matemática, tanto na modalidade presencial quanto na EAD (Educação a Distância), o potencial para inserção de N&N é classificado como "Médio". Isso pode indicar que, embora haja alguma relevância, a interface entre a nanotecnologia e a matemática pura não é tão direta ou proeminente quanto em outras áreas. A matemática serve como ferramenta fundamental para modelagem e análise em diversas áreas da ciência, incluindo a nanotecnologia, mas a sua aplicação direta pode ser mais teórica ou auxiliar.

Os cursos de Física, tanto presencial quanto EAD, demonstram um potencial "Alto" para a inserção da N&N. Essa constatação é bastante lógica, dado que a nanociência trata intrinsecamente com fenômenos físicos em escala nanométrica.

A compreensão de propriedades de materiais, interações em níveis atômicos e moleculares, e o desenvolvimento de novos dispositivos e materiais são pilares da N&N que se alinham diretamente com o currículo da Física. A Física fornece as bases teóricas e experimentais para a manipulação e caracterização de materiais em nanoescala, tornando-se um campo natural para a aplicação e avanço da nanotecnologia.

Por fim, o curso de Química na modalidade presencial também apresenta um potencial "Alto". A Química é, sem dúvida, outra disciplina central para a nanotecnologia, especialmente no que tange à síntese de nanomateriais, funcionalização de superfícies, e o desenvolvimento de novas moléculas e estruturas com propriedades específicas em escala nanométrica.

A criação de novos polímeros, catalisadores e sistemas de entrega de fármacos em nanoescala são exemplos claros da intersecção entre Química e N&N. A ausência da modalidade EAD para Química na tabela pode significar que a análise se restringiu à modalidade presencial, ou que a complexidade de experimentos práticos em N&N faz com que o ensino presencial seja preferencial para essa área.

Em suma, a Tabela 2 evidencia que os campos da Física e da Química são os mais maduros para a incorporação da N&N, o que reflete a natureza interdisciplinar dessa área do conhecimento. A matemática, embora menos diretamente ligada, atua como um pilar fundamental para o avanço das outras duas. A análise por

modalidade sugere que a inserção da N&N é transversal e não se restringe apenas ao ensino presencial, embora o impacto possa variar dependendo da disciplina e da necessidade de atividades práticas.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

As licenciaturas em Física e Química, pela natureza de seus campos de estudo, apresentam as conexões mais diretas com a N&N. Disciplinas como Física Moderna, Mecânica Quântica, Físico-Química e Química de Materiais (ou áreas correlatas como Química dos Polímeros) oferecem os conceitos e princípios diretamente aplicáveis à compreensão da matéria em escala nanométrica, suas propriedades emergentes e aplicações.

Por outro lado, a Licenciatura em Matemática contribui com ferramentas essenciais para a N&N, como Modelagem Matemática, Estatística e Análise Numérica. Essas ferramentas são aplicáveis à análise de dados, simulação de fenômenos nanométricos e otimização de nanoestruturas.

Apesar dessas interconexões evidentes, uma característica comum a todos os currículos analisados, independentemente da modalidade ou área, é a ausência de menção explícita à N&N. Embora Física e Química tenham conexões mais diretas com N&N, e a Matemática seja fundamental para a modelagem e análise de dados, a falta de uma abordagem interdisciplinar explícita da N&N nos currículos atuais é uma lacuna significativa.

A nanociência é, por definição, um campo interdisciplinar. Se os currículos permanecem isolados em suas abordagens disciplinares, mesmo que toquem em conceitos relevantes individualmente, a compreensão holística e integrada da N&N será comprometida.

Isso sugere que a inserção eficaz da N&N requer não apenas a adição de conteúdo em disciplinas específicas, mas também a promoção de projetos e abordagens que cruzem as fronteiras tradicionais das áreas, preparando os futuros professores para ensinar N&N como uma ciência convergente e não apenas como um subcampo de uma única disciplina.

REFERÊNCIAS

DEMO, Pedro. **Educação e alfabetização científica**. 1. ed. Campinas, SP: Papirus, 2010. E-book. Disponível em: https://plataforma.bvirtual.com.br. Acesso em: 16 jul. 2024.

