



**UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO DE JANEIRO
CAMPUS DUQUE DE CAXIAS – PROFESSOR GERALDO CIDADE
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM FORMAÇÃO EM CIÊNCIAS
PARA PROFESSORES**



FELIPE GUSTAVO SILVA DE ABREU

DIVULGAÇÃO CIENTÍFICA EM NANOTECNOLOGIA

DUQUE DE CAXIAS

2023



**UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO DE JANEIRO
CAMPUS DUQUE DE CAXIAS – PROFESSOR GERALDO CIDADE
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM FORMAÇÃO EM CIÊNCIAS
PARA PROFESSORES**



FELIPE GUSTAVO SILVA DE ABREU

DIVULGAÇÃO CIENTÍFICA EM NANOTECNOLOGIA

Dissertação de Mestrado Profissional apresentado ao Programa de Pós-Graduação em Formação em Ciências para Professores, da Universidade Federal do Rio de Janeiro, como parte dos requisitos necessários para a obtenção do título de Mestre em Formação em Ciências para Professores.

ORIENTADORA:

Dra. MÔNICA MESQUITA DE LACERDA

COORIENTADORA:

Dra. NATASHA MIDORI SUGUIHIRO

Duque de Caxias

2023

CIP - Catalogação na Publicação

A162d Abreu, Felipe Gustavo Silva de
Divulgação Científica em Nanotecnologia / Felipe
Gustavo Silva de Abreu. -- Rio de Janeiro, 2023.
150 f.

Orientador: Mônica de Mesquita Lacerda.
Coorientador: Natasha Midori Suguihiro.
Dissertação (mestrado) - Universidade Federal do
Rio de Janeiro, Campus Duque de Caxias Professor
Geraldo Cidade, Programa de Pós-Graduação em Formação
em Ciências para Professores, 2023.

1. Nanotecnologia. 2. Divulgação Científica. 3.
Vídeos. 4. Experimentos. 5. Educação Não-Formal. I.
de Mesquita Lacerda, Mônica, orient. II. Midori
Suguihiro, Natasha, coorient. III. Título.



UFRJ

Universidade Federal do Rio de Janeiro
Campus Duque de Caxias
Mestrado Profissional em Formação em Ciências para Professores

“Divulgação Científica em Nanotecnologia”

FELIPE GUSTAVO SILVA DE ABREU

DISSERTAÇÃO DE MESTRADO SUBMETIDA À UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO DE JANEIRO VISANDO A OBTENÇÃO DO GRAU DE MESTRE EM FORMAÇÃO EM CIÊNCIAS PARA PROFESSORES.

Duque de Caxias, 18 de dezembro de 2023.

APROVADO POR:

Mônica de Mesquita Lacerda

DR^a MÔNICA DE MESQUITA LACERDA - UFRJ/DUQUE DE CAXIAS
ORIENTADOR E EXAMINADOR

Natasha M. Suguihiro

DR^a NATASHA MIDORI SUGUIHIRO - UFRJ/DUQUE DE CAXIAS
EXAMINADORA

Robson Roney Bernardo

DR. ROBSON RONEY BERNARDO - UFRJ/DUQUE DE CAXIAS
EXAMINADOR

Ant. C. F. dos S.

DR. ANTONIO CARLOS FONTES DOS SANTOS - UFRJ
EXAMINADOR

Esta dissertação é dedicada aos meus pais, filhos, companheira, amigos e estimados alunos. Além de todos aqueles que estiveram comigo durante essa caminhada.

AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus pela vida e pela oportunidade de dar mais um passo em prol da educação. Acredito que, desta forma, posso contribuir para a sociedade como um professor e cidadão comprometido em divulgar a ciência dentro de um tema altamente relevante, o qual está inserido no nosso dia a dia, seja através dos diversos benefícios tecnológicos ou dentro dos ramos do conhecimento científico que estão vinculados a tal área tecnológica.

Agradeço aos meus pais, José Francisco e Anita, que sempre me apoiaram incondicionalmente desde a infância, me mostrando o quão importante é a educação e o contínuo aprimoramento desta através da formação superior. Amo vocês.

Agradeço aos meus filhos João Felype, José Pietro e Murilo. Vocês são o real motivo da minha dedicação diária em prol do aprimoramento. Amo e amarei vocês, eternamente.

Agradeço a minha companheira Svetlana Monteiro, por estar sempre comigo me apoiando nas decisões me tornando um homem e um profissional melhor. Amo lhe amar.

O meu agradecimento também é dedicado à minha orientadora, Dra. Mônica Lacerda. Sou eternamente grato pela sua paciência, conselhos, ajuda e amizade que foi construída por mais de uma década como servidores da UFRJ Campus Duque de Caxias. Foi uma honra ser seu aluno e orientando no mestrado do Proficiências com um tema tão desafiador.

Da mesma forma agradeço à minha coorientadora, Dra. Natasha Suguihiro, pela paciência, conselhos e introdução dentro do universo da Nanotecnologia. Você me fez ver a importância que deve ser dada a divulgação científica de tal tema.

Também sou grato pelos amigos que o Proficiências me possibilitou. Obrigado pela amizade e aprendizado com cada um de vocês.

Agradeço a todos os professores do mestrado que me ensinaram além das aulas remotas, incentivando sempre o aprimoramento.

Agradeço a todos os membros que participaram da banca examinadora.

Agradeço a todos aqueles que, direta ou indiretamente, contribuíram para a conclusão de tal trabalho. Em especial, toda a minha gratidão aos amigos técnicos da UFRJ Campus Duque de Caxias.

“There’s a Plenty of Room at the Bottom”

Richard Phillips Feynman

RESUMO

O papel da divulgação científica na sociedade vem, a cada dia, tornando-se indispensável ao possibilitar o acesso às informações de uma maneira mais ampla. Vinculado a esse processo, o avanço da Tecnologia e Informação trouxe consigo a possibilidade da existência da pós-verdade e a criação das chamadas “*fake news*”. Como podemos, então, viabilizar a divulgação científica sobre nanotecnologia com conteúdo acessível, fácil de entender e com rigor científico? Este trabalho apresenta a criação de uma página na internet que pode ser utilizada por qualquer pessoa que esteja interessada em conhecer esse ramo tecnológico da ciência. Os experimentos realizados e divulgados são: *Diluição em Escala Nano* para compreensão da escala nanométrica, *Efeito Tyndall* para observação indireta da formação de nanopartículas, *Molhamento de Superfícies* para observação de propriedades decorrentes de estruturas hierarquizadas, *Razão Área-Volume* para compreensão do papel da escala no resultado dos experimentos, *Nucleação e Crescimento de Cristais* para entendimento das bases da preparação de nanopartículas e, como exemplo de preparação ou utilização de nanomateriais, *Produção de Nanopartículas de Cobre*, *Nanopartículas de Dióxido de Titânio*, *Produção de Nanofilmes*, *Síntese de Nanopartículas Magnéticas com Materiais Alternativos* e *Pontos Quânticos*. Espera-se que o acesso irrestrito ao site contribua para tornar os conhecimentos básicos de nanotecnologia acessíveis ao público em geral, alcançando aqueles que ainda não a conhecem ou que desejam aprimorar seu conhecimento sobre o tema.

Palavras-chave: Nanotecnologia, Divulgação Científica, Vídeos, Experimentos, Educação Não-Formal

ABSTRACT

The role of scientific dissemination in society becomes, every day, indispensable in enabling access to information in a broader way. Linked to this process, the advancement of Technology and Information brought with it the possibility of the existence of post-truth and the creation of so-called “fake news”. How can we, then, enable scientific dissemination about nanotechnology with accessible content, easy to understand and with scientific rigor? This work presents the creation of a website that can be used by anyone interested in learning about this technological branch of science. The experiments carried out and published are: *Nanoscale dilution* to understand the nanometric scale, *Tyndall Effect* for indirect observation of nanoparticle formation, *Surface Wetting* to observe properties resulting from hierarchical structures, *Lotus Effect* for observing properties resulting from hierarchical structures, *Area-Volume Ratio* to understand the role of scale in the results of experiments, *Nucleation and Crystal Growth* to understand the basis of nanoparticle preparation and, as an example of preparation or use of nanomaterials, *Production of Copper Nanoparticles*, *Titanium Dioxide Nanoparticles*, *Production of Nanofilms*, *Synthesis of Magnetic Nanoparticles with Alternative Materials* and *Quantum Dots*. It is hoped that unrestricted access to the website will contribute to making basic knowledge of nanotechnology accessible to the general public, reaching those who do not yet know it or who wish to improve their knowledge on the subject.

Keywords: Nanotechnology, Scientific Dissemination, Videos, Experiments, Non-Formal Education

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ABE	–	Associação Brasileira de Educação
ABJC	–	Associação Brasileira de Jornalismo Científico
ABRADIC	–	Associação Brasileira de Divulgação Científica
AFM	–	Atomic Force Microscopy
BNCC	–	Base Nacional Comum Curricular
ENPEC	–	Encontro Nacional de Pesquisa em Ensino de Ciências
FIOCRUZ	–	Fundação Oswaldo Cruz
HTML5	–	<i>Hyper Text Markup Language</i>
IBECC	–	Instituto Brasileiro de Educação, Cultura e Ciências
IBM	–	International Business Machine
LDB	–	Lei de Diretrizes e Bases da Educação
OLED	–	Organic Light-Emitting Diode
PCN	–	Parâmetro Curricular Nacional
SBC	–	Sociedade Brasileira de Ciências
SBPC	–	Sociedade Brasileira para o Progresso da Ciência
SciELO	–	Scientific Electronic Library Online
SI	–	Sistema Internacional de Unidades
STM	–	Scanning Tunneling Microscope
TCTs	–	Temas Contemporâneos Transversais
TEM	–	Transmission Electron Microscopy

