

 INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLÓGICA DA
PARAÍBA - IFPB CAMPUS SOUSA
DIRETORIA DE DESENVOLVIMENTO DE ENSINO
COORDENAÇÃO DO CURSO SUPERIOR DE LICENCIATURA EM
QUÍMICA

RUAN QUEIROGA PEREIRA

**PROPOSTA INTERDISCIPLINAR PARA O ENSINO DE QUÍMICA:
AVALIAÇÃO DA ATIVIDADE ANTIMICROBIANA DE NANOPARTÍCULAS DE
PRATA SINTETIZADAS EM LABORATÓRIO DE ENSINO DE CIÊNCIAS**

**SOUSA – PB
2024**

RUAN QUEIROGA PEREIRA

**PROPOSTA INTERDISCIPLINAR PARA O ENSINO DE QUÍMICA:
AVALIAÇÃO DA ATIVIDADE ANTIMICROBIANA DE NANOPARTÍCULAS DE
PRATA SINTETIZADAS EM LABORATÓRIO DE ENSINO DE CIÊNCIAS**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Curso de Licenciatura em Química, do Instituto Federal da Paraíba – Campus Sousa, em cumprimento às exigências para a obtenção do título de Licenciado.

ORIENTADORA: Prof.^a Dra GLAUCIENE PAULA DE SOUZA MARCONE

**SOUSA – PB
2024**

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)

Pereira, Ruan Queiroga.

P436p Proposta interdisciplinar para o ensino de química:
avaliação da atividade antimicrobiana de nanopartículas de
prata sintetizadas em laboratório de ensino de ciências /
Rafael dos Santos Martins, 2024.

54 p.: il.

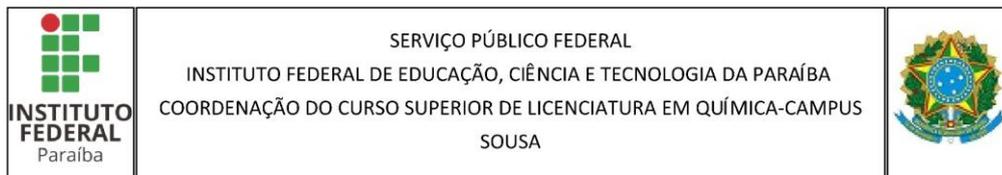
Orientadora: Profa. Dra. Glauciene Paula de Souza Marcone.
TCC (Licenciatura em Química) – IFPB, 2024.

1. Nanociência. 2. Nanotecnologia. 4. Ensino de química. 5.
Síntese de nanop prata. I. Título. II. Marcone, Glauciene Paula de
Souza.

IFPB Sousa / BS

CDU 54:37

Milena Beatriz Lira Dias da Silva – Bibliotecária – CRB 15/964



ATA 20/2024 - CCSLQ/DES/DDE/DG/SS/REITORIA/IFPB

CERTIFICADO DE APROVAÇÃO

Título: PROPOSTA INTERDISCIPLINAR PARA O ENSINO DE QUÍMICA: SÍNTESE DE NANOPARTÍCULAS DE PRATA

Autor(a): Ruan Queiroga Pereira

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia da Paraíba, Campus Sousa, como parte das exigências para a obtenção do título de Licenciado(a) em Química.

Aprovado pela Comissão Examinadora em: 21/02/2024.

Profa. Dra. Glauciene Paula de Souza Marcone

IFPB – Campus Sousa / Professor(a) Orientador(a)

Prof. Dra. Emmanuela Ferreira de Lima

IFPB – Campus Sousa / Examinador(a) 1

Prof. Dra. Gicelia Moreira

IFPB – Campus Sousa / Examinador(a) 2

Documento assinado eletronicamente por:

- Glauciene Paula de Souza Marcone, PROFESSOR ENS BASICO TECN TECNOLOGICO, em 21/02/2024 18:52:29.
- Gicelia Moreira, PROF ENS BAS TEC TECNOLOGICO-SUBSTITUTO, em 21/02/2024 19:34:12.
- Emmanuela Ferreira de Lima, PROFESSOR ENS BASICO TECN TECNOLOGICO, em 23/02/2024 16:09:20.

Este documento foi emitido pelo SUAP em 21/02/2024. Para comprovar sua autenticidade, faça a leitura do QRCode ao lado ou acesse <https://suap.ifpb.edu.br/autenticar-documento/> e forneça os dados abaixo:

Código 535792
Verificador: a4baa144f3
Código de Autenticação:



Aos meus pais, que sempre foram a fonte inesgotável de amor, apoio e inspiração ao longo desta jornada acadêmica. À minha família e amigos, que compartilharam comigo as alegrias e desafios deste caminho. À minha orientadora, pela orientação dedicada e sabedoria compartilhada. Este trabalho é fruto do esforço coletivo de todos que estiveram ao meu lado, e é com gratidão que o dedico a cada um de vocês.

AGRADECIMENTOS

A realização deste trabalho não seria possível sem o apoio incondicional de pessoas incríveis que estiveram ao meu lado nesta jornada. À minha cunhada, Luciana Abrantes Nobre, ao meu irmão, Palmério Pereira de Queiroga Jr e minhas irmãs Poliana Pereira de Queiroga e Talita Pereira de Queiroga, agradeço pela paciência, compreensão e pelo suporte constante, que foram fundamentais para meu equilíbrio emocional (risos).

Aos meus pais, Palmério Pereira de Queiroga e Maria Alcione de Queiroga, expresso minha gratidão eterna. Seu amor, incentivo e sacrifícios moldaram não apenas este trabalho, mas toda a minha trajetória de vida.

À minha dedicada orientadora, Glauciene Marcone Paula de Souza Marcone, agradeço por sua orientação perspicaz, paciência e inspiração. Suas contribuições foram cruciais para o desenvolvimento não só deste trabalho como também da minha visão sobre o mundo científico e a pesquisa.

Não posso deixar de mencionar a importância dos técnicos de laboratório, Damião Gomes Júnior e Samuel Guedes Bitu. Sua expertise e colaboração foram fundamentais para o sucesso dos experimentos realizados.

Agradeço a CAPES e a CNPq pelo suporte e apoio durante toda a minha formação. Agradeço ao IFPB e a todos os profissionais que a compõem, todos possuem um grau de excelência único, a instituição, o curso e os alunos não seriam os mesmo sem todos vocês.

A todos vocês, meu mais profundo agradecimento. Este trabalho é o resultado de uma equipe extraordinária que me rodeia, e cada um de vocês tem um lugar especial na minha vida.

O que você quer fazer, o que você tem que fazer e o que você pode fazer, às vezes não estão alinhadas, não coincidem...

Autor desconhecido

RESUMO

Este trabalho aborda a importância da interdisciplinaridade na educação e de que maneira a Nanociência e Nanotecnologia (N&N) podem ser utilizadas para esse fim. É destacada a importância da interdisciplinaridade na resolução de problemas que exigem o conhecimento de diversas áreas e na formação de profissionais mais qualificados. O objetivo do presente trabalho foi propor uma Sequência Didática (SD) visando despertar no público alvo, estudantes do ensino médio, a interdisciplinaridade e a importância de conhecer a aplicabilidade de nanomateriais na sociedade. Neste sentido, foi proposta a síntese de nanopartícula de prata (AgNP) em salas de aula de ensino médio e posteriormente, a avaliação da atividade antimicrobiana das amostras sintetizadas. A metodologia do trabalho englobou duas etapas, a primeira experimental, na qual foi realizada a síntese, caracterização e observação da atividade antimicrobiana de nanopartículas de prata e a segunda, que incluiu uma revisão da literatura para a proposição de uma Sequência Didática. A SD proposta foi distribuída em cinco aulas que incluíram um questionário para avaliar o conhecimento prévio dos alunos sobre nanotecnologia e meio ambiente, bem como uma exposição teórica sobre os temas abordados no questionário, com posterior instrução sobre segurança e uso dos equipamentos, sobre reagentes no laboratório, sobre a síntese da nanopartícula de prata e sobre avaliação da sua atividade bactericida. Por fim, foi proposta uma abordagem sobre a ação da nanopartícula de prata sobre as bactérias e formas de uso desse nanomaterial, seguida de uma discussão acerca da poluição causada pelos nanomateriais e seus impactos ambientais. Desta forma, a SD proposta pode ser uma ferramenta útil para auxiliar o ensino de nanotecnologia em salas de aula do ensino médio, uma vez que a sua abordagem interdisciplinar e contextualizada podem contribuir para o desenvolvimento de habilidades dos alunos, como também para a compreensão da importância da integração de diferentes áreas do conhecimento para contextualizar e tratar de diversos temas e questões do mundo contemporâneo.

Palavras-chave: ensino de química; interdisciplinaridade; experimentação; síntese de nanopartícula de prata.

ABSTRACT

This work addresses the importance of interdisciplinarity in education and how Nanoscience and Nanotechnology (N&N) can be used for this purpose. The importance of interdisciplinarity in solving problems that require knowledge from different areas and in training more qualified professionals is highlighted. The objective of this work is to propose a Didactic Sequence (SD) aiming to awaken the target audience, high school students, to interdisciplinarity and the importance of knowing the applicability of nanomaterials in society. In this sense, the synthesis of nanosilver (AgNP) was proposed in high school classrooms and subsequently, the evaluation of the antimicrobial activity of the synthesized samples. The work methodology encompassed two stages, the first experimental, in which the synthesis, characterization and observation of the antimicrobial activity of silver nanoparticles was carried out and the second, which included a literature review to propose a Didactic Sequence. The proposed DS was distributed in five classes that included a questionnaire to assess students' prior knowledge about nanotechnology and the environment, as well as a theoretical exposition on the topics covered in the questionnaire, with subsequent instruction on safety and use of equipment, on reagents in the laboratory, on the synthesis of nanosilver and on the evaluation of its bactericidal activity. Finally, an approach to the action of nanosilver on bacteria and ways of using this nanomaterial was proposed, followed by a discussion about the pollution caused by nanomaterials and their environmental impacts. In this way, the proposed DS can be a useful tool to assist the teaching of nanotechnology in high school classrooms, since its interdisciplinary and contextualized approach can contribute to the development of students' skills, as well as to the understanding of importance of integrating different areas of knowledge to contextualize and address different themes and issues in the contemporary world.

Keywords: chemistry teaching; interdisciplinarity; experimentation; nanosilver synthesis.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Escala comparativa de exemplares nas escalas nanométrica, micrométrica e milimétrica.....	22
Figura 2 - Nanopartículas de prata de forma cúbica, cuboctaedro e octaédrica (A-C).	23
Figura 3 - Proposta de mecanismo de ação da nanop prata em bactérias. 1) Adesão à membrana bacteriana; 2) Penetração da nanop prata e distúrbio molecular intercelular; 3) Produção de ROS; 4) Interação entre nanop prata e o DNA da bactéria.	24
Figura 4 - Espectrofotômetro utilizado para a caracterização das amostras.....	31
Figura 5 - Canal irrigado de São Gonçalo em frente ao IFPB – Campus São Gonçalo, cuja localização segue as coordenadas 6°50'23.0"S 38°17'40.6"W.	33
Figura 6 - Amostras de nanop prata sintetizadas: 1) AgNP_CMC ; 2) AgNP_PVA.....	36
Figura 7 - Espectro UV-VIS das amostras AgNP_CMC e AgNP_PVA.	37
Figura 8 - Análise das amostras em espectrofotômetro UV-VIS 2 meses após síntese das amostras AgNP_CMC e AgNP_PVA.	38
Figura 9 - Água coletada do canal irrigado de São Gonçalo para análise de coliformes totais (1); Exame de coliformes totais pelo método dos tubos múltiplos, teste confirmativo (2).	39
Figura 10 - Teste de atividade bactericida com AgNP_PVA, teste presuntivo. 1 – Primeiro dia; 2 – Após 48h do início do teste. (A) amostras tratadas com a solução AgNP_PVA; (B) amostras controle não tratadas com nanop prata.....	40

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Composição e mecanismo de ação da nanop prata em relação a determinados vírus.....	26
Tabela 2 - Composição e mecanismo de ação da nanop prata em relação a determinadas bactérias.....	27
Tabela 3 - Concentração molar e concentração comum das amostras sintetizadas.	36
Tabela 4 - Artigos selecionados do repositório SBQ e ACS. *Os artigos foram ordenados em ordem crescente de ano de publicação.	41

LISTA DE ABREVIATURA E SIGLAS

ACS	<i>American Chemical Society</i>
Ag ⁺	Íons de prata
Ag	Prata
AgNO ₃	Nitrato de prata
AgNP	Nanopartícula(s) de prata ou nanoprata
NaBH ₄	Borohidreto de sódio
CMC	Carboximetilcelulose
DNA	Ácido desoxirribonucleico
H ₂ O ₂	Peróxido de hidrogênio
HOCl	Ácido hipocloroso
MEV	Microscopia eletrônica de varredura
MET	Microscopia eletrônica de transmissão
N&N	Nanociência e nanotecnologia
NM	Nanomaterial
nm	Nanometros (unidade de medida)
NMP/mL	Número mais provável por mililitro
NPs	Nanopartículas
PVA	Álcool polivinílico
ROS	Espécies reativas de oxigênio
SBQ	Sociedade Brasileira de Química
SD	Sequência didática
TFF	Filtração por fluxo tangencial
UV	Ultravioleta
UV-VIS	Ultravioleta visível

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	15
2 OBJETIVOS	17
2.1. Objetivo geral.....	17
2.2. Objetivos específicos	17
3 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA	18
3.1 Interdisciplinaridade e o estudo do mundo ‘nano’ em sala de aula	18
3.2 Nanociência e nanotecnologia	20
3.3 Síntese e caracterização de nanopartículas de prata (nanoprata ou AgNP)	21
3.4 Capacidade bactericida de nanopartículas de prata (nanoprata ou AgNP)	24
3.5 Capacidade bactericida de nanoprata frente a microrganismos patogênicos	26
4 METODOLOGIA	30
4.1 Síntese de nanopartículas de prata (nanoprata ou AgNP)	30
4.2 Caracterização das amostras de nanopartículas de prata (nanoprata ou AgNP)	31
4.3. Atividade antimicrobiana das amostras de nanopartículas de prata (nanoprata ou AgNP)	32
4.3.1. Coleta e caracterização microbiológica da amostra de água natural	32
4.3.2. Avaliação da atividade bactericida das nanopartículas de prata (nanoprata ou AgNP)	34
4.4 Sequência didática	34
5 RESULTADOS E DISCUSSÃO	36
5.1 Síntese e caracterização de nanopartículas de prata (nanoprata ou AgNP)	36
5.2 Caracterização microbiológica da amostra de água natural utilizada nos testes microbiológicos.....	38
5.3 Avaliação da atividade bactericida das nanopartículas de prata (nanoprata ou AgNP)	39
5.4 Sequência didática	41

5.4.1 Proposta sequência didática	44
6 CONCLUSÃO	47
REFERÊNCIAS	48
ANEXO	54
APENDICE	55

1 INTRODUÇÃO

O surgimento da interdisciplinaridade remonta ao final do século XIX e início do século XX, quando começaram a questionar a fragmentação e a especialização do conhecimento em disciplinas estanques (Thiesen, 2008). O desenvolvimento da ciência moderna trouxe avanços significativos em várias áreas, mas também levou a uma especialização cada vez maior, com disciplinas acadêmicas isoladas umas das outras.

