

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SÃO CARLOS
CENTRO DE CIÊNCIAS EXATAS E DE TECNOLOGIA
DEPARTAMENTO DE QUÍMICA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO PROFISSIONAL EM QUÍMICA

**FERRAMENTAS DE ENSINO NA CONCEITUAÇÃO DA
NANOTECNOLOGIA NA EDUCAÇÃO BÁSICA**

Lucas Vairolette Evangelista

Dissertação apresentada como parte
dos requisitos para obtenção do título
de MESTRE PROFISSIONAL EM
QUÍMICA, área de concentração:
ENSINO DE QUÍMICA

Orientador(a): Clélia Mara de Paula Marques/Edenir Rodrigues Pereira Filho

*** Vínculo Empregatício: E. E. Maria Antonieta Ferraz Bibliotecária.**

São Carlos - SP
2023



UNIVERSIDADE FEDERAL DE SÃO CARLOS

Centro de Ciências Exatas e de Tecnologia
Programa de Pós-Graduação em Química

Folha de Aprovação

Defesa de Dissertação de Mestrado do candidato Lucas Vairolette Evangelista, realizada em 19/09/2023.

Comissão Julgadora:

Prof. Dr. Edenir Rodrigues Pereira Filho (UFSCar)

Prof. Dr. Luciane Fernandes de Goes Bazetti (USP)

Prof. Dr. José Mario de Aquino (UFSCar)

O Relatório de Defesa assinado pelos membros da Comissão Julgadora encontra-se arquivado junto ao Programa de Pós-Graduação em Química.

DEDICATÓRIA

Dedico este trabalho primeiramente a Deus, sem o qual nada disso teria sido possível de se fazer.

EPÍGRAFE

“Os que se encantam com a prática sem a ciência são como os timoneiros que entram no navio sem timão nem bússola, nunca tendo certeza do seu destino.”(Leonardo da Vinci)

AGRADECIMENTOS

Aos meus orientadores Prof.^a Dra. Clélia Mara de Paula Marque e Prof^o Dr. Edenír Rodrigues Pereira Filho que me acolheram no Programa de Pós-Graduação em Química e compartilharam tantos ensinamentos ao longo desse tempo. Deixo registrado a minha eterna gratidão por me auxiliarem nesta caminhada

Ao PPGQ e aos professores das disciplinas desenvolvidas no programa, obrigado por compartilhar um pouco da experiência de cada um de vocês e por contribuírem com a minha formação.

Aos amigos Gilberto e Kayo das Faculdades Oswaldo Cruz, pelos amigos que são em primeiro lugar e a conviência de tantos anos.

À Prof.^a Dra. Alessandra de Souza Maia das Faculdades Oswaldo Cruz, por cada dúvida tirada, mesmo fora do horário de aula. Suas aulas foram inspiradoras.

À Prof.^a Dra. Silvia Maria Leite Agostinho do Instituto de Química da Universidade de São Paulo, minha orientadora de Iniciação Científica, que me acolheu, sempre muito paciente. Todos os nossos momentos juntos foram inspiradores e me ajudaram a crescer como estudante e profissional.

Aos meus professores do ensino médio Andrea, Monica, Sônia, Neide, Genilce e Cláudio. Nunca esquecerei a paciência e o apoio que recebi de vocês. Vocês me inspiraram a ser a melhor versão de mim mesmo.

A todos que contribuíram direta ou indiretamente para a execução desse trabalho. A minha namorada Michelle.

A minha mãe Silvia, meu pai Rivaldo, minha irmã Clara e minhas avós Maria e Benedicta.

Ao meu avô João Vairolette por sempre me incentivar. Obrigado por tudo que você fez por mim, sou grato por ter tido você na minha vida. Eu sempre vou te amar e lembrar de você com carinho.

À Deus e ao Universo por todas as oportunidades que tenho em minha vida.

O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Brasil (CAPES) - Código de Financiamento 001.

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

AD - Avaliação Diagnóstica

BNCC - Base Nacional Comum Curricular

C&T - Ciência e Tecnologia

CTSA - Ciência, Tecnologia, Sociedade e Ambiente

ECT - Educação Científica e Tecnológica

MEC - Ministério da Educação

NC – Nanotubos de Carbono

NCPM – Nanotubos de Carbono de Paredes Múltiplas

NCPS – Nanotubos de Carbono de Parede Simples

N&N - Nanociência e Nanotecnologia

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1. Ilustração de nanotubos de carbono. (A) NCPM; (B) NCPS.....	6
Figura 2. A) Exemplo de Nanopartículas sintetizadas em solução aquosa e B) sua atração pelo imã. Ref.:(LAVAYEN, 2021)	20
Figura 3. Representação do mapa mental feito com a classe.....	35
Figura 4. Moodboard do grupo 1 sobre o tema N&N na Cosmetologia.....	37
Figura 5. Moodboard do grupo 2 sobre o tema N&N na Medicina.....	38
Figura 6. Moodboard do grupo 3 sobre o tema N&N no Meio Ambiente.....	41
Figura 7. Moodboard do grupo 4 sobre o tema N&N em Alimentos.....	42
Figura 8. Moodboard do grupo 5 sobre o tema N&N em Energia.....	44
Figura 9. Moodboard do grupo 6 sobre o tema N&N em Eletrônica.....	46
Figura 10. Desempenho dos alunos nas respostas do questionário final.....	56

LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Relação de trabalhos sobre métodos de ensino sobre nanotecnologia nos dois últimos anos.....	9
---	----------

RESUMO

FERRAMENTAS DE ENSINO NA CONCEITUAÇÃO DA NANOTECNOLOGIA NA EDUCAÇÃO BÁSICA. A nanotecnologia tem alto impacto na qualidade de vida das pessoas, estando presente no desenvolvimento de energias limpas, de dispositivos móveis mais eficientes, no tratamento de doenças, na produção de próteses, cosméticos, produtos farmacêuticos, entre outros. No entanto, questiona-se a clareza e a compreensão com que este tema tem sido discutido nos meios de comunicação social, pelo que se pretende esclarecer se este conhecimento está a ser anunciado aos alunos de uma forma dissociada da sua realidade. Fica claro também que apesar da grande quantidade de informação disponível, por vezes falta qualidade na sua elaboração, deixando de destacar pontos fundamentais, como a sua definição, impactos e relevância para o desenvolvimento da sociedade. Portanto, por meio deste trabalho, propõe-se aplicar uma sequência didática a uma turma de alunos do ensino médio de uma escola pública de São Paulo, a fim de verificar seu nível de conhecimento e familiaridade com o tema N&N, e também, ensinar o ensino básico e conceitos fundamentais sobre materiais nanométricos, seus benefícios e riscos, vantagens e desvantagens de suas aplicações, buscando estimular o desenvolvimento de uma opinião crítica baseada no conhecimento científico. Para tal, esta sequência foi realizada em quatro aulas, sendo a primeira uma avaliação diagnóstica e debate, a segunda uma prática experimental demonstrativa, a terceira constitui uma apresentação de seminários estudantis sobre aplicações de N&N, e a quarta foi um questionário final sobre a conteúdos abordados nas aulas ministradas. Concluiu-se que o conhecimento dos alunos sobre nanotecnologia e nanociências ainda é superficial, apesar da profusão de aplicações tecnológicas existentes atualmente e da sua divulgação na mídia. Além disso, há falta de coesão na escrita e interpretação dos textos nas suas respostas e há grande dificuldade na assimilação de conceitos químicos associados, pelo que se sugere um maior foco em trabalhos futuros na leitura e no desenvolvimento da escrita formal e química.

ABSTRACT

TEACHING TOOLS IN THE CONCEPT OF NANOTECHNOLOGY IN BASIC EDUCATION. Nanotechnology has a high impact on people's quality of life, being present in the development of clean energy, more efficient mobile devices, the treatment of diseases, the production of prosthetics, cosmetics, pharmaceuticals, among others. However, the clarity and understanding with which this topic has been discussed in the media is questioned, so the aim is to clarify whether this knowledge is being announced to students in a way that is dissociated from their reality. It is also clear that despite the large amount of information available, quality is sometimes lacking in its preparation, failing to highlight fundamental points, such as its definition, impacts and relevance for the development of society. Therefore, through this work, it is proposed to apply a didactic sequence to a class of high school students from a public school in São Paulo, in order to verify their level of knowledge and familiarity with the topic of N&N, and also, teach basic and fundamental concepts regarding nanometric materials, their benefits and risks, advantages and disadvantages of their applications, seeking to encourage the development of a critical opinion based on scientific knowledge. To achieve this, this sequence was carried out in four classes, the first being a diagnostic assessment and debate, the second a demonstrative experimental practice, the third constitutes a presentation of student seminars on N&N applications, and the fourth was a final questionnaire on the content covered in the classes taught. It was concluded that students' knowledge about nanotechnology and nanoscience is still superficial, despite the profusion of currently existing technological applications and their dissemination in the media. Furthermore, there is a lack of cohesion in the writing and interpretation of texts in their responses and there is great difficulty in assimilating associated chemical concepts, so that a greater focus in future work on reading and the development of formal and chemical writing is suggested.

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO.....	1
2 REVISÃO DA LITERATURA.....	5
2.1 O Impacto da Nanotecnologia na Sociedade Contemporânea	5
2.2 O Ensino de Nanotecnologia na Educação Básica	8
2.3 Desafios no Ensino de Nanotecnologia na Química	11
3 JUSTIFICATIVA, QUESTÃO DE PESQUISA E OBJETIVOS	14
3.1 Justificativa.....	14
3.2 Questão de Pesquisa	14
3.3. Objetivos	15
3.3.1 Objetivo Geral.....	15
3.3.2 Objetivos Específicos.....	15
4 PERCURSO METODOLÓGICO	16
4.1 Ambiente da Pesquisa	16
4.2 Sequência Didática	16
4.2.1 Experimento Demonstrativo	19
4.3 Coleta de Dados	20
4.4 Análise de Dados	21
4.5 Aspectos Éticos.....	22
5 RESULTADOS E DISCUSSÃO	23
5.1 Relato da Avaliação Diagnóstica.....	23
5.2 Relato da Prática Experimental.....	29
5.3 Avaliação dos Moodboards.....	36
5.4 Avaliação das Respostas dos Questionários	48
6. CONCLUSÃO	58
7. REFERÊNCIAS	61
ANEXO 1	70
ANEXO 2	72
APÊNDICE 1	79
APÊNDICE 2	80
APÊNDICE 3	82
APÊNDICE 4	83
APÊNDICE 5	87
APÊNDICE 6	91

1 INTRODUÇÃO

Decorridas praticamente duas décadas do século XXI, é possível notar que as tendências em ensino e pesquisa em química estão caminhando para novos rumos, buscando maior contextualização, enfoque ambiental, prioridade à aprendizagem ativa e uso de novos recursos educacionais, dadas as diversas necessidades e dilemas que os estudantes e professores vivenciam no seu dia a dia. É interessante ressaltar que estas mudanças se devem ao fato de que vivenciamos um momento que se faz necessário adquirir muito mais do que apenas os saberes teóricos dos componentes curriculares da área de ciências da natureza, pois os alunos carecem e devem ter uma apropriação destes conceitos em sua aplicabilidade prática também (NAVEGANTE, 2020).

Infere-se, portanto, a necessidade de que haja modificações significativas no currículo de Química, de maneira a contemplar as novas demandas acima citadas e, sobretudo, ir muito além da incorporação de temas atuais em sala de aula. Nesse sentido é necessário que haja uma contextualização desses temas e uma interdisciplinaridade entre todos os componentes curriculares do ensino regular (TOMKELSKI; SCREMIN; FAGAN, 2019).

O ponto de partida para que essa mudança no processo de ensino-aprendizagem ocorreu na elaboração da proposta da BNCC (2017), porém esta necessita passar por uma análise documental, sobretudo, das metodologias qualitativas e quantitativas empregadas no ensino de Educação Química, para orientar sua fundamentação e desvelar novos aspectos que precisam ser trabalhados no contexto prático.

De acordo com trabalho publicado por Gerhard e Rocha (2016), os fundamentos teóricos da disciplina de Química no Ensino Básico e Superior, seja ele público ou privado são muitas vezes negligenciados pelos professores, dado que em inúmeras situações tais conteúdos são apresentados aos alunos sem uma contextualização, e, como consequência imediata disso, há a ausência de um debate sobre a utilização de tais pressupostos teóricos no cotidiano do aluno (GERHARD, ROCHA, 2016).

Como efeito direto do uso de tendências tradicionais de ensino, diga-se, de passagem, ultrapassadas por não atenderem mais as necessidades da formação dos alunos para a sociedade atual, gerou-se no cenário da Educação Básica uma

visão estereotipada de que os saberes apresentados na disciplina de Química são distantes e abstratos da realidade e/ou bastante complexos para serem aplicados em situações do dia a dia. Além disso, a ausência de elementos que sejam aglutinadores, isto é, que despertem nos alunos o desejo de utilizarem os saberes científicos, o ensino básico dessa forma leva a criação de uma aversão ao processo de aprendizagem dos conteúdos de Química, e esta ausência levou os alunos a julgá-los distantes de sua realidade (NAVEGANTES, 2016).

Essa visão bastante enraizada no contexto do Ensino Básico tem origem em modelos engessados de ensino, em muitos dos quais o professor é o detentor do conhecimento, e cabe ao estudante interpretar de maneira passiva todos conhecimentos, apenas os replicando em atividades avaliativas, menosprezando-se a sua participação nesse processo (DE SOUZA, 2022). Aqui, se faz necessário enfatizar que enquanto o processo de Ensino de Química não for contextualizado, aplicado e participativo e, que haja diálogo entre os alunos e professores, o ensino será desestimulante e distantes do cotidiano dos alunos, alimentando assim toda a perspectiva de que o conhecimento científico é algo que não está presente no seu dia a dia (DE ARAÚJO, DE GOES SAMPAIO, 2022).

Ainda assim, observa-se que a Educação Básica brasileira se estrutura em um ensino tradicional, onde também os currículos permitem pouca interação entre as áreas de conhecimentos diferentes (GAMA, 2021). As disciplinas escolares, em geral, possuem conteúdos desconexos, exigindo que os profissionais da educação básica tenham que mostrar os conhecimentos referentes à sua especialização sem a oportunidade de dar-lhes o devido grau de aplicabilidade, desestimulando o interesse do aluno que passa a ver aquele conteúdo como algo sem importância (AUGUSTO et al., 2004; GERHARD, ROCHA, 2016). Teorias educacionais que quebrem a barreira disciplinar, ao mesmo tempo em que oferecem a devida contextualização sociocultural, têm sido desenvolvidas há décadas na perspectiva de tornar o ensino básico com maior aprendizagem. (LAVAQUI, BATISTA, 2007).

Portanto, se faz necessária toda uma reestruturação do processo de apresentação do conteúdo programático de Química no Ensino básico, fazendo uma ligação entre os conhecimentos científicos com a vida cotidiana. É interessante salientar que o estabelecimento e a ligação dos saberes escolares com as situações cotidianas já são preconizados pelos documentos formais do Ministério da Educação - MEC desde meados dos anos 2000. Logo, a ideia que é

apresentada nas normativas da Base Nacional Comum Curricular (BNCC) é que sejam abordados na formação dos alunos temas contemporâneos nos quais estes possam analisar situações-problemas envolvendo o uso de novas tecnologias e suas implicações na vida diária. Há também a oportunidade de que os estudantes possam ter acesso ao conteúdo de Nanociência e Nanotecnologia (N&N) a partir de uma perspectiva como carreira profissional na área técnico-científica (BRASIL, 2017).

A temática N&N é trabalhada majoritariamente na área de Física, mas existem diversas ferramentas pedagógicas e meios de contextualização que podem ser utilizadas para abordá-la em outras disciplinas, como na química, na forma de projetos, oficinas, núcleos de estudo, atividades de extensão em parcerias com universidades, entre outras situações de trabalho. Espera-se que o aluno entrando em contato com este tema, podendo discuti-lo e analisá-lo, que ele possa desenvolver sua argumentação crítica para considerá-la benéfica ou não para o bem estar da sociedade em que está inserido com base na construção de uma fundamentação de cunho científico (DA SILVA JÚNIOR et al, 2020).

Nesse sentido, é válido pontuar que as temáticas sobre ciências e tecnologias no Ensino Médio são sugeridas na BNCC e tem como função didática fomentar a construção de conceitos da ciência de forma contextualizada, promover uma maior interdisciplinaridade e propiciar o início de um processo de aprendizagem de cultura científica pelos estudantes.

Com relação ao Ensino de Química, existem muitas formas de contextualização que podem ser utilizadas em sala de aula, tais como a apresentação de aplicações práticas com relação ao conteúdo lecionado, por ensaios de experimentação, exposição de vídeo-aulas, dentre outros. De qualquer forma, a contextualização é importante para motivar e instigar a curiosidade do educando sobre o tema proposto (COELHO, DE LIMA, 2020).

Sob essa ótica, Silvério (2012) defende a ideia de que é importante que os alunos sejam estimulados a despertarem a vontade, a curiosidade do saber como a química é. Logo, é necessário que a curiosidade do aluno seja o motor para a construção do conhecimento. Nesse sentido, é importante que o Ensino de Química preferencialmente seja apresentado com base sólida e também voltado a temas atuais, de maneira que assim haja uma motivação para ensinar os conceitos teóricos e compreender os mais complexos.

Portanto, pensando em um tema atual e extremamente ligado com os saberes científicos dos componentes curriculares de química, sugere-se pensar na nanotecnologia. E aqui, vale destacar o porquê disso: A nanotecnologia é um conceito recente relativo ao controle que é feito sobre a matéria em escalas diminutas em extremo, denominadas nanométricas.

Como alternativa é possível conceber a nanotecnologia como sendo uma ciência que busca criar dispositivos, materiais funcionais e sistemas por meio da matéria em escala de nanômetros, explorando novas propriedades e fenômenos: elétricos, mecânicos, biológicos, químicos ou físicos (ANTUNES FILHO; BACKX, 2020).

Além disso, é interessante falar da versatilidade desse tema, existe um escopo de vários conceitos que podem ser aplicados no ensino de nanotecnologia, que pode inclusive dialogar com outras áreas do conhecimento, como, por exemplo, a Física e a Biologia, contudo, mais especificamente no âmbito do Ensino de Química é possível que haja intersecções e uma abordagem de conceitos sobre escala, estequiometria, oxidação e redução e ética na ciência.

Na percepção de Bhushan (2017), não se trata este de um campo novo, pelo fato de existirem, na natureza, diversos processos e objetos de micro a nano escala, de modo que a compreensão de tais funções poderia guiar-nos para a produção de nanodispositivos e nanomateriais.

Desta forma, é interessante utilizá-la no sentido de despertar a curiosidade e o interesse pelas ciências aplicadas, inclusive, isso conseguirá fazer com que o aluno seja mais reflexivo e atuante, o que é importante para que haja a formação integral de um cidadão participativo na sociedade (AUGUSTO *et al.*, 2004; GERHARD, ROCHA, 2016). É possível que o uso de ferramentas atuais de ensino seja uma das possíveis soluções para se obter resultados neste sentido e como será desenvolvido na proposta deste trabalho.

2 REVISÃO DA LITERATURA

2.1 O Impacto da Nanotecnologia na Sociedade Contemporânea

Em uma breve análise sobre como a ciência é apresentada ao homem desde sua origem, é possível observar que sempre houve um sentimento de curiosidade frente aos mistérios do desconhecido, isto é, desde sempre o homem está intrigado em compreender, como o mundo ao seu redor consiste e especialmente em saber de que forma lidar com fenômenos. Segundo Chibeni (2011, p.1) o “conhecimento primitivo é motivado por algo externo à atividade cognitiva propriamente dita: a necessidade de controle dos fenômenos naturais, com vistas à própria sobrevivência biológica”.

No contexto do século XXI, algumas áreas estão se destacando em diversas esferas da sociedade em virtude das suas inúmeras contribuições, que geram impacto direto na qualidade de vida dos indivíduos e por consequência em suas atividades profissionais. Com base nisso, pode ser mencionado, por exemplo, a área de Ciência e Tecnologia (C&T) que alinhada aos conhecimentos do campo médico tem revolucionado a utilização de materiais com potencial para diagnóstico e tratamentos de patologias, ou até mesmo otimizando procedimentos cirúrgicos (ANTUNES FILHO, S.; BACKX, 2020).

De acordo com Murrielo et al. (2006), a nanociência é apontada como um campo científico relativamente novo, contudo, o esboço e o debruçar sobre o estudo das propriedades nanométricas são antecedentes à concepção dessa área de conhecimento. A nanotecnologia diz respeito principalmente à área de engenharia de materiais, desua origem até o contexto atual, assim considerada “[...] que possibilita o uso dos resultados da Nanociência para a manipulação e reorganização de nanopartículas, promovendo outras combinações e, com isso, a elaboração de novos materiais e dispositivos” (MURRIELO *et al.*, 2006, p. 2).

E, apesar de ser considerado uma descoberta ainda recente, a nanotecnologia já existe a muitos bilhões de anos, podendo ser encontrada tanto no meio natural, desde o desenvolvimento do intrincado maquinário celular capaz de manipular o material genético, até seu uso humano há 17.000 anos, observado no trabalho de artesãos de cerâmica e sua manufatura da argila (ANTUNES-FILHO, BACKX, 2020).

O conceito de Nanotecnologia foi citado pela primeira vez pelo físico norte-americano Richard Phillips Feynman em 1959 em uma de suas palestras, onde ele propõe a possibilidade de armazenar uma grande quantidade de informações na cabeça de um alfinete, uma prévia dos nanochips do qual dispomos atualmente (BAYDA, 2019).

Porém, o termo tal como é conhecido hoje foi trazido em 1974 pelo pesquisador japonês Norio Taniguchi, em seu artigo onde aborda um processo de síntese de novas moléculas, e no qual designava a nanotecnologia como o estudo e emprego de objetos e/ou processos na escala do nanômetro. A nanotecnologia aos poucos foi sendo pesquisada e explorada no meio científico, até que em 1991, Sumio Iijama, em Tsukuba, Japão, descobriu os Nanotubos de Carbono (NC), o que é considerado um marco na história da Nanociência e Nanotecnologia (N&N). Desde então a nanotecnologia saiu do plano das ideias e invadiu diversas áreas da ciência, impactando o modo de vida de toda a sociedade moderna ao promover o avanço tecnológico de sistemas ópticos e eletrônicos (BAYDA *et al.*, 2019).

Os NC são formados de arranjos hexagonais de carbono que originam pequenos cilindros. Há dois tipos de NC, como pode ser observado na Figura 1: os de Parede Simples (NCPS ou SWCNT, do inglês *Single-Walled Carbon Nanotubes*), que são compostos por uma única folha de grafite enrolada sobre si mesma formando um tubo cilíndrico; e os de Parede Múltipla (NCPM ou MWCNT, do inglês, *Multi-Walled Carbon Nanotubes*), que compreendem um conjunto de nanotubos concêntricos, um dentro do outro (DRESSELHAUS; DRESSELHAUS; EKLUND, 1996).