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

- FIGURA 1** - Representação do Fulereo com 60 átomos de carbono destacando os (a) átomos e (b) as ligações interatômicas e estruturas pentagonais e hexagonais. Disponível em: <https://repositorio.ufpb.br/jspui/bitstream/tede/9557/2/arquivototal.pdf> 28
- FIGURA 2** - Pavilhão norte-americano da Exposição Mundial de 1967 (na Ilha de Santa Helena, Canadá) Disponível em: <http://www.history2aar.blogspot.com/> 29
- FIGURA 3** - Logotipo da empresa IBM construído utilizando microscopia eletrônica de tunelamento. Disponível em: <https://www.ibm.com/ibm/history/ibm100/us/en/icons/microscope/breakthroughs/> 29
- FIGURA 4** – Nanotubos. Disponível em: <https://pixabay.com/pt/illustrations/carbono-nano-tubos-de-grafeno-cnt-2946387/> 30
- FIGURA 5** - Inserção da Nanotecnologia e suas aplicações Adaptado de: <https://petnanoifrj.wixsite.com/petnanoifrj/origemdananotecnologia> 31
- FIGURA 6** - Imagem ilustrativa de comparação de dimensões na escala nanométrica e na escala métrica. Adaptado de: <https://basicknowledge101.com/categories/nano.html#size> 32
- FIGURA 7** - Imagem do interior da Igreja de Sainte-Chapelle, na França, nos vitrais as nanopartículas metálicas possibilitam variadas cores. Disponível em: <https://pixabay.com/pt/photos/igreja-interiores-arcos-janelas-2989682> 33
- FIGURA 8** - Imagem do Cálice de Licurgo (*Lycurgus Cup*). À esquerda, iluminada externamente (coloração verde). À direita, ocorre a transmissão da luz, sendo iluminada por dentro (coloração avermelhada). Disponível em: https://www.britishmuseum.org/collection/object/H_1958-1202-1 34
- FIGURA 9** - Propostas dos TCTs. 39
- FIGURA 10** - Programa Canva sendo utilizado para a edição dos vídeos. 48
- FIGURA 11** - Página inicial do canal do YouTube Nanotecnologia no Ensino de Ciências 49
- FIGURA 12** - Materiais utilizados no experimento da diluição em escala nano 51
- FIGURA 13**- Etapa de diluição da gota de corante 52
- FIGURA 14** - Resultado final na formação da nanomolécula de corante 52
- FIGURA 15** - Etapa do Procedimento experimental do Efeito Tyndall 54
- FIGURA 16** - Verificação das partículas em solução coloidal. 54

FIGURA 17 - Laser atravessando o béquer com água filtrada	55
FIGURA 18 - Efeito da dispersão da luz	55
FIGURA 19 - Pastilhas efervescentes utilizadas para o experimento da área de superfície	56
FIGURA 20 - Pastilhas efervescentes em solução no início da reação	57
FIGURA 21 - Pastilhas efervescentes em solução após um minuto.	57
FIGURA 22 - Materiais utilizados no experimento de nucleação e cristalização	58
FIGURA 23 - Pontos brancos na imagem mostram o início do procedimento de nucleação do sal amargo	58
FIGURA 24 - Final do procedimento de nucleação do sal amargo (bottom up)	59
FIGURA 25 - Visão ampliada dos cristais formados	59
FIGURA 26 - Ângulo de contato e a relação entre a molhabilidade de uma superfície. Adaptado de Liesenfeld e Canavesse (2014)	60
FIGURA 27 - Formato da gota em uma folha da flor de hibiscus	60
FIGURA 28 - Formato da gota em uma folha da Tradescantia pallida	61
FIGURA 29 - Formato da gota em uma folha de clusia	61
FIGURA 30 - Formato da gota em uma folha de couve	62
FIGURA 31 - Formato da gota em uma superfície de areia, PVA cola e plástico	62
FIGURA 32 - Estilete metálico antes do experimento.	63
FIGURA 33 - Formação de nanofilmes de óxido metálico e difração da luz pelo filme.	63
FIGURA 34 - Etapa do experimento ilustrando os materiais utilizados na formação das nanopartículas de cobre	64
FIGURA 35 - Verificação anterior ao experimento de nanopartículas de cobre	64
FIGURA 36 - Estilete de aço-carbono nucleado	65
FIGURA 37 - Presença de nanopartículas de cobre	65
FIGURA 38 - Materiais necessários para o experimento de síntese de nanopartículas	66
FIGURA 39 - Divisão do volume total em duas partes: dois terços e um terço em diferentes béqueres.	66
FIGURA 40 - Reação de oxidação dos íons Fe^{2+} para íons Fe^{3+}	67
FIGURA 41 - Preparação da solução de NaOH	67
FIGURA 42 - Resultado parcial da formação das nanopartículas magnéticas	68

FIGURA 43 - Resultado final das nanopartículas magnéticas interagindo com um ímã	68
FIGURA 44 - Luz ultravioleta incidindo sobre uma superfície sem dióxido de titânio (a esquerda) e com dióxido de titânio (a direita).	69
FIGURA 45 - Materiais utilizados na produção dos pontos quânticos	70
FIGURA 46 - Solução de água filtrada, vinagre e açúcar mantida à temperatura ambiente.	70
FIGURA 47 - Resultados das soluções de pontos quânticos	71
FIGURA 48 - Organograma do sítio eletrônico desenvolvido	82
FIGURA 49 - INÍCIO: parte superior da página	82
FIGURA 50 – INÍCIO: parte inferior da página	83
FIGURA 51 - PERFIL e CONTATO: parte superior da página	83
FIGURA 52 - PERFIL E CONTATO - Parte inferior da página	84
FIGURA 53 – NANOTECNOLOGIA - O QUE É? – Parte superior da página	85
FIGURA 54 – NANOTECNOLOGIA – O QUE É? - parte inferior da página	86
FIGURA 55 – UM POUCO MAIS... – parte superior da página	86
FIGURA 56 - UM POUCO MAIS... - parte inferior da página	87
FIGURA 57 – VÍDEOS – parte superior da página	88
FIGURA 58 - MAIS VÍDEOS: parte superior da página	88
FIGURA 59 - Aparência do sítio eletrônico na parte ROTEIROS EXPERIMENTAIS	89

LISTA DE TABELAS

QUADRO 1	Período por Questões do ENEM sobre nanotecnologia.....	43
QUADRO 2	Relação dos experimentos realizados.....	46
QUADRO 3	Experimentos e a BNCC – Ciências – Anos Finais.....	73
QUADRO 4:	Experimentos e a BNCC – Ciências da Natureza e suas Tecnologias – Ensino Médio.....	78

SUMÁRIO	
DEDICATÓRIA	V
AGRADECIMENTOS	VI
EPÍGRAFE	VII
RESUMO	VIII
ABSTRACT	IX
LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS	X
LISTA DE ILUSTRAÇÕES	XI
LISTA DE TABELAS	XIV
1. INTRODUÇÃO	18
1.1 – BREVE HISTÓRIA DA COMUNICAÇÃO CIENTÍFICA ESCRITA	20
1.2 – BREVE HISTÓRIA DA DIVULGAÇÃO CIENTÍFICA	22
1.3 – DIVULGAÇÃO CIENTÍFICA NOS ESPAÇOS DE EDUCAÇÃO NÃO FORMAL	24
1.4 – DIVULGAÇÃO CIENTÍFICA NAS REDES E MÍDIAS SOCIAIS	25
1.5 – NANOTECNOLOGIA	28
1.7 – DIVULGAÇÃO CIENTÍFICA EM NANOTECNOLOGIA	35
1.8. – BASE NACIONAL COMUM CURRICULAR(BNCC), TEMAS CONTEMPORÂNEOS TRANSVERSAIS (TCTs) E O ITINERÁRIO FORMATIVO NA CIÊNCIA DA NATUREZA E SUAS TECNOLOGIAS	38
1.9 – ENEM E A NANOTECNOLOGIA	43
2. OBJETIVOS	44
2.1 – OBJETIVO GERAL	44
2.2 – OBJETIVOS ESPECÍFICOS	45
3. MATERIAIS E MÉTODOS	45
3.1 – PREPARAÇÃO EXPERIMENTAL	46
3.2 – PREPARAÇÃO DOS VÍDEOS	48
3.3 – PREPARAÇÃO DO CANAL NA REDE SOCIAL	49
3.4 – PREPARAÇÃO DO <i>SITE</i>	50
4. RESULTADOS E DISCUSSÕES	51
4.1– REALIZAÇÃO DOS EXPERIMENTOS	52
4.1.1 – DILUIÇÃO EM ESCALA NANO	52
4.1.2 – EFEITO TYNDALL	54
4.1.3 – RAZÃO ÁREA-VOLUME	57

4.1.4 – NUCLEAÇÃO E CRESCIMENTO DE CRISTAIS	58
4.1.5 – MOLHABILIDADE	60
4.1.6 – NANOFILMES DE ÓXIDOS METÁLICOS	63
4.1.7 – NANOPARTÍCULAS DE COBRE	64
4.1.8 – NANOPARTÍCULAS MAGNÉTICAS	67
4.1.9 – USO DE NANOPARTÍCULAS DE DIÓXIDO DE TITÂNIO	69
4.1.10 – PONTOS QUÂNTICOS	70
4.2 – ANÁLISE DA BNCC FACE AOS EXPERIMENTOS ESCOLHIDOS	72
4.3 – SITE DE DIVULGAÇÃO CIENTÍFICA EM NANOTECNOLOGIA	82
5. CONCLUSÃO	90
6. PERSPECTIVAS FUTURAS	91
7. REFERÊNCIAS	92
8. APÊNDICES	101
8.1. – DILUIÇÃO EM ESCALA NANO	101
8.2. – EFEITO TYNDALL	107
8.3. – RAZÃO ÁREA-VOLUME	112
8.4. – NUCLEAÇÃO E CRESCIMENTO DE CRISTAIS	116
8.5. - PRODUÇÃO DE NANOPARTÍCULAS DE COBRE	122
8.6 - NANOPARTÍCULAS DE DIÓXIDO DE TITÂNIO	127
8.7. - PRODUÇÃO DE NANOFILMES	132
8.8. - SÍNTESE DE NANOPARTÍCULAS MAGNÉTICAS COM MATERIAIS ALTERNATIVOS	136
8.9. – PONTOS QUÂNTICOS	141
8.10. – MOLHAMENTO DAS SUPERFÍCIES	147

1. INTRODUÇÃO

A divulgação científica tem uma importância ímpar na formação das sociedades e, ao longo do tempo, o seu progresso está vinculado à história e à filosofia das ciências (Abagli, 1996). Sua contribuição se dá no processo de construção da cultura científica, peça tão necessária para a ascensão de uma formação técnica de trabalho ou para a formação cidadã (Lordêlo; Porto, 2012). Essa forma de cultura apresenta um conceito atual mais justo que compara a sua dinâmica, indo da ciência até a cultura, semelhante a um movimento realizado por uma espiral segmentada da importância dos destinadores e destinatários e que é dividida em quatro partes, que são: na primeira parte os cientistas são os destinadores e destinatários, na segunda parte, os cientistas e professores são os destinadores e os destinatários, os estudantes. Na terceira parte, agregando aos destinadores anteriores temos os diretores de museus e animadores culturais da ciência. Já os destinatários seriam os estudantes e o público jovem. Na última parte, os destinatários são os jornalistas e cientistas e os destinadores são formados pela sociedade em geral (Vogt, 2011). Por outro lado, alguns defendem que essa mesma cultura científica não tenha um único conceito construído e nem uma única forma de dimensioná-la, por mais que esteja presente na produção de ciência, tecnologia e inovação, características essenciais para a construção de uma cultura científica mais democrática (Porto, 2009).