Em resposta a fragmentação das áreas de conhecimento e da necessidade de resolver problemas mais complexos que englobavam vários campos, foi que surgiu a interdisciplinaridade como meio de contornar o problema. Segundo Fazenda (1995), o surgimento significativo do movimento interdisciplinar na Europa ocorreu na década de 1960. Nesse período, houve uma demanda por um novo estatuto para universidades e escolas, buscando romper com a educação fragmentada, que estava completamente desconectada das questões do cotidiano.

Partindo do princípio que a interdisciplinaridade objetiva conectar diversas áreas do conhecimento, uma alternativa que seja possível ocorrer essa integração seria a realização de experimentos, uma vez que a prática experimental pode contribuir para o desenvolvimento de habilidades como reflexão, pensamento crítico, questionamento e argumentação por parte dos alunos (SILVA, 2016).

Um tema pouco abordado nas salas de aula no Brasil é a nanotecnologia, nanociência e os nanomateriais que por sua vez constituem assunto de grande abrangência e sua importância, assim destaca Júnior, et al (2020), permitindo o uso da experimentação tanto de cunho demonstrativo como investigativo.

Encontra-se disposto de forma expressa tanto na Base Nacional Comum Curricular - BNCC (2018, p. 323) quanto nas Diretrizes Curriculares Nacionais para os Cursos de Química (2001, p. 07) que a realização de experimentos deve ser utilizada como forma de recurso didático, devendo ser tratado não apenas como mero instrumento expositivo e sim como meio investigativo, interpretativo e que promova a argumentação e o desenvolvimento do pensamento crítico.

É bem estabelecido na literatura que o uso de aulas de cunho prático (experimental) instigam uma maior participação e aprendizagem dos envolvidos, bem como o desenvolvimento de habilidades sociais, proporcionam uma aprendizagem

mais significativa, principalmente, quando contextualizados permitindo-se aos alunos uma melhor familiarização com os processos científicos (LEITE, 2018).

Uma possível forma de contextualizar uma aula experimental seria abordar tema este que é pouco explorado nas escolas a nível nacional, segundo Júnior et al. (2020). Entretanto, é possível realizar experimentos de cunho investigativo e interdisciplinar, abordando temas qualitativos, quantitativos e ambientais.

O uso de experimentos em aulas é algo que desperta a curiosidade dos alunos e quando usado de forma investigativa, alimenta o raciocínio e a capacidade de argumentação crítica do mesmo, aliando-se ao tema Nanociência e Nanotecnologia (N&N), que está em crescente desenvolvimento em todo o mundo, sendo assim, seria oportuno o uso de experimentos que trabalhem o tema N&N.

Assim, resta a indagação: É possível a utilização da síntese de nanopartículas de prata como alternativa interdisciplinar para ministrar conteúdos de química e outras disciplinas em salas de aula?

O presente estudo buscou elucidar de maneira prática esta indagação, assim como propôs uma sequência didática para a explanação do tema em sala de aula, tendo como base a experimentação no ensino de química e a interdisciplinaridade.

2 OBJETIVOS

2.1. Objetivo geral

Propor uma Sequência Didática com atividade prática, interdisciplinar e contextualizada para ser trabalhada no ensino de química para alunos do ensino médio.

2.2. Objetivos específicos

- Abordar a interdisciplinaridade no ensino de química por meio de conceitos da nanociência e aplicações da nanotecnologia para auxiliar no ensino/aprendizagem;
- Sintetizar e caracterizar amostras de nanoprata;
- Demonstrar a capacidade bactericida da nanoprata usando amostras de água contaminada;
- Propor uma Sequência Didática envolvendo a interdisciplinaridade no ensino de química, conforme a síntese, caracterização e a aplicação de nanopartículas de prata como agente bactericida.

3 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

3.1 Interdisciplinaridade e o estudo do mundo ‘nano’ em sala de aula

A interdisciplinaridade é uma abordagem que busca integrar conhecimentos e métodos de diferentes disciplinas para abordar problemas complexos e compreender fenômenos de forma mais abrangente, sendo um estudo que ganhou relevância quando se percebeu que a divisão das disciplinas estava gerando pessoas rígidas, que possuem dificuldade de associar conteúdo diversos (THEISEN, 2008).

Na década de 1960, o movimento interdisciplinar emergiu de maneira significativa na Europa. Nesse período, a fim de romper com o paradigma da educação fragmentada que estava completamente desconectada das questões cotidianas, o movimento interdisciplinar buscava estabelecer uma abordagem integrada do conhecimento, permitindo a conexão entre diversas disciplinas e promovendo uma compreensão mais contextualizada do mundo (BICALHO; OLIVEIRA, 2011). Nesse sentido Theisen (2008, p. 546) fala que:

Sobretudo pela influência dos trabalhos de grandes pensadores modernos como Galileu, Bacon, Descartes, Newton, Darwin e outros, as ciências foram sendo divididas e, por isso, especializando-se. Organizadas, de modo geral, sob a influência das correntes de pensamento naturalista e mecanicista, buscavam, já a partir da Renascença, construir uma concepção mais científica de mundo. A interdisciplinaridade, como um movimento contemporâneo que emerge na perspectiva da dialogicidade e da integração das ciências e do conhecimento, vem buscando romper com o caráter de hiperespecialização e com a fragmentação dos saberes.

A partir desses movimentos, a interdisciplinaridade ganhou ainda mais destaque. Movimentos como os estudos culturais, os estudos ambientais e a ciência da complexidade passaram a adotar abordagens interdisciplinares para lidar com questões que não podiam ser compreendidas apenas através de uma única disciplina (THEISEN, 2008).

Hoje, a interdisciplinaridade é amplamente reconhecida como uma abordagem valiosa para a pesquisa e a solução de problemas complexos. Ela promove a colaboração entre especialistas de diferentes áreas, permitindo a troca de conhecimentos, métodos e perspectivas.

A interdisciplinaridade também enfrenta desafios, como a falta de tempo e recursos para a colaboração entre especialistas em diferentes áreas, bem como a resistência ao rompimento das fronteiras disciplinares estabelecidas (BICALHO; OLIVEIRA, 2011). Superar esses desafios é essencial para que a interdisciplinaridade continue a desempenhar um papel importante na busca de soluções para os problemas complexos que enfrentamos atualmente.

De acordo com Thiesen (2008), a concepção positivista provocou o alargamento das fronteiras entre as disciplinas e, como consequência, a fragmentação e tendência à especialização, divulgando uma concepção positiva de mundo, de natureza e de sociedade. Nesse sentido, a interdisciplinaridade emerge como um movimento contemporâneo na perspectiva do diálogo e da integração das ciências e do conhecimento, visando romper com a fragmentação dos saberes e a hiperespecialização, algo que cresce com o positivismo desde sua fase comtiana, nome que recebeu no início em homenagem ao seu criador, Auguste Comte.

Seguindo esta linha de raciocínio, Morin (2004) em sua obra "*A cabeça bem-feita: repensar a reforma, reformar o pensamento*", coloca a hiperespecialização como um dos desafios para a reforma do pensamento proposta por ele. Segundo Morin, a hiperespecialização com seus recortes cada vez menores acaba conduzindo a uma perda de contextualização, o que impede que se tenha uma visão global do objeto investigado, não aproveitando, portanto, aspectos essenciais deste. Além disso, na obra "*Os sete saberes necessários à educação do futuro*", Morin (2000) pontua que a hiperespecialização acaba se tornando inadequada em realidades cada vez mais globais e multidimensionais. Nas palavras do autor:

A esse problema universal confronta-se a educação do futuro, pois existe inadequação cada vez mais ampla, profunda e grave entre, de um lado, os saberes desunidos, divididos, compartimentados e, do de outro, as realidades ou problemas cada vez mais multidisciplinares, transversais, multidimensionais, transnacionais, globais e planetários. (MORIN, 2000, p. 36).

Nesta direção, Mousinho (2018) em seu artigo "*A interdisciplinaridade ao alcance de todos*", acentua a importância de desenvolver temas ou tratar de questões que permitam uma contextualização para que o aluno possa conferir significados ao conteúdo, e não ser induzido a tratá-lo por meio de dados abstratos. Para compreender as questões do mundo contemporâneo é imprescindível incorporar e

articular diferentes áreas de conhecimento. Nas palavras de Mousinho (2018, p. 2): “A interdisciplinaridade acontece da necessidade sentida pelos professores e alunos de explicar, compreender, intervir, mudar, prever algo que desafia uma disciplina isolada e atrai a atenção de mais de um olhar, talvez vários”.

Desta forma, no sentido colocado por Mousinho, pode-se entender que foco da interdisciplinaridade é romper com o modelo tradicional de educação, no qual os alunos não conseguem utilizar o conteúdo na prática, o que acaba tornando a escola em um espaço de reprodução, onde os alunos recebem informações vazias de contextualização, decoram e as perdem na ausência da aplicabilidade na vida real. A interdisciplinaridade amplia os horizontes do aluno por permitir conexões entre as ciências, dando sentido ao conteúdo.

Por outro lado, existe também o problema relacionado com o engessamento das disciplinas, o conteúdo programático é muitas vezes algo estático e, em decorrência disso, temas atuais de relevância e impacto social acabam ficando barrados além dos muros e grades das escolas. É o que vem ocorrendo com o tema “nano”, que abrange tanto as nanotecnologias, nanomateriais e nanociência, mas que no Brasil encontra dificuldades de se desenvolver nas salas de aula (JÚNIOR, et al, 2020).

3.2 Nanociência e nanotecnologia

O tema nanotecnologia e nanociência (N&N), que envolve o estudo de nanomateriais e a sua aplicação em diversas áreas da economia, vem ganhando cada vez mais espaço no cotidiano e isso também se reflete em publicações. Por exemplo, ao realizar uma busca com o termo “nano” no banco de dados da *Royal Society of Chemistry* se encontra mais de 80 mil artigos publicados, já no banco de dados do *American Chemical Society* (ACS) a quantidade de publicações supera a casa dos 150 mil, com publicações entre 1867 e 2023, em contrapartida ao se buscar no banco de dados da Sociedade Brasileira de Química (SBQ), o termo “nano” só nos mostra cerca de 600 publicações, o que revela a disparidade na qual o Brasil se encontra em relação às pesquisas nessa área.

A definição de nanotecnologia e nanociência é bem simples, trata-se do controle dos meios produtivos e do estudo, respectivamente, de materiais que possuem dimensão entre 1 a 100 nm (nanômetro) e que em decorrência de seu tamanho, as suas propriedades podem variar quando se comparando com o mesmo

material de tamanho macro (MARCONE, 2011). É possível e necessário o estudo do tema, que pode ser abordado utilizando-se como ponto de partida a experimentação, levando em consideração, por exemplo, a síntese de nanopartículas de prata, procedimento que pode ser realizado de forma simples e até sustentável, ao empregar uma rota sintética verde, nos laboratórios. Graeff (2012, p. 07) ilustra bem a necessidade de se abordar o tema quando diz:

Nas últimas décadas, há uma clara tendência de crescimento das áreas multidisciplinares, interdisciplinares e transdisciplinares- entre elas, a nanotecnologia merece destaque. Ramo das ciências aplicadas focado no design, síntese, caracterização e aplicação de matérias e dispositivos na escala nanométrica, representa, por sua essência, uma oportunidade real de o Brasil se tornar competitivo em vários mercados.

O uso dos nanomateriais é abrangente, indo do industrial até a área de saúde e alimentação (Júnior, et al, 2020), a nanop prata se apresenta com maior influência na área da saúde pois possui uma ótima capacidade bactericida (Marcone, 2011), assim, levar essa síntese para ser estudada em salas de aula apresentaria uma oportunidade para tratar dos mais diversos temas, assuntos de grande relevância social e de caráter atual, levando em consideração que “a inserção escolar [...] precisa proporcionar também um protagonismo, afinal o Ensino da N&N está na vanguarda da pesquisa moderna. Todos precisam não apenas entender as peculiaridades envolvidas nesta área, mas também, conhecer seu papel como agente de transformação” (JÚNIOR, et al, 2020, p. 6).