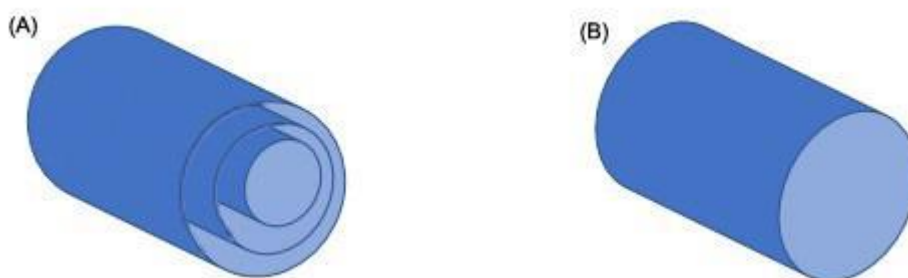


Figura 1. Ilustração de nanotubos de carbono. (A) NCPM; (B) NCPS. Do Autor.

Devido a suas múltiplas propriedades: elétricas, mecânicas, magnéticas e ópticas, os NCs têm sido utilizados em displays de tela plana, pontas para microscópios, suporte para catalisadores, aditivos para polímeros, capacitores de alta potência, dentre outros (AJAYAN,1999).

Contudo, a nanotecnologia não se restringe apenas aos NCs e uma série de nanomateriais vem sendo incorporados a produtos já comercializáveis. Dentre estes pode-se citar a aplicação de nanofibras em roupas esportivas, nanocápsulas em cosméticos, bebidas, suplementos alimentares, produtos de higiene pessoal, entre outros. Em vista de todas essas inovações, a nanotecnologia torna-se como um campo repleto de possibilidades.

Os Nanoprodutos, o nome que se dá a materiais que foram produzidos por nanotecnologia, inclusive, podem ser monitorados em banco de dados, como inventário europeu *The Nanodatabase*, onde os consumidores têm acesso a informações claras e completas sobre a composição, potenciais riscos à saúde e ao meio ambiente (SANTOS; MATOS, 2022).

Como se observa, existem muitas aplicações nanotecnológicas passíveis de trazer inúmeros benefícios para a sociedade e melhorar a qualidade de vida da população, entretanto como ainda há incertezas quanto à segurança destes nanoprodutos e falta informação a indivíduos leigos, tanto em rótulos, quando nas mídias, reconhece-se a importância de tornar públicas discussões que abordem este tema.

É preciso, ainda, que se pontue no sentido de que, havendo imensa aplicabilidade da nanotecnologia em diversas áreas de conhecimento científico, tal área de conhecimento se alinha pragmaticamente com a interdisciplinaridade, em decorrência da convergência dos saberes oriundos do processo de manipulação da escala nanométrica, e, portanto, há a criação de novas técnicas, produtos e conhecimentos que coordenam os aspectos da química, biologia, matemática, física e outras áreas de estudo, como, por exemplo, a legislação, economia e meio ambiente, de modo, que tais áreas se vinculam fortemente em um aspecto multidisciplinar (ZANELLA et al, 2009).

Portanto, as exemplificações apontadas anteriormente evocam a necessidade de um Ensino de Química que privilegie a nanociência no contexto atual dos alunos e, principalmente, a sua aplicabilidade, denominada

Nanotecnologia, para que estes possam estar familiarizados com o impacto que esta ciência traz para suas vidas.

2.2 O Ensino de Nanotecnologia na Educação Básica

Dentro deste contexto, o tema nanotecnologia pode ser explorado de muitas formas em sala de aula. No trabalho de Berger (2020), por exemplo, a nanotecnologia é trabalhada em conjunto com a área de biologia sob uma ótica contextualizada e voltada ao cotidiano dos estudantes. Por meio de experimentos simples sobre emulsões, os alunos puderam se apropriar de conceitos químicos e biológicos, como interações intermoleculares.

Já no estudo de Maria (2020), os conhecimentos nanotecnológicos foram direcionados ao ensino da estrutura atômica e do Efeito Tyndall, por meio de uma abordagem Ciência, Tecnologia, Sociedade e Ambiente (CTSA) e um experimento didático, no caso, a síntese de nanopartículas de ferro.

No campo da área da física, mas também seguindo uma abordagem multidisciplinar, está o trabalho de Pinto e de Oliveira Pedrosa (2023), onde foi preparada uma cartilha sobre conceitos e aplicações da nanociência e nanotecnologia, demonstrada em conjunto com uma sequência didática com entrevistas, vídeos, jogos e simulações, para ser aplicada em uma turma do 1º Ano do Ensino Médio durante o período do ensino remoto emergencial.

Na Tabela 1 estão resumidos mais alguns trabalhos que abordam este mesmo tema em metodologias de ensino nos últimos cinco anos.

Tabela 1. Relação de trabalhos sobre métodos de ensino sobre nanotecnologia nos dois últimos anos.

Artigo	Descrição	Área
PINTO, E. S.; DE OLIVEIRA PEDROSA, M. B. A., 2023.	Aplicação de sequência didática durante o ensino remoto emergencial.	Física
SILVA, R. F. da, 2022.	Uso de aulas expositivo dialogadas e experimentação investigativa.	Química
SILVA, E. N., 2023.	Foco na conceituação do grafeno como nanomaterial.	Física
DA SILVA RIBEIRO, M.; KIILL, K. B., 2023.	Estudo de nanomateriais e alotropia do carbono, construção de modelos com origami.	Química
PASSOS, 2021.	Síntese de nanopartículas com materiais de baixo custo para estudo de estrutura atômica e nanomateriais.	Química
SILVA, 2021.	Aplicação de jogo online durante o ensino remoto emergencial.	Física
MONTEIRO, 2021.	Elaboração de janela ilustrativa para ensino de nanotecnologia para alunos do Ensino médio.	Química
REYNAUD, 2022.	Avaliação da condutividade do grafite, material nanométrico.	Física
SIMOMUKAY, 2021.	Experimento químico para obtenção coloidal de nanopartículas de prata.	Química
ALVES, J. V.; LIMA, M. C. A., 2021.	Sequência didática abordando nanotecnologia, propriedades do carbono e grafeno.	Física

Fonte: Do autor.

Assim, cabe destacar que a nanotecnologia é bastante presente no ensino nos dois últimos anos, estando presente principalmente em disciplinas de química e física. Portanto diante desse cenário, o docente da área de Ciências da Natureza possa identificar as inúmeras possibilidades sobre a sua atualidade, na

qual devem repensar o ensino de educação científica e tecnológica (ECT) no espaço escolar no âmbito das atividades pedagógicas no contexto do ensino médio (TOMKELSKI; SCREMIN; FAGAN, 2019).

Em uma perspectiva mais ampla, é possível lançar mão, nos processos da construção de uma unidade curricular e do processo de ensino-aprendizagem uma abordagem que permeia sobre a perspectiva CTSA, que embora esteja amparada no contexto da BNCC e nas mais diversas diretrizes e orientações curriculares, infelizmente não se apresenta no contexto da realidade escolar (ANTUNES FILHO, BACKX, 2020).

Além disso, faz-se necessário que o docente esteja preparado não apenas como um mediador da aprendizagem, com um conhecimento adequado e suficiente para direcionar discussões acerca dos pontos positivos e negativos da N&N, mas também como alguém que estimule e incentive o jovem a buscar e conhecer melhor esta área de atuação no mercado de trabalho (SILVA; ROGGIA, 2022).

É fato notório que é perceptível uma distância entre a prática e teoria no que diz respeito à inclusão de temas de CTSA na ECT, que está amparada em diversos fatores, como, por exemplo, a defasagem entre a formação de professores, a ausência de políticas de apoio à formação continuada dos docentes, e, claro da ausência de uma infraestrutura escolar que ampare tais demandas, um triste panorama que perdura até os dias atuais (SIQUEIRA-BATISTA, *et al.*, 2010).

Em termos de qualidade de ensino e de língua, invocam-se práticas de multiletramento na melhoria da aprendizagem. Neste aspecto estratégico, é oportuno destacar que, uma das transformações que foram consideradas como mais latentes somente ocorreram nos últimos anos através dos avanços tecnológicos (GOMES; NOGUEIRA, 2020).

A absorção de avanços da tecnologia acabam permitindo uma sociedade conectada, nas quais foram consideradas enquanto um campo fértil ao surgimento e utilização de novos gêneros discursivos nos quais os multimodais e colaborativos se uniram aos híbridos, formando tal conjunto estratégico muito propício ao ensino nacional (BRASIL, 2017). Ao propor tais contextos, discutem-se ações proativas com as quais os conteúdos de química poderão ser, pelos profissionais de ensino, amplamente passados aos alunos, por meio de

estratégias de ensino baseadas no desenvolvimento de habilidades e competências, consideradas por Escolano Benito (2006).

De acordo com Sacristán (2013), a base possui aproximadamente 170 habilidades que podem ser estrategicamente trabalhadas com os estudantes, ocorrendo suas utilizações possíveis durante o Ensino Fundamental, sendo que, a vários anos ainda se fazem utilizadas. Tais habilidades incluem novos gêneros como elementos norteadores, iniciando estrategicamente pelos que sejam considerados enquanto os mais simples até os mais complexos, conforme as capacidades que se colocam cotidianamente atreladas ao entendimento dos alunos (SACRISTÁN, 2013).

Discute-se a possibilidade de haver certos obstáculos quanto ao estabelecimento de uma progressão nas formas de como os conteúdos escolhidos podem e devem ser tecnicamente trabalhados pelos professores.

2.3 Desafios no Ensino de Nanotecnologia na Química

Apesar dos trabalhos que vem sendo sendo publicados recentemente com este enfoque (Tabela 1), o ensino de nanotecnologia em disciplinas da educação básica ainda é pouco proeminente e existem uma série de obstáculos que dificultam sua aplicação. Sendo assim, é necessário abrir mão da prática tradicional e investir no uso de abordagens pedagógicas inovadoras, como a aprendizagem baseada em projetos, sala de aula invertida, uso de jogos e integração com recursos multimídias, para garantir uma aprendizagem satisfatória pelos estudantes (TONET; LEONEL, 2020).

Um dos principais desafios a serem considerados pelo professor ao ensinar a temática N&N, dentre outros conteúdos, é o nível de abstração dos conceitos e conteúdos abordados nesta. A N&N envolve o estudo de materiais em escala nanométrica, o que é extremamente difícil de ser abstraído para a maioria dos estudantes, até mesmo para aqueles que cursam o ensino superior (LIMA, 2013). Os conceitos relacionados à nanotecnologia, como propriedades de materiais em nanoescala, fenômenos de transporte e interações moleculares, geralmente não são abordados nos currículos tradicionais de química. Portanto, os professores precisam encontrar maneiras

de tornar esses conceitos mais acessíveis e compreensíveis para os alunos.

Uma abordagem eficaz de ensino para superar esse desafio é usar recursos visuais e práticos. Por exemplo, a utilização de modelos tridimensionais, simulações computacionais e experimentos práticos pode ajudar os alunos a visualizar e compreender melhor os fenômenos nanoscópicos, proporcionando experiências imersivas que facilitam a apreensão de conceitos (CAMINHA, 2018).

O segundo desafio no ensino de N&N está relacionado à falta de conexão entre a teoria e a prática. Não se refere apenas aqui a falta de práticas experimentais realizadas no ensino básico devido aos laboratórios mal equipados ou ausência deles, mas também em decorrência da dificuldade que os estudantes têm para associar a presença da nanotecnologia em sua vida cotidiana e no entendimento de como os conceitos nanotecnológicos se aplicam em situações reais e como podem ter impacto em diversas áreas (SAMPAIO, 2017).

Para transpor estes obstáculos, os professores podem fazer uso de exemplos concretos e história do desenvolvimento e aplicações da nanotecnologia, como a fabricação de materiais mais leves e resistentes, a criação de dispositivos eletrônicos mais eficientes e a melhoria das técnicas de diagnóstico na medicina. Além disso, a realização de projetos de pesquisa e experimentos práticos como se faz na aprendizagem baseada em projetos, nos quais os alunos possam aplicar os conceitos aprendidos, pode aumentar a sua motivação, compreensão e interesse acerca do tema (COGO, 2013).

Outro desafio, que não está presente em todas as escolas, mas em sua grande maioria, é a falta de recursos educacionais disponíveis, como vídeos, acesso a aplicativos interativos, e outros instrumentos dependentes de tecnologias da informação e comunicação. Os professores podem ter dificuldade em encontrar recursos atualizados e de qualidade capazes de apoiá-los no ensino de nanotecnologia e que acompanhe os avanços desta última. Uma possível solução é incentivar a colaboração entre educadores, pesquisadores e outros profissionais da área, onde pode-se obter o compartilhamento de informações, recursos e o desenvolvimento de plataformas online que ofereçam materiais e objetos educacionais variados, bem como a implementação de atividades de extensão promovidos por

universidades em conjunto com alunos da graduação (PEREIRA *et al.*, 2010).

Além de todas estas considerações traçadas, é importante também incentivar a formação continuada dos professores por meio de cursos de especialização, *workshops* e conferências, para que eles possam se atualizar e adquirir conhecimentos mais avançados sobre o Ensino de Química e ciências, além de aprender mais sobre novas práticas pedagógicas (BARREIROS, 2018).

Em suma, o ensino de nanotecnologia envolve uma série de desafios que precisam ser ainda superados na educação brasileira e requerem o uso de abordagens pedagógicas inovadoras, como aquelas que utilizam recursos visuais e práticos, e estabeleçam conexões com aplicações reais da vida cotidiana.

3 JUSTIFICATIVA, QUESTÃO DE PESQUISA E OBJETIVOS

3.1 Jusitificativa

A divulgação da temática N&N tem crescido amplamente desde o desenvolvimento desta nos anos 2000, sendo principalmente trabalhada no âmbito da pesquisa acadêmica e popularização da ciência e tecnologia (LOURENÇO, 2017). Hoje a Nanotecnologia possui um alto impacto na qualidade de vida das pessoas, estando presente no desenvolvimento de energia limpa, de dispositivos móveis mais eficientes, no tratamento de doenças, na produção de próteses, cosméticos, fármacos dentre outros (TOMKELSKI; SCREMIN; FAGAN, 2019).

Entretanto, questiona-se quanto a clareza e entendimento com que este tópico vem sendo discutido nas mídias, de modo que se pretende explicitar se este conhecimento está sendo anunciado aos alunos de forma dissociada de sua realidade ou não. Percebe-se também que apesar da grande quantidade de informações disponíveis, por vezes falta qualidade na sua elaboração, deixando-se de ressaltar pontos fundamentais, como sua definição, impactos e relevância para o desenvolvimento da sociedade.

Por exemplo, no trabalho de Silva (2015), a maioria dos estudantes ouviu falar sobre nanotecnologia, nas mídias, na Internet, na escola, nos comentários de outras pessoas, mas apenas 27% forneceu uma definição correta ou soube dar um exemplo de aplicação prática. Ademais, as discussões sobre nanotecnologia apresentam quase sempre abordagens conflitantes que envolvem questões técnicas, éticas, econômicas, ambientais e sociais, que sem um embasamento teórico podem fomentar concepções alternativas por parte dos estudantes (ALMEIDA, 2019). Assim, por meio deste trabalho, espera-se identificar se este padrão se encontra ainda atuante no cenário escolar.

3.2 Questão de Pesquisa

Este trabalho propõe realizar uma intervenção didática em sala de aula, de forma a responder a seguinte questão perante o que foi enunciado acima: qual a

familiaridade e conhecimento dos alunos do Ensino Médio com relação a aplicação de Nanotecnologia e Nanociência (N&N) em seu cotidiano?

3.3. Objetivos

3.3.1 Objetivo Geral

Este trabalho tem como objetivo avaliar o desempenho dos estudantes em relação a sua familiaridade e conhecimento sobre Nanotecnologia e Nanociência.

3.3.2 Objetivos Específicos

- a) Propor uma sequência de aulas, buscando verificar o conhecimento dos estudantes com relação ao tema N&N em seu cotidiano a partir disso trabalhar os conteúdos educacionais;
- b) Avaliar o processo de aprendizagem atingido pelos estudantes após ministrar a sequência de aulas propostas.

4 PERCURSO METODOLÓGICO

4.1 Ambiente da Pesquisa

Esta pesquisa foi realizada com uma turma de alunos do segundo ano noturno da Escola Estadual Maria Antonieta Ferraz Bibliotecária, localizada na Cidade Tiradentes, zona Leste do Estado de São Paulo. A escola oferece as modalidades do Ensino Fundamental II, Ensino Médio e Educação para Jovens e Adultos (EJA). A escola também conta com laboratório de informática e ciências, mas em virtude dos reagentes escolhidos para a prática experimental não estarem disponíveis para todos os alunos, optou-se por realizar o experimento demonstrativamente.

A turma participante consiste em cerca de 30 alunos na faixa etária em torno de 16 anos, cursando o Ensino Médio regular, sendo que 19 alunos aceitaram participar da intervenção ministrada pelo professor pesquisador. Segundo alguns professores, os alunos apresentam algumas dificuldades de aprendizagem, especialmente no ensino de disciplinas da área de exatas.

4.2 Sequência Didática

A sequência didática a ser descrita nesta seção pode ser aplicada na disciplina de química para o Ensino Médio, para os seguintes conteúdos:

- Química Orgânica: polímeros e suas propriedades, cadeias carbônicas, reações de síntese de nanomateriais, funções orgânicas;
- Ligações químicas: polaridade, interações moleculares;
- Eletroquímica: reações redox, células eletroquímicas, pilhas, baterias, corrosão e proteção de metais;
- Química Inorgânica: estrutura dos sólidos, propriedades dos materiais (como condutividade, magnetismo, óptica...), catálise.

Os conteúdos ensinados para esta sequência didática estão descritos no Apêndice 1. Para dar seguimento a esta investigação, foi elaborado um plano de

aulas, sendo uma aula realizada a cada semana, sobre o tema *Transformação do Solo*, sendo que a aula inicial constituiu o primeiro contato exploratório com o aluno, por meio de uma Avaliação Diagnóstica (AD).

O debate foi feito após a leitura de um recorte de texto previamente selecionado, relacionado a nanotecnologia e seu impacto na sociedade. Existem diversos artigos jornalísticos retratando este tema, como o exemplo a seguir, retirado do site Blog Verde: "*É dentro da fração mineral do solo, que compõe cerca de 50% do solo de qualquer lugar do mundo, que estão essas partículas pequeninhas apelidadas de "DNA do solo", as nanopartículas. São as suas propriedades que dão ao solo a sua cor, a sua capacidade de trocar calor e adsorção de fósforo, dentre diversas outras características.*", explicou o Dr. Diego Silva." (AS NANOPARTÍCULAS DO SOLO, 2022). O texto utilizado na íntegra encontra-se no Anexo 1 deste trabalho.

A partir de um fragmento como este, suscita-se diversas questões que permitem ao professor observar e analisar as respostas dos alunos, sendo algumas delas sugeridas a seguir:

- O que você entende por nanotecnologia? E Nanociência?
- Como funciona a nanotecnologia?
- Onde é possível encontrar a nanotecnologia? Cite exemplos.
- Você considera seguros o uso de produtos que contém material nanotecnológico ? Por quê?

Estas questões foram as principais questões feitas pelo professor pesquisador. As respostas foram registradas para serem avaliadas ao final da prática. A seguir o professor expôs os aspectos educacionais do tema, apresentando os conceitos científicos apropriados.

Com base nisso, foi solicitado um trabalho em grupo, que consiste na elaboração de um *moodboard* sobre uma área de aplicação da nanotecnologia escolhida pelo grupo, sendo apresentado um modelo construído com base no texto sobre Nanopartículas do Solo (Anexo 1). Para a elaboração deste material, foi instruído que os alunos, divididos em grupos de três e quatro formados pela classe a sua livre escolha, poderiam usar qualquer *software* que estivessem

familiarizados, podendo combinar textos, imagens, vídeos e áudios como preferissem.

Os temas não poderiam ser repetidos para que todas as áreas possíveis fossem contempladas, de modo que antes de iniciarem o trabalho, repassaram qual temática seria abordada em seus trabalhos para verificar se outro grupo não a escolheu.

O *moodboard* ou painel semântico é uma ferramenta criativa, muito utilizada por estilistas, arquitetos e designers, que consiste na criação de uma coletânea de referências visuais, auditivas, textuais e até sensoriais que são utilizadas como exposição de uma ideia ou um pensamento (GARNER; MCDONAGH-PHILP, 2001). Podem ser físicos, feitos a partir da colagem de Figuras ou digital utilizando softwares computacionais simples, como *PowerPoint* ou até mesmo aplicativos para celular, como o *Canva*. O objetivo da tarefa é reunir textos e principalmente imagens que estão relacionadas ao tema estudado (SILVA, 2021). Os trabalhos poderão ser expostos e apresentados pelos alunos a toda comunidade escolar.

Este instrumento permite que o aluno desenvolva as habilidades EM13CNT103, "*Analisar o funcionamento das linguagens, para interpretar e produzir criticamente discursos em textos de diversas semioses (visuais, verbais, sonoras, gestuais)*" e EM13CNT303: "*Interpretar textos de divulgação científica que tratem de temáticas das Ciências da Natureza, disponíveis em diferentes mídias, considerando a apresentação dos dados, tanto na forma de textos como em equações, gráficos e/ou tabelas, a consistência dos argumentos e a coerência das conclusões, visando construir estratégias de seleção de fontes confiáveis de informações.*" (BRASIL, 2017).

Em seguida, foi ministrado um experimento simples sobre *A Síntese de Nanopartículas de Ferro*, descrito na seção 4.2, de modo a traçar uma relação entre a prática e a teoria em uma aula expositiva demonstrativa. É importante que os estudantes desenvolvam sua percepção de como a ciência é feita, além de que as práticas experimentais estimulam o interesse do aluno na temática trabalhada e seu engajamento nas atividades subsequentes (LABURÚ, 2006).

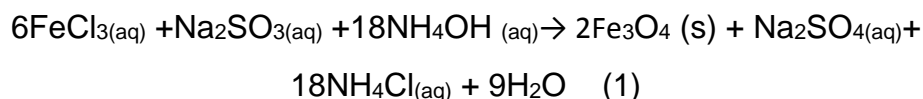
Nesta aula o professor apresentou e discutiu os conceitos relacionados à disciplina de Transformação do Solo, construindo um parêntesis a respeito dos impactos positivos e negativos da Nanotecnologia sobre estes. Por fim, foi aplicado um questionário como parte da avaliação final deste planejamento

(Apêndice 2), onde foram abordados questões relativas à interpretação de situações do cotidiano e aplicação dos conhecimentos adquiridos à respeito da nanotecnologia, referentes ao experimento executado em sala de aula e sobre os temas trazidos pelos alunos na construção dos painéis semânticos.