Para a cultura científica se tornar mais popular e abrangente, é necessário que a divulgação científica ocorra de maneira mais vigorosa nos meios possíveis. Parte do entendimento do processo que envolve a divulgação científica como um todo se faz através da compreensão do chamado *sistema da ciência* que é formado pelos seguintes agentes: produtores, processo de produção, produtos, comunicação primária, comunicação secundária, além do contexto histórico, político, econômico e social que permeia um determinado tema da ciência (Epstein, 2002).

Há tempos que a divulgação científica, não pareada e mais ampla, vem fazendo uso de variados meios como jornais, revistas e, de forma mais recente, o espaço da *web*, alcançando assim um público maior e menos seletivo. Atualmente, com a expansão da Tecnologia da Informação, cresceu a divulgação científica feita principalmente pelas redes sociais e blogs. Em contrapartida, isso possibilitou a

existência da pós-verdade e a criação das chamadas “*fake news*” que, contaminando tais redes, coloca em risco a Ciência, a Política e a liberdade individual (Damasceno, 2021). A partir do momento que as mídias ou redes sociais tornaram-se um dos principais recursos de divulgação, potencializaram as notícias e informações, verdadeiras ou não, escritas com interesses pessoais, econômicos e políticos (Moreira e Palmieri, 2023). Como exemplos de inverdades associadas à nanotecnologia, em 2021 e em 2023, o grafeno foi apontado como um dos ingredientes nocivos presentes na vacina da Covid-19 e que teria o poder de magnetização nas pessoas e que se acumularia em órgãos reprodutivos (Estadão, 2023).

Utilizar a internet para a divulgação da ciência se trata de uma forma de compreender a utilização de recursos, técnicas e processos para a veiculação de informações científicas e tecnológicas ao público em geral (Bueno, 1984). Este modelo pode ser divulgado em três categorias: de forma institucional, de forma independente e por revistas e seção de jornais (Porto, 2009).

Alinhado a esses fatores devemos considerar a importância do ensino de Ciências na Educação Básica. A Base Nacional Comum Curricular (BNCC), vigente na educação básica, contempla a nanotecnologia nas propostas dos itinerários formativos de Ciências da Natureza.

Como viabilizar a divulgação científica sobre nanotecnologia através da criação de um sítio gratuito e do seu uso de forma gratuita? Este projeto de dissertação busca desenvolver mecanismos de divulgação científica, ferramenta tecnológica (sítio) juntamente com um canal na rede social *YouTube* que contenham mídias eletrônicas como, por exemplo, vídeos que demonstram alguns experimentos voltados para a inserção deste campo científico-tecnológico e que podem ser facilmente reproduzidos em ambientes domésticos. Estão disponíveis no sítio a lista de materiais necessários, os procedimentos experimentais e uma breve explicação com sua fundamentação e possíveis aplicações. Dessa forma, busca-se contemplar um público mais abrangente, que possa ir além dos profissionais da educação e dos estudantes do ensino básico.

1.1 – BREVE HISTÓRIA DA COMUNICAÇÃO CIENTÍFICA ESCRITA

Antes de tratar sobre a divulgação científica, apresenta-se neste item a definição e importância da comunicação científica, para distinguir as duas formas de apresentar a ciência a seus públicos-alvos.

A comunicação científica que estimula o compartilhamento de ideias entre seus pares teve sua origem na Grécia Antiga com a repercussão dos escritos de Aristóteles na cultura árabe e na Europa Ocidental. Posteriormente entre os séculos XIV e XVI, durante o Renascimento, a comunicação científica antes transmitida oralmente, começou a ser registrada de maneira escrita entre os seus pares (Rosa e Barros, 2018). Podemos definir a Comunicação Científica como um conjunto de atividades associadas à produção, disseminação e uso da informação (Valerio e Pinheiro, 2008). De forma mais assertiva e determinada, ocupa-se em transferir informações científicas, tecnológicas ou associadas a inovações a que se objetiva aos especialistas em certas áreas do conhecimento (Bueno, 2010). No Brasil, a comunicação científica entre os séculos XVI e XVIII não apresentou produção científica relevante, pois uma pequena parte da população era letrada e o ensino elementar era mantido sob rígido controle dos jesuítas. Os poucos habitantes de classes sociais abastadas tinham alguma informação sobre conhecimento científico adquirido durante os estudos de formação realizados no exterior (Massarani e Moreira, 2003). Uma exceção foi a criação, em 1772, de uma das primeiras associações voltadas para a difusão do conhecimento – Sociedade Científica do Rio de Janeiro – que, em 1779 foi recriada com o nome Sociedade Literária do Rio de Janeiro que realizava conferências públicas sobre botânica, zoologia, química, física e mineralogia (Schwartzman, 2001). Somente no século XIX, com a chegada da Corte portuguesa e a consequente inauguração das primeiras instituições de ensino superior e das sociedades científica e literária, que a comunicação científica no Brasil foi estimulada, tendo assim o início da repartição de ideias entre os pares (Freitas, 2006).

Em 1900 foi criada a Fundação Oswaldo Cruz (FIOCRUZ) que tinha como objetivo, na época, o combate à febre amarela, a peste bubônica e a varíola. Ao longo dos anos, o comprometimento dessa instituição com a ciência e sua divulgação trouxe inúmeros benefícios à sociedade brasileira. Já em São Paulo, um ano depois, foi criado o Instituto Butantan que teve no papel do seu primeiro diretor, o médico Vital Brazil Mineira da Campanha, a produção de soros e vacinas, levando esta instituição ao prestígio internacional. Ambas instituições também desenvolvem pesquisa reconhecida (Butantan, 2022).

Do ponto de vista histórico ocidental, há um consenso de que as primeiras atividades envolvendo a Comunicação ocorreram na *Academia* da Grécia Antiga, onde os filósofos debatiam questões relevantes, como os debates de Aristóteles, iniciando assim a comunicação escrita das pesquisas (Santos-D'Amorim, 2021).

A Comunicação Científica teve seu impulso maior quando do surgimento da ciência moderna na Europa do século XV com a invenção da imprensa com tipos móveis do alemão Johannes Gutenberg (Muller e Caribé, 2010). Isto possibilitou o avanço no desenvolvimento científico e a sua comunicação através da troca de cartas e outros documentos em latim erudito (Hernando, 2006). Como consequência houve o crescimento das academias de ciências em países como a Itália, Inglaterra, França e Alemanha. Posteriormente, nos séculos XVI e XVII, a difusão dos livros impressos disseminou o conhecimento científico vigente do período. Até o final do século XVIII foram criadas 70 (setenta) sociedades científicas, fundamentais no desenvolvimento da comunicação científica e no fortalecimento de seus meios de difusão (Santos-D'Amorim, 2021).

Já no século XIX, com a capacidade crescente de leitura e escrita da população europeia, a ciência passou a ser divulgada de uma forma muito mais abrangente (Burke, 2003). Nessa época foram criadas associações para o progresso da ciência, periódicos e revistas. *Nature* e *Science*, por exemplo, que surgiram neste período, são exemplos de periódicos científicos vigentes até o presente momento.

Ao longo do século XX se legitima ainda mais o crescimento das editoras comerciais no processo de editoração científica, substituindo a comunicação científica oral e correspondências pessoais (Rosa, Barros, 2018). De maneira geral, a produção da comunicação científica, de natureza cumulativa, se baseia no aprimoramento por parte dos seus protagonistas que precisam validar suas hipóteses através da demonstração ou comprovação experimental (Bueno, 2010). Desta forma, as publicações científicas (ou comunicações científicas) se diferem das publicações de divulgação científica pois as primeiras correspondem a um diálogo entre os pares, enquanto que a última tem como foco a comunicação para o público variado, fora da comunidade acadêmica (Valerio e Pinheiro, 2008).

Somente no século XIX (1808) – com a transferência da Corte Portuguesa – foram criadas as instituições de ensino superior ligadas à ciência, e as organizações técnicas como a Academia Real Militar e o Museu Nacional que exerciam a comunicação científica ainda entre os seus pares (Coelho e Vasconcelos, 2009).

1.2 – BREVE HISTÓRIA DA DIVULGAÇÃO CIENTÍFICA

A evolução da divulgação científica é parte complementar e indispensável da história e da filosofia das ciências (Massarani e Moreira, 2004). O objetivo maior da divulgação científica é a democratização do acesso ao conhecimento científico, estabelecendo condições para a construção da alfabetização científica (Bueno, 2010). A ideia de adaptar informações para que seja possível atender a um público leigo, divulgando e compartilhando conhecimentos científicos sobre um determinado tema através de suas descobertas e evidências torna-se um processo de recodificação, quando possibilita que uma linguagem especializada se torne uma linguagem não especializada (Caribé, 2018).

Relatos históricos indicam que em 59 a.C., na Roma Antiga, o *Acta Diurna* foi o primeiro jornal existente. Feito em placas brancas e colocado em locais públicos, continha informações de julgamentos e execuções comandadas pelo líder Júlio César (Moraes e Carneiro, 2018). Já a primeira informação científica veiculada na imprensa foi uma breve notícia sobre a epidemia de febre amarela de 1690, publicada no Estado de Boston, EUA. Desde então, a criação de sessões e atas para os jornalistas especializados progrediu contribuindo assim para o desenvolvimento do jornalismo científico (Hernando, 2006).

A divulgação científica teve sua origem no século XV com a própria ciência moderna tornando-se, progressivamente, mais popular e abrangente a cada século (Mueller e Caribé, 2010). A partir de nomes como Francis Bacon, Descartes, Galileu e Newton, a ciência passou a ser fundamentada em evidências, no empirismo e no conhecimento aplicado. Como exemplo, ao final da revolução científica do século XVII, os estudos realizados por Galileu foram fundamentais para o conhecimento e a posterior divulgação científica em Física e Astronomia (Koyre, 2011). Alguns autores reconhecem a obra do astrônomo – *Diálogos sobre os dois sistemas máximos do mundo, ptolomaico e copernicano* – como um livro que forma a base da divulgação científica (Mueller e Caribé, 2010).

No Brasil, entre os séculos XVI e XVIII, havia uma pequena quantidade da população letrada e com formação adquirida no exterior. A demanda científica era técnica ou militar, não havendo uma imprensa, atividades científicas ou difusão dessa (França, 2015).