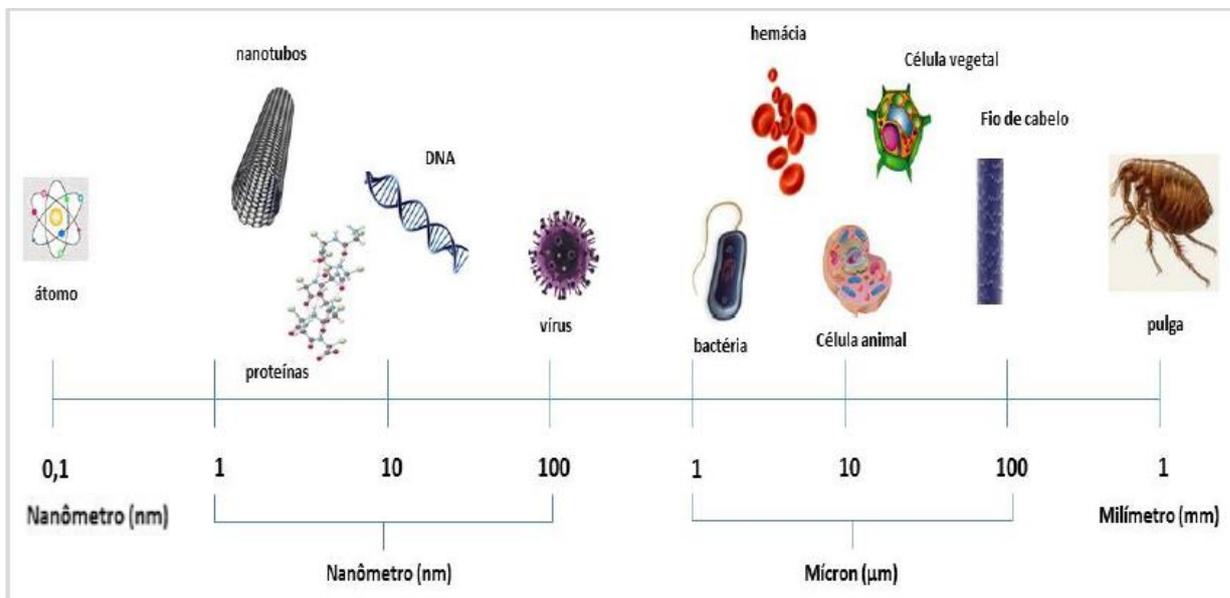
3.3 Síntese e caracterização de nanopartículas de prata (nanoprata ou agnp)

O prefixo ‘nano’, refere-se a uma escala nanométrica (nm), um tamanho variável entre 1 e 100 nanômetros, sendo 1 nanômetro o equivalente à bilionésima parte de 1 metro. A **Figura 1** indica alguns exemplares em escalas maiores e menores que a escala nanométrica. Por exemplo, observa-se que um fio de cabelo humano possui uma espessura de aproximadamente 100 mil nanômetros, e que uma bactéria é mais de 100 vezes maior que 1 nanômetro e um único átomo possui o tamanho equivalente a 0,1 nanômetro (SALOMONI, 2016).

Nessa escala de tamanho, as nanopartículas apresentam uma grande área superficial e geralmente características físicas, químicas ou biológicas diferentes

(Almeida, et al., 2015), sendo essa variação de suas propriedades que os tornam atrativos.

Figura 1 - Escala comparativa de exemplares nas escalas nanométrica, micrométrica e milimétrica.



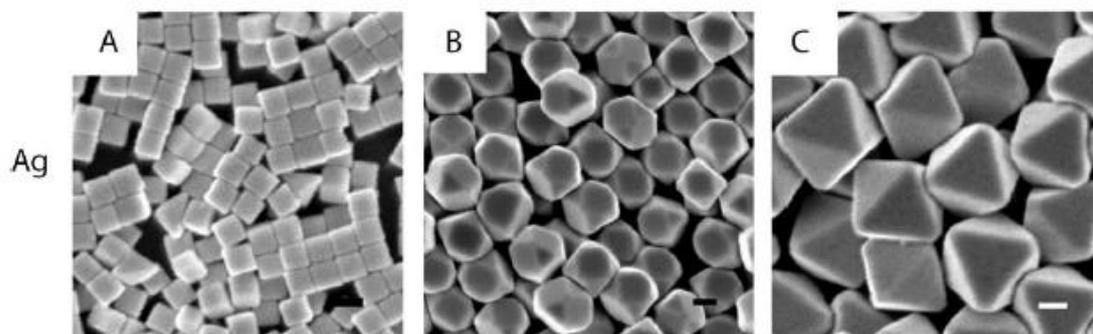
Fonte: Adaptado de Salomoni (2016)

Os métodos de síntese de nanopartículas em geral são classificados como *top-down* e *bottom-up* e os métodos de síntese compreendem processos físicos ou biológicos. Especificamente para a obtenção de nanopartículas de prata, o método *top-down*, consiste na redução da prata massiva até se alcançar à dimensão nano por meios físicos como o método de condensação a vapor ou ablação por laser. O caminho *bottom-up* se subdivide na rota química que faz uso de reagentes químicos redutores para obter a nanop prata a partir de um precursor, enquanto que a rota biológica faz uso de bactérias, fungos e extrato de plantas e frutas (SALLEH, et al., 2020).

Em trabalho publicado por Salleh (2020), foram elencados 8 caminhos que geralmente são utilizados pela síntese química da nanop prata e 13 rotas biológicas diversas, fazendo comparativo também quanto ao tamanho obtido e por vezes ao seu formato. Essas características são de fundamental importância, pois afetam diretamente a atividade bactericida da nanop prata.

Os formatos que a nanop prata pode adquirir são variados (**Figura 2**), podendo assumir formato esférico, cúbico, triangular, bastão e diversas outros (TAO, et al., 2008)

Figura 2 - Nanopartículas de prata de forma cúbica, cuboctaedro e octaédrica (A-C).



Fonte: Adaptado de Tao, et al. (2008)

O formato pode influenciar e potencializar o efeito bactericida uma vez que estudos mostraram que o formato triangular apresentou melhor resultados quando comparado ao formato esférico quando testados em bactéria *E. coli*. (Pal, et al., 2007) e que nanoprata de tamanhos menores apresentam efeito inibitório melhor que aquelas de maior dimensão (SALOMONI, 2016).

Por ser uma característica determinante para o efeito bactericida (o tamanho e formato), se torna de fundamental importância realizar a caracterização da nanoprata. Uma forma corriqueira de se realizar essa caracterização é por intermédio da espectroscopia de absorção molecular bem como pela coloração das amostras sintetizadas. Em se tratando da coloração, a suspensão coloidal pode indicar um maior ou menor concentração de nanopartículas de prata:

A cor amarela característica observada na prata coloidal é resultado da absorção da radiação eletromagnética em ressonância com os *plasmons* de superfície. Com o aumento das partículas de prata, a cor amarela característica da solução padrão passa para laranja e, posteriormente, violeta até atingir a coloração característica da prata em escala macroscópica. Esse fenômeno de diferença de coloração pode ser explicado pela adição de solução de nitrato de prata, que faz com que as partículas se aglomerem e se tornem maiores (ALMEIDA, et al., 2015).

Em relação ao comprimento de onda e a largura da banda, Segala, et al. (2006) inferiram que dependem do formato e tamanho da nanoprata, afirmando ainda que nanopartículas de formato esférico apresentam apenas uma zona de excitação e quando menores que cerca de 40 nm a banda fica localizada entre 380 e 420 nm.

A identificação de uma banda de absorção em nanopartícula é possível devido a ressonância de *plasmon* de superfície, sendo o *plasmon* uma excitação coletiva de elétrons em um material condutor quando estimulado por campos elétricos ou

magnéticos (Santos, 2012), onde as bandas de ressonância dependem da estrutura do nanomaterial (ZHANG, NOGUEZ, 2008).

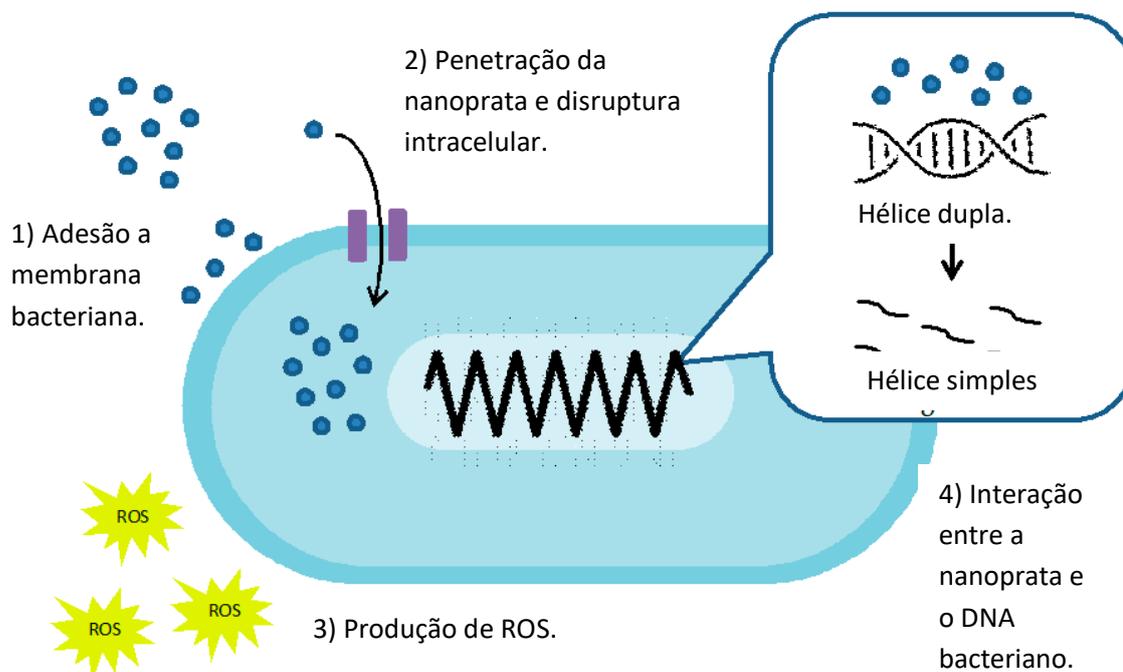
Desta forma se faz importante a caracterização da nanoprata uma vez que o seu formato e tamanho (ou grau de aglomeração) são fatores determinantes para a sua atividade bactericida.

3.4 Capacidade bactericida de nanopartículas de prata (nanoprata ou AgNP)

O efeito oligodinâmico da nanoprata é o grande atrativo que esta nanopartícula apresenta. Efeito oligodinâmico é a capacidade biocida que alguns metais apresentam, principalmente os metais pesados, e, em se tratando da nanoprata está também intrinsecamente ligado ao seu tamanho e formato (SALLEH, et al, 2020).

A ação deletéria que a nanoprata exerce sobre bactérias vem sendo investigada pela comunidade científica, havendo algumas teorias bem sedimentadas, com pelo menos quatro mecanismos de ação definidos (Dakal, et al, 2016; Salomoni, 2016; Salleh, et al, 2020), conforme indicado na **Figura 3**.

Figura 3 - Proposta de mecanismo de ação da nanoprata em bactérias. 1) Adesão a membrana bacteriana; 2) Penetração da nanoprata e distúrbio molecular intracelular; 3) Produção de ROS; 4) Interação entre nanoprata e o DNA da bactéria.



Fonte: Adaptado de Salleh, et al, 2020.

A adesão da nanop prata na célula bacteriana, **Figura 3 (1)**, deriva da sua carga elétrica parcial positiva, ocorrendo atração com a parede celular bacteriana que possui uma carga elétrica negativa. Essa adesão causa mudanças permanentes na morfologia da membrana celular por interação com proteínas que contém enxofre (Dakal, et al, 2016) e os íons de prata interferem no transporte e liberação dos íons de potássio. Tais interações causam uma maior permeabilidade da membrana celular o que pode levar ao vazamento e ruptura da mesma (DAKAL, et al, 2016; SALOMONI, 2016; SALLEH, et al, 2020).

Quando no interior da célula, **Figura 3 (4)**, as nanop prata e os íons de prata (Ag^+) interagem com o ácido desoxirribonucleico (DNA) por intermédio dos ácidos nucleicos causando desruptura da dupla hélice, promovendo também a aglomeração do DNA acarretando na perda da sua capacidade reprodutiva (DAKAL et al., 2016; SALOMONI, 2016). Por outro lado, observa-se que o estresse oxidante, **Figura 3 (2 e 3)**, é causado principalmente pelos íons de prata que promovem a produção de espécies reativas de oxigênio (ROS), radicais livres como o peróxido de hidrogênio (H_2O_2), superóxido (O_2^-), radical hidróxido (OH^*), ácido hipocloroso (HOCl) e oxigênio (KIM et al., 2011). Esse mecanismo de ação afeta a respiração celular e causa dano direto na membrana mitocondrial promovendo a necrose e eventual morte da bactéria (DAKAL, et al., 2016).

O efeito antimicrobiano da nanop prata é objeto de estudo não só para as bactérias, como também para diversos outros microrganismos como fungos e vírus, sendo aplicadas inclusive em pesquisas sobre o vírus HIV (vírus da imunodeficiência humana) (LARA, et al., 2010; LUCERI, et al., 2023; POORNASAREENA, et al., 2023).

Associado ao tamanho da nanop prata o seu mecanismo de ação sobre as bactérias provavelmente deriva da sinergia entre esses mecanismos: capacidade de aderir à membrana celular; capacidade de adentrar a célula e danificar estruturas internas; induzir a geração de ROS e radicais livres; e interação com grupos tiol e potássio das proteínas.

Além da atividade bactericida, em estudo de tratamento de queimadura que faz uso de nanop prata, Tian, et al (2007) apontaram a capacidade da nanop prata de causar resposta inflamatória do organismo, o que auxiliaria no combate a infecções. Por esta razão, trabalhos científicos que levem à observação e investigação da atividade antimicrobiana de nanopartículas de prata é fundamentação para o desenvolvimento da N&N.

3.5 Capacidade bactericida de nanoprata frente a microrganismos patogênicos

Como citado anteriormente, a atividade da nanoprata contra microrganismos tem sido alvo de um grande número de investigações científicas, visto a revisão da literatura realizada por Salleh, et al. (2020), na qual, foi trazida uma sumarização do efeito bactericida e antiviral, bem como o mecanismo de ação de nanopartículas de prata de diferentes tamanhos conforme exposto na **Tabela 1**:

Tabela 1 - Composição e mecanismo de ação da nanoprata em relação a determinados vírus.

Vírus	Composição da nanoprata	Mecanismo de ação
Vírus simples do herpes tipo 2 (HSV-2)	Nanoprata modificada por ácido tânico, tamanho de 13 nm	Interação com glicoproteínas impedindo e interferindo com a adesão celular
<i>Bacteriophage</i> MS2	Nanoprata coloidal híbrida magnética, tamanho de 15 nm	Dano à proteína
Murine novovirus		
Vírus simples do herpes tipo 1 e 2 (HSV-1 & HSV-2)	Nanoprata com tamanho entre 4 e 31 nm	Bloqueio da interação entre o vírus e a célula
<i>Parainfluenza</i> humana, vírus tipo 3 (hPIV3)		
Vírus de imunodeficiência humana (HIV)	Nanoprata envelopada por PVA, tamanho entre 30 e 50 nm	Inibição entre o gp120 e a membrana da célula receptora
<i>Influenza</i> A (H1N1)	Nanoprata envelopada por quitosana, tamanho entre 3,5 e 12,9 nm	Interação com glicoproteínas impedindo e interferindo com a adesão celular
Poliovírus	Nanoprata com tamanho de 7,1 nm	Inibição da proteína viral e impedimento de adesão entre o vírus e a célula do hospedeiro
Vírus sincicial respiratório (RSV)	Nanoprata envelopada por PVA, tamanho de 10 nm	Inibição entre o gp120 e a membrana da célula receptora
Vírus da hepatite B (HBV)	Nanoprata com tamanho entre 10 e 50 nm	Redução da formação do DNA
Adenovírus	Nanoprata com tamanho de 11,4 nm	Dano a partículas do vírus e ligação ao DNA

Fonte: Adaptado de Salleh, et al. (2020).