A partir das justificativas pautadas na elaboração do trabalho, bem como a execução deste e nas respostas do questionário avaliativo, o professor constatou se a aprendizagem deste conteúdo foi assimilada adequadamente e verificado se o aluno foi capaz de identificar, correlacionar e se posicionar criticamente quanto ao tema nanotecnologia e nanociência em sua vida diária.

4.2.1 Experimento Demonstrativo

Como parte da aula expositiva demonstrativa, foi realizado um experimento simples em sala de aula, executado pelo professor. O experimento foi feito com base no trabalho de Lavayen et al (2021). Trata-se da precipitação de magnetita em meio alcalino a partir da mistura estequiométrica de sais que contenham íons ferrosos e férricos, como se pode observar na equação 1:



A síntese da magnetita foi selecionada para esta sequência didática, pois trata-se de um exemplo real e tangível de como a nanotecnologia é aplicada na fabricação de materiais avançados. Além disso, devido suas propriedades magnéticas, este material é utilizado em diversos campos, como na eletrônica, medicina e indústria em geral. Porém, devido a complexidade desta síntese, que envolve a geração *in situ* de íons Fe^{2+} através da redução controlada de íons Fe^{3+} na presença de íons sulfito para que existissem duas espécies de ferro em solução que co-precipitam, a reação foi trabalhada de forma simplificada para poder abordar os conceitos de precipitação, ácido-base e oxirredução no nível da educação básica.

Os reagentes necessários para esta prática são 30 mL de cloreto férrico hexahidratado 2 mol L^{-1} (98%), hidróxido de amônio concentrado (25% NH_3), 20

mL de sulfito de sódio anidro 1 mol L^{-1} (mín. 96%) e ácido clorídrico concentrado (37%). Antes da realização dos experimentos foram lavadas todas as vidrarias e materiais em solução alcoólica de potássio e água destilada para evitar nucleação e agregação das partículas. As soluções de FeCl_3 e Na_2SO_3 foram dissolvidas em 200 mL de água em um agitador magnético.

Depois de cerca de 15 minutos de agitação, adicionou-se vagarosamente a solução concentrada de NH_4OH por gotejamento. Após a mistura dos reagentes, um precipitado preto foi formado. Com o auxílio de um ímã, pode-se verificar a formação das nanopartículas orientando-se conforme o movimento do campo magnético externo, o que é bastante ilustrativo quanto ao comportamento das nanopartículas, ressaltando-se que este comportamento é para este material sintetizado, não sendo aplicável para todas nanopartículas (Figura).



Figura 2. A) Exemplo de Nanopartículas sintetizadas em solução aquosa e **B)** sua atração pelo ímã. Ref.:(LAVAYEN, 2021).

Após a conclusão do experimento, foram trabalhados os conceitos referentes às propriedades das nanopartículas, retomando o conteúdo do texto apresentado na primeira aula e como são feitos os procedimentos para caracterização destes materiais em laboratórios especializados.

4.3 Coleta de Dados

As respostas fornecidas pela etapa da avaliação diagnóstica, práticaexperimental e seminários foram transcritas pelo professor durante o decurso do debate, enquanto que as respostas da avaliação final foi obtida pela

aplicação dos questionários escritos.

4.4 Análise de Dados

A primeira etapa da sequência didática constitui uma avaliação diagnóstica, buscando identificar qual o nível de conhecimento do educando relacionado ao tema a ser trabalhado, portanto será feita uma análise descritiva qualitativa a respeito das respostas e comentários feitos por estes durante a discussão. A análise foi feita verificando nas respostas dos alunos os seguintes critérios :

- Se o aluno faz a conceituação correta dos termos Nanotecnologia e Nanociência;
- Se o aluno compreende mesmo que superficialmente como os processos nanotecnológicos diferem dos macroscópicos;
- Se o aluno consegue identificar exemplos de aplicações nanotecnológicas em seu cotidiano.

A segunda etapa consiste em um experimento demonstrativo. A avaliação do desempenho dos alunos para esta etapa será feita na última avaliação escrita, onde serão questionados detalhes e conceitos acerca da execução do experimento e o domínio da escrita científica. Nessa avaliação também será observado se o estudante faz uso dos novos conceitos aprendidos para resolver problemas de cunho socioambiental, sabendo-se expressar com clareza, segurança e objetividade.

Quanto à atividade em grupo, será analisada a capacidade de síntese e construção de relações de interdependência entre fatores presentes nos conteúdos expostos. A atividade de elaboração de um painel semântico permite explorar estes dois quesitos, bem como estimular novas formas de exposição e comunicação das conclusões dos alunos. Para esta etapa também será avaliado a criatividade, o empenho no trabalho em grupo na elaboração dos *moodboards*, principalmente com relação a construção e estrutura destes, além das relações desenvolvidas entre os conceitos apresentados em sala de aula e aplicações práticas.

4.5 Aspectos Éticos

Este trabalho foi submetido a apreciação do Comitê de Conselho de Ética da Ufscar, recebendo o certificado de Apresentação de Apreciação Ética – CAAE: 66726523.1.0000.5504, cujo parecer está presente no Anexo 2 deste trabalho.

Para atender os aspectos do CEP, não foram tiradas fotografias ou feito uso de qualquer dispositivo de gravação audiovisual neste trabalho, mantendo o sigilo de identidade dos participantes.

A sequência didática foi aplicada após os responsáveis assinarem os Termos de Consentimento Livre e Esclarecido (TCLE) e Termos de Assentimento Livre e Esclarecido (TLAE), conforme Resolução do Conselho Nacional de Saúde (CNS) 466/2012, elaborados para este trabalho e disponíveis nos Apêndices 3 e 4 ao final deste documento.

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1 Relato da Avaliação Diagnóstica

A primeira etapa da sequência didática consiste em uma avaliação diagnóstica (AD). Existem diversas formas de se apresentar a AD, sendo algumas delas mais conhecidas:

- Aplicação de questionários ou simulados;
- Debates com a classe ou em grupos;
- Redações e produções individuais;
- Entrevistas com os alunos.

Estas não são as únicas formas de AD possíveis, mas devido a sua facilidade de aplicação nas escolas, estas são as mais comumente utilizadas. Segundo a BNCC (BRASIL, 2017), ainda podem ser utilizadas exposições orais, dramatizações, montagem de exposições e painéis, construção de linhas do tempo e cadernos temáticos. Entretanto, estas práticas podem demandar um tempo maior para sua execução, não sendo interessantes para professores que possuem um tempo limitado e restrito.

Assim, pensando nas dificuldades de ensino que muitos professores possuem com relação ao tempo, nesta sequência didática foi abordada como AD um debate com questões semi estruturadas, geralmente aplicadas em entrevistas, onde são feitas perguntas abertas para que os alunos possam expor suas ideias com maior grau de liberdade (DUARTE, 2005).

O debate constitui uma importante ferramenta pedagógica. Através dele se torna importante não o que se aprendeu, mas sim o que se pode aprender a partir da troca de saberes entre os participantes (DUARTE, 2010).

Em um debate, um tema central é discutido por um grupo, sendo que todos os participantes podem expressar suas ideias a qualquer instante, respeitando a vez do outro quando este estiver com a palavra. Pode haver desacordos uma vez que as opiniões podem ser divergentes.

Como o objetivo do debate é estabelecer uma comunicação dialógica entre o professor e a classe, e coletar suas concepções a respeito do tema, o docente se torna o mediador, o responsável por guiar a discussão, sem expressar sua opinião ou formular respostas prontas e conclusivas. Neste debate deseja-se apenas expor as ideias e promover reflexão, preparando os alunos para os conceitos que serão trabalhados posteriormente e não convencer um público ou estabelecer uma opinião vencedora (CRISTÓVÃO *et al.*, 2003).

Assim, após a leitura do texto, presente no Anexo 1, a classe foi disposta em forma de círculo e deu início a discussão, apresentando a primeira questão: *"O que vocês entendem por Nanotecnologia?"* A seguir, temos a transcrição de algumas das respostas mais representativas feitas pelos estudantes. A numeração foi utilizada para distinguir as respostas dos estudantes, mas não se trata de um mesmo aluno específico em todas as discussões, pois havia em torno de 30 nas aulas e houve ampla adesão às discussões.

Aluno 1: "Nanotecnologia é uma tecnologia bem pequena, não dá para ver com os olhos, só com microscópios."

Aluno 2: "É algo muito, muito pequeno, delicado, são peças e tecnologias do tamanho de átomos."

Aluno 3: "É a ciência que estuda materiais em escala nanométrica."

Outras respostas semelhantes foram dadas. Pode-se perceber que a classe possui uma compreensão de que se trata de algo muito pequeno, invisível ao olho nu. Entretanto, também se observa algumas concepções equivocadas. A exemplo, os alunos colocam o termo microscópio de forma generalizada, sendo que não são todos os microscópios capacitados para visualizar estruturas nanométricas. Outra ideia que aparece entre os estudantes, é que por seu pequeno tamanho, nanotecnologia é algo frágil, como se vê na discussão iniciada entre dois alunos:

Aluno 4: "Tem nos componentes dos celulares, não é? Por isso que só de cair, quebra. (Risos)"

Aluno 5: "Que nada! Foi usado nanotecnologia na armadura do homem de ferro!"

Aluno 4: "Não, isso não conta. É filme..."

Logo, pode-se perceber que há uma contradição entre uma nanotecnologia sensível e delicada contra uma que produz materiais resistentes e fortes. Nesse ponto, percebe-se também que existe uma forte influência das mídias como fonte de informações e conhecimento para os estudantes. Porém não se critica ou menospreza o aporte de tecnologias digitais, como filmes, no ensino, pois se considera que estes são capazes de favorecer a seu modo o contexto educacional, promovendo uma aprendizagem mais significativa (PERRENOUD, 2000).

Além disso, também foi observado que existe uma confusão entre o uso dos termos "Tecnologia" e "Ciência", sendo que a tecnologia é vista somente como uma aplicação da ciência:

Professor: "Vocês acham que há diferença entre os termos Nanotecnologia e Nanociência?"

Aluno 3: "Nanotecnologia é uma nanociência."

Aluno 5: "Na tecnologia tem que ter um uso. Ciência envolve só a teoria."

Aluno 6: " Nesse caso, nanotecnologia não deixa de ser ciência, porque precisa de uma teoria para fazer a aplicação."

A distinção destes termos se torna necessária quando se propõe uma abordagem pedagógica pautada na visão CTSA. É preciso que os alunos não desenvolvam uma visão reducionista da tecnologia como se esta fosse inferior ou subordinada à ciência, mas sim como esferas interdependentes que operam em conjunto (ASGHAR *et al.*, 2019).

Quanto ao mecanismo de funcionamento dos materiais nanotecnológicos, isto é, como eles se comportam e interagem com outros objetos e organismos vivos, surgiram muitas dúvidas por parte da classe:

Professor: "Como vocês acham que funcionam os materiais nanotecnológicos?"

Aluno 1: "Isso eu não faço ideia (Risada)."

Aluno 3: "Bem, talvez... por algum mecanismo físico, o texto disse que elas têm propriedades magnéticas, né, ou por reação química."

Aluno 4: "Deve ser algo que envolva ondas eletromagnéticas já que tem em produtos eletrônicos."

Aluno 5: "Aí vai depender no que ela está sendo usada."

Apesar das dúvidas, alguns alunos citaram reações químicas e as propriedades magnéticas da nanotecnologia, que foram citadas na leitura do texto, de modo que percebe-se que a apresentação de um texto jornalístico foi capaz de atrair a atenção da classe.

Ainda, quando questionados: *"Onde é possível encontrar a nanotecnologia no nosso dia-a-dia?"*, o exemplo advindo da leitura do texto veio à tona novamente.

Aluno 1: " No solo, são nanopartículas, né. Também tem em cremes para pele, que eu me lembre..."

Aluno 2: "Deve ter em computadores, celulares, tecnologias assim... que usam touch também."

Aluno 5: "Hummm... falaram em creme para pele, se eu me lembro bem tem em protetor solar."

Aluno 6: "Se tem no solo, pode ser absorvido pelas plantas e estar nos alimentos."

Com base nesta última hipótese levantada, perguntou-se: *"Diante disso, de todas estas aplicações possíveis, vocês consideram seguros o uso de materiais nanoestruturados?"*

A classe teve um breve período de tempo para pensar a respeito, então se pronunciaram:

Aluno 6: "Eu acho que nem tudo deve ser bom. Estes materiais devem dar algum problema."

Aluno 2: "Pra nós podermos usar eles devem ter um preparo especial, precisa ser testado antes. Não colocariam algo perigoso assim à nossa disposição."

Aluno 4: "Eu concordo com isso. Tem que ser testado antes, passar por um controle de qualidade, aí se provado que é seguro passam a usar."

Aluno 1: " Pode ser que mesmo fazendo testes ainda possa ser perigoso. Afinal existem até mesmo remédios que são aprovados mas na hora dão até reações que pode provocar a morte."

Aluno 3: "Pelo sim, pelo não, deve ser os dois. (Risos) Sempre tem algo de bom, mas com um preço a pagar."

As opiniões da classe ficaram divididas inicialmente. Com as poucas informações transmitidas pelo texto e o conhecimento geral apresentado pela classe, os alunos perceberam que não seria possível darem uma opinião final sobre a periculosidade de materiais nanoestruturados sem compreenderem mais sobre seu significado, funcionamento e aplicações. A seguir, o professor deu seguimento a exposição sobre o tema nanotecnologia, apresentando os conteúdos principais, a saber:

- Definição dos termos Nanotecnologia e Nanociência, trabalhando a distinção e a relação de interdependência entre estes conceitos;
- Apresentação da escala nanométrica, comparando com os diferentes tamanhos existentes.

Dessa forma, foi encerrada a primeira aula da sequência didática, que teve uma duração de 50 minutos. No fim da aula também foi proposto o trabalho em grupo, a construção do *moodboard* cujo modelo no Apêndice 3 foi apresentado aos alunos, para ser entregue ao final quando for aplicada a última aula da sequência didática. Quanto à escolha do tema, os grupos tinham até a próxima aula para indicar sua escolha.

De modo geral, com relação ao levantamento feito pelo debate com os alunos a respeito do tema N&N foi observado que este não é um assunto desconhecido dos estudantes, porém, não há um conhecimento científico mais aprofundado e sim uma ideia superficial do que seja. No trabalho de Monteiro (2021), foi observado um comportamento similar, a maioria dos estudantes não compreendiam o que era o termo N&N e também não sabiam onde poderiam ser encontrados materiais com esta aplicação, e quando sabiam, não possuíam uma visão crítica acerca do assunto, como foi observado no padrão apresentado pelas respostas dadas.

Um ponto que faltou investigar nesta AD, foi a bagagem conceitual química dos alunos. Como esta não era uma sala onde o professor (pesquisador) ministra aulas comumente, desconhece-se quais conteúdos químicos os estudantes já haviam aprendido e o seu grau de conhecimento sobre eles. Sabia-se apenas que os alunos apresentavam uma grande dificuldade em disciplinas da área de exatas e que o conteúdo de nanotecnologia poderia ser aplicado dentro dos conteúdos que eles estavam estudando.

Nas etapas seguintes, a falta desta informação mostrou-se prejudicial para se alcançar o objetivo da sequência didática de levar o educando a apropriar-se da linguagem química formal.

5.2 Relato da Prática Experimental

Dando seguimento a sequência didática, a segunda aula consistiu na retomada do que foi discutido na aula anterior. Inicialmente foi comentado brevemente sobre o que foi explicado na aula expositiva. Além disso, foram abordados assuntos relacionados com os conceitos de Nanotecnologia e Nanociência e sobre o comparativo dos diferentes tamanhos.

Após este resumo, apresenta-se quais os objetivos da aula, que é tratar das propriedades físico-químicas dos materiais nanoestruturados. Pretende-se com esta etapa levar os alunos a compreender os mecanismos de síntese e funcionamento de nanoestruturas.

Ao planejar a prática experimental, levou-se em consideração os seguintes aspectos discutidos por Hodson (1988): A proposta do experimento; o procedimento experimental e os resultados obtidos. Nesse sentido, a apresentação adequada da proposta experimental promove a compreensão do método científico utilizado; o procedimento aumenta a motivação dos alunos e a discussão final dos resultados contribui para a aprendizagem dos conceitos científicos.

Portanto, após a exposição sobre a proposta experimental, foram apresentados os reagentes já previamente preparados para a síntese de nanopartículas de ferro, momento este em que foram lembrados os conceitos de acidez e basicidade das espécies.

Como a síntese da magnetita é um experimento rápido e demonstrativo, foi possível explicar o processo da reação passo-a passo antes de se dar início à prática. Ao invés de apenas se fornecer a reação na lousa, esta foi escrita em conjunto com a classe, assim como seu balanceamento. Verificou-se, de fato, um certo grau de dificuldade nesta etapa, uma vez que os alunos hesitaram quanto à escrita dos reagentes e principalmente, dos produtos. A exemplo, no momento em que o professor pergunta à classe:

“Vamos sintetizar nanopartículas de ferro, então quais são os reagentes da reação que foram utilizados?”

(Momento de pausa, onde a classe demorou para responder)

Aluno 1: “Aquele composto, cloreto de ferro, não é isso?”

Professor: “Sim, cloreto férrico. Vamos escrever de uma forma simplificada, para facilitar o que está ocorrendo na reação. O cloreto férrico ao se dissociar, forma quais íons?”

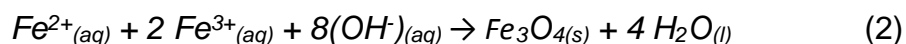
Aluno 1: “3+?”

Professor: “Sim, perfeito. Nessa reação, o sulfito de sódio sofre uma reação com o cloreto férrico, no qual o ferro é reduzido a dois mais e o sulfito é oxidado a sulfato.”(O professor escreve a reação paralela à que os alunos estão escrevendo. *“Então na nossa reação principal há a formação de uma mistura estequiométrica de íons ferro 2+ e 3+.”*

Apesar da reação final escrita ter sido simplificada, uma vez que o processo envolve reações de complexação que não estão inseridas na grade curricular do ensino médio e que não seriam viáveis para se ensinar no momento, todas as etapas foram citadas e descritas passo a passo. Desta forma, as seguintes afirmações foram enunciadas à classe sobre as etapas do desenvolvimento da síntese de nanopartículas de ferro:

- O cloreto férrico é solubilizado em meio ácido;
- O cloreto de ferro é parcialmente reduzido a íons ferrosos pela adição do sulfito, formando uma coloração amarelada;
- A solução contém uma mistura estequiométrica de íons Fe^{2+} e Fe^{3+} , que são então precipitados em meio alcalino.

A equação final construída em conjunto com a classe está representada a seguir (2):



O balanceamento estequiométrico foi outro ponto que os alunos apresentaram dúvidas, sendo necessário a intervenção do professor. Alguns alunos, por exemplo, ainda confundiam o valor da carga com a quantidade de matéria (mol).

Com base nesta reação, foram questionados aos alunos o que estava acontecendo com as espécies de ferro. Dentre as respostas apresentadas tem-se:

Aluno 1: " Os íons ferro estão se unindo ao oxigênio para formar óxidos."

Aluno 2: " Os íons estão em solução mas quando reagem para formar o óxido precipitam."

Em seguida foi questionado se esta poderia ser uma reação de oxi-redução, considerando que a classe já havia estudado estes conceitos previamente. Depois de refletirem, a maioria das respostas dadas foram de concordância:

Aluno 1: "Sim, os íons ferros estão oxidando."

Professor: "É qual espécie estaria reduzindo então?"

Aluno 3: " A base OH!"

Aluno 2: "Está reduzindo a água."

Neste caso, há um erro na última afirmação, mas os alunos recordaram que quando uma espécie oxida, outra se reduz e ressalta-se como é importante apresentar a reação por partes, de modo que os alunos pudessem compreender e visualizar conceitos tão abstratos, pois nesse caso, não é a água que está sofrendo redução, mas sim a outra espécie de ferro presente. Para complementar, foi proposto que os alunos calculassem o Nox das espécies químicas envolvidas, o que também foi uma tarefa difícil e foi necessário o auxílio do professor.

Foi observado que na verdade há um fenômeno de coproporcionamento, isto é, duas espécies de um mesmo elemento, em estados de oxidação diferentes

formam um produto com um estado de oxidação intermediário. Calculando o Nox com os alunos, eles puderam perceber que a hidroxila na verdade é o estado reduzido da água. Enquanto que o Fe^{2+} sofre oxidação e é um agente redutor, enquanto que Fe^{3+} é um agente oxidante e sofre redução (equações 1 e 2, respectivamente).



Apesar da complexidade desta reação, foi importante que os alunos treinassem o cálculo do Nox para as espécies envolvidas na reação e conhecessem esse fenômeno novo, do coproporcionamento.

Após a etapa da síntese completa, o material nanoparticulado se precipitou como um pó preto. Foram então demonstradas as propriedades magnéticas com o auxílio de um ímã, que ao percorrer pela parede de vidro do recipiente que contém o precipitado, atrai o material particulado.

Com base nesta demonstração, foram levantadas algumas questões sobre as propriedades dos materiais nanoestruturados como está descrito a seguir:

Professor: "Por que as nanopartículas sintetizadas apresentam propriedades magnéticas?"

Aluno 3: "Porque há átomos de ferro nela e eles são atraídos pelo ímã."

Professor: "Diante disso, quais outras propriedades vocês acham que estas nanopartículas podem apresentar?"

Aluno 1: "As mesmas que o ferro, ele deve ser um material resistente e deve ser um bom condutor."

Aluno 4: "Mas ele é um óxido, como a ferrugem, então não deve ser tão forte... Deve ser só elétrico e magnético."

Professor: "Mas a ferrugem possui propriedades elétricas ou magnéticas?"

Aluno 4: "Aí eu não sei (risos). Será que dá para testar?"

Observa-se que os alunos estabelecem correlação entre as propriedades de átomos que eles conhecem com as propriedades das nanoestruturas, embora sabe-se que na escala nanométrica alguns materiais podem exibir comportamento diferente da escala macroscópica. Diante disso, é comentado com a classe que na escala nano os átomos podem apresentar propriedades diferentes das conhecidas no mundo macroscópico.

Quanto à questão da ferrugem, foi explicado que a transformação do ferro neste material altera suas propriedades, tornando-o menos condutor e menos magnético, variando conforme sua composição e teor de umidade. Tendo em vista que o professor possui um papel de orientador, que instiga a curiosidade e estimula a investigação, sugere-se que os alunos façam o teste em casa com um ímã para confirmar isso.

Retornando então questão das propriedades das nanopartículas, procurou-se questionar como se poderia modificá-las:

Professor: "Se quiséssemos alterar as propriedades deste material, como poderíamos fazê-lo?"

Aluno 2: "Trocando o ferro por outro átomo."

Aluno 1: "Talvez fazendo-o precipitar não como um óxido, então poderia trocar os outros reagentes."

Aluno 4: "Sim, se quer algo resistente como o aço, que é de ferro e carbono, teria que precipitar uma nanopartícula com estes dois."