Já no início do século XIX, mais precisamente em 1810, foi criada a Imprensa Régia e os primeiros livros e jornais foram publicados. A Gazeta do Rio de Janeiro, O Patriota e o Correio Braziliense trouxeram as primeiras publicações com artigos e notícias científicas (Massarani e Moreira, 2002). Ainda no final deste século, ressalta-se a importância do engenheiro e astrônomo francês, naturalizado brasileiro, Henrique Morize, que foi fundador-diretor do Imperial Observatório do Rio de Janeiro. Morize foi o primeiro presidente da Sociedade Brasileira de Ciências, que divulgava a ciência junto à população, e teve uma importância ímpar em áreas como física e astronomia, participando da difusão do ensino experimental de Física nas escolas superiores no início do século XX (Barbosa, 2004).

Após a Primeira Guerra Mundial, entre 1914 e 1918, houve um crescente interesse pela ciência no nosso país. Na década de 1920, a divulgação científica era tratada como uma “vulgarização científica” havendo uma grande celeridade ao possibilitar a população os conhecimentos advindos da produção científica no país, através da intensificação no uso de jornais, revistas, livros e conferências periódicas abertas ao grande público. As criações da Sociedade Brasileira de Ciências (SBC) e da Associação Brasileira de Educação (ABE) se transformaram esta década na mais produtiva na divulgação científica brasileira até então (Filho et al, 2001). Nesta mesma década, em 1923, foi criada a primeira rádio brasileira, a Rádio Sociedade do Rio de Janeiro fundada por Edgard Roquette-Pinto (Brasil, 2004). Pioneiro ao utilizar tal meio como instrumento de divulgação científica e considerado o pai da radiodifusão brasileira, Roquette-Pinto buscou mostrar que o conhecimento científico faria parte do conjunto de programas dedicados a educar o povo (Rocha, 2010).

Dentro deste breve histórico destaca-se a importância de um dos maiores difusores da ciência e tecnologia desse país: o médico José Reis (1907-2002) que, por mais de 60 anos, teve papel fundamental na divulgação científica ao ser uma referência no jornalismo científico. Considerado por muitos como o pai da divulgação científica no Brasil, José Reis foi fundador e secretário-geral da Sociedade Brasileira para o Progresso da Ciência (SBPC), sendo membro do Instituto Brasileiro de Educação, Cultura e Ciências (IBECC). O carioca José Reis divulgou a ciência por diversos meios como revistas e programas de rádio, sendo presidente da Associação Brasileira de Jornalismo Científico (ABJC) e da Associação Brasileira de Divulgação Científica (ABRADIC) (Abdala-Mendes, 2021).

Ao final do século XX até o momento atual, a divulgação científica no Brasil vem se tornando mais abrangente. Meios de comunicação como rádio, televisão, imprensa e até mesmo o cinema foram fundamentais para o processo de democratização científica. A internet conseguiu aumentar ainda mais a velocidade na divulgação da ciência possibilitando a fusão das variadas formas de comunicação em um único meio. Por exemplo, sítios como Ciência Hoje *on-line*, o *ScienceNet*, o Portal de Jornalismo Científico, e o CanalCiência são pioneiros em fazer divulgação científica na *World Wide Web* no nosso país (França, 2015).

1.3 – DIVULGAÇÃO CIENTÍFICA NOS ESPAÇOS DE EDUCAÇÃO NÃO FORMAL

No início do século XXI, em uma entrevista concedida à Revista Ciência e Cultura, o jornalista Manuel Calvo Hernando afirmou que “se queremos realmente uma sociedade democrática, é preciso que todos entendam a ciência” (Cien.Cult, 2005). Da mesma forma, há uma preocupação latente sobre a importância do indivíduo entender como funciona o seu mundo através dos paradigmas da ciência, de tal maneira que este possa contribuir como cidadão participativo. Tornar, então, a ciência mais abrangente, popular e acessível deve ser uma preocupação recorrente daqueles que a constroem, estudam e que tem o papel cidadão de transmiti-la (Epstein, 2002).

Dentro da diversidade de conhecimentos existentes, há diferentes formas de divulgar os temas científicos, contextualizando-os e aproximando os mesmos da sociedade de tal forma que não há um espaço único para tal divulgação. Na pesquisa em educação, há discussões ainda não finalizadas acerca do significado atribuído aos termos conhecidos na literatura como espaços de *educação formal*, *não formal* e *informal*. Como exemplo, o processo de aprendizagem que ocorre pela internet, conhecido como *free-choice learning* (aprendizagem por livre escolha) está inserido em uma educação desdobrada pela mídia eletrônica referida como uma forma de *educação não formal* (Falk; Dierking, 2002).

Desde o final da década de 90, quando a internet passou a ser utilizada de maneira mais acessível comercialmente, a *educação não formal* da divulgação científica encontrou um terreno produtivo para o seu desenvolvimento através da via digital, sendo um marco social-histórico na produção e divulgação da ciência (Machado, 2016; Grillo, 2013). De lá para cá, o aprimoramento e o uso de novas tecnologias digitais vêm auxiliando a popularização da ciência contribuindo assim para uma sólida formação cultural e científica. “[...] A divulgação científica compreende a utilização de recursos, técnicas e processos para a veiculação de informações científicas e tecnológicas ao público em geral” (Bueno, 1984). Dessa forma, pode-se facilitar o processo de democratização do conhecimento sobre a ciência, já que a divulgação científica feita através dos meios eletrônicos pode ser apresentada pela *World Wide Web* de várias maneiras distintas como, por exemplo, em revistas eletrônicas, sites específicos, mídias sociais, vídeos, simulações virtuais (França, 2015).

1.4 – DIVULGAÇÃO CIENTÍFICA NAS REDES E MÍDIAS SOCIAIS

Dentre os meios de divulgação científica de *educação não-formal* cabe, inicialmente, aqui ressaltar a diferença existente encontrada na literatura entre as chamadas redes sociais e as mídias sociais informando o espaço que cada uma delas ocupa atualmente. As redes sociais são formadas por sítios ou recursos que permitem ao usuário interagir e trocar informações entre o público que utiliza tais redes (Mattos Brito Oliveira, 2015). Por outro lado, pode ser entendida como “qualquer plataforma que permita às pessoas se conectarem mantendo listas estáveis ou não de relacionamentos para interagir com outras pessoas” (Mídias Sociais e Redes Sociais/Diferenças entre elas. *Blog Integrate*, 2015). Atualmente as redes sociais mais utilizadas no Brasil são o *Instagram*, *Facebook*, *Twitter* e *LinkedIn*. Em relação às mídias sociais, os autores também fazem distinção entre as mesmas. Para o primeiro, as mídias são sítios que permitem que sejam criados e compartilhados informações e conteúdo pelas pessoas (Mattos Brito Oliveira, 2015). Para o segundo, é o espaço que permite a discussão entre pessoas e empresas na rede promovendo a vida em

comunidade (Mídias Sociais e Redes Sociais/Diferenças entre elas. *Blog Integrate*, 2015). Como exemplos atuais de mídias temos o *Youtube*, *blogs* e *TikTok*.

Para os integrantes das redes e mídias sociais há diversos interesses e objetivos em utilizá-las. As plataformas digitais unem as pessoas seja pelo lazer/entretenimento, diversão, conhecimento, comunicação social, entre outros (Freitas et al., 2022). Isso possibilita sua utilização para a promoção da divulgação científica, alcançando mais pessoas ao se trabalhar um certo tema. Mais especificamente no meio educacional há um interesse dos alunos em usar a tecnologia presente no seu dia através de ferramentas digitais como *blogs*, canais do *YouTube*, sites pessoais, aplicativos, *WhatsApp*, *Google Classroom*, *Instagram*, *Facebook*, *TikTok*, entre outros (Oliveira, 2012).

Como o uso da internet possibilita o acesso às variadas informações, é importante conhecer também as características das redes sociais nesse universo e as possibilidades de trabalho a partir da organização das informações nelas dispostas (Silveira et al, 2017). Além disso, a possibilidade de comunicação em tempo real e a atratividade de comunicação entre os seus usuários faz com que as redes sociais sejam uma importante ferramenta para disseminar informações. As redes sociais na internet são dispositivos similares às redes sociais do mundo real, com propriedades semelhantes às redes sociais do nosso cotidiano (Ritzmann, 2012). Uma rede social muito utilizada por mais de uma década e ainda nos dias atuais é o *Facebook*, lançada em 2004 com o intuito de promover a interação entre as pessoas, independentemente do lugar (Terra, 2014). Em 2014, a rede possuía em torno de 1,23 bilhão de usuários, sendo uma das mais populares do mundo. Nela é possível criar as chamadas *Fan Pages* que são espaços destinados para empresas, marcas ou produtos, associações, sindicatos, autônomos, ou seja, qualquer organização com ou sem fins lucrativos que desejam interagir com os seus clientes (Aldabra, 2017). A popularidade e abrangência do uso desse instrumento de comunicação possibilita que uma determinada notícia obtenha um *feedback* (retorno do impacto da informação) quase que imediatamente (Silva e Silva, 2015).

Outra rede social vinculada, atualmente, ao *Facebook* é o *Instagram* que surgiu em 2010 e foi inicialmente criada para edição e compartilhamento de fotos atingindo em, menos de um ano após a sua criação, um total de 10 milhões de inscritos (Demezio et al., 2016). Além do compartilhamento de fotos e vídeos, conta com o acesso para pequenas e grandes empresas realizarem a divulgação dos seus

produtos ou serviços através das chamadas *Hashtags* e dos *Stories*. Enquanto que os *hashtags* podem nos direcionar para as *tags* interessadas, os *stories* estão associados à habilidade de contar histórias utilizando palavras, imagens, sons e vídeos. Temos então à disposição uma ferramenta digital poderosa, pois, em 2020, já contava com 1 bilhão de usuários ativos, sendo, atualmente, a 5ª maior rede social em todo mundo. No Brasil, no mesmo período, o *Instagram* contava com 99 milhões de usuários conectados (Terra, 2015).

Conhecida como a maior plataforma de compartilhamento de vídeos na Internet, o *YouTube* é um espaço de interação variada de experiências entre os usuários na produção de conteúdos (Carvalho, 2016). Criado em 2005, o site facilita o acesso do vídeo em rede tornando os seus usuários não somente meros espectadores, mas, também, geradores de conteúdo. Possuindo atualmente mais de dois bilhões de usuários e presente em mais de cem países e disponível em oitenta idiomas, possui mais de quatro bilhões de visualizações diárias. Pode ser utilizado por leigos ou por empresas e é um espaço pretensamente democrático e de fácil acesso e criação, pois possui entre alguns facilitadores uma ferramenta de edição de vídeos, além de estabelecer uma comunicação entre a conta do usuário do *Google* com o *Facebook*, *Twitter*, *WhatsApp*, entre outros (Realle e Martyniuk, 2016).