A interação da nanoprata com os vírus ainda necessita de mais estudos e análises, todavia, são propostos dois mecanismos de interação: a adesão da

nanoprata com a membrana externa do vírus, o que impediria sua ligação às células receptoras do organismo hospedeiro; e a ligação da nanoprata com o DNA ou o RNA do vírus, o que inibiria a sua replicação ou propagação (SALLEH, et al., 2020).

É apontado por Dakal et al. (2016) que informações sobre o formato da nanoprata e sua interação com os vírus é limitada, mas que a nanoprata com dimensões menores que 50 nm demonstraram melhor resposta em teste *in vitro*.

Para as bactérias a **Tabela 2** mostra algumas espécies e a interação com a nanoprata:

Tabela 2 - Composição e mecanismo de ação da nanoprata em relação a determinadas bactérias.

Bactéria	Composição da nanoprata	Mecanismo de ação
<i>Pseudomonas aeruginosa</i>	Partícula com tamanho médio de 45 nm	Interação por ROS e adesão a parede celular
<i>Escherichia coli</i> (AB1157)	Tamanho médio de 8,3 ± 1,9 nm	Dano ao DNA.
<i>Staphylococcus aureus</i> (ATCC25923)	Tamanho médio entre 1,59 e 3,91 nm	Destruição da membrana celular e aumento na concentração de ROS
<i>Escherichia coli</i> (ATCC25922)		
<i>Escherichia coli</i> DH5α	Tamanho médio de 30 nm	Acúmulo de nanoprata na parede celular
<i>Bacillus Calmette-Guérin</i>		
<i>Escherichia coli</i> multirresistente (MC-2)	Tamanho médio de 18 ± 3 nm	Destruição da parede celular por meio da formação de ROS
<i>Staphylococcus aureus</i> multirresistente (MMC-20)		
<i>Proteus sp.</i>	Tamanho médio de 38 nm	Ruptura da parede celular e inibição da reprodução do DNA
<i>Klebsiella sp.</i>		
<i>Staphylococcus aureus</i>	Tamanho das nanopartículas não é especificado	Estresse oxidativo
<i>Escherichia coli</i>		
<i>Pseudomonas aeruginosa</i>		
<i>Bacillus subtilis</i>		
<i>Klebsiella pneumoniae</i>		

Fonte: Adaptado de Salleh, et al. (2020).

É possível observar pela **Tabela 2**, que a aplicação da nanoprata é ampla e seu mecanismo de ação variado, com o tamanho da nanoprata variando no geral entre 4 e 50 nm. Apesar de não ser mencionado por Salleh et al. (2020) qual o formato da nanoprata utilizada, Pal, et al. (2007) em estudo realizado com a *E. coli* determinou uma melhor resposta para nanopartículas em formato triangular quando comparado

com as de formato esférico, ainda assim a nanoprata de formato esférico também se mostrou eficaz em seu efeito bactericida.

Já em pesquisa realizada por Santana (2014) com as bactérias *S. epidermidis*, *S. aureus* e *E. coli*, utilizando nanoprata, estabilizada por CMC e por PVA, de formato esférico com tamanho médio menor que 20 nm, observou-se que em concentração aproximada variando entre 28,57 e 41,35 mg.L⁻¹ de nanoprata estabilizada com CMC foi o suficiente para apresentar inibição de crescimento para a *E. coli*, enquanto que para a nanoprata estabilizada com PVA, uma concentração entre 5,60 e 14,00 mg.L⁻¹ se mostrou suficiente.

Ao levar em consideração que um dos principais problemas ambientais mundiais é a falta de saneamento básico, uma vez que 46% da população mundial não tem acesso ao saneamento básico, que engloba a falta de coleta de resíduos sólidos, drenagem de águas das chuvas, falta de tratamento de esgotos e falta de acesso à água potável (ONU, 2023), o que gera uma vasta quantidade de doenças causadas pela água contaminada acessada pela população em geral.

Para avaliar a qualidade da água oriunda de mananciais ou da água que chega aos domicílios através da rede distribuição, o parâmetro microbiológico que identifica a presença e quantifica a carga de bactérias do grupo coliformes integram o conjunto de parâmetros utilizados para avaliar a potabilidade da água para consumo humano. Assim, a presença de coliformes na água bruta ou tratada acima do valor máximo permitido (VMP), indicará a contaminação por esgoto ou falha no tratamento de água, respectivamente (Brasil, MS, 2021), sendo estabelecido o VMP para coliformes o valor igual a zero.

Os estudos em que a bactéria *E. coli* é utilizada para avaliar a resposta da nanoprata são comuns, por se tratar de um organismo com facilidade de cultivo, rápido crescimento, ser bem conhecido geneticamente e ser utilizada como indicador de contaminação por fezes (BLOUNT, 2015). Das bactérias presentes na **Tabela 2**, a espécie *Klebsiella* e *Escherichia* integram o grupo dos coliformes totais, enquanto que a *Escherichia coli* faz parte dos coliformes termotolerantes (BRASIL, 2013).

Nesse sentido, trabalhos que buscavam avaliar a qualidade da água de poços das cidades de Sousa, Aparecida e Campina Grande, localizadas no estado da Paraíba, detectaram a presença de *E. coli* (Gomes, 2018; Junior Gomes, et al., 2016; Lima, 2017; Sousa, 2019) na maioria das amostras analisadas. Esta é uma tendência nas demais localidades, pois conforme dados divulgados pelo IBGE (Instituto

Brasileiro de Geografia e Estatísticas) em 2017, pelo menos 4 em cada 10 cidades não possuem serviço algum de esgoto, e em apenas 11 dos 27 estados mais da metade das cidades possuíam rede de coleta de esgoto, o que contribui para a contaminação tanto dos mananciais de águas superficiais quanto de águas subterrâneas.

Pelo exposto, lamentavelmente, diante da facilidade de se obter água contaminada e da já comprovada eficácia da nanop prata como agente bactericida, torna-se possível a realização de um experimento no qual a nanop prata pode ser aplicada para eliminar os coliformes presentes.

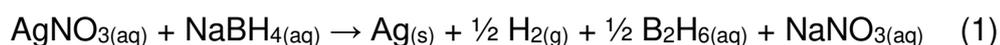
4 METODOLOGIA

Conforme a classificação dada por Silva (2004) a metodologia consiste nos meios pelos quais a pesquisa deve se guiar. Dentre as subdivisões previstas para a metodologia, o presente trabalho se enquadra como uma pesquisa aplicada (Silva, 2004) que busca construir conhecimentos para aplicação prática, de cunho qualitativo e quantitativo (Gil, 1996), sendo o primeiro de caráter intuitivo, no qual o sujeito analisa e interpreta os fenômenos lhes dando significância, enquanto que pelo segundo, a análise dos dados dar-se de forma quantitativa, que consiste na análise numérica dos dados obtidos por meio de ações experimentais e pesquisa bibliográfica (SILVA, 2004).

As etapas de execução deste trabalho compreenderam a síntese e caracterização de nanopartículas de prata, seguida da aplicação das mesmas como agente antimicrobiano em águas naturais, afim de propor uma sequência didática que englobasse a interdisciplinaridade do tema nanociência e nanotecnologia no ensino de química.

4.1 Síntese de nanopartículas de prata (nanoprata ou AgNP)

A síntese foi realizada pelo método químico seguindo o que foi realizado por Lee & Meisel (1982), onde, a redução da prata (Ag^+) é garantida pelo uso de borohidreto de sódio (NaBH_4) e estabilizado pelo álcool polivinílico (PVA) ou carboximetilcelulose (CMC) (MARCONE, 2011). A reação global proposta para este processo é a seguinte:



O reagente, AgNO_3 utilizado foi da marca SIGMA-ALDRICH, o NaBH_4 da marca MERCK KGaA, o CMC e o PVA da marca DINÂMICA. As soluções de CMC e de PVA foram preparadas a 0,3%, a solução de NaBH_4 a $2,0 \times 10^{-3} \text{ mol.L}^{-1}$; e a de AgNO_3 a $2,8 \times 10^{-3} \text{ mol.L}^{-1}$.

A razão molar entre o AgNO_3 e o NaBH_4 é de 1:1 e para a síntese o AgNO_3 é usado como o agente limitante, em menor quantidade. No intuito de se evitar que uma aglomeração indesejada das nanopartículas de prata ocorresse foram utilizados CMC

e PVA como estabilizantes. A síntese ocorreu no laboratório de química do IFPB, Campus Sousa.

4.2 Caracterização das amostras de nanopartículas de prata (nanoprata ou AgNP)

A caracterização das amostras é uma etapa importante uma vez que a ação bactericida da nanoprata está associada ao seu tamanho, forma e concentração (DAKAL, et al., 2016; PAL, et al., 2007).

Inicialmente, observou-se a coloração das soluções, uma vez que o estado de agregação da nanoprata provoca alteração na cor, com nanopartículas menores possuindo tons amarelo, passando para laranja, seguindo para marrom até atingir a cor prata característica da forma macroscópica da prata para uma alta aglomeração (SOLOMON, et al., 2007).

O tamanho da nanoprata bem como o seu formato foram então confirmados por meio da espectrofotometria de absorção molecular UV-visível. Para a caracterização das amostras sintetizadas, foi utilizado o espectrofotômetro de absorção molecular UV-VIS da marca Kasuaki, **Figura 4**, e as análises realizadas na faixa espectral que variou entre 300 e 900 nanômetros(nm), considerando as amostras diluídas na razão de 1:10.

Figura 4 - Espectrofotômetro utilizado para a caracterização das amostras.



Fonte: Autoria própria.

A análise realizada no espectrofotômetro UV-VIS permite a observação da ressonância do *plasmon* da AgNP (Marcone, 2011, *apud*, Noguez, 2008), sendo a espectrofotometria de absorção molecular UV-visível é uma técnica muito utilizada nas análises de caracterização de nanopartículas metálicas (Hebeish, et al., 2013) e permite a observação do fenômeno de ressonância dos *plasmon* de absorção que para nanopartículas de prata esférica, espera-se uma faixa de ressonância de 400~420.

Vale ressaltar que, a análise espectral das amostras de nanop prata sintetizadas foi realizada logo após a síntese e a cada dois meses posterior afim de avaliar a estabilidade das amostras e o eventual grau de aglomeração das nanopartículas de prata.

4.3. Atividade antimicrobiana das amostras de nanopartículas de prata (nanoprata ou AgNP)

Previamente à análise da atividade bactericida das amostras de nanop prata sintetizadas, foram realizadas as etapas de coleta de uma amostra de água natural bruta e caracterização quanto à presença ou ausência de bactérias do grupo coliformes (totais e fecais).

4.3.1. Coleta e caracterização microbiológica da amostra de água natural

A amostra de água estudada é de origem natural e destinada à irrigação. A coleta ocorreu no dia 26/09/2023 no canal irrigado de São Gonçalo, distrito de Sousa - PB nas proximidades do IFPB, Campus São Gonçalo, cujas coordenadas geográficas são: 6°50'23.0"S 38°17'40.6"W. (**Figura 5**).

Figura 5 - Canal irrigado de São Gonçalo em frente ao IFPB – Campus São Gonçalo, cuja localização segue as coordenadas 6°50'23.0"S 38°17'40.6"W.



Fonte: Autoria própria.

Para a coleta foi utilizado um recipiente de vidro previamente lavado e então esterilizado em solução aquosa de ácido nítrico HNO_3 , em seguida, enxaguado com água destilada em abundância.

O recipiente de coleta foi imerso à aproximadamente 20 cm de profundidade e a água foi descartada por 5 vezes para se realizar a ambientação, finalmente, a água foi coletada e o recipiente lacrado e encaminhado para análise no laboratório de microbiologia do curso técnico integrado em agroindústria do IFPB campus Sousa, unidade São Gonçalo.

Para as análises de caracterização microbiológica da amostra de água coletada, foi realizada a análise para coliformes totais, pelo método dos tubos múltiplos usando caldo lactosado e caldo verde bile brilhante como meios de cultura. Os coliformes totais são constituídos em sua maioria pelos grupos *Escherichia*, *Citrobacter*, *Klebsiella* e *Enterobacter*, conforme descrito pelo Manual Prático de Análise de Água (BRASIL, 2013).

4.3.2. Avaliação da atividade bactericida das nanopartículas de prata (nanoprata ou AgNP)

Para a observação da ação bactericida frente aos coliformes totais, foi utilizada a amostra de nanoprata sintetizada com o estabilizante PVA, AgNP_PVA. Foi realizada a análise novamente do teste de crescimento de colônia de coliformes totais pelo método dos tubos múltiplos. Foram separados 3 tubos como um grupo de controle e outros 3 tratados com a solução AgNP_PVA à uma concentração de 8 mg L⁻¹.

O método dos tubos múltiplos é realizado em duas etapas: a primeira com um teste presuntivo (qualitativo) e a segunda etapa, de confirmação, que consiste na quantificação de bactérias por 100 mL de amostra. No teste presuntivo, utilizou-se caldo lactosado simples e duplo como meio de cultura, prosseguindo para uma incubação por 48 horas a uma temperatura de 35°C. O teste presuntivo é confirmado como positivo para a presença de coliformes totais quando ocorre a formação de gás (BRASIL, 2013).

Na segunda etapa, onde foi realizado o teste presuntivo, aplicou-se o método dos tubos múltiplos adaptado por Brandão, et al. (2012), sendo utilizado o material dos tubos com resultado positivo do teste presuntivo. O material é coletado dos tubos e submetidos a uma nova análise e incubação, desta vez utilizando o caldo verde brilhante como meio de cultura. É considerado teste positivo quando ao final do período de 48 horas ocorre a formação de gás (BRASIL, 2013). Os resultados são expressos em NMP/100mL (número mais provável por cem milímetros) sendo também possível perceber o crescimento das colônias de bactéria pela tonalidade leitosa que o caldo assume.