Aluno 3: "Pode-se acrescentar outros reagentes, mas aí tem que conhecer bem a reação e saber que produto vai formar."

Diante dessas respostas, percebe-se que os alunos estão bastante focados nas propriedades advindas dos reagentes e não apresentam outras estratégias, como modificá-las posteriormente após a síntese. Com o intuito de chamar atenção para outros fatores, como o pH do meio, novas perguntas foram apresentadas a classe:

Professor: "A precipitação ocorreu em meio alcalino, será que poderia ser feita em meio ácido? Será que as nanopartículas sintetizadas também são básicas?"

Aluno 5: " Se foi feito em meio básico, só podem ser básicas também."

Aluno 3: "Se fossem feitas em meio ácido, então não precipitariam porque o reagente já havia sido solubilizado em ácido."

Professor: "Mas se quiséssemos sintetizar outra molécula, que não precisasse precipitar, poderíamos usar outros pH?"

Aluno 1: " Ah sim! Aí depende da reação né."

Professor: " Então, existem outras formas de se produzir nanopartículas. Quais vocês pensam que podem existir?"

Aluno 2: "Bom, poderia ser por qualquer uma... precipitação, ácido-base, oxi- redução, polimerização..."

Perguntou-se se a classe concordava com isso, obtendo uma concordância unânime. Então também foi colocado que variações de temperatura, pH, solventes, concentração, estado dos reagentes, dentre outros fatores que poderiam interferir e influenciar as propriedades das nanopartículas. Enquanto a classe pensava e fornecia suas respostas, foi feito um mapa mental na lousa, com as respostas formuladas.

Aproveitando as propriedades dos materiais nanoestruturados, foram citadas e explicadas algumas técnicas de caracterização que poderiam ser usadas para analisar estes compostos.

A Figura 3 representa uma ilustração aproximada de como ficou o mapa mental final construído com a classe, feita com os alunos no momento e não prevista na sequência didática. Uma das estratégias de se formular mapas mentais foi para incorporar o uso desta ferramenta didática, que permite aos estudantes adquirirem novos conhecimentos de uma forma mais ativa (MOSSI; VINHOLI JÚNIOR, 2022) e facilitar os processos de criação dos *moodboards* posteriormente, uma vez que demonstra relações que podem ser contruídas entre diferentes tópicos assim como os *moodboards* permitem a integração de ideias. Conceitos referentes aos tipos de nanopartículas foram explicados e acrescentados pelo professor.

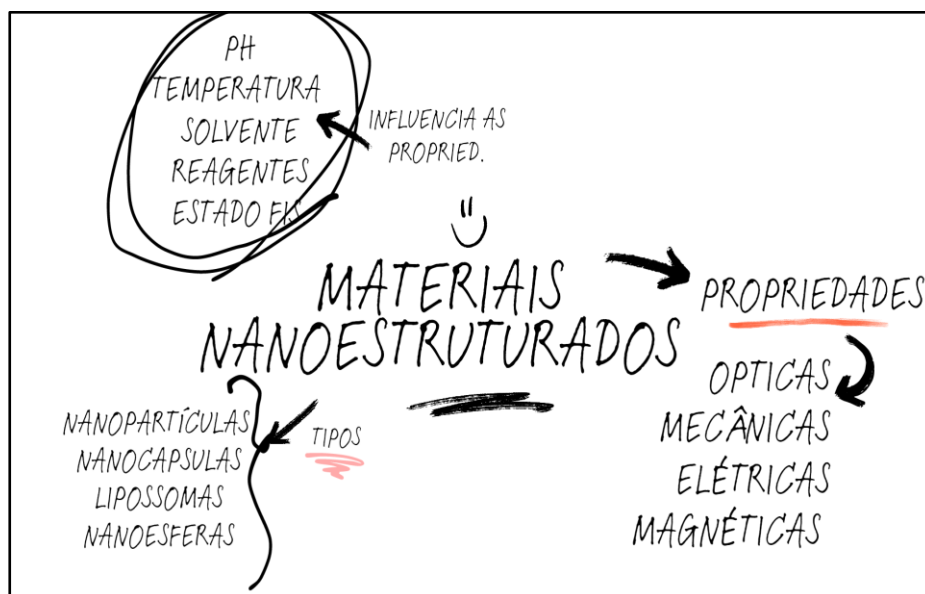


Figura 3. Representação do mapa mental feito com a classe. Fonte: Do Autor.

Nesta aula, os grupos entregaram a escolha dos temas para a elaboração do *moodboard*, sendo formados 6 grupos de cinco alunos com os seguintes temas:

- N&N na área de Cosméticos;
- N&N na área de Medicina;
- N&N na área de Meio Ambiente;

- N&N na área de Alimentos;
- N&N na área de Energia;
- N&N na área de Eletrônica.

5.3 Avaliação dos Moodboards

Aponta-se neste momento que seria interessante trabalhar esta sequência didática interdisciplinarmente com professores das áreas de Biologia, Física e Geografia, pois poderia ser feita uma conexão com o estudo de tecidos e sistemas do corpo humano para os temas de N&N em Cosmetologia e Medicina; Alimentos e Meio Ambiente para Geografia e Biologia; Energia e Eletrônica para a disciplina de Física. Infelizmente, isso não pode ser feito em decorrência da necessidade de um planejamento prévio e integração com os demais professores.

Para entrega dos moodboards, os estudantes puderam escolher trabalhar com o software com o qual estavam mais familiarizados. Ao longo do tempo foram feitas algumas sugestões, como o Canva®, PowerPoint®, Word®, Paint® e algumas plataformas gratuitas online como o Go Moodboard, Visualist e o Moodzer. Entretanto, estas plataformas são em inglês e apesar de terem um design intuitivo, os alunos não se sentiram à vontade para utilizá-los.

Os alunos apresentaram seus moodboards impressos para a classe, fazendo uma breve explicação sobre sua pesquisa. As apresentações tinham uma duração mínima de 5 minutos e máxima de 10 minutos. Após esta etapa, foi aberto um breve período para o professor e os alunos ouvintes fazerem perguntas.

O primeiro grupo a se apresentar foi o Grupo 1, sobre o tema N&N na área de Cosmetologia. O moodboard do grupo foi feito no software PowerPoint® (Figura 4).

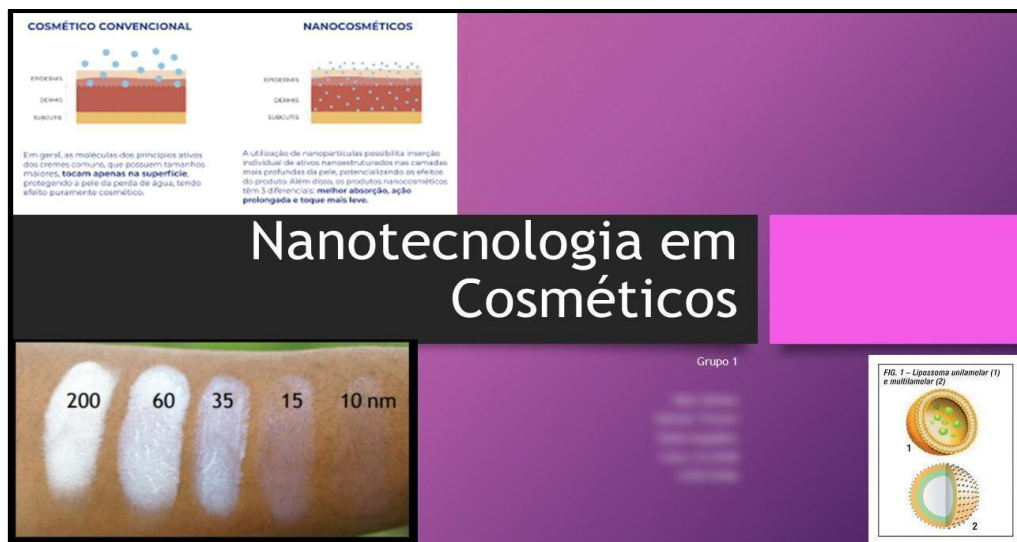


Figura 4. Moodboard do grupo 1 sobre o tema N&N na Cosmetologia.

Dentre os principais tópicos abordados na apresentação, podem ser enumerados:

1. Diferença no mecanismo de ação entre os cosméticos tradicionais e os nanocosméticos;
2. Aplicação em protetores solares;
3. Tipo de nanopartículas utilizadas.

Na primeira apresentação o grupo conseguiu explicar que as nanopartículas possuem maior poder de penetração nas camadas mais profundas da epiderme e que isso está associado ao tipo de nanopartícula que está sendo utilizada, como por exemplo, as lipossomas que possuem maior afinidade com a constituição da pele. Os membros do grupo não comentaram os riscos desta nanotecnologia para a saúde, contudo, quando questionados, os membros do grupo souberam citar alguns efeitos adversos, como se observa a seguir:

"Pode ser tóxico e ter efeitos adversos como alergia... mas tem que fazer vários testes antes para poder ser vendido também."

Outra questão feita ao grupo foi *"Quais outros tipos de benefícios a nanotecnologia pode fornecer para a área de Cosméticos?"*

O objetivo desta pergunta é estimular que os alunos reflitam sobre outras aplicações da nanotecnologia sobre uma determinada área, não apenas sobre o produto em si, mas também toda a cadeia produtiva que o cerca, como a embalagem do qual ele é feito.

O grupo citou benefícios como as propriedades antienvhecimento da pele, hidratação, cicatrizante e proteção contra radiações solares, mas não expandiu para outras áreas. Assim, foi comentado que também há nanotecnologia aplicada em recipientes e embalagens, que as tornam mais leves, diminuindo os custos de transporte.

As nanopartículas também contribuem para a melhoria dos produtos frente às condições ambientais, garantindo sua eficácia e efetividade e a melhor dispersão dos princípios ativos. Assim, pode reduzir a necessidade de emulsificantes e outras substâncias, reduzindo o custo do produto e o uso de reagentes potencialmente agressivos.

Espera-se com essas discussões agregar maior conhecimento ao aluno, permitindo que ele possa visualizar os benefícios de uma dada tecnologia não apenas na formulação de um produto ou serviço, mas sim de todo o processo por detrás dele.

Em seguida, apresentou-se o grupo referente ao tema N&N na Medicina, cujo moodboard também foi feito no PowerPoint® (Figura 5).



Figura 5. Moodboard do grupo 2 sobre o tema N&N na Medicina.

A apresentação do grupo 2 concentrou-se, assim como o primeiro grupo, nas aplicações da nanotecnologia, como a máscara de nanofibras para proteção contra COVID-19 e vacinas, no desenvolvimento de dispositivos médicos e vestíveis mais acurados e transportáveis, no carregamento de medicamentos, tratamento para câncer e até a perspectiva de uso de nanorobôs em cirurgias delicadas. Os alunos explicaram superficialmente o mecanismo de funcionamento das principais nanopartículas utilizadas (nanocristais, nanopolímeros e nanolipossomos).

Na sequência foi então perguntado se o grupo conseguia dizer onde cada tipo de nanopartícula seria utilizada dentro das aplicações apresentadas, o que foi assim justificado:

"Nanofibras da máscara seriam feitas com os nanopolímeros, que também dá para fazer os dispositivos médicos. Já os medicamentos são feitos com nanocristais e nanolipossomos."

Conversando com a classe, percebe-se uma forte tendência dos alunos em atribuir ainda propriedades macroscópicas às nanopartículas, por exemplo, alguns alunos desconsideram a aplicação de nanopartículas metálicas como potenciais carreadores de fármacos por pensarem que há uma incompatibilidade entre ambos ou que pode ser prejudicial ou tóxico para o corpo.

Considerando estas concepções, foi comentado exatamente sobre este exemplo, onde como as nanopartículas de ferro que foram sintetizadas poderiam também ser utilizadas na entrega de fármacos, devido sua afinidade com alguns compostos orgânicos. Este é um conteúdo que será abordado futuramente na sala, mas o objetivo é lembrar os alunos que as nanopartículas não apresentam o mesmo comportamento macroscópico de seus elementos.

Após estes esclarecimentos, foi discutido a respeito da segurança da aplicação da nanotecnologia na medicina, que foi um tópico sobre o qual o grupo não discorreu durante sua apresentação. A classe também foi convidada a expor sua opinião, de modo a exercitarem a prática de justificar e tomarem uma posição diante de argumentos e conhecimentos científicos.

Estas foram algumas das argumentações feitas pela maioria dos alunos:

"Ainda é muito cedo para dizer alguma coisa, talvez daqui muitos anos se saiba se será bom ou ruim."

"Eu penso que os nanorobôs é um pouco mais perigosos, porque é algo bem delicado, pode acontecer algum erro."

"Eu acho que deve ser muito caro, nós nunca vamos nem ver isso (Risos)."

A visão dos estudantes de modo geral foi bem pessimista quanto a esta discussão e este comportamento não foi observado em trabalhos recentes da literatura. Mesmo com a justificativa de que o uso de nanotecnologia deve ser fiscalizado, submetido a testes e regulamentação, muitos alunos temem que a longo prazo possam surgir consequências imprevisíveis. Também se considera que por ser uma tecnologia nova e complexa, seu custo é muito elevado e portanto, dificilmente seria ofertada no sistema público de saúde.

Os estudantes que se pronunciaram a favor da N&N na saúde alegam que nem todas as aplicações são desfavoráveis sob o ponto de vista financeiro, como as nanofibras em máscaras de proteção ao vírus da COVID-19 e que constituem um importante avanço para o tratamento de doenças difíceis de tratar.

Nessa discussão, nenhuma das posições foram colocadas como certas ou erradas, respeitando-se a conclusão a qual cada aluno chegou.

Em seguida, apresentou-se o grupo referente ao tema Meio Ambiente, cujo painel foi elaborado também com o auxílio do PowerPoint®, conforme está ilustrado na Figura 6.



Figura 6. Moodboard do grupo 3 sobre o tema N&N no Meio Ambiente.

O terceiro grupo abordou os benefícios da N&N para aplicações principalmente na área de energia, como o uso em células solares mais eficientes, na construção de equipamentos mais leves, resistentes e duráveis, diminuindo a produção de resíduos, na produção de nanotubos de carbono a partir da reciclagem de plástico. E como desvantagens, foi reforçado que pode haver maior toxicidade, pois as nanopartículas devido seu tamanho podem penetrar mais facilmente nas células dos organismos.

Este foi um dos grupos que trouxe uma explicação sobre a possível toxicidade das nanopartículas, além de trabalhar mais exemplos de práticas que favorecem a preservação do meio ambiente. Não foram pesquisados os tipos de nanopartículas, todavia, para estas aplicações. Ficando-se especificamente nas células solares, que foram destacadas no moodboard, foi então direcionadas perguntas sobre o mecanismo de funcionamento destas e quais propriedades seriam desejáveis para serem utilizadas nelas, obtendo-se as seguintes respostas:

"O painel solar absorve luz do sol e a converte em eletricidade, as partículas então devem ser boas condutoras."

"As nanopartículas têm que absorver a luz também e não bloqueá-las, que nem no protetor solar."

Sendo assim, observa-se que com respeito a este tópico, os alunos conseguiram associar algumas propriedades que seriam necessárias para vincular o material nanoestruturado ao comportamento que se espera dele na aplicação.

O quarto trabalho a ser apresentado foi sobre N&N em alimentos. Este moodboard também foi feito no software PowerPoint® (Figura 7).



Figura 7. Moodboard do grupo 4 sobre o tema N&N em Alimentos.

Este foi um tema que inicialmente se tornou polêmico na sala, pois os alunos não supunham que poderia ser utilizado nanotecnologia na área alimentícia. Sendo assim, o grupo iniciou sua apresentação explicando que as nanopartículas presentes no solo, como foi visto no texto do debate, ao serem absorvidas pelas plantas, naturalmente se tornam partes delas e são consumidas também. Além disso, em alimentos processados, a nanotecnologia tem sido utilizada para torná-los menos percíveis e reduzir teores de sódio, gordura e açúcares.

Também foi discorrido a aplicação em embalagens inteligentes, fabricadas com nanopolímeros, que conseguem captar alterações do alimento e sofrem variação de cor, indicando que expirou o prazo de validade. Estas embalagens também fornecem uma proteção contra fatores externos que podem acelerar o processo de degradação dos alimentos, como bactérias, oxigênio e radiação solar.

Diante do que foi exposto pelo grupo, muitos alunos que estavam reticentes ao uso de nanotecnologia na área de alimentos concordaram que as embalagens inteligentes trazem muitos benefícios para a preservação das mercadorias, entretanto, ainda temem a presença de nanopartículas na melhora da qualidade dos produtos, como se observa nas seguintes falas:

"Tudo bem usar nas embalagens, mas na comida, tem tanta química já, será que isso não vai dar mais problemas de saúde como câncer?"

"Já tem tanta comida transgênica, alterada, não dá para dizer que nada mais é natural. Mesmo que sirva para diminuir açúcar, até mesmo adoçante faz mal, não estaríamos então tratando de um problema colocando outro?"

O professor então interveio nesta discussão, perguntando se os nutrientes de alimentos, como vitaminas e sais, também não eram químicos aos alunos. Percebe-se que os estudantes ainda tendem a enfatizar que há uma "química natural" relacionada a elementos que já vêm embutidos nos alimentos e uma "química industrializada", que é adicionada depois:

"São químicos também, mas é diferente. Eles já estavam aí, vieram da natureza. Eu falo destes corantes, conservantes que coloca-se depois."

Sabe-se realmente que muitos produtos químicos adicionados posteriormente em alimentos trazem inúmeros malefícios à saúde e também não é possível descartar que o uso de nanopartículas seja totalmente seguro. Assim, foi proposto que da mesma forma que alimentos transgênicos possuem um selo que revele ao consumidor que dado alimento foi geneticamente melhorado, que o mesmo seja feito para alimentos modificados ou contendo nanopartículas.

Aproveitou-se esse momento para comentar a respeito de que existem muitas etapas de testes que são feitas até mesmo com uma amostra populacional grande de indivíduos antes de um produto ser aprovado para comercialização.

Finalizando-se esta discussão, o próximo grupo a se apresentar foi referente ao tema N&N em Energia. O grupo fez seu moodboard utilizando o aplicativo Paint ® (Figura 8).



Figura 8. Moodboard do grupo 5 sobre o tema N&N em Energia.

Como o grupo 3 já havia comentado a respeito dos painéis solares, o grupo 5 ficou um pouco constrangido em reproduzir as mesmas informações, mas foi dito que eles poderiam dar seguimento à apresentação conforme planejaram.

Além do uso em energia solar, no qual houve um diferencial, pois o grupo abordou o uso de nanopartículas metálicas de ouro, ao invés de usar o termo "tinta" como o grupo 3, e também trouxe como exemplos nanopartículas utilizadas em turbinas eólicas e baterias de Li-S.

O grupo ressaltou que as nanopartículas foram adicionadas ao material das pás das turbinas, tornando-as mais resistentes, mais compridas e mais leves, aumentando sua eficácia energética. E quanto às baterias de Li-S, as nanopartículas têm sido usadas nos eletrodos, mas também no recheio de outras

pilhas e baterias, há muito tempo, e esta informação foi algo que surpreendeu a classe.

Outro detalhe a respeito desta aplicação observado pelo grupo é que as nanopartículas são materiais isolantes, mas que podem ser modificados para serem capazes de conduzir eletricidade, o que foi um ponto muito importante para que os alunos compreendam que as propriedades dos materiais não são imutáveis. O grupo considerou que não havia desvantagens nas aplicações de nanotecnologia na área de energia e a classe mantinha a mesma opinião. Perante esta situação, propôs-se a seguinte problemática:

"As baterias e pilhas geralmente são feitas com metais pesados que são prejudiciais à saúde e ao meio ambiente. O descarte inadequado delas, ainda mais usando nanopartículas que têm um potencial de penetração nas células maior, não seria uma desvantagem?"

Aluno 1: "Sim, sim. Mas hoje já tem um descarte certo, e só não joga fora errado."

Aluno 2: "É que pensando nas células solares e turbinas, não está poluindo, está gerando mais energia limpa, foi dito que as nanopartículas são resistentes não é como se elas fossem se desgastar e ser liberados fácil assim."

Aluno 3: "Ah mas aí tem que está! Se até metal enferruja e elas sendo tão pequenas, podem escapar pedacinhos sim. Imagina aquelas pás girando direto, a toda velocidade... mas foi como disseram, teria que ver antes se esta nanopartícula é segura para a saúde, não só ir usando e pondo em tudo, né."

Desta forma, a classe que antes pensou que não poderia haver desvantagens concluiu que sempre poderiam surgir falhas e problemas a serem remediados, sendo então reforçado que na área de desenvolvimento de novas tecnologias é preciso muita atenção a todos os aspectos da criação, produção e entrega do produto final.

Aproveitando o final deste tema, o último grupo veio a se apresentar, sobre N&N na área de Eletrônica. O moodboard do grupo 6 foi feito no Word ® e pode ser conferido na Figura 9.



Figura 9. Moodboard do grupo 6 sobre o tema N&N em Eletrônica.

O grupo 6 apresentou algumas das tecnologias que já usam filmes de polímeros nanoestruturados, como os OLEDs utilizados em display de computadores, celulares e TVs.

Segundo o grupo, as telas que utilizam estes materiais são mais brilhantes, consomem menos energia e são mais leves. Outra vantagem do uso da nanotecnologia citada foi o comportamento isolante de nanotubos de carbono, que evita a perda de energia de pequenos microchips e dispositivos internos de eletrônicos.

Dentre as desvantagens que o grupo citou, está a possibilidade de se tornarem poluentes e tóxicos para a saúde humana e ambiental, e trouxeram dois novos aspectos interessantes:

- A nanotecnologia tornará alguns equipamentos e materiais obsoletos, extinguindo alguns trabalhos. Porém, criará outros.
- As vantagens da Nanotecnologia podem ser utilizadas por entidades e pessoas maliciosas, com o objetivo de roubar informações, desenvolver armas e outras práticas obscuras.

No caso desta apresentação, o interesse dos alunos concentrou-se mais nas desvantagens, pois houve uma certa inquietação perante as duas últimas problemáticas levantadas:

Aluno 1: "Eu não tinha pensando nisso mas se até drones são usados em guerras o que não será feito com nanotecnologia?"

Aluno 2: " Imagina os traficantes daqui com nanobalas (risos). Aposto que elas vão ser mais leves, resistentes e vai dar para matar mais."

Aluno 3: "Não sei se será bom mesmo para o trabalho, porque para fabricar nanopartículas tem que ter um curso muito bom, com química, física, enquanto que antes para fazer algumas coisas não precisava de tudo isso. Uma pessoa mais velha não vai conseguir acompanhar tudo isso."

Aluno 4: " Por isso que não dá para parar de estudar, vai sempre ter algo novo para exigir mais conhecimento..."