A rede social conhecida como *Tik Tok*, que está em franca expansão e tida como um dos aplicativos mais acessados do mundo atualmente, é um ambiente de vídeos disponíveis para os principais sistemas operacionais do mercado. Presente em mais de cento e cinquenta países e disponível em 75 idiomas, foi criado em 2016 pela *Byte Dance* que tem como missão inspirar criatividade e trazer alegria (TikTok, 2020). O aplicativo possibilita ao seu usuário a criação de vídeos curtos de 15 a 60 segundos que podem ser publicados no próprio aplicativo ou compartilhado em outras plataformas (Barin, Ellensohn e Silva, 2020). O uso do aplicativo tem como objetivo não somente a diversão, mas também ser um distribuidor de conteúdos criativos (Monteiro, 2021). Pode-se, então, conferi-lo como uma poderosa ferramenta tecnológica para a divulgação científica ao distribuir conteúdos criativos, integrando os usuários e ajudando no desenvolvimento potencial criativo dos mesmos.

1.5 – NANOTECNOLOGIA

Antes de tratarmos do objeto desta dissertação, cabe colocarmos em destaque um breve histórico da nanotecnologia e o que se entende como nanociência e nanotecnologia. De início, cabe ressaltar uma das palestras de grande relevância para o tema. Em dezembro de 1959, o físico norte-americano *Richard Feynman* apresentou em um encontro realizado na *American Physical Society*, em Pasadena, EUA, uma palestra intitulada “*There is plenty of room at the bottom*” (“Tem muito espaço lá embaixo”). A ideia do “espaço” se deve pelo motivo de ser possível diminuir o tamanho das coisas de uma forma prática conforme as leis da Física. Nesta, o cientista trata da grande possibilidade da ciência explorar o campo da *miniaturização*, *manipulação* e *controle* de coisas existentes em uma pequena escala. O primeiro questionamento feito pelo palestrante foi sobre a possibilidade de escrever todos os 24 (vinte e quatro) volumes da Enciclopédia Britânica na cabeça de um alfinete (Feynman, 1960). O cientista indicou também a possibilidade de um número enorme de aplicações técnicas que envolvem informações em pequena escala, guardando essas em um espaço extremamente pequeno, além da viabilidade em construir-se coisas muito pequenas e que estejam aptas a realizar certas funções. Para Feynman, no processo de miniaturização do computador, se eles tivessem muito mais elementos, possibilitaria uma maior rapidez no seu processamento (algo já existente atualmente na escala nano - telas OLED, películas anti-reflexo, além dos processadores, por exemplo). Da mesma forma, a ideia de reorganizar a estrutura atômica conforme a vontade implica na ideia de uma síntese molecular (algo também já possível nos dias atuais).

Em 1966, o filme *Fantastic Voyage* (Viagem Fantástica), baseado no livro do escritor e diretor de ficção científica *Isaac Asimov*, é a primeira obra de arte que mergulha na temática da miniaturização quando conta a história de um grupo de cirurgiões médicos que tem a missão de viajar dentro das veias de um paciente em direção ao cérebro em uma nave de um pouco mais de 1 μm (micrômetro) para remover um coágulo (Rossi Bergmann, 2008).

Já o termo nanotecnologia foi introduzido em 1974, pelo professor japonês *Norio Taniguchi*, para associar a uma nova tecnologia que iria além do controle de materiais e da engenharia em microescala (Revista Ciência Hoje, 2013).

Com a necessidade de aumentar a resolução da microscopia para visualizar e manipular os átomos individualmente, em 1982 os físicos *Gerd Binnig* e *Heinrich Rohrer* criaram nos laboratórios de pesquisa da IBM em Rüslikon, na Suíça, o microscópio eletrônico por tunelamento (STM, *Scanning Tunneling Microscope*) (Galembeck et al, 2013). Três anos depois, o inglês *Harold Kroto* e os americanos *Robert Curl* e *Richard Smalley*, descobriram uma forma alotrópica do carbono denominada *fulereno* que tem diversas aplicações em áreas como Química, Física e Matemática, por exemplo, na construção de novos materiais com a formação de nanomoléculas esféricas constituídas por 60 (sessenta), ou mais, átomos de carbono (Corrêa, 2017). A figura 1 ilustra a organização atômica de fulerenos.

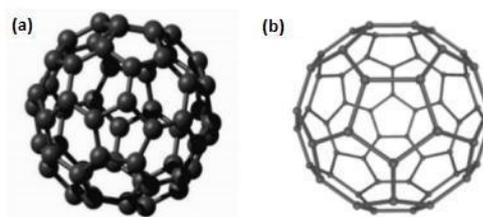


FIGURA 1 - Representação do Fulereno com 60 átomos de carbono destacando os (a) átomos e (b) as ligações interatômicas e estruturas pentagonais e hexagonais. Disponível em: <https://repositorio.ufpb.br/jspui/bitstream/tede/9557/2/arquivototal.pdf>

O nome *fulereno* se deve a uma homenagem feita ao arquiteto americano Richard Buckminster Fuller que tem nas suas obras estruturas caracteristicamente esféricas e semelhantes ao Fulereno, exemplificada na figura 2.



FIGURA 2 - Pavilhão norte-americano da Exposição Mundial de 1967 (na Ilha de Santa Helena, Canadá) Disponível em: <http://www.history2aar.blogspot.com/>

A nanotecnologia foi divulgada cientificamente através dos livros pelo engenheiro americano *Eric Drexler* em 1986, quando a tornou mais popular através da sua obra *Engines Of Creation – The Coming Era of Nanotechnology* (Motores da criação). Tal publicação ilustra a metodologia de processamento envolvendo manipulação átomo a átomo (Ferreira, Rangel, 2009).

A figura 3 mostra o que o físico *Donald Eigler* realizou em 1989 quando escreveu o logotipo da empresa IBM com átomos individuais de xenônio utilizando a tecnologia de microscopia de tunelamento (*scanning tunneling microscopy* - STM) com um arranjo de 35 (trinta e cinco) átomos organizados. Esta manipulação foi considerada, efetivamente, a primeira demonstração na habilidade de mover e configurar os átomos, sendo possível por conta do avanço tecnológico.

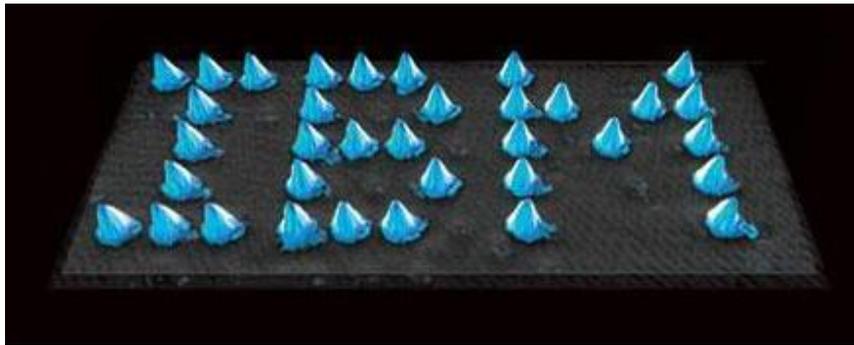


FIGURA 3 - Logotipo da empresa IBM construído utilizando microscopia eletrônica de tunelamento. Disponível em: <https://www.ibm.com/ibm/history/ibm100/us/en/icons/microscope/breakthroughs/>

Ainda em 1991, o físico japonês *Sumio Iijima* publicou um artigo de extrema relevância científica na revista *Nature*. O documento intitulado *Helical microtubules of graphitic carbon* (Microtubos helicoidais de carbono grafítico) continha a primeira descrição da existência de estruturas de carbono em forma de nanotubos (Iijima, 1991), exemplificadas na figura 4.

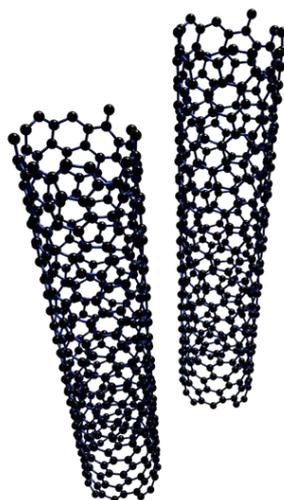


FIGURA 4 – Nanotubos. Disponível em: <https://pixabay.com/pt/illustrations/carbono-nano-tubos-de-grafeno-cnt-2946387/>

Em 1999 o biofísico holandês, *Cees Dekker*, demonstrou em seu artigo publicado na *Physics Today* com o título *Carbon nanotubes as molecular quantum wires* (Nanotubos de carbono como fios quânticos moleculares) que os nanotubos poderiam ser usados como transistores ou outros dispositivos eletrônicos (Dekker, 1999). E, alguns anos depois, a construção de circuitos lógicos à base de nanotubos tornou-se uma realidade.

A partir dos anos 2000 e até os dias atuais, o avanço da nanociência e da nanotecnologia cresceu absurdamente, possibilitando avanços significativos em várias áreas do conhecimento. Física, Química, Engenharia, Biologia, Medicina e Informática são algumas das áreas do conhecimento que possuem inúmeras aplicabilidades, desde cosméticos, novos medicamentos, chips de computadores, displays, baterias, tintas, cerâmicas, peças automotivas, e tantos outros benefícios. A figura 5 ilustra a relação entre a nanotecnologia, as áreas e sub-áreas de conhecimento e produtos resultantes da pesquisa acadêmica e aplicada.