Instituto Federal da Bahia - IFBA. **Cursos de Licenciatura**. Salvador, [s.d.]. Disponível em: https://portal.ifba.edu.br/ensino/nossos-cursos/superior/licenciatura. Acesso em: 10 jul. 2025.

LAZZARETTI, L. L. , HUPFFER, H. M. **Nanotecnologia e sua Regulamentação no Brasil**. Gestão e Desenvolvimento. v. 16, n. 3 (2019). DOI: 10.25112/rgd.v16i3.1792

LIMA, Maria Consuelo; et al. **Uma abordagem sobre nanociência e nanotecnologia na educação básica**. *Revista Brasileira de Ensino de Ciência e Tecnologia*, 2021. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/353463577. Acesso em: 10 jul. 2025.

LIMA, Nabylla Fiori de. **Ciência, tecnologia e sociedade**. 1. ed. São Paulo: Contentus, 2020. E-book. Disponível em: https://plataforma.bvirtual.com.br. Acesso em: 16 jul. 2024.

MARTINEZ, D. S. T., ALVES, O. L. **Interação de Nanomateriais com Biossistemas e a Nanotoxicologia: una direção de uma regulamentação**. Cienc. Cult. v. 65 no. 3 (2013). DOI: 10.21800/S0009-67252013000300012.

NOLASCO, G. T. e SANTOS, N.. **Avanços Nanotecnológicos e os Desafios Regulamentares**. Rev. Fac. Direito UFMG, Belo Horizonte, n. 71, pp. 375 - 420 (2017).

SANTOS, Aline R. dos; MORAES, Felipe L.; PEREIRA, Júlia C. **Nanociência e nanotecnologia: uma análise documental a partir da BNCC**. *Revista Brasileira de Ensino de Ciência e Tecnologia*, 2023. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/376702586. Acesso em: 10 jul. 2025.

SILVA, P. R. da e LOPES, J. G. **Nanociência e Nanotecnologia em foco: reflexões sobre um tema a ser explorado na educação em ciências**. Revista de Ensino de Ciências e Matemática, v. 11, n. 6, p. 497-513, 18 out. 2020. https://doi.org/10.26843/rencima.v11i6.2007

SILVA JÚNIOR, Carlos Alberto da; LOPES, Cristhian Rafael Francisco; JESUS, Dosil Pereira de; CUNHA, Rosiane Lopes da. **Ensino de nanociência e nanotecnologias no Brasil: uma revisão sistemática.** In: SILVA JÚNIOR, C. A. et al. *Ensino de nanociência e nanotecnologias no Brasil: uma revisão sistemática*. 1. ed. São Paulo: Editora Científica Digital, 2021. p. 1–17. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/352784655. Acesso em: 10 jul. 2025.

SILVA, Ivana Zanella da e FAGAN, Solange Binotto (Orgs.). **O Admirável Mundo Nanométrico: conceitos, propriedades e nanomateriais**. Santa Maria: Editora Universidade Franciscana – UFN, 2024.

TOMA, H. E. **O Mundo Nanométrico: a dimensão do novo século**. 1. ed. São Paulo: Oficina de Textos, 2009. E-book. Disponível em: https://plataforma.bvirtual.com.br. Acesso em: 16 jul. 2024.

TOMKELSKI, M.; SCREMIN, G. e FAGAN, S. B. **Ensino de Nanociência e Nanotecnologia: perspectivas manifestadas por professores da educação básica e superior**. (Ciência & Educação, v. 25, n. 3, p. 665-683, 2019. https://doi.org/10.1590/1516-731320190030014).

TONET, M. D. e LEONEL, A. A. **Nanociência e Nanotecnologia: uma revisão bibliográfica acerca das contribuições e desafios para o ensino de Física**. Caderno Brasileiro de Ensino de Física, v. 36, n. 2, p. 431-456, ago. 2019 - https://doi.org/10.5007/2175- 7941.2019v36n2p431

ZANELLA, I.; FAGAN, S. B.; BISOGNIN, V.; BISOGNIN, E. **Abordagens em nanociência e nanotecnologia para o ensino médio**. In: SIMPÓSIO NACIONAL DE ENSINO DE FÍSICA, 18., 2009, Vitória. *Anais [...]*. Vitória: UFES, 2009. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/266327856. Acesso em: 10 jul. 2025.