Esta preocupação dos estudantes é compreensível, tendo em vista que estes estão imersos numa sociedade moderna brasileira cada vez mais violenta (CERQUEIRA, 2020) e vivenciam um período de aumento do desemprego e da informalidade, principalmente após a pandemia da COVID-19 (DEDECCA, 2022). Além disso, ainda se pode observar a sombra no discurso dos alunos sobre o medo da instabilidade econômica e política advinda de conflitos bélicos internacionais, como a atual guerra na Ucrânia.

Encerrada as apresentações dos grupos, foi feita uma última revisão sobre os principais tópicos expostos: os tipos de nanopartículas, como estas possuem propriedades que podem ser alteradas dependendo de qual será seu uso, quais

os benefícios e malefícios que elas podem trazer e o que os alunos, como cidadãos, devem saber para poder se posicionar a respeito deste tema.

Sobre os *moodboards*, acredita-se que o prazo de uma semana foi um período curto para que os alunos o elaborassem e pudessem fazer melhor uso de suas funcionalidades.

Quando questionados sobre esta atividade, alguns alunos esboçaram uma certa dificuldade e estranheza em trabalhar mais com a transmissão de informações por meio de imagens e demonstraram pouca familiaridade com esta prática. Entretanto, um dos objetivos do uso de *moodboards* era estimular exatamente que o aluno fizesse uso de outros tipos de linguagem para se expressar, evitando a reprodução de textos e sua leitura durante seminários, levando-os a explicar os fenômenos exibidos com suas próprias palavras.

Conclui-se que então que se faz necessário em maior incentivo a uso de outros tipos de linguagem, assim como na interpretação e desenvolvimento da norma escrita padrão da língua portuguesa, como se pode ver na seção a seguir.

5.4 Avaliação das Respostas dos Questionários

Após a entrega e apresentação dos trabalhos em grupos, foi aplicado o questionário presente no Apêndice 2, elaborado pelo professor pesquisador com base nos conteúdos que foram abordados na sequência didática, sendo então avaliado o nível de aprendizagem e aproveitamento dos alunos. Algumas das questões respondidas por alguns alunos foram disponibilizadas no Apêndice 6 deste trabalho.

A primeira questão refere-se ao texto debatido na primeira aula, sobre as Nanopartículas do Solo (AS NANOPARTÍCULAS DO SOLO, 2022). Esta pergunta tem como objetivo verificar a retenção dos principais conhecimentos trabalhados na primeira aula e como os alunos atribuem importância a área de N&N. A seguir estão transcritas algumas das respostas fornecidas:

Aluno 1: "A importância é saber que agora podemos saber se o solo é lucrativo ou não se vai gerar resultados bons ou ruins."

Aluno 2: "Para analisar qual é melhor utilização daquele solo."

Aluno 3: "É importante pois permite um melhor manejo e reconhecimento do solo, conseqüentemente, obtendo plantas em maior quantidade e melhores qualidades. Conseguindo alcançar uma maior lucratividade."

Aluno 4: "É importante pois as nanopartículas vem influenciando a vida dos seres vivos e toda dinâmica dos ecossistemas."

Aluno 5: "As Nanopartículas funcionam como DNA do solo, determinando sua cor, capacidade de absorção de fósforo, entre outras características que tornam um solo único. É essencial conhecer as nanopartículas quando se estuda o solo, você pode alterar o manejo do mesmo baseado em tal estudo."

As demais respostas foram similares, com exceção de dois, onde os alunos apenas deram a definição de nanopartículas, como partículas muito diminutas, com diâmetro de 1 a 100 nm (equivalente a 10,52% do total respondido). Talvez por desatenção na leitura do enunciado ou a não compreensão da questão, foi o que os levou a fornecerem estas respostas.

Com base nas respostas dadas, estas puderam ser divididas da seguinte forma, comparando-se os termos utilizados no texto escrito:

- As nanopartículas são importantes para gerar produtividade e lucro a partir de um melhor manejo do solo (corresponde a 63,16% das respostas).
- As nanopartículas são importantes por influenciarem na vida dos seres vivos e na dinâmica dos ecossistemas (cerca de 26,32% das respostas).

De modo geral, a classe apresenta uma visão majoritariamente utilitarista e extrativista da aplicação de N&N na agricultura, como uma forma de se aumentar a produtividade e o lucro, especialmente porque o enfoque do artigo discutido não foi direcionado diretamente à parte econômica. No entanto, alguns alunos reconheceram a existência de nanopartículas na natureza, sem serem introduzidas a partir de uma intervenção humana e sua importância para a manutenção dos ecossistemas e de todos os seres vivos.

Preocupa-se com esta visão distanciada da natureza, onde, segundo a teoria de Latour (2020), a maioria dos indivíduos da sociedade atual, não se

consideram como uma parte do mundo em que vivem e tratam-no como apenas uma fonte de renda e de manutenção de seus interesses.

O mesmo pode ser observado nas respostas dos alunos. Não foram, por exemplo, uma preocupação dos alunos se as nanopartículas poderiam ser utilizadas para a preservação da diversidade da microbiota do solo, de espécies vegetais ou como o aumento da produtividade poderia reduzir a expansão de terras agrícolas para áreas florestais.

Outro problema observado é que muitas das respostas foram uma reprodução do texto do debate. Os alunos apresentam dificuldades básicas para construir textos e usar argumentos próprios na parte escrita, entretanto, eles conseguiram expressar suas ideias com mais naturalidade e espontaneidade durante o debate. Dificuldades de argumentação no ensino de química também foram observados no trabalho de (LOURENÇO, 2020).

Esta defasagem pode ser em decorrência de diversos fatores, como por exemplo, a falta de incentivo à produção textual própria e a leitura. Muitos professores delegam a função de correção e escrita a professores de língua portuguesa, porém o professor como mediador da aprendizagem não deve se ater somente na apropriação de seus próprios conteúdos, mas também dos meios linguísticos que o aluno dispõe para expressar e fazer uso deles.

Diante disso, sugere-se que os professores adotem práticas de revisão do texto com seus alunos, ao invés de entregar apenas o material corrigido. Além disso, é importante sempre propor situações que promovam a prática da escrita e da reflexão, para que os alunos possam desenvolver suas próprias ideias e a análise linguística (GERALDI, 2002).

Dando continuidade a análise das respostas, com relação à segunda questão, referente às nanopartículas de ferro sintetizadas, perguntou-se como estas poderiam ser caracterizadas com o objetivo de verificar se os alunos conseguem relacionar as propriedades das substâncias com métodos de caracterização e identificação. Diante do que foi trabalhado na segunda aula, esperava-se que os alunos propusessem técnicas e metodologias que explorassem as propriedades físico-químicas dos nanomateriais.

No entanto, os alunos apresentaram grandes dificuldades para compreender o que seria esta "caracterização". Alguns alunos interpretaram como

se fosse uma questão associada ao texto sobre Nanopartículas do Solo e colocaram como se fosse algo positivo ou não para a agricultura:

Aluno 1: "Podem ser caracterizados como positiva ou negativa sendo positiva lucro e sustentabilidade e negativa como não ingeridas sem nenhum tipo de lucro."

Outros consideraram os tipos de nanopartículas existentes ou suas propriedades:

Aluno 2: "a) Nanopartículas inorgânicas; b) nanopartículas poliméricas; c) nanopartículas lipídicas sólidas; d) lipossomas; e) nanotubos de carbono."

Aluno 3: "Fe₂ e Fe₃."

Aluno 4: "Normalmente possuem baixa toxicidade, são biocompatíveis, baixo custo e alta eficiência de remoção para íons metálicos."

E uma pequena porcentagem de alunos, cerca de 31,6%, respondeu de acordo com o que foi solicitado pela questão, salientando-se que as técnicas de caracterização foram apresentadas juntamente com as propriedades, mas sem enfoque na técnica. O objetivo é que os alunos compreendessem que existem métodos e técnicas que são capazes de avaliar as propriedades dos materiais. Sendo assim, a resposta do aluno 5 indica que ele conseguiu perceber como a caracterização de materiais pode ser feita por meio de suas particularidades físico-químicas:

Aluno 5: "Elas podem ser caracterizadas por tamanho, magnetização, forma e propriedades químicas, se elas vão interagir mais ou menos com certos tipos de moléculas."

A partir deste desenvolvimento, os alunos podem perceber, como foi discutido na aula prática, como se pode manipular as propriedades dos materiais e identificá-las. Alguns alunos também detiveram-se mais nas técnicas, como as

respostas semelhantes à do aluno 6, entretanto, não é possível verificar se o aluno consegue associar a propriedade à técnica que está sendo citada.

Aluno 6: " Por difratometria de raio x, espectroscopia de infravermelho, microscopia eletrônica de transmissão, ponto de carga zero e razão molar $[Fe^{3+}]/[Fe^{2+}]$."

De forma geral, seria conveniente reescrever esta questão, para evitar a falha na interpretação dos alunos. Uma nova versão poderia ser escrita da seguinte forma: *"Com base no experimento de Síntese de Nanopartículas de Ferro, quais propriedades caracterizam estes materiais e por meio de qual técnicas pode-se avaliá-las?"*

O enunciado da terceira questão indica que a pergunta refere-se à prática experimental e assim não houve dúvidas quanto ao que estava sendo solicitado.

Aluno 7: "ferro1 + ferro 2 + base → (criação de um sólido negro magnetita)"

Aluno 8: "Pode-se sintetizar essas nanopartículas utilizando o ferro2 e ferro3, na forma de íons se condensam para formar um óxido que é um sólido com a característica de ser magnético."

Contudo, esta foi a questão onde os alunos demonstraram maior dificuldade e pouco domínio da linguagem científica química, sendo que cerca de 84,2% da classe não conseguiu respondê-la. Apesar da equação ter sido escrita na lousa em conjunto com a classe, perguntando-se quais eram os reagentes e ajudando a escrever os produtos, poucos alunos conseguiram reter este conhecimento.

Supõe-se que esta dificuldade possa ser em função de diversos fatores, como:

- A própria "bagagem conceitual" deficiente dos alunos;
- Um longo intervalo de tempo (duas semanas) que decorreu entre a prática experimental e a atividade avaliativa, que pode ter levado os alunos a esquecerem detalhes da equação de síntese ensinada;

- A ausência de práticas onde os alunos formulem equações químicas ao invés de recebê-las prontas do professor ou do material didático;
- Sentimento de ansiedade e tensão ao se defrontar com uma atividade avaliativa escrita, levando a um bloqueio cognitivo e baixo rendimento (KARINO, 2010).

Com base nesse pensamento, poderiam ser sugeridas algumas modificações para a prática experimental. Primeiro, fornecer um roteiro por escrito para os alunos preencherem durante a observação, fazendo-os exercitarem a escrita das equações. Segundo, utilizar este roteiro como parte da avaliação final. E terceiro, escolher uma outra reação química mais simples, para que o aluno possa tentar escrevê-la com base nos conhecimentos adquiridos durante as aulas.

Passando então para a análise da quarta pergunta do questionário, foi apresentado um recorte de texto jornalístico relacionado a criação de uma manta biodegradável, contendo nanopartículas, capaz de remover contaminantes do solo. O objetivo desta questão é que os alunos sejam capazes de, diante de um dado contexto ou aplicação tecnológica, avaliar as vantagens e desvantagens que advêm desta, com base em sua fundamentação teórica a respeito do assunto, conforme está descrito na competência geral 7 da BNCC (2017):

Competência 7: "Apropriar-se de conhecimentos da química para, em situações problema, interpretar, avaliar ou planejar intervenções científico-tecnológicas."

Apesar da classe ter conseguido responder esta questão, ainda falta-lhes desenvoltura e clareza na redação, como se pode observar na resposta a seguir, onde o aluno não diferencia se são vantagens ou desvantagens a que ele se refere quanto ao uso da manta nanotecnológica.

Aluno 9: "Possibilidade de criação de materiais exclusivos, resistentes, baratos e duradouros, de diminuição da poluição, baixo custo de fabricação, produção em massa."

Entretanto, cerca de 73,7% dos alunos forneceram respostas satisfatórias, contemplando tanto as vantagens quanto às desvantagens:

Aluno 10: " Usando tal método é possível tornar sólidos contaminados e inutilizados, úteis novamente, funcionando de certo modo como um processo natural. Pode apresentar algumas desvantagens, como a geração de resíduos perigosos e a limitação do uso em condições adversas."

É positivo que os alunos aprendam diante de um cenário desconhecido, onde não são expostos claramente nem os benefícios e nem os riscos da tecnologia utilizada, a considerar possibilidades de efeitos adversos ou seu potencial de aplicação; principalmente tendo em vista que, quando uma nova tecnologia é criada, pouco se conhece a respeito de seus efeitos a longo prazo.

No entanto, também foi visto nas respostas que os alunos centralizaram suas opiniões mais nas vantagens das nanopartículas, que já vinham sendo comentadas nos textos apresentados. Mas as desvantagens não estavam explícitas nos discursos, então alguns alunos deixaram de citá-las em suas respostas. Algumas das desvantagens que os alunos deduziram para as nanopartículas foram:

- Alto custo na produção dos materiais;
- Liberação de resíduos potencialmente perigosos;
- Baixa durabilidade (porque consideraram que a manta ao se desfazer pela umidade era uma falha e não uma forma de liberar as nanopartículas no solo);
- Aplicação restrita apenas a derivados do petróleo (o enunciado do texto refere-se apenas a essa aplicação, portanto os alunos não consideraram que as nanopartículas poderiam absorver outras moléculas);
- Possível toxicidade para seres vivos.

A última questão solicita que a partir dos moodboards apresentados pelos alunos, que se responda qual a relação entre o tema proposto e nanotecnologia, bem como ambos interferem na sociedade e ambiente. Com esta questão, procura-se avaliar indiretamente o trabalho dos grupos, de modo a verificar o

quanto de conhecimento eles conseguiram repassar aos seus colegas e também trabalhar novamente com a questão da influência de novas tecnologias na sociedade e seu impacto no meio ambiente.

Apesar dos grupos terem demonstrado uma boa desenvoltura nas apresentações, o mesmo não é visto em suas respostas escritas, apresentando-se algumas incongruências, inconformidade com o que foi solicitado no enunciado da questão, respostas impulsivas e superficiais:

Aluno 11: "Ao ser uma tecnologia manuseada pelas mãos humanas, apesar de ser feita com elementos naturais, ele pode apresentar problemas futuros para a saúde e o meio ambiente. "

Aluno 12: "A Nanotecnologia é importante para várias áreas, saúde, ambiente, energia, até para alimentos. Ela melhora a qualidade de produtos, aumenta a lucratividade e tomada de decisão."

Aluno 13: " Na área de ambiente e energia, pode ser usada em energia solar, eólica e ajuda a produzir energia de uma forma mais eficiente. Só que precisa tomar cuidado para não ser descartada errada e se tornar tóxica."

Portanto, faz-se necessário adotar mais práticas de leitura, discussão seguida de transcrição das ideias com os alunos desta classe para que estes exercitem sua escrita, argumentação e redação.

Avaliando-se o desempenho dos estudantes apenas pelo questionário final, poderia-se afirmar que a classe apresentou um desempenho mediano, não contemplando todos os quesitos almejados para esta sequência didática. Na Figura 10, está um gráfico representando quantitativamente o desempenho estimado para a classe.

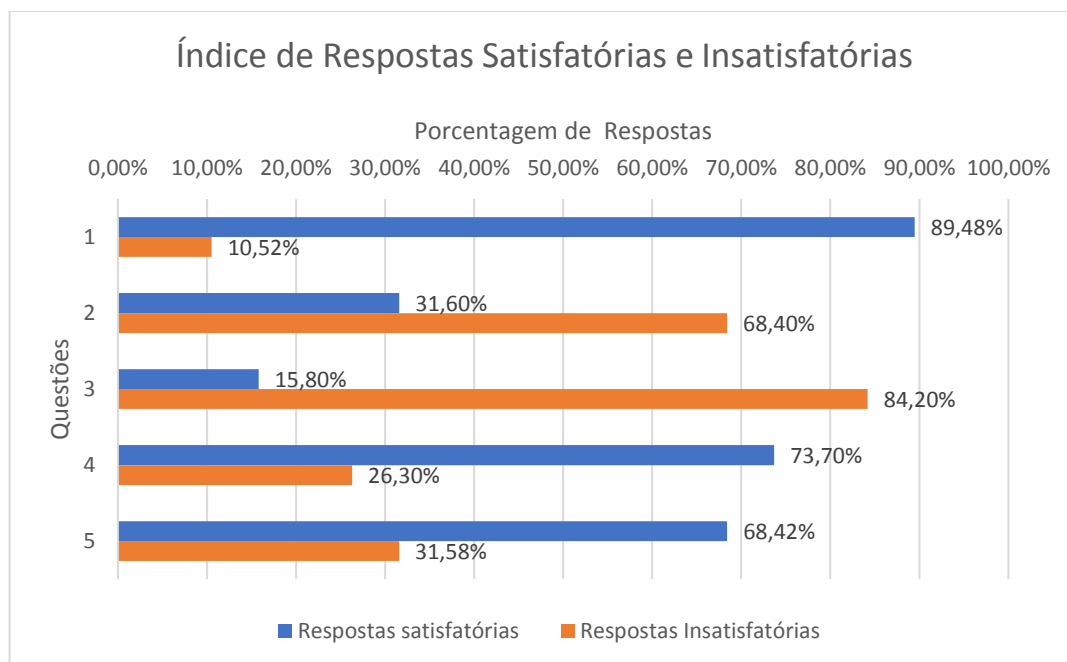


Figura 10. Desempenho dos alunos nas respostas do questionário final.

Foram utilizados como critérios para as respostas consideradas “satisfatórias” se forem atendidas todas as condições a seguir:

- As respostas demonstram domínio do assunto e embasamento científico;
- As respostas apresentam coerência textual e de ideias;
- As respostas atendem ao que a questão pede;
- As respostas demonstram atitude crítica e reflexiva perante a produção de conhecimento da área.

As respostas consideradas “insatisfatórias”, são aquelas que não atendem todos critérios acima citados, ou que ainda deixaram a questão em branco. Como pode-se ver, as questões 2 e 3 tiveram pior índice de respostas satisfatórias, sendo que a questão 3 pode ainda ter um desempenho melhor caso seja reescrita.

Portanto, avaliando os resultados obtidos pela aplicação da sequência didática com relação à questão de pesquisa proposta por este projeto, esta foi possível de ser respondida com base em todo o percurso metodológico adotado: A princípio, na avaliação diagnóstica, pensou-se que os alunos possuíam alguma familiaridade com o tema Nanotecnologia e Nanociência. Entretanto, depois da prática experimental, observou-se que tratava-se de um conhecimento superficial,

que restringia-se apenas à definição. Após a pesquisa e apresentação dos moodboards, o conhecimento sobre as aplicações nanotecnológicas foi ampliado, bem como o de suas propriedades físico-químicas.

Durante as discussões, os educandos mostraram-se acessíveis e confortáveis para exporem suas ideias e ao final das apresentações estavam muito mais confiantes para debaterem sobre nanotecnologia. Inclusive, apesar de suas respostas na última questão terem sido consideradas insatisfatórias, pode-se verificar que há maior profundidade do conhecimento das vantagens e desvantagens das nanopartículas do que nas primeiras duas aulas das sequências.

Infelizmente, apesar de não ser um dos objetivos propostos para esta sequência, os alunos não se apropriaram do uso da linguagem química, conforme visto na questão 3. Esta defasagem não pode ser menosprezada e deve ser constantemente revisitada nas próximas aulas até ser amenizada.

Deixa-se como sugestão para trabalhos futuros no ensino de equações químicas e que podem ser aplicadas nesta sequência didática:

- Uso de modelos visuais, para esboçar modelos moleculares, gráficos e diagramas para ilustrar conceitos químicos;
- Atividades de escrita, como escrever relatórios de laboratório após a prática experimental;
- Uso de recursos digitais, como vídeos, animações e simulações interativas;
- Proposição de problemas e questionamentos que exijam o uso da linguagem química para resolvê-los.

Estas são algumas ideias que poderiam ter sido implementadas neste trabalho, lembrando que é importante adaptar as estratégias de acordo com o nível de ensino e o perfil dos alunos. Além disso, é fundamental proporcionar um ambiente de aprendizagem seguro e encorajador, onde os alunos se sintam à vontade para experimentar e se expressar utilizando a linguagem química.

6. CONCLUSÃO

Este trabalho consistiu na investigação e proposição de uma sequência didática referente ao tema Nanotecnologia e Nanociência (N&N) para alunos do ensino médio e aplicada em uma escola estadual do estado de São Paulo.

O objetivo da investigação conduzida neste estudo procurou verificar a familiaridade dos estudantes com o tema N&N. Considerando-se a hipótese de que estando esta ciência tão aplicada e presente no cotidiano da sociedade contemporânea, os alunos provavelmente teriam algum conhecimento a respeito do assunto. Com base nisso, foi dada continuidade a sequência didática a partir inicialmente de uma avaliação diagnóstica (AD).

A AD baseou-se nas respostas e no debate que os alunos promoveram após a leitura de um texto introdutório, cujo conteúdo contextualizava o uso de nanotecnologia no meio ambiente. A escolha deste tema coincide com a importância de se trazer uma contextualização CTSA para as salas de aulas, instigando a reflexão dos estudantes sobre os problemas do mundo em que vivem e levando-os a buscar e propor soluções para remediá-los.

O resultado do debate demonstrou que os alunos possuem sim, um conhecimento acerca do tema N&N quando estes fizeram referência a uma definição baseada no tamanho da escala nanométrica como algo muito pequeno. Entretanto, este conhecimento era muito superficial e carregado de concepções prévias atreladas aos fenômenos do universo macroscópico. Após o término desta etapa, foi feita uma breve aula expositiva, introduzindo os conceitos principais do tema trabalhado.

Na aula seguinte, dando continuidade a sequência didática, foi apresentado um experimento demonstrativo. Apesar da escola possuir um laboratório didático, foi dada preferência pela condução do experimento pelo professor devido ao pouco tempo disponível para a prática e a discussão, sendo priorizada esta última, portanto.

Com a atividade experimental, esperava-se trazer a escrita de reações químicas, a distinção entre reagentes e produtos, conceitos de acidez e basicidade, precipitação e oxirredução, além de estimular a curiosidade, pensamento crítico, resolução de problemas e integrar conceitos químicos.

Como foi averiguado com outros professores, os alunos realmente

apresentaram grandes dificuldades com a área de exatas, expressando defasagens no uso da linguagem química.

Nesta aula foi encerrada a parte referente ao ensino dos conceitos químicos relacionados à N&N, sendo então feita a proposta de trabalho em grupo para a classe: a construção de moodboards ou painéis semânticos. O uso deste recurso didático foi escolhido para exercitar a expressão dos estudantes em outras linguagens além da escrita.

Os trabalhos dos estudantes foram elaborados em meio digital e apresentados à classe. De modo geral, os alunos conseguiram elaborar o material proposto atendendo as suas especificações, como a preferência pelo uso de imagens. As apresentações também demonstraram uma melhora no domínio do tema e o levantamento de questões sociais importantes que não foram abordadas anteriormente no debate inicial, como a obsolescência de produtos com o avanço de materiais nanotecnológicos.