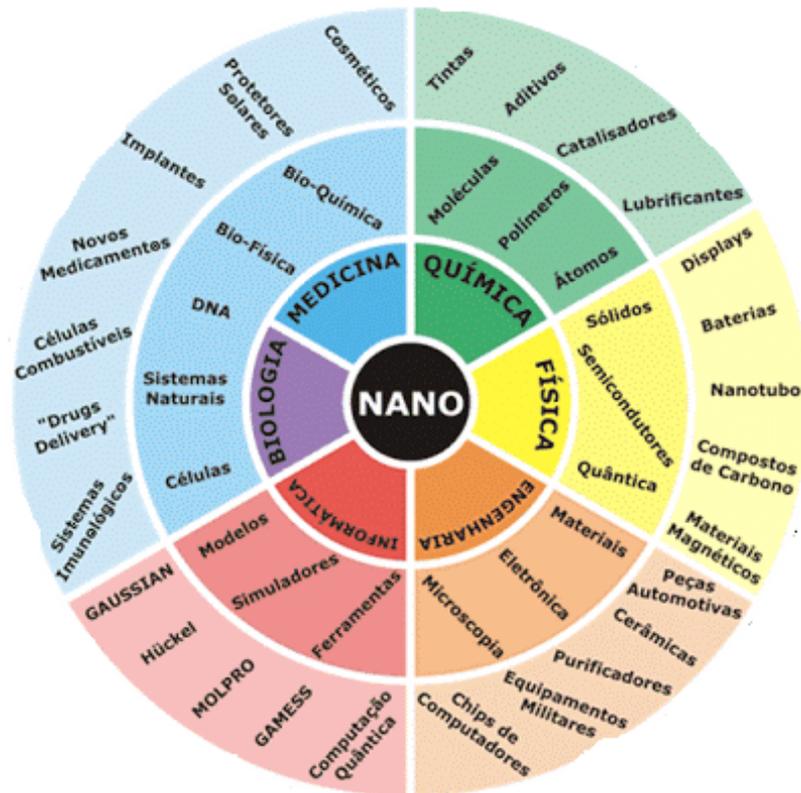


FIGURA 5 - Inserção da Nanotecnologia e suas aplicações Adaptado de:
<https://petnanoifrrj.wixsite.com/petnanoifrrj/origemdananotecnologia>

Das inovações tecnológicas atuais cabe destacar alguns benefícios que a nanotecnologia pode fornecer à sociedade. Os chamados nanocompósitos – nanopartículas dispersas em matrizes de polímeros – trazem, por exemplo em diversas áreas, vantagem ao reduzir custos ao possibilitar a fabricação de garrafas mais resistentes e leves, assim como a fabricação de papel e embalagens, e de peças mais maleáveis e resistentes no meio automobilístico (Tomelin, 2012).

A nanociência pode ser entendida como o estudo, descoberta e entendimento da matéria com manifestações características das dimensões predominantes em nanoescala, entre 1 nanômetro e 100 nanômetros, o que no Sistema Internacional de Unidades (S.I.) está compreendido entre 1 bilhão de vezes a 10 milhões de vezes menor do que a unidade métrica (Iso, 2023).

Já a nanotecnologia corresponde a compreensão e controle da matéria e de processos em nanoescala, em dimensões menores que 100 nanômetros em uma ou mais dimensões, criando materiais, dispositivos e sistemas que explorem suas propriedades (Iso, 2023). Trabalhar com dimensões dessa ordem de grandeza é trabalhar com leis da Física na base na Física Quântica, o que é diferente da Física

Clássica. Como exemplo, observa-se que as propriedades térmicas, ópticas, magnéticas e elétricas, podem ser alcançadas quando alguns materiais são condicionados a dimensão nanométrica, mantendo a mesma composição química com uma área de contato muito maior, o que pode intensificar a catálise ou a adsorção no processo (Nanotecnologia, 2005).

Em termos comparativos, podemos estabelecer as relações entre as medidas limites existentes no universo nanométrico de outras medidas de outros sistemas conforme a figura 6.

Dimensões Nanométricas

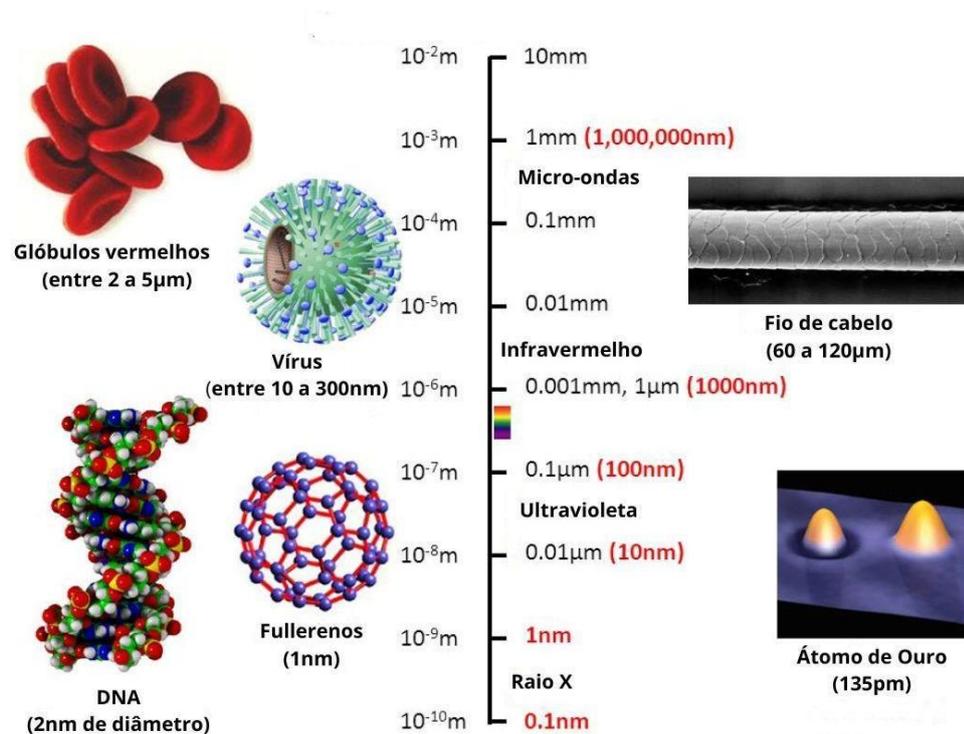


FIGURA 6 - Imagem ilustrativa de comparação de dimensões na escala nanométrica e na escala métrica. Adaptado de: <https://basicknowledge101.com/categories/nano.html#size>

Através dos avanços advindos da nanotecnologia é possível manipular átomos e moléculas a ponto de construir de forma “*Bottom-up*” (de baixo para cima) e “*Top-down*” (de cima para baixo) um determinado material. Dentro do contexto de manipulação e preparação de nanopartículas, esta sofreu um grande avanço decorrente da criação de microscópios de manipulação e ou interação de elétrons. Os microscópios de força atômica (AFM, do inglês *Atomic Force Microscopy*),

microscópios eletrônicos de transmissão (TEM, do inglês *Transmission Electron Microscopy*) e o já citado microscópio eletrônico de tunelamento (STM) possibilitaram estudar e visualizar características estruturais em escala nanométrica.

Porém bem antes de todo avanço da área da microscopia chegar aos dias atuais, nanomateriais já eram sintetizados e utilizados para a fabricação de materiais e utensílios antes mesmo do século XX. Em vitrais de algumas igrejas da Europa, nanopartículas de prata e ouro já eram utilizadas por vidraceiros medievais para alterar as cores das vidraças e pela purificação do ar (Tonet, 2019). Como exemplo, na figura 7, há uma imagem do interior da igreja de *Sainte-Chapelle* na França, construída em meados do século XIII.



FIGURA 7 - Imagem do interior da Igreja de *Sainte-Chapelle*, na França, nos vitrais as nanopartículas metálicas possibilitam variadas cores. Disponível em: <https://pixabay.com/pt/photos/igreja-interiores-arcos-janelas-2989682>

A junção de nanopartículas metálicas de ouro e prata foram utilizadas na Roma do século IV a.C. no conhecido Cálice de Licurgo (*Lycurgus Cup*) que possui uma cor esverdeada quando observado por reflexão e avermelhada quando observado pela transmissão da luz (Melo Junior, et al., 2012), conforme ilustrado na figura 8.



FIGURA 8 - Imagem do Cálice de Licurgo (*Lycurgus Cup*). À esquerda, iluminada externamente (coloração verde). À direita, ocorre a transmissão da luz, sendo iluminada por dentro (coloração avermelhada). Disponível em: https://www.britishmuseum.org/collection/object/H_1958-1202-1

Sendo assim, demonstra-se que a nanotecnologia - ainda sem essa definição de nome - já se fazia presente há muito tempo na história da ciência, pois há quase 50 (cinquenta) anos, sistemas eletrônicos, nanopartículas e o universo da microeletrônica possibilitaram o avanço em prol da construção dos transistores e, posteriormente, dos microprocessadores e chips, favorecendo assim o avanço contínuo na nanociência e nas suas diversas aplicações (Alves, 2004).

Perpassando ao longo de todo esse tempo, a nanociência e a nanotecnologia se tornam, cada vez mais, áreas consolidadas e de maior domínio por parte daqueles que a estudam e desenvolvem. A previsão futura é que as próximas etapas da evolução científica sejam governadas por esse campo de estudo e as aplicações tecnológicas contribuam ainda mais com o desenvolvimento científico e social (Toma, 2009).

1.7 – DIVULGAÇÃO CIENTÍFICA EM NANOTECNOLOGIA

Dentro dos inúmeros temas que permeiam a ciência e a tecnologia nos dias atuais e que precisam ser divulgados junto à sociedade com o objetivo de formar cidadãos conscientes e participantes, destaca-se a Nanociência. Entender a importância dela dentro dos avanços tecnológicos, os fenômenos decorrentes da sua

ciência e os benefícios que ela nos traz são pontos que precisam estar no cerne das discussões científicas e sociais pois fazem parte do nosso cotidiano.

De uma forma geral, na divulgação científica voltada para a nanociência e a nanotecnologia existem atualmente vários materiais que contribuem de maneira significativa na construção de um melhor entendimento desta área interdisciplinar da ciência. Revistas, cartilhas, *sites*, *blogs*, canais de vídeos, *podcasts* e livros constituem um considerável acervo para aproximar o público de uma forma geral deste universo. Como um exemplo, temos a cartilha “*Nanotecnologia para Todos!*” que tem o objetivo de divulgar este conhecimento para o público em geral (Silva e Toma, 2018). Tal documento é disponibilizado pelo sítio *Ensinano* e possui uma linguagem didática que pode ser utilizada pela escola e pelos professores (Ensinano, 2020). Outro material de divulgação científica foi lançado em 2016, o livro *DYN-Nano: Do-it-yourself science activities* da Fundação Nacional em Ciência possui atividades investigativas lúdicas e experimentais de fácil aquisição e reprodução que podem ser utilizados com alunos no ensino fundamental (National Science Foundations, 2016). O livro de título *Nanotecnologia Experimental* propõe experimentos voltados para os princípios da nanotecnologia, utilizando materiais e instrumentos de fácil aquisição disponíveis em qualquer laboratório. Deste material são propostos alguns experimentos que podem ser facilmente reproduzidos e aplicados com uma metodologia apropriada pelo docente em sala de aula (Toma, Silva e Condomitti, 2016).