4.4 Sequência didática

Com o intuito de utilizar os resultados obtidos referentes à síntese, caracterização e aplicação antimicrobiana das amostras de nanoprata na proposição de uma sequência didática a ser aplicada no ensino médio e que contemplasse aspectos da interdisciplinaridade entre as disciplinas de química, biologia e integrando a temática ambiental, foi realizada primeiramente uma revisão da literatura.

Baseando-se no protocolo de Kitchenham (2004), foi realizada pesquisa na literatura em busca de trabalhos que envolvessem a síntese de nanopartículas voltadas para o ensino e que tenham lançado mão do aspecto multidisciplinar como fonte para contextualização e abordagem do ensino em salas de aula.

Como fontes de pesquisa foram utilizados os bancos de dados da Sociedade Brasileira de Química (SBQ) e a American Chemical Society (ACS), conforme **Quadro 1**:

Quadro 1: Repositórios SBQ e ACS.

Repositório	Revista (Periodicidade)
Sociedade Brasileira de Química (SBQ)	<ul style="list-style-type: none"> • Química Nova (mensal) • Journal of the Brazilian Chemical Society (mensal) • Revista Virtual de Química (bimestral) • Química Nova na Escola (trimestral)
American Chemical Society (ACS)	<ul style="list-style-type: none"> • ACS Publications (fluxo contínuo)

Fonte: Autoria própria.

Para a realização de pesquisa se limitou o tempo para as publicações dos últimos 20 anos e como palavra-chave foram usados os descritores “nanopartícula” e “nanosilver” em cada um dos bancos de dados. Em relação à ACS foi aplicado o filtro “*Journal of Chemical Education*” na pesquisa avançada para delimitar os resultados para apenas aqueles trabalhos que abordassem o tema educação.

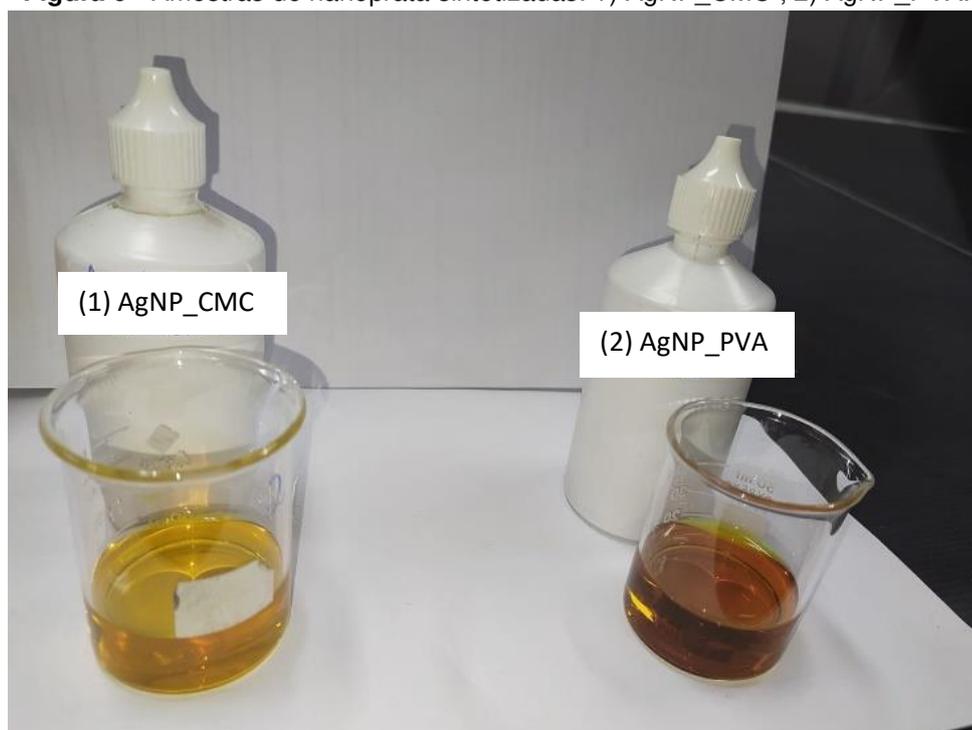
Ao realizar a extração de dados, examinou-se o título, o resumo e as palavras-chave de cada artigo. Após avaliar os critérios de inclusão/exclusão, prosseguiu-se à leitura completa das publicações que foram selecionadas, sendo proposta uma sequência didática sobre o tema abordado.

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1 Síntese e caracterização de nanopartículas de prata (nanoprata ou AgNP)

Conforme o procedimento adotado para a síntese das nanopartículas de prata pela redução do AgNO_3 utilizando NaBH_4 na presença de estabilizantes, foram obtidas as amostras AgNP_CMC e AgNP_PVA conforme **Figura 6**:

Figura 6 - Amostras de nanopartículas de prata sintetizadas: 1) AgNP_CMC ; 2) AgNP_PVA.



Fonte: Autoria própria.

Levando em consideração os reagentes utilizados durante a síntese e admitindo que houve conversão total do Ag^+ do AgNO_3 em nanopartículas de prata, foram obtidas amostras de nanopartículas de prata cujas concentrações foram de $2,233 \times 10^{-4} \text{ mol.L}^{-1}$ e $3,971 \times 10^{-4} \text{ mol.L}^{-1}$, respectivamente para as amostras AgNP_CMC e AgNP_PVA, respectivamente, conforme indicado na **Tabela 3**:

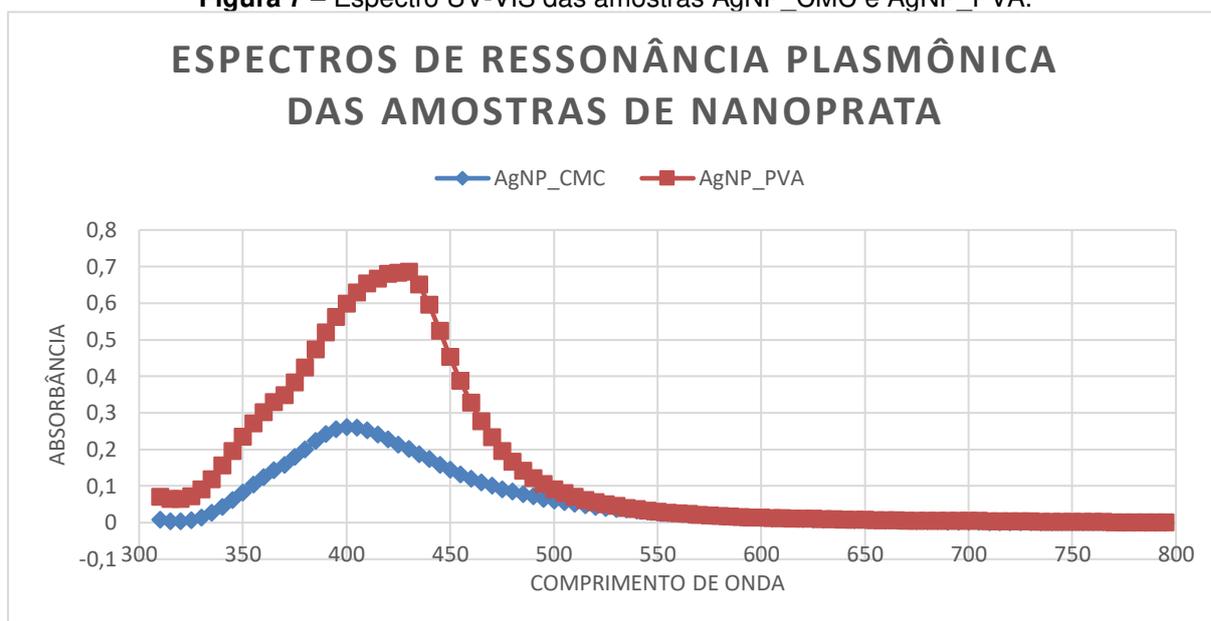
Tabela 3 - Concentração molar e concentração comum das amostras sintetizadas.

Amostra	Concentração molar (mol. L^{-1})	Concentração (mg. L^{-1})
AgNP_CMC	$2,233 \times 10^{-4}$	24,08
AgNP_PVA	$3,971 \times 10^{-4}$	42,83

Fonte: Autoria própria.

Com relação ao aspecto visual apresentado pelas amostras sintetizadas (**Figura 6**), observa-se que a AgNP_CMC apresentou cor amarela e a AgNP_PVA, castanho claro, confirmando um maior nível de concentração da AgNP_CMC em relação a AgNP_PVA, conformando as afirmações de Solomon, et al., 2007. Para confirmar o formato da nanoprata sintetizada, foi então realizada análise dos espectros de absorção molecular UV-VIS (**Figura 7**).

Figura 7 – Espectro UV-VIS das amostras AgNP_CMC e AgNP_PVA.



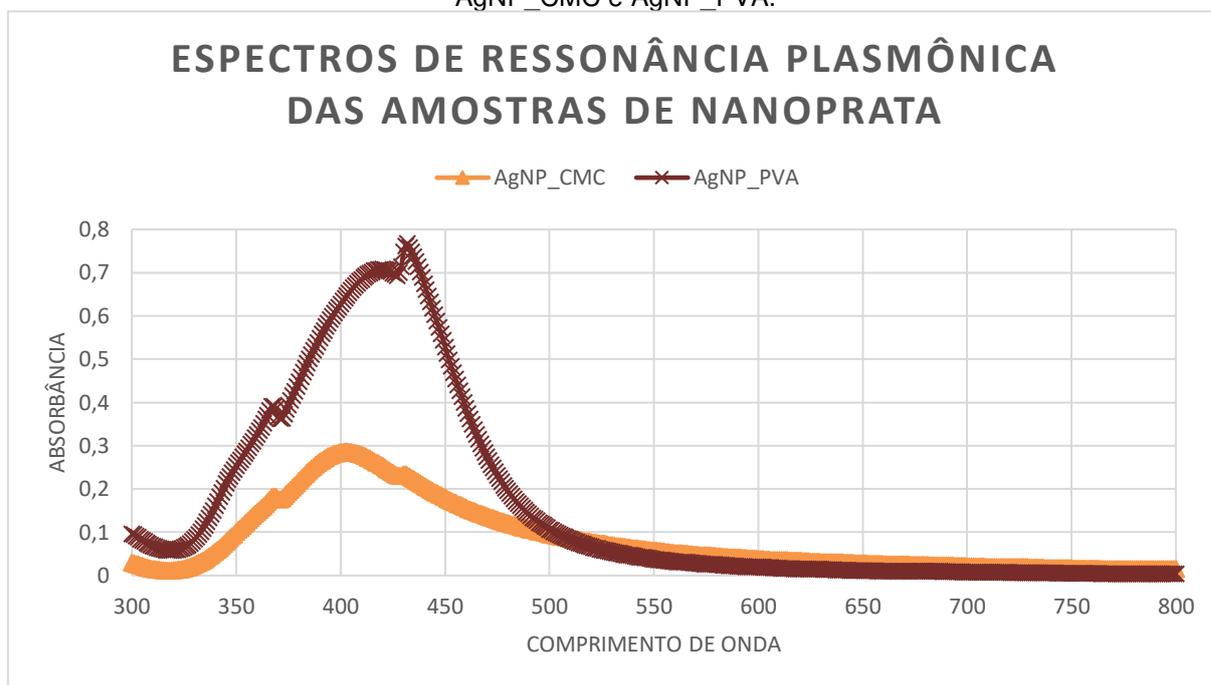
Fonte: Autoria própria.

Os espectros de ressonância plasmônica das amostras de nanoprata sintetizadas, AgNP_CMC e AgNP_PVA, (**Figura 7**) apresentaram um pico na faixa entre 400 e 430 nm o que segundo a literatura (Zhang, et al., 2008) indica a presença de nanopartículas de formato esférico, com dimensão entre 10 e 50 nm (SOLOMON, et al., 2007).

É importante ressaltar que a nanoprata pode assumir formas diversas: esférica, bastonete, quadrado, prisma, entre outros (TAO, et al., 2008; ZHANG, et al., 2008). Em estudo realizado, Pal, et al. (2007) realizaram um comparativo entre a atividade da nanoprata em formato triangular e esférico, tendo encontrado melhor resultados para as nanopartículas de formato triangular, todavia, a nanoprata de formato esférico também apresentou resultados satisfatórios.

Em relação à estabilidade das amostras quanto à possível aglomeração das nanopartículas de prata, foi realizada nova leitura em espectrofotômetro UV-VIS dois meses após a síntese, conforme ilustrado na **Figura 8**:

Figura 8 - Análise das amostras em espectrofotômetro UV-VIS 2 meses após síntese das amostras AgNP_CMC e AgNP_PVA.



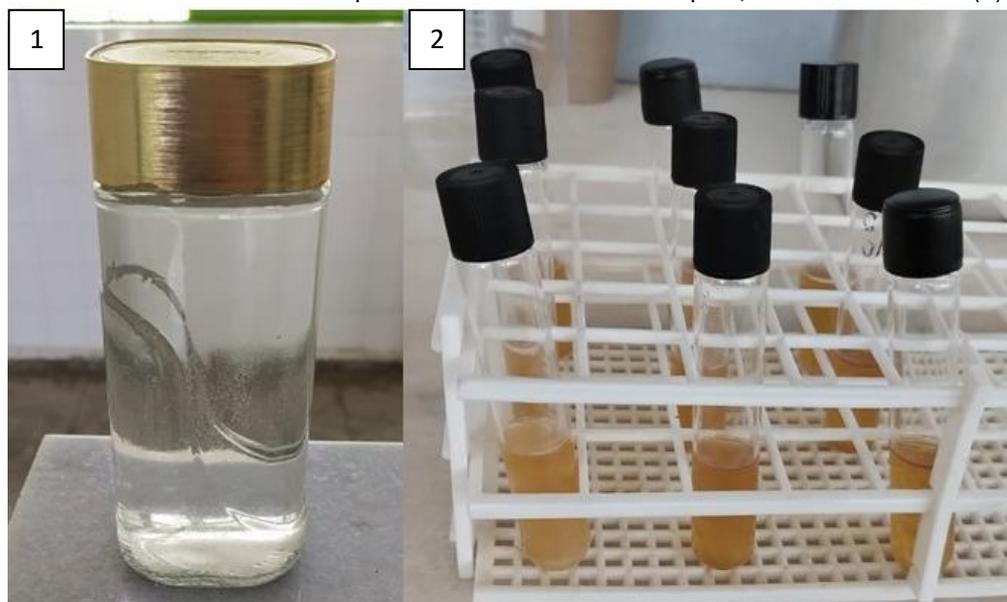
Fonte: Autoria própria.