Observou-se uma boa desenvoltura da argumentação oral dos grupos, cujo enfoque se deu majoritariamente com relação ao quesito aplicações, com algum detrimento da parte das possíveis desvantagens. Percebe-se que os alunos apresentam uma visão muito positiva da nanotecnologia, ignorando seus possíveis efeitos adversos. Após a discussão com a classe, eles passaram a visualizar os problemas que podem advir do uso da nanotecnologia. Também verificou-se nestes trabalhos uma rejeição importante com relação ao uso de nanotecnologia em alimentos, por um medo latente do desenvolvimento de possíveis complicações e doenças.

As apresentações contemplaram os quesitos da avaliação, entretanto, quando foi feita a avaliação escrita, pela aplicação de um questionário com 5 perguntas no prazo de uma semana depois, os resultados não foram tão satisfatórios. Foi observado uma série de dificuldades na expressão dos alunos no uso da linguagem escrita, onde suas respostas foram muito superficiais e sem coesão textual.

Com relação às respostas em que era necessário abordar a argumentação sobre as vantagens e desvantagens da implementação de nanotecnologia, foi constatado uma melhora no desempenho dos alunos, embora com as defasagens na dissertação como foi descrito acima. No entanto, nas questões onde foi exigido uso da linguagem química, na escrita de reações e na caracterização de

nanomateriais, a maior parte dos alunos não conseguiu completar a tarefa. Supõe-se que esta dificuldade possui relação com a falta de conhecimento neste tipo de atividade onde os alunos precisam escrever as reações ou com o tempo decorrido entre a aula experimental e a aplicação do questionário.

Pode-se também considerar que alguns alunos não se sentem tão à vontade diante de exercícios avaliativos, que podem lhes despertar ansiedade e bloqueio cognitivo.

Além disso foram observados que alguns alunos responderam algumas questões inadequadamente, que pode ter sido em função de uma desatenção ou erro de interpretação do aluno diante da pressa em concluir os exercícios rapidamente. Entretanto, sugeriu-se a reescrita de algumas questões para evitar esse tipo de erro.

Dessa forma, refletindo-se sobre a sequência didática como um todo, conclui-se que foi possível responder a questão de pesquisa feita inicialmente, sobre a familiaridade dos estudantes com o tema N&N. Observou-se uma superficialidade de conhecimentos em contraste com a profusão de aplicações nanotecnológicas presentes no cotidiano dos alunos.

Em segundo, o debate e os seminários foram de suma importância para o desenvolvimento da opinião crítica e argumentação dos estudantes perante as aplicações nanotecnológicas em algumas áreas da sociedade. Entretanto, mesmo com a ampla participação dos alunos durante a aula experimental, a apropriação da linguagem e de conceitos químicos foi insuficiente como foi observado nas respostas dadas na questão 3 do questionário avaliativo.

Sendo assim, considera-se a necessidade de incluir na sequência didática atividades que priorizem esta parte conceitual e o desenvolvimento da escrita química e de língua portuguesa, para que possa se obter um processo de ensino-aprendizagem mais eficiente e completo, onde o aluno não apenas conheça bem determinado conteúdo, mas que também domine tanto a linguagem científica quanto possa fazer uso dela e aplicações dela.

Para trabalhos futuros, propõe-se maior enfoque na leitura e escrita das atividades, inclusive, apesar da escolha da reportagem jornalística ser uma forma de buscar situações próximas da realidade dos estudantes, pode-se também buscar textos acadêmicos adaptados para o ensino médio na literatura.

7. REFERÊNCIAS

AJAYAN, P. M. Nanotubes from Carbon. **Chem. Rev.**, v. 99, p. 1787-1799, 1999.

ALVES, J. V.; LIMA, M. C. A. Uma abordagem sobre nanociência e nanotecnologia na educação básica. **Ensino & Multidisciplinaridade**, São Luís, v. 4, n. 2, p. 33–52, 2021.

ALMEIDA, J. C. **Para o mundo ver? Redes de pesquisa na divulgação científica e engajamento público na internet: o caso da Rede Nacional de Nanotecnologia Sociedade e Meio Ambiente-Renanosoma**. Tese (Pós-Graduação em Sociologia) - Universidade Federal de Sergipe. 2019.

ANTUNES FILHO, S.; BACKX, B. P. Nanotecnologia e seus impactos na sociedade. **Revista Tecnologia e Sociedade**, v. 16, n. 40, p. 1-15, 2020.

AS NANOPARTÍCULAS DO SOLO: ENTENDAM COMO SÃO E COMO ELAS INTERFEREM NA APTIDÃO AGRÍCOLA NATURAL DO SOLO... **Blog Verde**, 23 Set. 2022. Disponível em: <<https://blog.verde.ag/encontro-com-gigantes/uso-das-nanoparticulas-do-solo/>> Acesso em 27 Dez. 2022.

ASGHAR, A., HUANG, Y-S., ELLIOTT, K., SKELLING, Y. Exploring secondary students' alternative conceptions about engineering design technology. **Education Sciences**, v. 9, n.1, p. 1-18. 2019.

AUGUSTO, T. G. da S. et al. Interdisciplinaridade: concepções de professores da área ciências da natureza em formação em serviço. **Ciência & Educação**, v. 10, n. 02, p. 277-290, 2004.

BARLOW, M. **Avaliação escolar: mitos e realidades**. Artmed, 2006.

BARREIROS, Y. **Educação em Nanociência e Nanotecnologia: Uma abordagem contextualizada no Ensino de Química**. 2018. 60 fls.

Monografia (Licenciatura em Química), Universidade do Sul de Santa Catarina, Tubarão -SC, 2018.

BRASIL, Ministério da Educação. Base nacional comum curricular. **Brasília-DF: MEC, Secretaria de Educação Básica**, 2017.

BAYDA, S. *et al.* The history of nanoscience and nanotechnology: from chemical–physical applications to nanomedicine. **Molecules**, v. 25, n. 1, p. 112, 2019.

BERGER, C. de S. **O ensino da nanotecnologia via metodologias ativas: nanociência por meio de uma abordagem colaborativa**. Dissertação (Mestrado). Campus Vila Velha. Instituto Federal do Espírito Santo. 277 fls. 2020.

BHUSHAN, B. (Ed.). **Springer handbook of nanotechnology**. Springer, 2017.

CAMINHA, T. V. O. dos S. **Nanotecnologia e nanociência: propostas didáticas para o ensino de nanotecnologia em sala de aula**. 2022. 43 f. Monografia (Trabalho de conclusão de curso em Química : Licenciatura) - Instituto de Química e Biotecnologia, Curso de Graduação em Química, Universidade Federal de Alagoas, Maceió, 2018.

CERQUEIRA, D.R. de C. Coordenador et al. **Atlas da violência**. Brasília: IPEA, 2020.

CHIBENI, S. S. O que é ciência. Departamento de Filosofia, **UNICAMP**, São Paulo. 2001.

COELHO, D. L.; DE LIMA, S. M.. As contribuições da contextualização no Ensino de Química. **Aninc-Anuário do Instituto de Natureza e Cultura**, v. 3, n. 1, p. 129-131, 2020.

COGO, P. M. **Experimentos em sala de aula para o Ensino de Química no ensino médio: motivação para o aprendizado das ciências**. 2013. 62 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) - Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Pato Branco, 2013.

CORTESÃO, L. Formas de ensinar, formas de avaliar: breve análise de práticas correntes de avaliação. **Reorganização curricular do ensino básico: avaliação das aprendizagens: das concepções às novas práticas**, 2002.

CRISTOVÃO, V.; DURÃO, A; NASCIMENTO, E. Debate em sala de aula: práticas de linguagem em um gênero escolar. **5º Encontro do CelSul**, p. 1436-1441, 2003.

DA SILVA JÚNIOR, C. A. *et al.* Ensino De Nanociência E Nanotecnologias No Brasil: Uma Revisão Sistemática. International. **JOURNAL EDUCATION AND TEACHING (PDVL) ISSN 2595-2498**, v. 3, n. 3, p. 1-18, 2020.

DA SILVA RIBEIRO, M.; KIILL, K. B.. Alotropia: o design didático de uma sequência de ensino e aprendizagem. **Educação Química em Punto de Vista**, 2023.

DE ARAÚJO, F. M.; DE GOES SAMPAIO, C. Formação continuada de professores em Ensino de Química à luz da abordagem CTSA: uma análise bibliográfica. **Research, Society and Development**, v. 11, n. 9, 2022.

DE SOUZA, T. M. A Experimentação No Ensino de Química Na Educação Básica Entre A Teoria E A Práxis. **Ensino de Ciências e Tecnologia em Revista-ENCITEC**, v. 12, n. 1, p. 39-51, 2022.

DEDECCA, C. S. O desemprego e seu diagnóstico hoje no Brasil. **Brazilian Journal of Political Economy**, v. 18, p. 99-120, 2022.

DRESSELHAUS, M. S.; DRESSELHAUS, G.; EKLUND, P. C. **Science of fullerenes and carbon nanotubes: their properties and applications**. Elsevier, 1996.

DUARTE, J.. Entrevista em profundidade. Métodos e técnicas de pesquisa em comunicação. **São Paulo: Atlas**, v. 1, p. 62-83, 2005.

DUARTE, M. **Avaliação no Ensino Superior**. Monografia (Grau de Especialista em Docência no Ensino Superior), Pós-Graduação Lato Sensu, Instituto A Vez do Mestre, Universidade Candido Mendes, Brasília-Distrito Federal. 37 fls. 2010.

ESCOLANO BENITO, A. El libro escolar y la cultura de la educación: la manualística, un campo en construcción. **Currículo editado y sociedad del conocimiento**, 2006.

GAMA, R. S. *et al.* Metodologias para o Ensino de Química: o tradicionalismo do ensino disciplinador e a necessidade de implementação de metodologias ativas. **Scientia Naturalis**, v. 3, n. 2, 2021.

GARNER, S.; MCDONAGH-PHILP, D. Problem interpretation and resolution via visual stimuli: the use of 'mood boards' in design education. **Journal of Art & Design Education**, v. 20, n. 1, p. 57-64, 2001.

GERALDI, J. W. **Portos de passagem**. Martins Fontes, 2002.

GERHARD, A. C., da ROCHA., J. F. B. A Fragmentação Dos Saberes Na Educação Científica Escolar Na Percepção De Professores De Uma Escola De Ensino Médio. **Investigações Em Ensino De Ciências**, 17(1), p. 125–145, 2016.

GOMES; NOGUEIRA, H. B. Multiletramentos e usos das tecnologias digitais da informação e comunicação no contexto escolar. **LínguaTec**, v. 5, n. 1, p.

326-342, 2020.

HODSON, D. Filosofia de da Ciência y Educación Científica. In: POLÁN, R.; GARCIA, J.; CAÑAL, P. **Constructivismo y Enseñanza de las Ciencias**, 5-21. Sevilla: Diada Editoras, 1988.

KRAEMER, M. E. P. A avaliação da aprendizagem como processo construtivo de um novo fazer. **Avaliação: Revista da Avaliação da Educação Superior (Campinas)**, v. 10, n. 02, p. 137-147, 2005.

KARINO, C. A. **Do efeito da ansiedade no desempenho em provas**. 2010. Dissertação (Mestrado em Psicologia Social, do Trabalho e das Organizações) - Universidade de Brasília, Brasília, 156 f. 2010.

LABURÚ, C. E. Fundamentos para um experimento cativante. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, v. 23, n. 3, p. 383-405, 2006.

LATOUR, B. **Onde aterrar?: como se orientar politicamente no antropoceno**. Bazar do Tempo Produções e Empreendimentos Culturais LTDA, 2020.

LAVAQUI, V.; BATISTA, I. de L.. Interdisciplinaridade em ensino de ciências e de matemática no ensino médio. **Ciência & Educação (Bauru)**, v. 13, p. 399-420, 2007.

LAVAYEN, V. *et al.* Síntese e caracterização de nanopartículas de óxido de ferro: Uma proposta de atividade experimental. **Research, Society and Development**, v. 10, n. 8, 2021.

LIMA, M. C. A.; DE 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, p. 4401, 2013.

LOURENÇO, A. B. *et al.* A nanotecnologia na concepção de estudantes do ensino médio: o desenho como elemento de análise. *Góndola, Enseñanza y Aprendizaje de las Ciencias: Góndola, Ens Aprend Cienc*, v. 12, n. 1, p. 27-42, 2017.

LOURENÇO, A. B.; QUEIROZ, S. L.. Argumentação em aulas de química: estratégias de ensino em destaque. *Química Nova*, v. 43, p. 1333-1343, 2020.

MARIA, G. dos S. **Nanotecnologia como tema para abordagem dos conteúdos de estrutura atômica e propriedades dos materiais.** Dissertação (Mestrado Profissional). Instituto de Química. Universidade Federal do Rio Grande do Sul. 80 fls. 2020.

MOSSI, C. S.; VINHOLI JÚNIOR, A. J. O uso de mapas conceituais como estratégia de aprendizagem significativa no Ensino de Química. *Acta Scientiarum Education*, v. 44, 2022.

MONTEIRO, M. G. de M. B. *et al.* Preparação e estudo fototérmico de nanofibras de Au@ PVA Para uma abordagem da nanotecnologia aos estudantes do ensino médio. *Brazilian Journal of Development*, v. 7, n. 1, p. 8284-8299, 2021.

MURRIELLO, S.; CONTIER, D.; KNOBEL, M. Desafios de uma exposição sobre nanociência e nanotecnologia. *JCOM*, v. 5, p. 4, 2006.

NAVEGANTES, P. M. B.; SIQUEIRA, T. D. A. Reflexões sobre a Formação Docente e os Novos Rumos da Educação na Contemporaneidade. **BIUS-Boletim Informativo Unimotrisaúde em Sociogerontologia**, v. 18, n. 12, p. 1-12, 2020.

PASSOS, C. G. Experimentação como estratégia para abordar a temática Nanotecnologia no Ensino Médio numa perspectiva CTSA. *Revista Virtual de Química*, v. 13, n. 3, 2021.

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, p. 73-77, 2010.

PERRENOUD, P. **Dez novas competências para ensinar**. Porto Alegre: Artes Médicas Sul, 2000.

PINTO, E. S.; DE OLIVEIRA PEDROSA, M. B. A. Nanociência E Nanotecnologia No Ensino Médio: Abordagem No Contexto Do Ensino Remoto. **Revista Dynamis**, v. 29, n. 1, p. 91-108, 2023.

REYNAUD, M. C. Estudo De Conceitos De Nanotecnologia E Condução Elétrica Através De Desenhos Feitos De Grafite. **SEPE-Seminário de Ensino, Pesquisa e Extensão da UFFS**, v. 11, 2022.

SACRISTÁN, J. G. O que significa o currículo. **Saberes e incertezas sobre o currículo**. Porto Alegre: Penso, p. 16-35, 2013.

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

SANTOS, E. B.; MATOS, L. C. Avaliação atualizada dos produtos manufaturados com nanotecnologia e seus potenciais riscos de exposição e efeitos aos humanos e ao meio ambiente. **Revista Tecnologia e Sociedade**, v. 18, n. 51, p. 59-72, 2022.

SILVA, D. A. Uso de metodologia ativa para o ensino de Nanociência e Nanotecnologia (N&N) no ensino médio+. **Revista Amazônica de Ensino de Física**, v. 1, n. 1, p. 8-8, 2021.

SILVA, E. C.; ROGGIA, I. Nova Estrutura Do Ensino Médio E Os Impactos Da Inserção De Disciplinas Formativas Na Formação Profissional Do Estudante

Brasileiro. **Disciplinarum Scientia| Ciências Humanas**, v. 23, n. 2, p. 1-13, 2022.

SILVA, E. N.. **Grafeno no ensino médio: uma proposta didática para o ensino de nanomateriais utilizando modelos 3D**. 2023. 42 f. TCC (Licenciatura em Física) - IFPI - Campus Parnaíba, Parnaíba, 2023.

SILVA, F. B. da; SOUZA FILHO, M. P. de; ARAYA, A. M. O. Divulgação científica e nanotecnologia: resultados preliminares de um projeto de extensão sobre as concepções dos estudantes do curso de licenciatura em Física e Química da Unesp/Pres. Prudente. **In: Congresso de extensão universitária da UNESP**. Universidade Estadual Paulista (Unesp), 2015. p. 1-5.

SILVA, R. F. da **Sequência Didática Investigativa Sobre Nanotecnologia E Nanociência: Uma proposta para aulas de Química no Ensino Médio**. 2022. 40 f. Dissertação (Mestrado Profissional em Química) - Universidade Federal Rural de Pernambuco, Programa de Mestrado (PROFQUI), Recife, 2022.

SILVÉRIO, J. **Atividades experimentais em sala de aula para o ensino da Química: percepção dos alunos e professor**. 2012. 50 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) - Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Pato Branco, 2012.

SIMOMUKAY, E. NANOTECNOLOGIA E FRUTAS: REVELANDO O NANOMUNDO ATRAVÉS DA FORMAÇÃO DE NANOPARTÍCULAS DE PRATA. **Cadernos de Ensino, Ciências & Tecnologia**, v. 2, n. 4, p. 17-28, 2021.

SIQUEIRA-BATISTA, R. et al. Nanociência e nanotecnologia como temáticas para discussão de ciência, tecnologia, sociedade e ambiente. **Ciência & Educação (Bauru)**, v. 16, p. 479-490, 2010

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, p. 665-683, 2019.

TONET, M.D.; 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. 2020.

ZANELLA, I. et al. Abordagens em nanociência e nanotecnologia para o ensino médio. **XVIII SIMPÓSIO NACIONAL DE ENSINO DE FÍSICA–SNEF. Vitória, Brasil**, 2009.

ANEXO 1

Reportagem jornalística adaptação para aplicação de avaliação diagnóstica (AS NANOPARTÍCULAS DO SOLO, 2022).

As nanopartículas do solo: entenda o que são e como elas interferem na aptidão agrícola natural do solo.

O que é uma nanopartícula do solo?

O termo “nanopartícula”, como o próprio nome sugere, é usado para caracterizar partículas de tamanho extremamente diminuto, que alcançam diâmetros que variam entre 1 e 100 nanômetros. Segundo o Doutor em Agronomia Diego Silva Siqueira, o surgimento das nanopartículas na natureza está incluso dentro da própria história de formação da Terra, datando de mais de 3 milhões de anos.

Desde a sua criação, as nanopartículas vêm influenciando a vida dos seres vivos e de toda a dinâmica dos ecossistemas presentes no planeta Terra, incluindo o solo: “É dentro da fração mineral do solo, que compõe cerca de 50% do solo de qualquer lugar do mundo, que estão essas partículas pequenininhas apelidadas de “DNA do solo”, as nanopartículas. São as suas propriedades que dão ao solo a sua cor, a sua capacidade de trocar calor e adsorção de fósforo, dentre diversas outras características.”, explicou o Dr. Diego Silva.

Ele explicou ainda que, de forma geral, as características das nanopartículas do solo não mudam e isso faz com que elas sejam um ótimo parâmetro para determinar a aptidão agrônômica do solo. Inicialmente, as análises das nanopartículas do solo eram feitas com técnicas laboratoriais de alto valor agregado, como a análise de difração de raio X. Todavia, com o avanço dos estudos e tecnologias, o custo para realização da análise das nanopartículas do solo caiu mais de 150 vezes nos últimos anos, tornando-a acessível para a maior parte dos agricultores.

Uma das principais tecnologias que permitiram a redução desses custos foi o desenvolvimento de sensores que conseguem medir a capacidade magnética das nanopartículas do solo e, assim, permitem fazer o diagnóstico do potencial

agronômico ou aptidão natural do solo. Essa tecnologia, desenvolvida pelo Dr. Diego Silva e sua equipe, está revolucionando a ciência do solo no mundo, colocando o Brasil como destaque e referência em diversas comunidades científicas.

A proposta de mapeamento das nanopartículas do solo utilizando o magnetismo, para determinar a aptidão dos solos, já é conhecida no Brasil desde 1984. Entretanto, esse ainda é um tópico pouco difundido e conhecido no meio agrícola. Mas, quais benefícios o agricultor pode obter ao conhecer mais sobre as nanopartículas e a aptidão do seu solo?

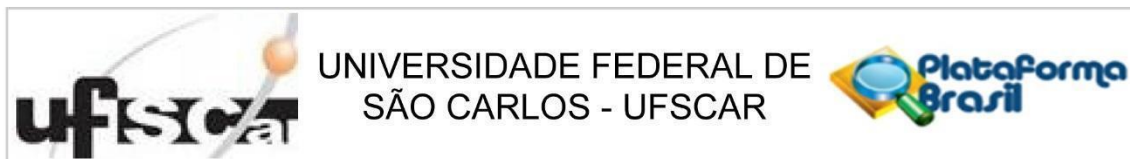
Para que servem as nanopartículas do solo?

De acordo com o Dr. Diego, o conhecimento mais aprofundado do solo e as suas nanopartículas permite um maior refinamento e assertividade das práticas de manejo que vão ser implementadas na propriedade:

“Apesar das características das nanopartículas do solo não mudarem, é possível alterar o manejo do solo de acordo com o diagnóstico da propriedade. Ou seja, quando a gente entende sobre essas nanopartículas, é como se a gente estivesse fazendo o mapa genético da terra e, com ele, a gente consegue entender onde que eu vou plantar uma determinada espécie de planta que produza em quantidade e qualidade.”

Portanto, quando a aptidão de um determinado solo é determinada através da análise das nanopartículas, o agricultor consegue ter uma tomada de decisão mais assertiva e, assim, alcançar uma maior lucratividade e sustentabilidade no seu sistema de produção.

ANEXO 2



PARECER CONSUBSTANCIADO DO CEP

DADOS DO PROJETO DE PESQUISA

Título da Pesquisa: Nanotecnologia como Ferramenta de Ensino para Itinerário Formativo Transformação do Solo

Pesquisador: LUCAS VAIOLETTE EVANGELISTA

Área Temática:

Versão: 3

CAAE: 66726523.1.0000.5504

Instituição Proponente: Departamento de Química

Patrocinador Principal: Financiamento Próprio

DADOS DO PARECER

Número do Parecer: 6.014.145

Apresentação do Projeto:

As informações elencadas nos campos "Apresentação do Projeto", "Objetivo da Pesquisa" e Avaliação dos Riscos e Benefícios" foram extraídas do arquivo Informações Básicas da Pesquisa (PB_INFORMAÇÕES_BÁSICAS_DO_PROJETO "Nanotecnologia como Ferramenta de Ensino para Itinerário Formativo Transformação do Solo", de 13/04/2023), do Projeto Detalhado "Nanotecnologia como Ferramenta de Ensino para Itinerário Formativo Transformação do Solo", de 13/04/2023): RESUMO, HIPÓTESE, METODOLOGIA, CRITÉRIOS DE INCLUSÃO E EXCLUSÃO.