No artigo intitulado *Nanotecnologia: Desenvolvimento de Materiais Didáticos para uma Abordagem no Ensino Fundamental* (Pereira et al ,2010), é apresentada uma extensa pesquisa bibliográfica nos chamados recursos *on-line* ligados à Nanociência e Nanotecnologia com a proposta de oferecer ferramentas educacionais para professores do ensino fundamental e médio, contribuindo também para a prática docente, motivando assim a educação científica. Através da pesquisa realizada foi encontrado um número relevante de endereços eletrônicos e materiais didáticos dentro e fora do país, disponíveis na internet que incluem filmes, museus exploratórios, jogos, organizadores de simpósios/*workshops* e *sites* que promovem desafios que envolvam a produção de vídeos curtos. No Brasil, existem espaços de exposição interativa sobre Nanociência e Nanotecnologia que contém jogos virtuais que abordam, por exemplo, equipamentos e práticas de laboratório, relacionados com a Nanociência e Nanotecnologia, todos buscam estimular o desenvolvimento

cognitivo dos alunos do ensino fundamental e médio. Ainda assim, os autores apontam para uma problemática que é a descaracterização do objetivo educacional, quando se percebe uma grande lacuna na barreira de compreensão no que tange ao idioma e terminologias extremamente específicas e densas. Dessa maneira propõem o uso de imagens de estruturas químicas tridimensionais que estejam ligadas a alguma analogia com objetos do dia a dia dos alunos do ensino fundamental, alavancando assim a introdução de conceitos fundamentais sobre nanotecnologia e suas consequências, tema tão contemporâneo e de aplicação usual no cotidiano dos alunos (Pereira et al, 2010).

Uma avaliação de atividade no ensino de nanotecnologia utilizando uma ferramenta tecnológica e digital com alunos do sexto e sétimo anos do ensino fundamental mostrou que o uso de uma metodologia de ensino diferenciada, ao tratar do tema nanotecnologia, contribuiu para o ensino de Química (Jing et al, 2019). O *site* nacional utilizado neste trabalho, *Nanoeach* (Nanoeach, 2020), possui objetos de aprendizagem que incluem vídeos, artigos e notícias, tornando-se uma ferramenta pedagógica quando utilizada por docentes do ensino Fundamental (ibid, 2019).

Em um artigo apresentado à revista *Física na Escola* de título *O que é a Nanociência e Para Que Serve a Nanotecnologia?*, o autor relaciona as proporções das escalas nanométricas com a Física Quântica afirmando que as mesmas podem ser inseridas no ensino básico quando são trabalhados, por exemplo, temas de Física Moderna e Contemporânea presentes no conteúdo do Ensino Médio. O mesmo autor apresenta uma série de atividades e experimentos simples que partem de um universo milimétrico até o nanométrico, permitindo uma aproximação do entendimento da escala de um bilionésimo do metro. O autor propõe, por exemplo, a discussão entre as semelhanças e diferenças de um microscópio de força atômica com um antigo toca disco de vinil (Schulz, 2005). Por outro lado, inserir tais tópicos em sala de aula é ainda uma tarefa difícil, pois muitas vezes os docentes não se encontram preparados para abordá-los, possuindo conhecimento tão somente oriundos de publicações de jornais e revistas de divulgação científica (Alberti, 2016).

1.8. – BASE NACIONAL COMUM CURRICULAR (BNCC), TEMAS CONTEMPORÂNEOS TRANSVERSAIS (TCTs) E O ITINERÁRIO FORMATIVO NA CIÊNCIA DA NATUREZA E SUAS TECNOLOGIAS

Na área da educação, com o intuito de melhorar a qualidade de ensino, diminuir os baixos índices de aprendizagem e elevados números de alunos repetentes e de abandono, foi apresentada em 2017 a versão final homologada da Base Nacional Comum Curricular (BNCC).

De caráter normativo, uma das maiores inovações que o documento traz é promover uma educação que contemple as dimensões do desenvolvimento humano que permeiam a parte cognitiva, intelectual, física, social, emocional e cultural. Para que sejam desenvolvidas todas essas dimensões, a ideia é que os currículos possam ter como foco o desenvolvimento de conhecimentos, habilidades e atitudes, chamadas competências gerais, de maneira integrada. Dentre as competências apresentadas no documento, e relacionadas a este trabalho, destaca-se a quarta competência, que diz:

“Utilizar diferentes linguagens – verbal (oral ou visual-motora, como Libras e escrita), corporal, visual, sonora e digital – bem como conhecimentos das linguagens artística, matemática e científica, para se expressar e partilhar informações, experiências, ideias e sentimentos em diferentes contextos e produzir sentidos que levem ao entendimento mútuo”. (Brasil, 2017).

Mostrando que a comunicação é de suma importância dentro do processo de aprendizagem quando o discente está apto a escutar, compreender, argumentar e expressar suas ideias e opiniões usando múltiplas mídias além da linguagem escrita e verbal, desenvolvendo a capacidade de utilizar os múltiplos meios de comunicação existentes.

Destaca-se, também, a quinta competência que traz:

“Compreender, utilizar e criar tecnologias digitais de informação e comunicação de forma crítica, significativa, reflexiva e ética nas diversas práticas sociais (incluindo as escolares) para se comunicar, acessar e disseminar informações, produzir conhecimentos, resolver problemas e exercer protagonismo e autoria na vida pessoal e coletiva”. (Brasil, 2017).

Logo, nesta competência, os alunos estão associados ao desenvolvimento da cultura digital através da sua utilização, aprimorando as habilidades ao lidar com as ferramentas tecnológicas sendo possível entender os seus processos.

Em 2019, a BNCC destacou a importância dos Temas Contemporâneos Transversais (TCTs) que perpassam a vida humana em escala local, regional, global e buscam uma contextualização do que é ensinado, trazendo temas que sejam de interesse dos estudantes e de relevância para seu desenvolvimento como cidadão (Brasil, 2019). Associados à BNCC, tais temas são apresentados e retomados para indicar sua importância para a composição do currículo, de acordo com a realidade local onde devem ser obrigatoriamente inseridos de forma integradora e transversal. Em suma, o caráter contemporâneo visa uma melhoria no aprendizado e o caráter transversal propicia metodologias variadas da prática pedagógica, conectando os conhecimentos sob uma visão mais geral e completa.

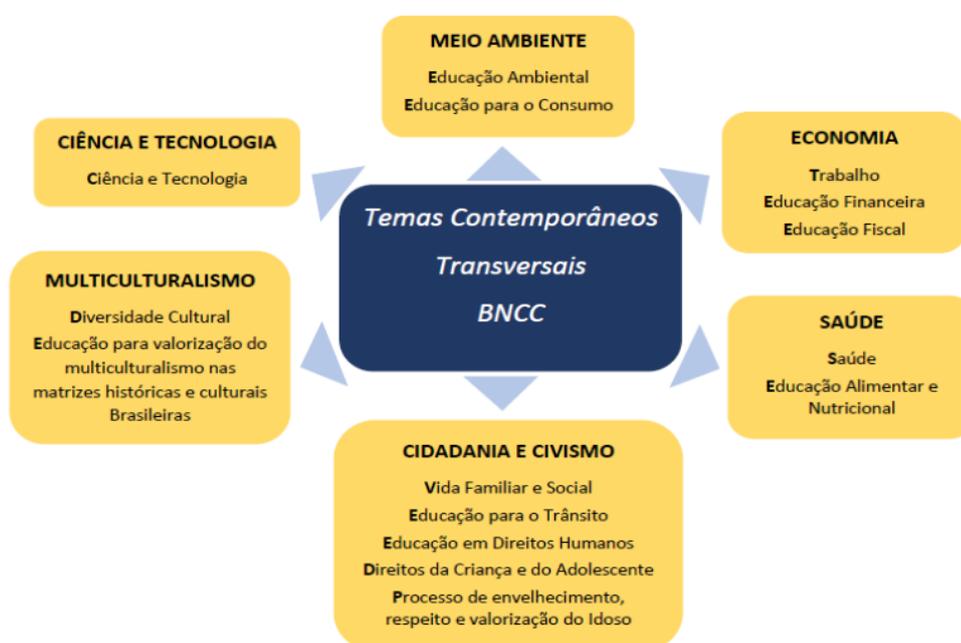


FIGURA 9 - Propostas dos TCTs.

Disponível em:

http://basenacionalcomum.mec.gov.br/images/implementacao/guia_pratico_temas_contemporaneos.pdf

Na BNCC, há uma parte que trata especificamente dos TCTs, e diz que:

“Cabe aos sistemas e redes de ensino, assim como às escolas, em suas respectivas esferas de autonomia e competência, incorporar aos currículos e às propostas pedagógicas a abordagem de temas contemporâneos que afetam a vida humana em escala local, regional e global, preferencialmente de forma transversal e integradora”. (Brasil, 2017)

Os TCTs, descritos na figura 9 e vinculados a BNCC, têm como função cumprir o que rege a lei sobre a Educação Básica, dando aos estudantes direitos em aprender, pelo acesso a conhecimentos que favoreçam a formação para o trabalho, cidadania e democracia, sendo respeitadas os atributos regionais e locais, da cultura, da economia e da comunidade escolar (Brasil, 2019). Por esses motivos, diferentemente dos PCN (Parâmetros Curriculares Nacionais) onde os temas transversais não eram obrigatórios, sendo entendido como recomendações facultativas, na BNCC, os TCTs são obrigatórios nos currículos e projetos pedagógicos das escolas sendo entendido como conteúdos essenciais. Desta forma espera-se, por exemplo, que em um planejamento de aula, observada a grade curricular e os conteúdos que precisam ser abordados. Independente do conteúdo é possível inserir os TCTs interligando com os interesses da comunidade local e da realidade dos discentes. Conforme o mesmo autor supracitado, existem 04 (quatro) pilares das metodologias de trabalho, que são: *problematização da realidade e das situações de aprendizagem, a integração das habilidades e competências curriculares à resolução de problemas, a promoção de um processo educativo continuado e do conhecimento como construção coletiva e a superação da concepção fragmentada do conhecimento para uma visão sistêmica.* Com isso, para entender as variadas demandas, as abordagens das TCTs foram divididas em três níveis crescentes de complexidade: *intradisciplinar, interdisciplinar e transdisciplinar.* Para o nível *intradisciplinar*, o docente abordará um grande tema fazendo a associação entre conteúdos e habilidades. No nível *interdisciplinar*, o docente abordará também o tema de forma integradora com outro componente curricular. Por último, no nível *transdisciplinar*, possui um nível de complexidade maior, o docente abordará o tema de maneira semelhante de forma integradora com outras áreas do conhecimento de forma transversal por meio de projetos integradores e transdisciplinares.