De acordo com a **Figura 8**, o espectro de ressonância plasmônica das amostras, é possível perceber que após o decorrer de dois meses as curvas das amostras não apresentaram grande variação, comparado ao espectro da **Figura 7**, o que indica que não ocorreu aglomeração, mostrando a eficiência dos estabilizantes na síntese da nanop prata sintetizada.

5.2 Caracterização microbiológica da amostra de água natural utilizada nos testes microbiológicos

A análise prévia da carga microbiológica presente na amostra de água bruta de um trecho do canal de irrigação de São Gonçalo (Sousa, Paraíba), revelou a presença de bactérias do grupo coliformes, uma vez que após o período de incubação do teste presuntivo ocorreu a formação de gás. A quantificação foi obtida ao fim do teste confirmativo, no qual detectou-se a formação de colônias em um NMP maior que 1×10^{-3} (**Anexo**), como observado na **Figura 9**.

Figura 9 - Água coletada do canal irrigado de São Gonçalo para análise de coliformes totais (1); Exame de coliformes totais pelo método dos tubos múltiplos, teste confirmativo (2).



Fonte: Autoria própria.

A análise realizada mostrou-se valorosa, não só pela comprovação da presença de contaminantes na água, mas por exemplificar como uma água de aparência límpida (**Figura 9-1**) pode conter impurezas que são imperceptíveis visualmente. Isso revela a importância de tornar a análise da água uma prática rotineira de forma a proteger os eventuais consumidores e o próprio meio ambiente de possíveis contaminantes.

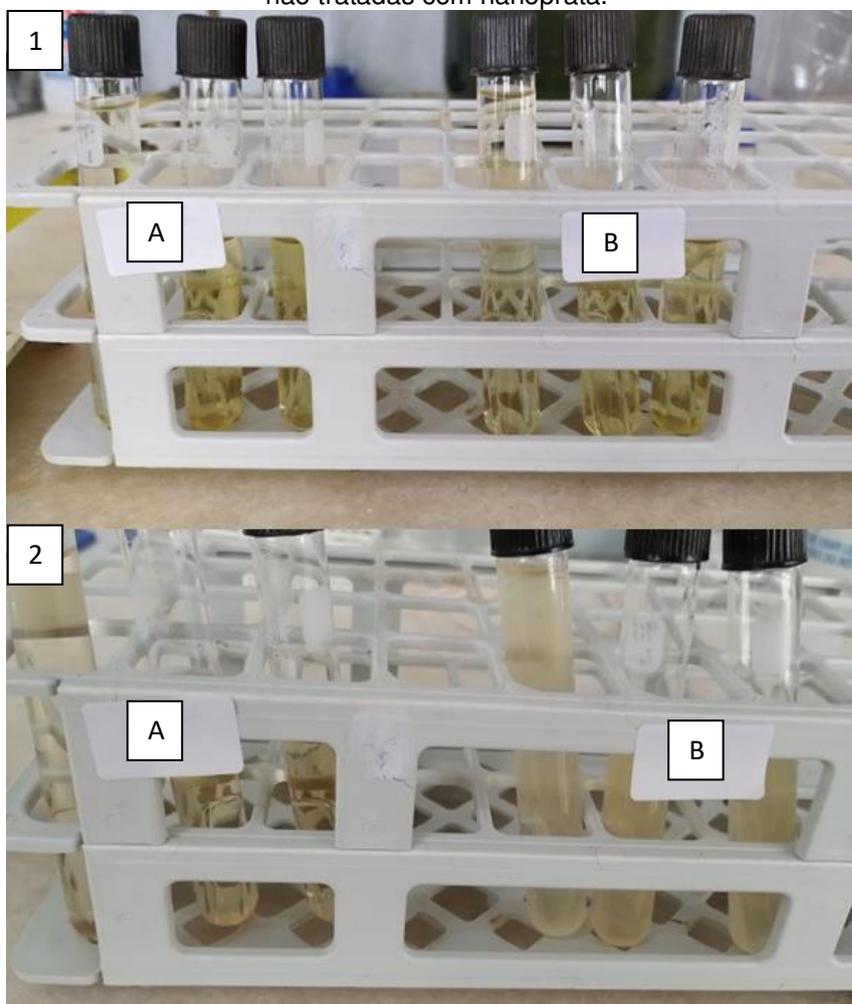
5.3 Avaliação da atividade bactericida das nanopartículas de prata (nanoprata ou AgNP)

Após a síntese e caracterização das amostras de nanoprata (AgNP_CMC e AgNP_PVA), foi realizada a etapa de observação da atividade antimicrobiana destas em relação à amostra de água bruta de um trecho do canal de irrigação de São Gonçalo (Sousa, Paraíba).

Os resultados do teste presuntivo, realizado com a amostra de água, acrescida de 0,05 mL de AgNP_PVA em concentração de 8 mg L⁻¹ (**Figura 10 (1-A)**), comparada com a amostra de água bruta não tratadas com AgNP_PVA (**Figura 10 (1- B)**), após 24h não apresentaram indícios da presença de gás, indicativo do não desenvolvimento de bactérias do grupo coliformes. A concentração da nanoprata utilizada, tomou como base, estudos realizados por Santana (2014) e Pal, et al. (2007)

que em testes da ação bactericida da nanop prata esférica frente a *E. coli* determinaram mínima concentração inibitória (MIC) a partir de uma concentração de 5,6 mg L⁻¹.

Figura 10 - Teste de atividade bactericida com AgNP_PVA, teste presuntivo. 1 – Primeiro dia; 2 – Após 48h do início do teste. (A) amostras tratadas com a solução AgNP_PVA; (B) amostras controle não tratadas com nanop prata.



Fonte: Autoria própria.

No entanto, decorridas 48h do período de incubação foi possível notar a formação de colônias de coliformes na amostra de água bruta, (**Figura 10 (2-B)**), pela presença de gás e transformação do caldo em uma solução leitosa, o que confirmou a proliferação de coliformes totais (BRASIL, 2013). Quanto à amostra de água bruta tratadas com AgNP_PVA, **Figura 10 (2-A)**, não foi observada alteração perceptível, o que indica a inibição do crescimento dos coliformes totais, apontando para o efeito bactericida da nanop prata.

5.4 Sequência didática

Com o objetivo de estabelecer um comparativo entre o trabalho desenvolvido e outros semelhantes, foi realizada uma pesquisa bibliográfica de artigos que trabalhassem como proposta didática sobre a síntese de nanop prata e de forma complementar, abordassem também a sua caracterização e possíveis aplicações. Após aplicação dos critérios de exclusão, destacaram-se os artigos descritos conforme a **Tabela 4**:

Tabela 4 - Artigos selecionados do repositório SBQ e ACS. *Os artigos foram ordenados em ordem crescente de ano de publicação.

TÍTULO	AUTOR(ES)	ANO DE PUBLICAÇÃO
Preparação de Nanopartículas de Prata e Ouro: Um Método Simples Para a Introdução da Nanociência em Laboratório de Ensino	Maurício Alves Melo Jr., Lucas Samuel Soares Santos, Maria do Carmo Gonçalves e Ana Flávia Nogueira	2012
<i>Tangential Flow Filtration of Colloidal Silver Nanoparticles: A “Green” Laboratory Experiment for Chemistry and Engineering Students¹</i>	Kevin M. Dorney, Joshua D. Baker, Michelle L. Edwards, Sushil R. Kanel, Matthew O’Malley, e Ioana E. Pavel Sizemore.	2014
<i>Transformation of Silver Nanoparticles in Phosphate Anions: An Experiment for High School Students²</i>	Peter N. Njoki	2019
<i>Hands on Experiments for the Application of a Flexible, Conductive Nanomaterial Utilizing Silver-Nanopaste-Incorporated Tracks³</i>	Mei-Lin Ho, Ting-Yu Lai, Jo-Tzu Sung e Yin-Yu Chou	2020
Efeito do Hg ²⁺ e dos Íons Cu ²⁺ , Fe ²⁺ , Ni ²⁺ , Sn ²⁺ e Zn ²⁺ na Estabilidade de Nanopartículas de Prata: Uma Prática Interdisciplinar de Nanotecnologia Experimental	Aline Kaori Katanosaka, Anne Helene Fostier e Elias Barros Santos.	2021
Quantificação de Nanopartículas de Prata em um Produto Farmacêutico por Espectrofotometria e Potenciometria: Uma Proposta para Aulas Práticas de Química Analítica	Elen C. P. de Britoa, Ludmila dos S. Madalena, Richard H. Lima, Gabriel S. Bernardes, Luís Antônio da Silva e Valéria A. Alves.	2021

Fonte: Autoria própria.

¹ Filtração por fluxo tangencial de nanopartículas de prata coloidal: Um experimento verde de laboratório para estudantes de química e engenharia. (Tradução própria)

² Transformação de nanopartículas de prata em ânions fosfato: Um experimento para alunos do ensino médio. (Tradução própria).

³ Mãos no experimento para aplicação de nanomaterial flexivo, condutivo, utilizando trilhos incorporados de nanopasta de prata. (Tradução própria)

Observou-se que o trabalho mais antigo encontrado foi de 2012 e o mais recente de 2021, sendo as publicações que abordam o viés educacional/experimental escarças. Sob o nível de ensino de aplicação dos experimentos, foi majoritariamente em cursos de nível superior, tanto no Brasil como no exterior.

O artigo, *Preparação de Nanopartículas de Prata e Ouro: Um Método Simples Para a Introdução da Nanociência em Laboratório de Ensino*, foi realizado com estudantes de graduação da cadeira de Química Inorgânica no Instituto de Química da UNICAMP com duração de 6h aula para alunos do último ano do curso. Por meio da aula foram introduzidos temas que nunca haviam sido abordados até então, tendo o experimento despertado a curiosidade dos alunos, se obtendo resultados positivos como a produção de relatórios bem elaborados e com conceitos “bastante aprofundados”. O contraponto apontado foi o custo dos reagentes, todavia, com a distribuição da turma em grupos e a pouca quantidade necessária de reagentes para se produzir o experimento, o mesmo torna-se viável.

A caracterização se deu por meio da percepção da alteração de cor das soluções, por análise em espectrofotômetro e por microscopia eletrônica de transmissão (MET) que foi realizada em algumas das amostras sintetizadas. Os autores, relataram que os custos para a análise por meio do uso de equipamentos de modernos e sofisticados pode tornar dispendiosa a prática. Por essa razão, afirmam que a observação da mudança de cor das soluções, aliado com as informações já sedimentadas na literatura são suficientes para o intuito da aula.

No trabalho, *Tangential Flow Filtration of Colloidal Silver Nanoparticles: A “Green” Laboratory Experiment for Chemistry and Engineering Students*, a experimentação com AgNP foi utilizada para introduzir a tecnologia da Filtração por Fluxo Tangencial (TFF, sigla em inglês) que engloba a temática da Química Verde para os alunos dos cursos de química, física e engenharia. Novamente o público participante foram alunos de graduação.

Para se analisar as amostras sintetizadas foram utilizados o espectrofotômetro UV-VIS e o MET, além da coloração das soluções. O artigo menciona que foi aplicado questionário para os estudantes antes e depois do experimento de forma a avaliar sete habilidades laboratoriais dos mesmos, bem como o seu interesse no experimento tendo como resultado médio uma pontuação de 8.5 antes da realização do experimento e 9.3 ao fim dos trabalhos.

Peter N. Nioki, no artigo, *Transformation of Silver Nanoparticles in Phosphate Anions: An Experiment for High School Students*, faz uso da síntese, caracterização e reação das AgNP para ensinar alunos do ensino médio os temas nanotecnologia, transformação de nanomateriais, e agregação e descarte de nanopartículas metálicas no meio ambiente. A prática foi realizada com 2 alunos do ensino médio em um projeto de verão de 6 semanas, os alunos passaram por treinamento de 2 horas em segurança de laboratório e 2 horas em prática com equipamentos de laboratório antes de prosseguir para a síntese da nanoprata.

A caracterização da nanoprata se deu tanto pela percepção da cor como por análise em espectrofotômetro UV-VIS e o MET. A prática desse experimento é sugerida tanto para alunos do ensino médio quanto para alunos da graduação.

O artigo, *Hands-on Experiments for the Application of a Flexible, Conductive Nanomaterial Utilizing Silver-Nanopaste-Incorporated Tracks*, foi um trabalho aplicado com estudantes de graduação almejando o compartilhamento de conhecimento acerca da condutividade de “soft” nanomateriais e da síntese e aplicação de nanopasta de prata. O experimento foi realizado com 25 estudantes divididos em 12 grupos.

Para avaliar o interesse e grau de conhecimento dos estudantes foi aplicado um questionário antes e após o experimento, assim, de acordo com as respostas, os autores concluíram que a realização do experimento pelos alunos é mais inspiradora que o modelo convencional de aula, aumentando significativamente a participação ativa dos estudantes bem como o seu aprendizado e incentivando a criatividade dos mesmos.

O artigo, *Efeito do Hg^{2+} e dos Íons Cu^{2+} , Fe^{2+} , Ni^{2+} , Sn^{2+} e Zn^{2+} na Estabilidade de Nanopartículas de Prata: Uma Prática Interdisciplinar de Nanotecnologia Experimental*, é uma proposta experimental que busca ser aplicada para alunos de curso de graduação e pós-graduação nas áreas de Química, Engenharia, Ciência de Materiais e cursos de caráter interdisciplinar. Os conhecimentos sugeridos a serem abordados por essa prática englobam o preparo de soluções, eletroquímica, nanociência, química coloidal, propriedade e cor plasmônica de nanoestruturas metálicas, bem como reações de oxidação e poluição ambiental.

Outra proposta experimental ocorre no artigo, *Quantificação de Nanopartículas de Prata em um Produto Farmacêutico por Espectrofotometria e Potenciometria: Uma Proposta para Aulas Práticas de Química Analítica*, busca ser um meio para se trazer

a temática da nanociência e nanomateriais para aulas de Química Analítica Instrumental dos cursos de graduação em Química ou áreas afins por meio do uso de técnicas analíticas espectroscópica e eletroquímica ao quantificar amostras de nanop prata presente em colírios bem como pela síntese de nanop prata usada como padrão.

Dos artigos analisados apenas o trabalho proposto por Nioki (2019), *Transformation of Silver Nanoparticles in Phosphate Anions: An Experiment for High School Students*, foi pensando para ser aplicado diretamente ao ensino médio e ainda assim, o uso de análise pelo MET tornaria difícil a sua replicabilidade na íntegra nas escolas brasileiras por se tratar de um procedimento de alto custo e fugir da realidade local.