RESUMO: O projeto tem como "objetivo elaborar uma proposta de intervenção didática em sala de aula com respeito ao Itinerário Formativo "Transformação do Solo", de forma a verificar o nível de proximidade e conhecimento dos alunos do Ensino Médio com relação a aplicação de Nanotecnologia e Nanociência (N&N) em seu cotidiano. A Nanotecnologia possui um alto impacto na qualidade de vida das pessoas, estando presente no desenvolvimento de energia limpa, de dispositivos móveis mais eficientes, no tratamento de doenças, na produção de próteses, cosméticos, fármacos, dentre outros. Entretanto, questiona-se quanto a clareza e entendimento com que este tópico vem sendo discutido nas mídias, de modo que se pretende explicitar se este conhecimento está sendo anunciado aos alunos de forma dissociada de sua realidade ou não. Percebe-se também que apesar da grande quantidade de informações disponíveis, por vezes falta qualidade na sua elaboração, deixando-se de ressaltar pontos fundamentais, como sua definição,

Endereço: WASHINGTON LUIZ KM 235

Bairro: JARDIM GUANABARA

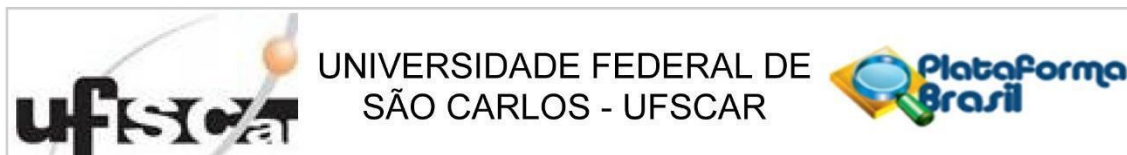
UF: SP

Município: SAO CARLOS

CEP: 13.565-905

Telefone: (16)3351-9685

E-mail: cephumanos@ufscar.br



Continuação do Parecer: 6.014.145

impactos e relevância para o desenvolvimento da sociedade. Ademais, as discussões sobre nanotecnologia apresentam quase sempre abordagens conflitantes que envolvem questões técnicas, éticas, econômicas, ambientais e sociais, que sem um embasamento teórico podem fomentar concepções alternativas por parte dos estudantes. Assim, por meio deste trabalho, espera-se identificar se este padrão se encontra ainda atuante no cenário escolar e caso seja confirmado, propõe-se por meio dos itinerários formativos incluir uma exposição didática para ensinar conceitos básicos e fundamentais sobre a temática da N&N, como materiais nanométricos, benefícios e riscos, vantagens e desvantagens da nanociência, incentivando o desenvolvimento de uma opinião crítica e fundamentada no conhecimento científico”.

HIPÓTESE: Este trabalho tem como hipótese de que apesar da temática de Nanotecnologia & Nanociência (N&N) estar arraigada no cotidiano e objetos que circundam as pessoas, os alunos geralmente não correlacionam estes dois conceitos, apresentando uma visão superficial e descontextualizada sobre N&N, de modo que esta pesquisa visa investigar esta afirmação.

METODOLOGIA: Será elaborado um plano de aulas para o Itinerário Formativo A Cultura do Solo - Do Campo à Cidade, UC1 - O Homem e o Meio Ambiente, na disciplina de Transformação do Solo, sendo que a primeira aula constituiu o primeiro contato exploratório com o aluno, por meio de uma Avaliação Diagnóstica (AD). A Avaliação Diagnóstica será feita por intermédio de um debate simples, oral, em que são feitas perguntas direcionadas a classe, cujo levantamento de questões visa conhecer o grau de familiaridade entre o estudante e o tema abordado, bem como as concepções prévias destes. O debate foi feito após a leitura de um recorte de texto previamente selecionado, relacionado a nanotecnologia e seu impacto na sociedade. Existe diversos artigos jornalísticos retratando este tema, como o exemplo a seguir, retirado do site Blog Verde: "É dentro da fração mineral do solo, que compõe cerca de 50% do solo de qualquer lugar do mundo, que estão essas partículas pequenininhas apelidadas de "DNA do solo", as nanopartículas. São as suas propriedades que dão ao solo a sua cor, a sua capacidade de trocar calor e adsorção de fósforo, dentre diversas outras características.", explicou o Dr. Diego Silva."A partir de um fragmento como este, pode se suscitar diversas questões que permitem o professor observar e analisar as respostas dos alunos, sendo algumas delas sugeridas a seguir:• O que você entende por nanotecnologia? E Nanociência?• Como funciona a nanotecnologia?• Onde é possível encontrar a nanotecnologia? Cite exemplos.• Você considera seguros o uso de ingredientes nanoestruturados? Por quê?Com base nisso, será solicitado um trabalho em grupo, que consiste na elaboração de um

Endereço: WASHINGTON LUIZ KM 235

Bairro: JARDIM GUANABARA

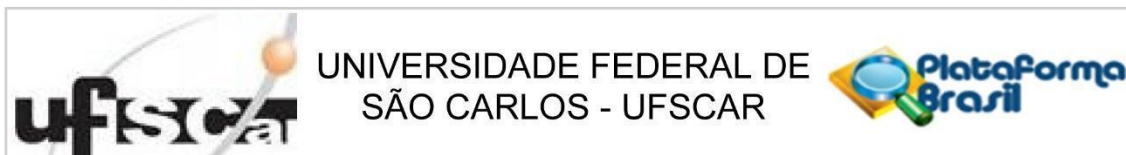
UF: SP

Telefone: (16)3351-9685

CEP: 13.565-905

Município: SAO CARLOS

E-mail: cephumanos@ufscar.br



Continuação do Parecer: 6.014.145

moodboard sobre uma área de aplicação da nanotecnologia escolhida pelo grupo, sendo apresentado um modelo construído com base no texto sobre Nanopartículas do Solo. Em seguida, será ministrado um experimento simples sobre A Síntese de Nanopartículas de Ferro, de modo a traçar uma relação entre a prática e a teoria em uma aula expositiva demonstrativa. Em seguida, será aplicado um questionário como parte da avaliação final deste planejamento, onde será abordados questões relativas à interpretação de situações do cotidiano e aplicação dos conhecimentos adquiridos à respeito da nanotecnologia, referentes ao experimento executado em sala de aula e sobre os temas trazidos pelos alunos na construção dos painéis semânticos. A partir das justificativas pautadas na elaboração do trabalho, bem como a execução deste e nas respostas do questionário avaliativo, o professor pode-se constatar se a aprendizagem deste conteúdo foi assimilada adequadamente e verificado se o aluno é capaz de identificar, correlacionar e se posicionar criticamente quanto ao tema nanotecnologia e nanociência em sua vida diária.

CRITÉRIO DE INCLUSÃO E EXCLUSÃO: não descritos

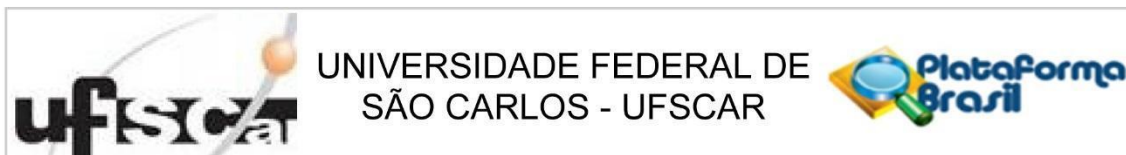
Objetivo da Pesquisa:

A pesquisa apresenta como objetivo geral “Elaborar uma proposta de intervenção didática em sala de aula, de forma a verificar o nível de proximidade e conhecimento dos alunos do Ensino Médio com a temática Nanotecnologia e Nanociência em seu cotidiano, em especial, com relação ao itinerário formativo de Transformação do Solo”.

Avaliação dos Riscos e Benefícios:

Na segunda versão, já haviam sido citados os riscos e a forma de minimizá-los (Ex.: “DURANTE A PRÁTICA EXPERIMENTAL, OS ALUNOS MANTERÃO UMA DISTÂNCIA DE SEGURANÇA DO EXPERIMENTO QUE SERÁ EXECUTADO PELO PROFESSOR, DE MODO A EVITAR A INALAÇÃO E O CONTATO COM PRODUTOS QUÍMICOS. NESTE EXPERIMENTO, NÃO HÁ RISCO DE EXPLOÇÃO OU USO DE PRODUTOS INFLAMÁVEIS OU AQUECIMENTO COM FOGO. AS SOLUÇÕES JÁ ESTARÃO PRÉPREPARADAS PARA USO IMEDIATO, GARANTINDO A RAPIDEZ DA REAÇÃO E TÉRMINO DA PRÁTICA. COM RELAÇÃO AO DEBATE DA AVALIAÇÃO DIAGNÓSTICA, A FIM DE EVITAR CONSTRANGIMENTO E EXPOSIÇÃO DOS ALUNOS, ESTES PODERÃO SE PRONUNCIAR QUANDO SE SENTIREM A VONTADE PARA FAZÊ-LO. O PROFESSOR DIRECIONARA AS PERGUNTAS A CLASSE EM GERAL, MANTENDO UM AMBIENTE DESCONTRAÍDO E CONFORTÁVEL PARA OS ESTUDANTES RESPONDEREM QUANDO LHESS CONVIER. A AUSÊNCIA DE GRAVAÇÃO DE VÍDEOS, ÁUDIO E IMAGEM TAMBÉM COLABORARÃO PARA NÃO TRAZER PERTURBAÇÕES AOS ALUNOS.”). Os

Endereço: WASHINGTON LUIZ KM 235
 Bairro: JARDIM GUANABARA CEP: 13.565-905
 UF: SP Município: SAO CARLOS
 Telefone: (16)3351-9685 E-mail: cephumanos@ufscar.br



Continuação do Parecer: 6.014.145

indiretos e são explicitados (Ex.: OS BENEFÍCIOS ESPERADOS COM ESSA PESQUISA SÃO FORNECER INFORMAÇÕES PARA A COMUNIDADE CIENTÍFICA E ESCOLAR, PROVENDO FORMAS DE CAPACITAR PROFESSORES PARA PROMOÇÃO DE PRÁTICAS EDUCATIVAS MAIS CONTEXTUALIZADAS E VOLTADAS A UMA ABORDAGEM QUE EXPLORE AS ESFERAS DE CIÊNCIA, TECNOLOGIA, SOCIEDADE E MEIO AMBIENTE. PARA O ALUNO, SERÁ PROPICIADO UM APRENDIZADO QUE APLICA CONTEÚDOS TECNOLÓGICOS MULTIDISCIPLINARES, ESTIMULANDO, O APRENDIZADO DA QUÍMICA TAL COMO DAS DEMAIS CIÊNCIAS, ESTA PROPOSTA BUSCA DESPERTAR A CURIOSIDADE E O INTERESSE PELAS CIÊNCIAS APLICADAS, INCLUSIVE, ISSO CONSEGUIRÁ FAZER COM QUE O ALUNO SEJA MAIS REFLEXIVO E ATUANTE, O QUE É IMPORTANTE PARA QUE HAJA A FORMAÇÃO CRÍTICA E INTEGRAL DO CIDADÃO”).

Comentários e Considerações sobre a Pesquisa:

Trata-se de uma pesquisa que deve seguir os preceitos éticos estabelecidos pela Resolução CNS Resolução CNS nº 466 de 2012 e suas complementares.

Considerações sobre os Termos de apresentação obrigatória:

Vide campo "Conclusões ou Pendências e Lista de Inadequações"

Recomendações:

Vide campo "Conclusões ou Pendências e Lista de Inadequações"

Conclusões ou Pendências e Lista de Inadequações:

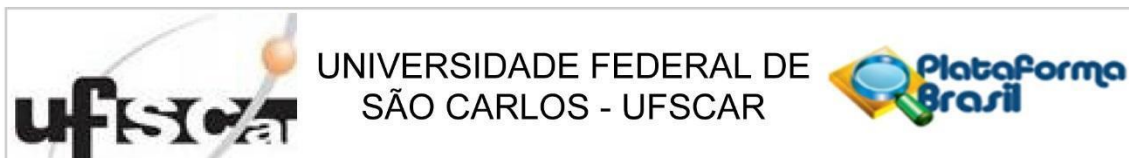
Agradecemos as providências e os cuidados tomados pelos pesquisadores ao apresentarem a 3ª versão do protocolo de pesquisa ao CEP da UFSCar. Trata-se de análise de resposta ao parecer pendente n. 5.999.230 emitido pelo CEP em 13/04/2023.

Seguem abaixo as pendências listadas no parecer anterior do CEP e seu status (atendida, não atendida, parcialmente atendida).

PENDÊNCIA 1- Falta identificar a Resolução que o termo seguirá (Resolução No. 466 ou Resolução No. 510), vide modelo no site do Comitê de Ética;

RESPOSTA: Nos itens Termo de Assentimento (TALE); e Termo de consentimento Livre e Esclarecido (TCLE) foi adicionado a adesão a Resolução CNS N° 466 de 2012.

Endereço: WASHINGTON LUIZ KM 235
 Bairro: JARDIM GUANABARA CEP: 13.565-905
 UF: SP Município: SAO CARLOS
 Telefone: (16)3351-9685 E-mail: cephumanos@ufscar.br



Continuação do Parecer: 6.014.145

ANÁLISE: Atendida

PENDENCIA 2: Falta inserir a paginação no termo, uma vez que possuem várias páginas, de acordo com o Consenso do Conep

RESPOSTA: Nos itens Termo de Assentimento (TALE); e Termo de consentimento Livre e Esclarecido (TCLE) foi adicionada a paginação no canto inferior direito da página.

ANÁLISE: Atendida

PENDÊNCIA 3: O pesquisador utilizou a terminologia "CÓPIA", a qual deve ser substituída por "VIA", conforme Resolução CNS N° 466 de 2012, item IV.5.d., ("Os dados e instrumentos utilizados na pesquisa serão destruídos após o término deste trabalho. Este termo de consentimento encontra-se impresso em duas vias, sendo que uma cópia será arquivada pelo pesquisador responsável, e a outra será fornecida a você"). Há a necessidade de adequação.

RESPOSTA: A terminologia "cópia" foi substituída por via nos Termos de Assentimento (TALE) e Termo de consentimento Livre e Esclarecido (TCLE). Todas as palavras vias foram trocadas por vias e estão destacadas no texto.

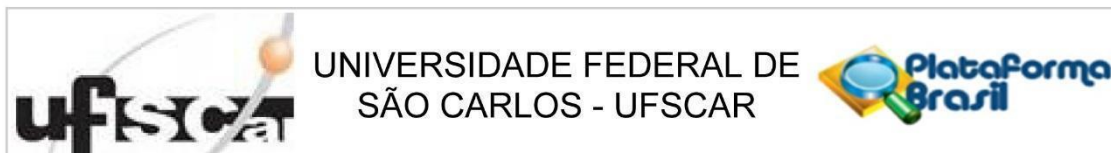
ANÁLISE: Atendida.

PENDÊNCIA 4: Solicita-se a adequação do cronograma, está diferente nos documentos do PB_INFORMAÇÕES_BÁSICAS_DO_PROJETO e do Projeto Detalhado, necessidade de adequar segundo Norma Operacional CNS nº 001 de 2013, item 3.3.f.

RESPOSTA: O cronograma do PB_INFORMAÇÕES_BÁSICAS_DO_PROJETO e dos demais itens foram todos atualizados para as mesmas datas e serão novamente encaminhados

ANÁLISE: Atendida

Endereço: WASHINGTON LUIZ KM 235
Bairro: JARDIM GUANABARA CEP: 13.565-905
UF: SP Município: SAO CARLOS
Telefone: (16)3351-9685 E-mail: cephumanos@ufscar.br



Continuação do Parecer: 6.014.145

Considerações Finais a critério do CEP:

Diante do exposto, o Comitê de ética em pesquisa - CEP, de acordo com as atribuições definidas na Resolução CNS nº 466 de 2012 e 510 de 2016, manifesta-se por considerar "Aprovado" o projeto. A responsabilidade do pesquisador é indelegável e indeclinável e compreende os aspectos éticos e legais, cabendo-lhe, após aprovação deste Comitê de Ética em Pesquisa: II - conduzir o processo de Consentimento e de Assentimento Livre e Esclarecido; III - apresentar dados solicitados pelo CEP ou pela CONEP a qualquer momento; IV - manter os dados da pesquisa em arquivo, físico ou digital, sob sua guarda e responsabilidade, por um período mínimo de 5 (cinco) anos após o término da pesquisa; V - apresentar no relatório final que o projeto foi desenvolvido conforme delineado, justificando, quando ocorridas, a sua mudança ou interrupção. Este relatório final deverá ser protocolado via notificação na Plataforma Brasil. OBSERVAÇÃO: Nos documentos encaminhados por Notificação NÃO DEVE constar alteração no conteúdo do projeto. Caso o projeto tenha sofrido alterações, o pesquisador deverá submeter uma "EMENDA".

Este parecer foi elaborado baseado nos documentos abaixo relacionados:

Tipo Documento	Arquivo	Postagem	Autor	Situação
Informações Básicas do Projeto	PB_INFORMAÇÕES_BÁSICAS_DO_PROJETO_2075100.pdf	13/04/2023 19:48:38		Aceito
Projeto Detalhado / Brochura Investigador	Projeto_CEP.pdf	13/04/2023 19:47:51	LUCAS VAIROLETTE EVANGELISTA	Aceito
Cronograma	Cronograma.pdf	13/04/2023 19:47:23	LUCAS VAIROLETTE	Aceito
TCLE / Termos de Assentimento / Justificativa de Ausência	TCLE.pdf	13/04/2023 19:47:10	LUCAS VAIROLETTE EVANGELISTA	Aceito
TCLE / Termos de Assentimento / Justificativa de Ausência	TALE.pdf	13/04/2023 19:46:58	LUCAS VAIROLETTE EVANGELISTA	Aceito
Outros	Carta_Resposta_Versao02.pdf	13/04/2023 19:46:41	LUCAS VAIROLETTE	Aceito
Parecer Anterior	Segundo_parecer.pdf	13/04/2023 19:45:26	LUCAS VAIROLETTE	Aceito
Declaração de Pesquisadores	Termo_compromisso_pesquisador_responsavel.PDF	28/03/2023 19:58:31	LUCAS VAIROLETTE	Aceito
Declaração de Pesquisadores	pesquisador_assistente_assinado.pdf	28/03/2023 19:23:35	LUCAS VAIROLETTE	Aceito

Endereço: WASHINGTON LUIZ KM 235

Bairro: JARDIM GUANABARA

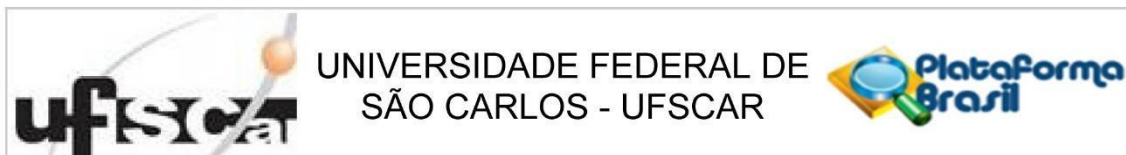
CEP: 13.565-905

UF: SP

Município: SAO CARLOS

Telefone: (16)3351-9685

E-mail: cephumanos@ufscar.br



Continuação do Parecer: 6.014.145

Declaração de Instituição e Infraestrutura	Anuencia_Instituicao.pdf	28/03/2023 19:23:19	LUCAS VAIROLETTE EVANGELISTA	Aceito
Folha de Rosto	Folhaderosto.pdf	16/01/2023 16:41:57	LUCAS VAIROLETTE	Aceito

Situação do Parecer:

Aprovado

Necessita Apreciação da CONEP:

Não

SAO CARLOS, 21 de Abril de 2023

Assinado por:
Sonia Regina Zerbetto
(Coordenador(a))

Endereço: WASHINGTON LUIZ KM 235
Bairro: JARDIM GUANABARA **CEP:** 13.565-905
UF: SP **Município:** SAO CARLOS
Telefone: (16)3351-9685 **E-mail:** cephumanos@ufscar.br

APÊNDICE 1

Os conteúdos trabalhados nesta sequência didática para a disciplina de química foram:

- Escala e sistema nanométrico;
- Análise, escrita e balanceamento de equações químicas;
- Reações de Precipitação, Oxirredução e coproporcionamento;
- Propriedades químicas dos materiais;
- Caracterização de Materiais.

Conteúdos trabalhados interdisciplinarmente:

- Propriedades físicas dos materiais;
- Efeitos de materiais nanotecnológicos no meio ambiente e saúde humana;
- Impacto de novas tecnologias na sociedade;
- Leitura e interpretação de textos;
- Uso de novas formas de linguagem além da escrita.

APÊNDICE 2

Modelo de Questionário Final Avaliativo aplicado.

Questão 1. Com base na leitura do texto "As Nanopartículas do Solo" explique com suas palavras porque é importante conhecer as nanopartículas que compõem o solo?

R: _____

Questão 2. De que forma as propriedades das nanopartículas de ferro sintetizadas podem ser caracterizadas?

R: _____

Questão 3. Com base nas reações da síntese de nanopartículas de ferro apresentadas durante o experimento, explique como ocorre a síntese destas. Utilize equações para justificar o que está acontecendo nesse processo.

R: _____

Questão 4. Um grupo de pesquisadores desenvolveu uma manta biodegradável e solúvel em água com base em nanopartículas e materiais orgânicos. "Quando depositada sobre o solo contaminado, atua sobre os derivados de petróleo, a partir do potente arsenal metabólico extraído de

fungos, enquanto a própria umidade do solo e do ar lentamente derrete a manta, liberando, gradativamente, as nanopartículas nela contidas, também capazes de neutralizar os efeitos nocivos da contaminação." (**O Norte de Minas**, 2022). Com base nos conhecimentos adquiridos, quais as vantagens e as desvantagens que podem advir do uso desta tecnologia?

R: _____

Questão 5. Com base na escolha de um dos painéis semânticos apresentados pelo seus colegas, explique como a nanotecnologia está relacionada com o tema escolhido pelo grupo. De que forma a nanotecnologia trabalhada pelo grupo interfere na sociedade e no meio ambiente?

R: _____

APÊNDICE 3

Modelo de Moodboard apresentado a classe sobre o tema Nanopartículas do Solo como exemplo para orientar os trabalhos.

Nanopartículas do Solo

Redução dos Custos

Aumento da Produtividade

Sustentabilidade

Diminuição da Erosão

Sequestro de Carbono

Nanopartículas são partículas de tamanhos que variam de 1 a 100 nanômetros. No solo, são estas partículas as responsáveis por conferir as propriedades e características deste, como cor, troca de calor e adsorção de nutrientes. O conhecimento sobre nanopartículas permite escolher o manejo apropriado para cada tipo de solo e assim extrair dele maior produtividade.



Matéria Orgânica	Retenção de água	Textura
pH	Área Superficial	Troca de Calor
Cor	Adsorção	Diversidade Microbiana



APÊNDICE 4

Termo de Esclarecimento Livre e Esclarecido elaborado para este trabalho.

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SÃO CARLOS
CENTRO DE CIÊNCIAS EXATAS E DE TECNOLOGIA
DEPARTAMENTO DE QUÍMICA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM QUÍMICA

TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO

TÍTULO DA PESQUISA: Nanotecnologia como Ferramenta de Ensino para Itinerário Formativo Transformação do Solo.

PESQUISADOR RESPONSÁVEL: Lucas Evangelista Vairolette.

CURSO DE VÍNCULO: Mestrado Profissional em Química/Ensino de Química.

TELEFONE: (11)99146-0276

E-MAIL: lucas.vaitolette@estudante.ufscar.edu.br

LOCAL ONDE SERÁ REALIZADA A PESQUISA: Escola Estadual Maria Antonieta Ferraz Bibliotecária.

Eu, Lucas Vairolette Evangelista, estudante do Programa de Pós-Graduação em Educação Especial da Universidade Federal de São Carlos – UFSCar o (a) convido a participar da pesquisa “O papel de uma equipe multiprofissional como serviço de apoio à educação inclusiva” orientada pela Profa. Dra. Clélia Mara de Paula Marques.

A qualquer momento, antes, durante e depois da pesquisa, você poderá solicitar esclarecimentos, recusar a participação ou desistir da autorização concedida para participar. Em todos esses casos, nem você ou o menor sob sua responsabilidade serão prejudicados, penalizados ou responsabilizados de nenhuma forma.

Em caso de dúvidas sobre a pesquisa, você poderá entrar em contato com o pesquisador responsável Lucas Vairolette Evangelista, nos telefones (11)99146-0276 (celular) e e-mail Lucas.vaitolette@estudante.ufscar.edu.br, ou entre em contato com o **Comitê de Ética em Pesquisa em Seres Humanos (CEP)** da UFSCar que está vinculado à Pró-Reitoria de Pesquisa da universidade, localizado no prédio da reitoria (área sul do campus São Carlos). Endereço: Rodovia Washington Luís km 235 - CEP: 13.565-905 - São Carlos-SP. Telefone: (16) 3351-9685. E-mail: cephumanos@ufscar.br. Horário de atendimento: das 08:30 às 11:30.

Para a realização deste trabalho, foi necessário solicitar a avaliação do Comitê de Ética em Pesquisa (CEP), de acordo com a Resolução CNS N° 466 de 2012, que é um órgão que protege o bem-estar dos participantes de pesquisas. O CEP é responsável pela avaliação e acompanhamento dos aspectos éticos de todas as pesquisas envolvendo seres humanos, visando garantir a dignidade, os direitos, a segurança e o bem-estar dos participantes de pesquisas. Todas as informações coletadas neste estudo serão confidenciais e sigilosas. O pesquisador e/ou equipe de pesquisa não terão conhecimento de sua identidade, pois esta não será solicitada no desenvolver das atividades. Os dados coletados serão utilizados apenas para esta pesquisa.

Os dados e instrumentos utilizados na pesquisa serão destruídos após o término deste trabalho. Este termo de consentimento encontra-se impresso em duas vias, sendo que uma via será arquivada pelo pesquisador responsável, e a outra será fornecida a você.

Após ser apresentado(a) e esclarecido(a) sobre as informações da pesquisa, no caso de aceitar que o menor sob sua responsabilidade faça parte como voluntário(a), você deverá assinar ao final deste documento elaborado em duas vias. Uma via ficará com você, para que possa consultá-la sempre que necessário.

INFORMAÇÕES IMPORTANTES QUE VOCÊ PRECISA SABER SOBRE A PESQUISA

✓ **Objetivos da pesquisa:**

A pesquisa tem como objetivo principal verificar a recepção dos estudantes sobre o tema Nanotecnologia e Nanociência em seu cotidiano.

✓ **População da pesquisa:**

Para alcançar esse objetivo, o trabalho envolverá a participação de uma turma de alunos menores de idade, da Escola Estadual Maria Antonieta Ferraz Bibliotecária.

✓ **Justificativa para realização da pesquisa:**

Com isso, espera-se que os resultados desse trabalho possam indicar meios para aprofundar o conhecimento dos estudantes sobre Nanociência e Nanotecnologia, podendo estes se posicionarem criticamente e com fundamentação teórica acerca deste tema.

✓ **Procedimentos aos quais será submetido(a):**

Para tanto, a pesquisa está organizada nas seguintes etapas em que o aluno participará:

- Uma avaliação diagnóstica, com um debate com a classe;
- Um experimento demonstrativo feito pelo professor em sala de aula;
- Uma atividade em grupo para entrega;
- Uma avaliação por escrito.

Algumas informações importantes sobre a participação do menor:

- as perguntas tratarão de temas relacionados ao tema Nanotecnologia e Nanociência;
- o local em que será aplicada a pesquisa será realizado na Escola Estadual Maria Antonieta Ferraz Bibliotecária.

✓ **Riscos em participar da pesquisa:**

Embora a pesquisa envolva apenas atividades a serem realizadas em sala de aula, serão adotadas medidas para evitar os possíveis riscos que, no caso em questão, estão associados com a possibilidade de quebra do sigilo de sua identidade ou com o extravio de dados que serão obtidos. Como precaução, serão adotadas as seguintes medidas para a proteção do sigilo dos dados coletados e da identidade dos participantes:

- Durante as atividades não serão feitas gravações de áudio, imagem ou vídeo dos alunos, bem como evitar constrangimento e intimidação;
- As atividades entregues não deverão conter o nome dos participantes, sendo nomeadas como "Aluno 1" ou "Grupo 1".

Durante a prática experimental, os alunos manterão uma distância de segurança do experimento que será executado pelo professor, de modo a evitar a inalação e o contato com produtos químicos. Neste experimento, não há risco de explosão ou uso de produtos inflamáveis ou aquecimento com fogo. As soluções já estarão pré-preparadas para uso imediato, garantindo a rapidez da reação e término da prática. Com relação ao debate da avaliação diagnóstica, a fim de evitar constrangimento e exposição dos alunos, estes poderão se pronunciar quando se sentirem à vontade para fazê-lo. O professor direcionará as perguntas à classe em geral, mantendo um ambiente descontraído e confortável para os estudantes responderem quando lhes convier. A ausência de gravação de vídeos, áudio e imagem também colaborarão para não trazer perturbações aos alunos.

✓ **Benefícios em participar da pesquisa:**

Os benefícios esperados com essa pesquisa são fornecer informações para a comunidade científica e escolar, provendo formas de capacitar professores para promoção de práticas educativas mais contextualizadas e voltadas a uma abordagem que explore as esferas de Ciência, Tecnologia, Sociedade e Meio Ambiente.

Para o aluno, este poderá adquirir ou aprofundar seu conhecimento com respeito ao tema Nanotecnologia e Nanociência e conhecer um pouco sobre o trabalho de pesquisa acadêmica, que poderia ser uma opção de carreira futura que o aluno pode vir a cogitar a seguir.

✓ **Voluntariedade de Participação:**

A participação do menor neste estudo é voluntária, portanto, é possível desistir a qualquer momento e solicitar que lhe devolvam este Termo de Consentimento Livre e Esclarecido assinado e, caso o trabalho não tenha sido publicado ou apresentado para a banca, os dados serão excluídos e inutilizados.

✓ **Privacidade e confidencialidade:**

Eu, pesquisador, comprometo-me a tratar todos os dados de forma anonimizada, com privacidade e confidencialidade.

É importante que você saiba, como foi dito acima, que os resultados serão apresentados para uma banca de defesa e, posteriormente, poderão ser encaminhados para a publicação em revistas acadêmicas especializadas. No texto do trabalho final não será possível lhe identificar.

✓ **Acesso aos resultados parciais ou finais da pesquisa:**

Após a consolidação e análise dos dados, você poderá solicitar uma cópia do trabalho final, da forma que melhor entender, no qual estarão descritos os resultados da pesquisa. Esses resultados também poderão ser enviados para publicação em revistas acadêmicas especializadas.

✓ **Custos envolvidos pela participação da pesquisa:**

As despesas necessárias para a realização da pesquisa não são de sua responsabilidade e você não receberá qualquer valor em dinheiro pela participação do menor.

✓ **Danos e Indenizações:**

Ao assinar o TCLE, você está concordando com a participação do menor ao qual é responsável, mas não renunciará ao seu direito de acionar o sistema Judiciário e buscar indenização, caso venha a sofrer algum dano comprovadamente relacionado com a participação dele nesta pesquisa.

De acordo com as diretrizes éticas em vigência, você deve ler esse documento, esclarecer suas dúvidas com o pesquisador e, somente então, decidir se concorda com a participação do menor nesta pesquisa. Após sua decisão, pedimos que assine a última página do documento (termo de consentimento livre e esclarecido - TCLE).

CONSENTIMENTO DO RESPONSÁVEL

Eu, declaro que fui devidamente informado(a) e esclarecido sobre o objetivo desta pesquisa, que li ou foram lidos para mim, sobre os procedimentos nela envolvidos, assim como os possíveis riscos e benefícios decorrentes de forma que autorizo a participação do menor sob minha responsabilidade. Entendo que sou livre para interromper a participação a qualquer momento sem justificar nossa decisão e sem qualquer prejuízo para mim e para o menor. Autorizo a divulgação dos dados obtidos neste estudo mantendo em sigilo nossa identidade. Informo que recebi uma via deste documento assinada por mim e pelo Pesquisador Responsável.

Nome do(a) Participante:

Assinatura:

Local e data:

DECLARAÇÃO DO PESQUISADOR

Declaro que obtive de forma apropriada e voluntária, o Consentimentos Livre e Esclarecido deste representante legal para a participação neste estudo. Declaro ainda que me comprometo a cumprir todos os termos aqui descritos.

Nome do(a) Pesquisador:

Assinatura:

Local e data:

APÊNDICE 5

Termo de Assentimento Livre e Esclarecido elaborado para este trabalho.

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SÃO CARLOS
CENTRO DE CIÊNCIAS EXATAS E DE TECNOLOGIA
DEPARTAMENTO DE QUÍMICA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM QUÍMICA

TERMO DE ASSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO PARA PAIS/RESPONSÁVEL TCLE PAIS/RESPONSÁVEL

TÍTULO DA PESQUISA: Nanotecnologia como Ferramenta de Ensino para Itinerário Formativo Transformação do Solo.

PESQUISADOR RESPONSÁVEL: Lucas Evangelista Vairolette.

CURSO DE VÍNCULO: Mestrado Profissional em Química/Ensino de Química.

TELEFONE: (11)99146-0276

E-MAIL: lucas.vaitolette@estudante.ufscar.edu.br

LOCAL ONDE SERÁ REALIZADA A PESQUISA: Escola Estadual Maria Antonieta Ferraz Bibliotecária.

O menor, sob sua responsabilidade, está sendo convidado(a) a participar, como voluntário(a), da pesquisa "Nanotecnologia como Ferramenta de Ensino para Itinerário Formativo Transformação do Solo". Antes de decidir se você permitirá a participação do menor nesta pesquisa, é importante que você entenda porquê esta pesquisa está sendo realizada, todos os procedimentos envolvidos, os possíveis benefícios, riscos e desconfortos que serão descritos e explicados abaixo.

A qualquer momento, antes, durante e depois da pesquisa, você poderá solicitar esclarecimentos, recusar a participação ou desistir da autorização concedida para participar. Em todos esses casos, nem você ou o menor sob sua responsabilidade serão prejudicados, penalizados ou responsabilizados de nenhuma forma.

Em caso de dúvidas sobre a pesquisa, você poderá entrar em contato com o pesquisador responsável Lucas Vairolette Evangelista, nos telefones (11)99146-0276 (celular) e e-mail Lucas.vaitolette@estudante.ufscar.edu.br, ou entre em contato com o Comitê de Ética em Pesquisa em Seres Humanos (CEP) da UFSCar que está vinculado à Pró-Reitoria de Pesquisa da universidade, localizado no prédio da reitoria (área sul do campus São Carlos). Endereço: Rodovia Washington Luís km 235 - CEP: 13.565-905 - São Carlos-SP. Telefone: (16) 3351-9685. E-mail: cephumanos@ufscar.br. Horário de atendimento: das 08:30 às 11:30.

Para a realização deste trabalho, foi necessário solicitar a avaliação do Comitê de Ética em Pesquisa (CEP), de acordo com Resolução CNS N° 466 de 2012, que é um órgão que protege o bem-estar dos participantes de pesquisas. O CEP é responsável pela avaliação e acompanhamento dos aspectos éticos de todas as pesquisas envolvendo seres humanos, visando garantir a dignidade, os direitos, a segurança e o bem-estar dos participantes de pesquisas. Todas as informações coletadas neste estudo serão confidenciais e sigilosas. O pesquisador e/ou equipe de pesquisa não terão conhecimento de sua identidade, pois esta não será solicitada no desenvolver das atividades. Os dados coletados serão utilizados apenas para esta pesquisa.

Os dados e instrumentos utilizados na pesquisa serão destruídos após o término deste trabalho. Este termo de consentimento encontra-se impresso em duas vias, sendo que uma via será arquivada pelo pesquisador responsável, e a outra será fornecida a você.

Após ser apresentado(a) e esclarecido(a) sobre as informações da pesquisa, no caso de aceitar que o menor sob sua responsabilidade faça parte como voluntário(a), você deverá assinar ao final deste documento elaborado em duas vias. Uma via ficará com você, para que possa consultá-la sempre que necessário.

INFORMAÇÕES IMPORTANTES QUE VOCÊ PRECISA SABER SOBRE A PESQUISA

✓ **Objetivos da pesquisa:**

A pesquisa tem como objetivo principal verificar a recepção dos estudantes sobre o tema Nanotecnologia e Nanociência em seu cotidiano.

✓ **População da pesquisa:**

Para alcançar esse objetivo, o trabalho envolverá a participação de uma turma de alunos menores de idade, da Escola Estadual Maria Antonieta Ferraz Bibliotecária.

✓ **Justificativa para realização da pesquisa:**

Com isso, espera-se que os resultados desse trabalho possam indicar meios para aprofundar o conhecimento dos estudantes sobre Nanociência e Nanotecnologia, podendo estes se posicionarem criticamente e com fundamentação teórica acerca deste tema.

✓ **Procedimentos aos quais o menor será submetido(a):**

Para tanto, a pesquisa está organizada nas seguintes etapas em que o aluno participará:

- Uma avaliação diagnóstica, com um debate com a classe;
- Um experimento demonstrativo feito pelo professor em sala de aula;
- Uma atividade em grupo para entrega;
- Uma avaliação por escrito.

Algumas informações importantes sobre a participação do menor:

- as perguntas tratarão de temas relacionados ao tema Nanotecnologia e Nanociência;
- o local em que será aplicada a pesquisa será realizado na Escola Estadual Maria Antonieta Ferraz Bibliotecária.

✓ **Riscos em participar da pesquisa:**

✓ **Benefícios em participar da pesquisa:**

Os benefícios esperados com essa pesquisa são fornecer informações para a comunidade científica e escolar, provendo formas de capacitar professores para promoção de práticas educativas mais contextualizadas e voltadas a uma abordagem que explore as esferas de Ciência, Tecnologia, Sociedade e Meio Ambiente. Para o aluno, será propiciado um aprendizado que aplica conteúdos tecnológicos multidisciplinares, estimulando, o aprendizado da Química tal como das demais ciências, esta proposta busca despertar a curiosidade e o interesse pelas ciências aplicadas, inclusive, isso conseguirá fazer com que o aluno seja mais reflexivo e atuante, o que é importante para que haja a formação crítica e integral do cidadão.

✓ **Voluntariedade de Participação:**

A participação do menor neste estudo é voluntária, portanto, é possível desistir a qualquer momento e solicitar que lhe devolvam este Termo de Consentimento Livre e Esclarecido assinado e, caso o trabalho não tenha sido publicado ou apresentado para a banca, os dados serão excluídos e inutilizados.

✓ **Privacidade e confidencialidade:**

Eu, pesquisador, comprometo-me a tratar todos os dados de forma anonimizada, com privacidade e confidencialidade.

É importante que você saiba, como foi dito acima, que os resultados serão apresentados para uma banca de defesa e, posteriormente, poderão ser encaminhados para a publicação em revistas acadêmicas especializadas. No texto do trabalho final não será possível lhe identificar.

✓ **Acesso aos resultados parciais ou finais da pesquisa:**

Após a consolidação e análise dos dados, você poderá solicitar uma cópia do trabalho final, da forma que melhor entender, no qual estarão descritos os resultados da pesquisa. Esses resultados também serão enviados para publicação em revistas acadêmicas especializadas.

✓ **Custos envolvidos pela participação da pesquisa:**

As despesas necessárias para a realização da pesquisa não são de sua responsabilidade e você não receberá qualquer valor em dinheiro pela participação do menor.

✓ **Danos e Indenizações:**

Ao assinar o TCLE, você está concordando com a participação do menor ao qual é responsável, mas não renunciará ao seu direito de acionar o sistema Judiciário e buscar indenização, caso venha a sofrer algum dano comprovadamente relacionado com a participação dele nesta pesquisa.

De acordo com as diretrizes éticas em vigência, você deve ler esse documento, esclarecer suas dúvidas com o pesquisador e, somente então, decidir se concorda com a participação do menor nesta pesquisa. Após sua decisão, pedimos que assine a última página do documento (termo de consentimento livre e esclarecido - TCLE).

CONSENTIMENTO DO RESPONSÁVEL

Eu, responsável pelo(a) participante, declaro que fui devidamente informado(a) e esclarecido sobre o objetivo desta pesquisa, que li ou foram lidos para mim, sobre os procedimentos nela envolvidos, assim como os possíveis riscos e benefícios decorrentes de forma que autorizo a participação do menor sob minha responsabilidade. Entendo que somos livres para interromper a participação a qualquer momento sem justificar nossa decisão e sem qualquer prejuízo para mim e para o menor. Autorizo a divulgação dos dados obtidos neste estudo mantendo em sigilo nossa identidade. Informo que recebi uma via deste documento assinada por mim e pelo Pesquisador Responsável.

Nome do(a) responsável:

Assinatura:

Local e data:

DECLARAÇÃO DO PESQUISADOR

Declaro que obtive de forma apropriada e voluntária, o Consentimentos Livre e Esclarecido deste representante legal para a participação neste estudo. Declaro ainda que me comprometo a cumprir todos os termos aqui descritos.

Nome do(a) Pesquisador:

Assinatura:

Local e data:

APÊNDICE 6

Algumas respostas do questionário fornecidas pelos alunos.

Modelo de Questionário Final Avaliativo aplicado.

Questão 1. Com base na leitura do texto "As Nanopartículas do Solo" explique com suas palavras porque é importante conhecer as nanopartículas que compõem o solo?

R: As nanopartículas funcionam como DNA do solo, determinando sua cor, capacidade de absorção de fósforo, entre outras características que tornam um solo único. É essencial conhecer as nanopartículas, quando se estuda o solo, pois pode alterar o manejo do mesmo. baseando em tal estudo.

Questão 2. De que forma as propriedades das nanopartículas de ferro sintetizadas podem ser caracterizadas?

R: Elas podem ser caracterizadas por tamanho, magnetização, forma e propriedades químicas, se da mesma natureza ou mesmo com certas tipos de moléculas.

Questão 3. Com base nas reações da síntese de nanopartículas de ferro apresentadas durante o experimento, explique como ocorre a síntese destas. Utilize equações para justificar o que está acontecendo nesse processo.

R: Podem-se sintetizar estas nanopartículas utilizando o ferro 2 e ferro 3, no ferro do solo se convertem para formar um óxido que é um sólido com a características de ser magnético.

partir do potente arsenal metabólico extraído de fungos, enquanto a própria umidade do solo e do ar lentamente derrete a manta, liberando, gradativamente, as nanopartículas nela contidas, também capazes de neutralizar os efeitos nocivos da contaminação." (O Norte de Minas, 2022). Com base nos conhecimentos adquiridos, quais as vantagens e as desvantagens que podem advir do uso desta tecnologia?

R: Uma vantagem que pode ser retirada desta tecnologia é a que a manta pode ser neutralizada em efeitos nocivos da contaminação, além de ser um passo para a Ciência Ambiental, não acaba por uma longa série o uso de produtos partir do potente arsenal metabólico extraído por fungos.

Questão 5. Com base na escolha de um dos painéis semânticos apresentados pelo seus colegas, explique como a nanotecnologia está relacionada com o tema escolhido pelo grupo. De que forma a nanotecnologia trabalhada pelo grupo interfere na sociedade e no meio ambiente?

R: Nanotecnologia trabalhada pelo grupo ajuda na economia do nosso planeta, na reciclagem e ajuda na formação de produtos de empacamento das nanopartículas de solo utilizando o magnetismo, assim determinando a aptidão dos solos.

Modelo de Questionário Final Avaliativo aplicado.

Questão 1. Com base na leitura do texto "As Nanopartículas do Solo" explique com suas palavras porque é importante conhecer as nanopartículas que compõem o solo?

R: Com base na leitura do texto, as nanopartículas possuem importância vital inclusive na história de formação da terra. É importante conhecer as nanopartículas por influenciar nos ritmos dos seres vivos e na dinâmica dos ecossistemas.

Questão 2. De que forma as propriedades das nanopartículas de ferro sintetizadas podem ser caracterizadas?

R: Segundo Dr. Caigo Silva, de uma forma geral, as nanopartículas são aquelas que as nanopartículas não mudam e com isso elas são um ótimo parâmetro para determinar a aptidão orgânica.

Questão 1. Com base na leitura do texto "As Nanopartículas do Solo" explique com suas palavras porque é importante conhecer as nanopartículas que compõem o solo?

R: Na visão agrícola é importante saber para melhorar o cultivo e a qualidade da colheita. Na visão tecnológica e científica é importante para os estudos sobre nanotecnologia.

Questão 2. De que forma as propriedades das nanopartículas de ferro sintetizadas podem ser caracterizadas?

R: Não consegui responder

Questão 3. Com base nas reações da síntese de nanopartículas de ferro apresentadas durante o experimento, explique como ocorre a síntese destas. Utilize equações para justificar o que está acontecendo nesse processo.

R: Não consegui responder

ANEXO 3

Modelo de Questionário Final Avaliativo aplicado.

Questão 1. Com base na leitura do texto "As Nanopartículas do Solo" explique com suas palavras porque é importante conhecer as nanopartículas que compõem o solo?

R: É importante pois permite um melhor manejo e reconhecimento do solo, consequentemente, obtendo plantas em maior quantidade e melhores qualidades. Conseguindo alcançar uma maior lucratividade

Questão 2. De que forma as propriedades das nanopartículas de ferro sintetizadas podem ser caracterizadas?

R: Normalmente possuem baixa toxicidade, são biocompatíveis, baixa custo e alta eficiência de remoção para íons metálicos

Questão 3. Com base nas reações da síntese de nanopartículas de ferro apresentadas durante o experimento, explique como ocorre a síntese destas. Utilize equações para justificar o que está acontecendo nesse processo.

R: Não sei responder esta pergunta