Todos os trabalhos foram pensados ou executados assemelhando-se a uma Sequência Didática (SD), com exposição prévia da temática que se pretendia abordar, por vezes usando de aplicação de questionário pré e pós aplicação da prática, e quando necessário, realização de treinamento para uso de laboratório. Mesmo caminhando por diferente métodos e abordagens, o que apenas evidencia a vastidão multidisciplinar da N&N, todos os trabalhos convergiam a um ponto em comum: o uso de prática como diferencial para o desenvolvimento do conhecimento para os alunos.

Partindo-se da premissa de que o uso de atividade prática, na qual o aluno é agente ativo, construtor do próprio saber, aliado ao aspecto interdisciplinar da nanop prata, desde o estudo da escala manométrica, das propriedades do nanomaterial e dos seus mais diversos usos e aplicações, buscou-se desenvolver a proposta de uma Sequência Didática para alunos do ensino médio.

5.4.1 Proposta sequência didática

Entendendo uma SD como um conjunto de atividades em função de um núcleo temático (ARAÚJO, 2013) que deve seguir pelo menos 3 passos: avaliação de conhecimento prévio dos alunos; módulos ou oficinas de atividades progressivas; e uma produção final onde os alunos poderão demonstrar o conhecimento adquirido.

Para a utilização em sala de aula propõe-se uma Sequência Didática (SD) abrangendo 300 minutos, distribuídos em 5 momentos. Na primeira aula seria aplicado um questionário para os alunos sobre os temas a serem abordados. A segunda aula seria dedicada a exposição mais aprofundada dos temas abordados no primeiro. Na

terceira aula da sequência didática os alunos seriam instruídos sobre segurança e uso dos equipamentos e reagentes no laboratório. Na quarta aula, a síntese da nanoprata seria realizada, com posterior avaliação da sua atividade bactericida. A quinta aula seria dedicada a abordar os mecanismos de ação que a nanoprata exerce sobre as bactérias, o uso dos nanomateriais (NM) e seu impacto no meio ambiente e sociedade, seus benefícios e riscos.

Se tratando de uma SD que possui como tema central a síntese e aplicação de nanoprata, como um momento inicial (aula 1), uma exposição de 50 minutos, na qual o professor apresente um questionário acerca da unidade de medida, significado e características da N&N, das possíveis aplicações/ usos da nanoprata, meio ambiente e poluição, de forma a aferir o nível de conhecimento dos alunos sobre o tema discutindo as perguntas com os mesmos.

No segundo momento (aula 2), aula expositiva de 50 minutos dedicada à exposição teórica de forma a munir os alunos com conhecimento necessário para efetuar e entender a prática experimental.

O terceiro encontro (aula 3), aula de 50 minutos seria realizado o treinamento em segurança e manuseio de equipamentos e materiais do laboratório que serão utilizados para a síntese e aplicação da nanoprata.

Posteriormente, na prática experimental, a síntese da nanoprata, tomaria espaço no quarto encontro (aula 4) onde as amostras seriam avaliadas quanto a cor e confrontadas com a literatura para estipular a relação entre a cor, tamanho e formato das mesmas. Prosseguindo para teste da atividade bactericida das mesmas, com uma duração de aula estipulada em 100 minutos.

No quinto e último momento, uma aula com duração de 50 minutos, seria realizada uma abordagem sobre a ação da nanoprata sobre as bactérias e formas de uso desse nanomaterial, seguindo para uma temática sobre a poluição causada pelos nanomateriais e seus impactos ambientais.

O encerramento da SD se daria com a aplicação de questionário para os alunos com o intuito de averiguar o aprendizado e o impacto do experimento em seu interesse pela ciência.

A aplicação dessa proposta de SD se daria em 300 minutos de aula (anexo II), entre aulas expositivas, questionários e prática experimental, onde se abordaria temas como o conceito de nanociência e a escala nanométrica, práticas seguras no laboratório e uso instrumental, conceitos sobre solução, estequiometria, biologia e

meio ambiente. Caberá ao professor(a) efetuar as adequações que forem necessárias à sua realidade.

6 CONCLUSÃO

De acordo com a execução do trabalho foi possível realizar a síntese de nanopartícula e caracterização pela observação da cor da amostra, assumindo se tratar de nanopartícula de formato esférico e dimensão relativa entre 10 e 50 nm, o que foi posteriormente confirmado pela análise em espectrofotômetro UV-VIS com as amostras apresentando espectros de ressonância plasmônica entre 400 e 430 nm.

Os testes microbiológicos realizados com a água bruta coletada em um trecho do canal de São Gonçalo, foi possível confirmar a presença de coliformes totais e desta forma prosseguir para a avaliação da atividade bactericida da nanopartícula, sendo demonstrada a sua ação por meio da inibição do crescimento dos coliformes totais quando confrontada com amostra bruta, sem tratamento.

A proposta de uma Sequência Didática (SD) que trabalhe a interdisciplinaridade entre os diversos conteúdos abrangidos pela química, bem como com outras disciplinas tal qual a Biologia e Física, alcançando áreas como o meio ambiente e a aplicabilidade dos nanomateriais na sociedade.

Essa SD, pode ser uma ferramenta útil para auxiliar o ensino de nanotecnologia em salas de aula do ensino médio, uma vez que a sua abordagem interdisciplinar pode contribuir para o desenvolvimento de habilidades dos alunos, como também para a compreensão da importância da integração de diferentes áreas do conhecimento para contextualizar e tratar de diversos temas e questões do mundo contemporâneo.

Assim, o uso de experimentos práticos, seja como forma de exemplificação para uma teoria, seja como forma de fazer do aluno um agente ativo na construção do próprio saber poderia ocupar um espaço maior nas salas de aula.

A SD proposta tornaria possível introduzir os conceitos de nanociência e nanotecnologia, além de reforçar assuntos programáticos da disciplina de química como soluções, diluição, oxidação e redução, englobando ainda biologia, meio ambiente e a sociedade.

Essa proposta de SD foi pensada para ser aplicada em qualquer sala de escolas do ensino médio, com as adaptações que se fizerem pertinentes, não só auxiliar na formação de um bom aluno, mais também na formação de um bom cidadão.

REFERÊNCIAS

ACS. *America Chemical Society*. Encontrado em: <https://www.acs.org>. Acesso em 30 de nov. de 2022.

ALMEIDA, J. C. B.; PALÁCIO, S. M.; FERREIRA, L. K.; DEON, M. T. M.; CAMPOS, E. A.; KLEBER, K. C. Síntese e Caracterização de Nanopartículas de prata. Anais do XXXVII Congresso Brasileiro de Sistemas Particulados - ENEMP, Blucher, p. 2040-2048. São Paulo. 2015.
DOI 10.5151/ENEMP2015-TC-699

ARAÚJO, D. L. de. O que é (e como faz) sequência didática? *Entrepalavras*, v. 3, n. 1, p. 322-334. 2013.

BICALHO, L. M.; OLIVEIRA, M. Aspectos Conceituais da Multidisciplinaridade e da Interdisciplinaridade e a Pesquisa em Ciência da Informação. **Encontros Bibli**: Revista Eletrônica de Biblioteconomia e Ciência da Informação, v. 16, n. 32, p. 1-26. Santa Catarina. 2011. Disponível em:
<<https://periodicos.ufsc.br/index.php/eb/article/view/1518-2924.2011v16n32p1>>.
Acesso em: 25 jul. 2023.

BLOUNT, Z. D. *The unexhausted potential of E. coli*. **Elife**, [S.L.], ELife Sciences Publications, Ltd. v. 4, n. 05826, p. 1-12. 25 mar. 2015.
<http://dx.doi.org/10.7554/elife.05826>.

BRANDÃO, M. L. L.; ROSAS, C. de O.; MEDEIROS, V. de M.; WARNKEN, M. B.; BRICIO, S. M. L.; SILVA, A. M. L. da; AZEREDO, D. R. P.. Comparação das técnicas do número mais provável (NMP) e de filtração em membrana na avaliação da qualidade microbiológica de água mineral natural. **Revista Instituto Adolfo Lutz**. v. 71, n. 1, p. 32-39. São Paulo. 2012.

BRASIL. Fundação Nacional de Saúde. Manual prático de análise de água. 4. ed. **Brasília**: Fundação Nacional de Saúde. 153 p. 2013.

BRASIL. Ministério da Educação. Base Nacional Comum Curricular (BNCC). **Brasília**, 2018. Disponível em:
<<http://basenacionalcomum.mec.gov.br/abase/#introducao>>. Acesso em: 12 jan. 2023.

BRASIL. Ministério da Saúde. **Gabinete do Ministro**. Portaria nº 888, de 04 de maio de 2021. [Altera o Anexo XX da Portaria de Consolidação GM/MS nº 5, de 28 de setembro de 2017, para dispor sobre os procedimentos de controle e de vigilância da qualidade da água para consumo humano e seu padrão de potabilidade.] Disponível em:
<https://bvsms.saude.gov.br/bvs/saudelegis/gm/2021/prt0888_07_05_2021.html>.
Acesso em: 15 dez. 2023.

BRITO, E. de; MADALENA, L.; LIMA, R.; BERNARDES, G.; SILVA, L. da; ALVES, V. Quantificação de Nanopartículas de prata em um produto farmacêutico por

espectrofotometria e potenciometria: uma proposta para aulas práticas de química analítica. **Química Nova**, [S.L.], v. 44, n. 1, p. 105-111, 31 ago. 2020. Sociedade Brasileira de Química (SBQ). <http://dx.doi.org/10.21577/0100-4042.20170622>.

CONSELHO NACIONAL DE EDUCAÇÃO. Diretrizes Curriculares Nacionais para os Cursos de Química. Aprovado: Res. 8/CNE/2002. Brasília – DF, 06 nov. 2001. Disponível em: http://portal.mec.gov.br/cne/arquivos/pdf/rces08_02.pdf. Acesso em: 24 jul. 2023.

DAKAL, T. C.; KUMAR, A.; MAJUMDAR, R. S.; YADAV, V. *Mechanistic Basis of Antimicrobial Actions of Silver Nanoparticles*. **Frontiers in Microbiology**. V. 7. 2016 DOI: 10.3389/fmicb.2016.01831

DORNEY, K. M.; BAKER, J. D.; EDWARDS, M. L.; KANEL, S. R.; O'MALLEY, M.; SIZEMORE, I. E. P. *Tangential Flow Filtration of Colloidal Silver Nanoparticles: a green laboratory experiment for chemistry and engineering students*. **Journal Of Chemical Education**, [S.L.], v. 91, n. 7, p. 1044-1049, 6 jun. 2014. American Chemical Society (ACS). <http://dx.doi.org/10.1021/ed400686u>.

FAZENDA, I. C. Interdisciplinaridade: história, teoria e pesquisa. 2 ed. **Campinas: Papirus**, 1995.

GIL, A. C. Como elaborar projetos de pesquisa. 3 ed. São Paulo: **Atlas**, 1996.

Gomes, D. J., Monteiro, F. M. G., Loiola, M. V. D. C., Abrantes, G. B., Ferreira, A. G. A., & Medeiros, O. Q. de. Qualidade microbiológica de água de poços artesianos no município de Sousa – PB. INTESA – Informativo Técnico do Semiárido, Pombal, v.10, n 1, p 99-105, Jan - Jun , 2016. Disponível em: <https://www.gvaa.com.br/revista/index.php/INTESA>. Acesso em: 9 dez. 2023.

Gomes, M. A., Ramos, E. V. da S., dos Santos, L. C., Bitu, S. G., & Gadelha, A. J. F. Avaliação Hidroquímica e de Parâmetros Físico-Químicos de Qualidade das Águas Subterrâneas da Zona Urbana do Município de Sousa-PB. **Águas Subterrâneas**, v. 32, n. 2, p. 162-172, 2018. Disponível em: < <https://aguassubterraneas.abas.org/asubterraneas/article/view/29115>. Acesso em: 9 dez. 2023.

GRAEFF, C. Nanotecnologia: Ciência e Engenharia. – São Paulo: **Cultura Acadêmica**, 2012.

HEBEISH, A.; EL-RAFIE, M. H.; EL-SHEIKH, M. A.; EL-NAGGAR, M. E. *Nanostructural Features of Silver Nanoparticles Powder Synthesized through Concurrent Formation of the Nanosized Particles of Both Starch and Silver*; **Journal of Nanotechnology**, Egypt, v. 2013; Aug. 2013. Disponível em: < <https://www.hindawi.com/journals/jnt/2013/201057/>>. Acesso em: 24 jul. 2023.

HO, M.-L.; LAI, T.-Y.; SUNG, J.-T.; CHOU, Y.-Y. *Hands-on Experiments for the Application of a Flexible, Conductive Nanomaterial Utilizing Silver-Nanopaste-*

Incorporated Tracks. Journal Of Chemical Education, [S.L.], American Chemical Society (ACS). v. 97, n. 10, p. 3766-3770, 4 set. 2020.
<http://dx.doi.org/10.1021/acs.jchemed.0c00588>.

IBGE – INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. Quatro em cada dez municípios não têm serviço de esgoto no país. Rio de Janeiro: IBGE, 2020. Disponível em: <<https://agenciadenoticias.ibge.gov.br/agencia-noticias/2012-agencia-de-noticias/noticias/28326-quatro-em-cada-dez-municipios-nao-tem-servico-de-esgoto-no-pais>>. Acesso em: 9 dez. 2023.

JÚNIOR, C. A. da S.; FRANCISCO, C. R. L.; JESUS, D. P. de.; CUNHA, R. L. da. Ensino de Nanociência e Nanotecnologia no Brasil: Uma revisão sistemática. *In: INTERNATIONAL JOURNAL EDUCATION AND TEACHING - IJET-PDVL*. V.3, n.3, p. 1-18. Recife. 2020. Disponível em: <https://ijet-pdvl.com/index.php/pdvl/article/view/144>. Acesso em: 23 jul. 2023.

KATANOSAKA, A.; FOSTIER, A.; SANTOS, E.. Efeito do Hg²⁺ e dos íons Cu²⁺, Fe²⁺, Ni²⁺, Sn²⁺ e Zn²⁺ na estabilidade de nanopartículas de prata: uma prática interdisciplinar de nanotecnologia experimental. Sociedade Brasileira de Química (SBQ). *Química Nova*, [S.L.], v. 44, n. 4, p. 512-518, 27 nov. 2020..
<http://dx.doi.org/10.21577/0100-4042.20170679>.

KIM, S. H.; LEE, H. S.; RYU, D. S.; CHOI, S. J.; LEE, D. S. Antibacterial activity of silver-nanoparticles against Staphylococcus aureus and Escherichia coli. *Korean J. Microbiol. Biotechnol*, v. 39, n. 1, p. 77-85. 2011.

KITCHENHAM, B. *Keele University Technical Report TR/SE-0401*. [s.l: s.n.]. Disponível em: <https://www.inf.ufsc.br/~aldo.vw/kitchenham.pdf>.

LARA, H. H.; AYALA-NUÑEZ, N. V.; IXTEPAN-TURRENT, L.; RODRIGUEZ-PADILLA, C. *Mode of antiviral action of silver nanoparticles against HIV-1. Journal Of Nanobiotechnology*, [S.L.], v. 8, n. 1, p. 1-10. 20 jan 2010.
<http://dx.doi.org/10.1186/1477-3155-8-1>.

LEITE, B. S. A Experimentação do Ensino de Química: uma análise das abordagens nos livros didáticos. *Didáctica de la Química*, Vol. 29, N. 3, P. 61 – 78. Ago. 2018. Disponível em: <https://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0187-893X2018000300061#:~:text=A%20experimentação%20em%20sala%20de,diferenciada%20do%20“fazer%20ciência”> Acesso em: 24 jul 2023.

LEE, M.; MEISEL, D. *Adsorption and surface-enhanced raman of dyes on silver and gold sols*. *J. Phys. Chem.*, **1982**, 86, 3391-3395.

LIMA, L. R. de. Qualidade da água utilizadas nas escolas e creches do município de Aparecida, Sertão Paraibano. 2017. Dissertação (Pós-Graduação em Sistemas Agroindustriais) – Universidade Federal de Campina Grande. Pombal. 2017. Disponível: <<http://dspace.sti.ufcg.edu.br:8080/jspui/handle/riufcg/848>> Acesso em: 9 dez 2023.

LUCERI, A.; FRANCESE, R.; LEMBO, D.; FERRARIS, M.; BALAGNA, C. *Silver Nanoparticles: review of antiviral properties, mechanism of action and applications. Microorganisms*, [S.L.], v. 11, n. 3, p. 2-32. 28 fev. 2023. <http://dx.doi.org/10.3390/microorganisms11030629>.

MARCONE, G. P. de S. Avaliação da ecotoxicidade de nanopartículas de dióxido de titânio e prata. Tese de Doutorado (Química analítica) - Universidade Estadual de Campinas - UNICAMP, Instituto de Química. Campinas. p. 207. 2011.

MELO JUNIOR, M. A.; SANTOS, L. S. S.; GONÇALVES, M. do C.; NOGUEIRA, A. F. Preparação de nanopartículas de prata e ouro: um método simples para a introdução da nanociência em laboratório de ensino. *Química Nova*, [S.L.], v. 35, n. 9, p. 1872-1878. 2012. FapUNIFESP (SciELO). <http://dx.doi.org/10.1590/s0100-40422012000900030>.

MORIN, E. Os sete saberes necessários à educação do futuro. São Paulo: **Cortez**, 2000.

MORIN, E. A cabeça bem-feita: repensar a reforma, reformar o pensamento. Rio de Janeiro, **Bertrand**, 2004.

NJOKI, P. N. *Transformation of Silver Nanoparticles in Phosphate Anions: an experiment for high school students. Journal Of Chemical Education*, [S.L.], v. 96, n. 3, p. 546-552, 22 jan. 2019. American Chemical Society (ACS). <http://dx.doi.org/10.1021/acs.jchemed.8b00602>.

ONU – Organização das Nações Unidas. 46% da população global vive sem acesso a saneamento básico. **ONU News**, 2023. Disponível em: <<https://news.un.org/pt/story/2023/03/1811712>> . Acesso em: 15 dez. 2023.

PAL, S.; TAK, Y. K.; SONG, J. M. *Does the antibacterial activity of silver nanoparticles depend on the shape of the nanoparticle? A study of the gram-negative bacterium Escherichia coli. Applied and environmental microbiology*, v. 73, n. 6, p. 1712-1720, 2007.

ROYAL SOCIETY OF CHEMISTRY. Publishing. 2023. Disponível em: <https://pubs.rsc.org/en/results/journals?Category=Journal&AllText=nano&IncludeReference=false&SelectJournal=false&ArticleType=Paper&DateRange=false&SelectDate=false&Type=Months&PriceCode=False&OpenAccess=false>. Acesso em: 24 jul 2023.

SALLEH, A.; NAOMI, R.; UTAMI, N. D.; MOHAMMAD, A. W.; MAHMOUDI, E.; MUSTAFA, N.; FAUZI, M. B. *The Potential of Silver Nanoparticles for Antiviral and Antibacterial Applications: a mechanism of action. Nanomaterials*, [S.L.], v. 10, n. 8, p. 1566, 9 ago. 2020. MDPI AG. <http://dx.doi.org/10.3390/nano10081566>.

SALOMONI, R. Ação de Nanopartículas de Prata em Linhagens Hospitalares e sua Aplicação em Cateteres Intraluminais. Tese de Doutorado (Biotecnologia) - Universidade de São Paulo (USP), Interunidades em Biotecnologia USP – IPT – Butantan. 2016.

SANTANA, M. C. Avaliação da Atividade Bactericida de Nanopartículas De Prata. Trabalho de conclusão de Curso (Farmácia) – Instituto Federal do Rio de Janeiro (IFRJ), Campus Realengo, 2014.

SANTOS, J.; SANTOS, M.; THESING, A.; TAVARES, F.; GRIEP, J.; RODRIGUES, M. Ressonância de plasmon de superfície localizado e aplicação em biossensores e células solares. Sociedade Brasileira de Química (SBQ). **Química Nova**. V. 39, n. 9, p. 1098-1111, 15 jul. 2016.

<http://dx.doi.org/10.21577/0100-4042.20160126>.

Disponível: <<http://publi.sbq.org.br>> Acesso em: 5 dez 2022.

SEGALA, K.; DUTRA, R. L.; OLIVEIRA, E. N. de; ROSSI, L. M.; MATOS, J. R.; PAULA, M. M. S.; FRANCO, C. V. *Characterization of poly-{trans-[RuCl₂ (vpy) 4]-styrene-4-vinylpyridine} impregnated with silver nanoparticles in non aqueous medium*. **Journal of the Brazilian Chemical Society**, v. 17, p. 1679-1682, 2006.

SILVA, C. R. de O. Metodologia e Organização do projeto de pesquisa (GUIA PRÁTICO). Centro Federal de Educação Tecnológica do Ceará. Fortaleza, 2004.

SILVA, V. da. A Importância da Experimentação no Ensino de Química e Ciências. 2016. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Licenciatura em Química) - Universidade Estadual Paulista, 2016. Disponível em:

<https://repositorio.unesp.br/bitstream/handle/11449/136634/000860513.pdf>. Acesso em: 23 jul. 2023.

SOCIEDADE BRASILEIRA DE QUÍMICA. Publicações **SBQ**. São Paulo. 2023.

Disponível em: <http://qnesc.sbq.org.br/pagina.php?idPagina=7>. Acesso em: 30 nov. 2023.

SOLOMON, S. D.; BAHADORY, M.; JEYARAJASINGAM, A. V.; RUTKOWSKY, S. A.; BORITZ, C. *Synthesis and study of silver nanoparticles*. **J. Chem. Educ.**, v. 84, p. 322-325. 2007.

SOUSA, M. M. de; FARIAS, R. C.; CAVALCANTI, M. da S.; TRAJANO, G. A.; LIMA, H. S. da C.; BATISTA, F. G. de A. Análise microbiológica de água de poços para abastecimento urbano, na cidade de Campina Grande-Paraíba. **Caderno Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável**. V. 9, n.7, e-7044. Lagoa Seca – PB. 2019. Disponível em:

<https://www.gvaa.com.br/revista/index.php/CVADS/article/view/7044>. Acesso em: 9 dez. 2023.

POORNASAREENA, T.; SATHYA, M.; KEERTHIGA, K.; ANISHKUMAR, M. *Silver Nanoparticles and its Applications*. **Zenodo**, [S.L.], p. 1014-1018, 28 fev. 2023.

<http://dx.doi.org/10.5281/ZENODO.7683493>.

TAO, A. R.; HABAS, S.; YANG, P. *Shape Control of Colloidal Metal Nanocrystals*. **Small**, [S.L.], v. 4, n. 3, p. 310-325, 26 fev. 2008. Wiley.
<http://dx.doi.org/10.1002/smll.200701295>.

THIESEN, J. da S. A interdisciplinaridade como um movimento articulador no processo ensino-aprendizagem. **Revista Brasileira de Educação**, v. 13 n. 39 set./dez. 2008. Disponível em:
<https://www.scielo.br/j/rbedu/a/swDcnzst9SVpJvpx6tGYmFr/?format=pdf&lang=pt>.
Acesso em: 23 jul. 2023.

TIAN, J.; WONG, K. Y.; HO, C.-M.; LOK, C.-N.; YU, W.-Y.; CHE, C.-M.; CHIU, J.-F.; TAM, P. K. H. *Topical Delivery of Silver Nanoparticles Promotes Wound Healing*. **Chemmedchem**, [S.L.], v. 2, n. 1, p. 129-136, 27 dez. 2006. Wiley.
<http://dx.doi.org/10.1002/cmdc.200600171>.

ZHANG, J. Z.; NOGUEZ, C. *Plasmonic optical properties and applications of metal nanostructures*. **Plasmonics**, v. 3, p. 127-150, 2008.

ANEXO

ANÁLISE QUANTO A PRESENÇA DE COLIFORMES

INSTITUTO FEDERAL DA PARAÍBA – IFPB CAMPUS SOUSA
 LABORATÓRIO DE ANÁLISES MICROBIOLÓGICAS DE ALIMENTOS
 FICHA DE ACOMPANHAMENTO DAS ANÁLISES MICROBIOLÓGICAS DOS ALIMENTOS

Nº da amostra: 01	Solicitante:
Nº do Laudo:	RUAN (QUÍMICA)
Coletado por: DAMIÃO	Data da Entrada: 26-09-2023
Analisado por: DAMIÃO	Data da Análise: 26-09-2023
Produto: ÁGUA CANAL IRRIGAÇÃO IFPB	Data da Saída:
Marca:	Lote:
Fabricação:	Validade:

Parâmetros Analisados	Unidade	Resultado	Padrão
Coliformes a 35°C	NMP/ML	71,1 x 10 ³	0,0
Coliformes a 45°C	NMP/ML	71,1 x 10 ³	0,0
<i>E. coli</i>			
<i>Salmonella spp</i>			
Estafilococos coagulase (+)			
Aeróbios mesófilos viáveis			
Bactérias heterotróficas			
<i>Bacillus cereus</i>			
Clostridium sulfito redutor			
Bolores e leveduras			

Conclusão/observações:

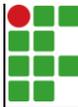
Verificação Data:	Aprovação Data:
----------------------	--------------------

APENDICE

PROPOSTA DE SEQUÊNCIA DIDÁTICA

Objetivo Geral: Introduzir os alunos ao fascinante mundo da nanociência, destacando a importância dos nanomateriais, a segurança no uso de instrumentos de laboratório, a síntese de nanoprata, e as propriedades e aplicações da nanoprata. Ao final da sequência didática o aluno será capaz de compreender e identificar algumas das diferentes propriedades e aplicações dos nanomateriais bem como possíveis impactos para o meio.

ATIVIDADES	TEMPO (minutos)	CONCEITOS ABORDADOS	OBJETIVOS
-Aula expositiva; -Aplicação de questionário. -Discussão em sala.	50	-Escala de medida; -N&N; -Aplicações de NM no cotidiano	Compreender o conceito de nanociência e a escala nanométrica, bem fundamentos de sua aplicação
-Aula expositiva; -Apresentação de vídeos ilustrativos; -Pesquisa sobre a nanotecnologia e nanomateriais pelo mundo; -Discursão em sala de aula para averiguar o entendimento dos alunos.	50	-Nanomateriais e Nanociência; -Soluções; Concentração comum e concentração molar;	Ao fim da aula o aluno saiba diferenciar concentração comum e concentração molar, esteja apto à calcular a massa de um reagente para uma dada concentração.
-Aula expositiva e prática; -Prática com equipamentos laboratoriais; -Vídeos ilustrativos;	50	-Segurança no laboratório; -Técnica instrumental;	Mostrar alguns dos possíveis perigos que existem no laboratório e forma adequada de agir em caso de acidentes. Treinar os estudantes para o uso dos instrumentos de laboratório.
-Síntese de nanopartículas de prata. -Pesquisa na literatura caracterização das amostras.	100	-Soluções; -Propriedades dos nanomateriais;	Sintetizar e caracterizar amostras de nanopartículas de prata.
-Aula expositiva; -Aplicação de questionário. -Vídeos ilustrativos -Discussão em sala.	50	-Efeito bactericida da nanoprata; -Estruturas da bactéria; -Impactos ambientais.	Demonstrar o efeito da nanoprata sobre as bactérias e a inovação que ela traz para combatê-las. Conscientizar os alunos sobre uma nova forma de poluição.

	INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA DA PARAÍBA
	Campus Sousa - Código INEP: 25018027
	Av. Pres. Tancredo Neves, S/N, Jardim Sorrilândia III, CEP 58805-345, Sousa (PB)
	CNPJ: 10.783.898/0004-18 - Telefone: None

Documento Digitalizado Ostensivo (Público)

TCC

Assunto:	TCC
Assinado por:	Ruan Pereira
Tipo do Documento:	Dissertação
Situação:	Finalizado
Nível de Acesso:	Ostensivo (Público)
Tipo do Conferência:	Cópia Simples

Documento assinado eletronicamente por:

- **Ruan Queiroga Pereira, ALUNO (202018740016) DE LICENCIATURA EM QUÍMICA - SOUSA**, em 23/03/2024 19:21:13.

Este documento foi armazenado no SUAP em 23/03/2024. Para comprovar sua integridade, faça a leitura do QRCode ao lado ou acesse <https://suap.ifpb.edu.br/verificar-documento-externo/> e forneça os dados abaixo:

Código Verificador: 1124461

Código de Autenticação: 6cc116622d