Sendo assim, de acordo com o tema desse trabalho, uma divulgação científica em nanotecnologia com vídeos em um site e redes sociais está atrelada a uma

possível abordagem *interdisciplinar* e coordenada, pois, tal tipo, ao integrar os temas contemporâneos transversais comuns entre diferentes componentes curriculares proporciona um diálogo entre os campos dos saberes, onde cada componente acolhe as contribuições dos outros havendo uma interação entre eles. Ou seja, a abordagem dos TCTs como eixo integradores contribui para valorizar sua importância dando significado e relevância aos conteúdos escolares. Isso pode tornar mais eficaz a construção da cidadania do estudante tendo o mesmo papel de protagonista na vida em sociedade. Não devendo ser trabalhados em blocos rígidos nas áreas de conhecimento, tais abordagens devem ser desenvolvidas de um modo contextualizado para que haja uma clara percepção da sua articulação no mundo de hoje.

O documento da Base Nacional Comum Curricular (BNCC) estabelece que cada área do conhecimento define não somente as competências específicas como também os itinerários formativos associados que, no Ensino Médio, estão vinculados as habilidades e competências que se tem como alvo (Brasil, 2018).

É dever da escola então, esclarecer sua responsabilidade com os fundamentos científicos-tecnológicos na produção de saberes que permeiam as variadas áreas do conhecimento. Antes disso, de acordo com o Parecer CNE/CP nº11/2009 do Conselho Nacional de Educação, já havia uma preocupação sobre os itinerários:

“Estimular a construção de currículos flexíveis, que permitam itinerários formativos diversificados aos alunos e que melhor respondam à heterogeneidade e pluralidade de suas condições, interesses e aspirações, com previsão de espaços e tempos para utilização aberta e criativa”. (Brasil, 2009)

“Promover a inclusão dos componentes centrais obrigatórios previstos na legislação e nas normas educacionais, e componentes flexíveis [...] que possibilitem, efetivamente, desenhos e itinerários formativos que atendam aos interesses e necessidade dos estudantes”. (Brasil, 2009)

A Lei nº13415/2017 que altera a Lei de Diretrizes e Bases (LDB) estabelece no Art. 36 que o currículo do ensino médio é composto pela Base Nacional Comum Curricular e por itinerários formativos diversos, que devem ser organizados em cinco arranjos curriculares articulados. Entre estes, temos as Ciências na Natureza e suas Tecnologias que propõe dentre as suas três competências específicas:

“Analisar fenômenos naturais e processos tecnológicos, com base nas relações entre matéria e energia, para propor ações individuais e coletivas que aperfeiçoem processos produtivos, minimizem impactos socioambientais e melhorem as condições de vida em âmbito local, regional e/ou global”.

“Analisar situações-problema e avaliar aplicações do conhecimento científico e tecnológico e suas implicações no mundo, utilizando procedimentos e linguagens próprios das Ciências da Natureza, para propor soluções que considerem demandas locais, regionais e/ou globais, e comunicar suas descobertas e conclusões a públicos variados, em diversos contextos e por meio de diferentes mídias e tecnologias digitais de informação e comunicação (TDIC) ”. (Brasil, 2019)

Do tema deste trabalho, e para verificar a sua grande contextualidade e aplicabilidade, a nanotecnologia, por exemplo, pode ser escolhida pelo estudante sendo oferecida como um assunto tratado em um conjunto de disciplinas, projetos interdisciplinares, oficinas experimentais, núcleos de estudo ou entre outras situações de trabalho. Uma possibilidade como tópico de estudo em uma aula de itinerário formativo de ciências da natureza e suas tecnologias seria trabalhar com os seguintes objetivos de aprendizagem: o reconhecimento da ordem de grandeza dos nanomateriais comparativamente a outras dimensões, o entendimento do conceito de nanomaterial com as suas propriedades e usos, o entendimento de algumas propriedades físico-químicas dos nanomateriais, das nanoestruturas e suas aplicações.

1.9 – ENEM E A NANOTECNOLOGIA

O Exame Nacional do Ensino Médio (ENEM) começou a vigorar em 1998 tendo como alvo medir o desempenho escolar dos estudantes que estavam prestes a terminar a educação básica. Desde 2009, houve uma mudança na sua metodologia e o mesmo exame passou a ser utilizado como uma forma de ingressar no ensino superior (Inep, 2023). As quatro áreas de conhecimento são: linguagens, códigos e suas tecnologias; ciências humanas e suas tecnologias; matemática e suas

tecnologias e ciências da natureza e suas tecnologias. Dentro desta, o tema Nanotecnologia já foi cobrado algumas vezes. O quadro 01 ilustra a pesquisa realizada pelo autor com o ano de aplicação do Enem e o número de questões que estão associadas ao tema. Para realizar a busca foi utilizado como ferramenta de busca o próprio *Google* pesquisa. No site do INEP (<http://portal.inep.gov.br/provas-e-gabaritos>) foi filtrada a busca pelo termo nanotecnologia desde o seu exame inicial (1998) até o último exame realizado, em 2023 nas provas de Ciências da Natureza e suas Tecnologias.

Quadro 01: Período por Questões do ENEM sobre nanotecnologia

Período	1998 – 2002	2003 – 2007	2008 – 2012	2013 – 2017	2018 – 2023
Nº Questões	1	Nenhuma	1	4	5

Conforme verificado, o número de questões que versa sobre o tema tem aumentando nos dois últimos quinquênios, o que confirma a importância da divulgação de conteúdos acessíveis com rigor científico e levando em consideração a abordagem da BNCC.

2. OBJETIVOS

2.1 – OBJETIVO GERAL

Promover o amplo conhecimento da nanociência para a população através do uso de mecanismos de divulgação científica acessíveis empregando uma linguagem simples e adequada a um público abrangente, que pode incluir professores, alunos da educação básica e demais pessoas interessadas. Foram criadas ferramentas tecnológicas através de um perfil exclusivo composto de um sítio eletrônico e de um perfil na rede social *YouTube*.

2.2 – OBJETIVOS ESPECÍFICOS

De acordo com o objetivo geral apresentado anteriormente, anunciamos os objetivos específicos deste projeto de dissertação.

Em um primeiro momento realizar o planejamento do conteúdo a ser divulgado, como o levantamento dos experimentos que poderiam ser realizados levando-se em consideração a facilidade de reprodução. Posteriormente, buscar os materiais necessários e realizar cada experimento. Após essa etapa será feita a produção e edição dos vídeos com os experimentos realizados. Como última etapa, criar o sítio em plataforma livre e o canal no *YouTube* em plataforma livre, disponibilizando os vídeos dos experimentos.

3. MATERIAIS E MÉTODOS

A pesquisa aqui apresentada é de abordagem *descritiva*, pois apresenta os fatos e fenômenos associados ao tema. *Exploratória*, possibilitando a formulação de hipóteses face os problemas encontrados. *Bibliográfica*, com o levantamento das referências teóricas analisadas e publicadas nos meios escritos e eletrônicos e, finalmente, *aplicada*, objetivando uma aplicação prática, solucionando problemas específicos (Lakatos, 2012). Tais abordagens nortearão o desenvolvimento das ferramentas tecnológicas e mídias sociais de divulgação científica em Nanotecnologia.

Em uma abordagem da divulgação científica da nanociência e da nanotecnologia dentro do formato de hipermídia (*vídeo/blog*), foi verificado na literatura que ainda há poucos materiais didáticos com uma linguagem de fácil assimilação que ajudem no desenvolvimento da Nanociência e da Nanotecnologia. Após a escolha de assuntos e das etapas de construção que constituem o material didático, os autores elaboraram um vídeo com cerca de 04 (quatro) minutos, que aborda uma experiência sobre a escala nanométrica, além das controvérsias que podem surgir ao abordar o tema Nanotecnologia. Os autores acreditam que a publicação do vídeo pode servir como uma ferramenta didático-pedagógica e de utilidade quando forem abordados os assuntos Nanociência e Nanotecnologia. O

material produzido foi publicado no *YouTube* (2010) e no *blogspot* Nanociência e Nanotecnologia (2020) que se trata de uma ferramenta de fácil construção e atualização de postagens. Dessa maneira elaboram um objeto educacional (vídeo/*blog*) apresentando o resultado das análises das interações entre os usuários após discussão dos vídeos (Clebsch, Watanabe, 2017).

3.1 – PREPARAÇÃO EXPERIMENTAL

Em um primeiro momento, após o entendimento da problemática e do objetivo geral, foi feito o levantamento de quais experimentos poderiam ser realizados para alcançar o objetivo em fazer-se a divulgação científica em Nanotecnologia. Para cada experimento, buscamos os materiais necessários de tal maneira que prevalecesse a fácil reprodução, a praticidade e segurança em realizar as práticas em ambientes informais. Foram utilizados os livros de nanotecnologia experimental de Henrique E. Toma, de 2009 e do mesmo autor, de 2016, além dos artigos científicos de Costa e Andrade, de 2014 e 2015 e o vídeo disponível pelo canal do *YouTube Instructables* de 2019 (<https://www.youtube.com/watch?v=4l2Ufx-lz6U>) como referências principais.

Os experimentos selecionados consideram a ideia de que é possível compreender a importância da Nanotecnologia e da sua divulgação através de vídeos de curta duração com práticas produzidas utilizando materiais simples e acessíveis, sem a necessidade de equipamentos sofisticados e de laboratório de pesquisa para serem desenvolvidos. O quadro 01 elenca esses experimentos com os materiais necessários para sua realização, além de uma explicação breve da finalidade e fundamentação.

Quadro 02: Relação dos experimentos analisados

Experimentos – Materiais, Fundamentação e Aplicações			
Experimento	Materiais	Fundamentação	Finalidade e ou Aplicações do Cotidiano
Diluição em escala nano	Corante a base de água, nove	Entender a dimensão da escala	Mostrar a facilidade em se alcançar um

	pequenos reservatórios, pipetas e água	nanométrica e o conceito de preparação top-down	bilionésimo de parte de corante na água.
Efeito Tyndall	Apontador Laser, Gelatina incolor em pó, Água filtrada e Amido de milho	Verificar o efeito do espalhamento da luz através de uma suspensão coloidal, o que permite verificar a trajetória da luz ao longo deste fluido.	Explicar a diferença entre uma solução e uma suspensão coloidal. Pode ser abordado o efeito Tyndall.
Razão Área Volume	Pastilhas efervescentes, recipientes de vidro, água filtrada	Verificar o conceito relacionado à razão área-volume dos materiais	Explicar que as dimensões nanométricas possuem uma grande área de superfície em comparação com o seu volume.
Nucleação e Crescimento de Cristais	Sal Amargo e água	Explicar o comportamento e o crescimento de cristais em solução supersaturada. Preparação <i>bottom-up</i>	Podem ser abordados conceitos fundamentais de Química, Física e Cristalografia, formação, crescimento cristalino e morfologia
Molhabilidade de Superfícies	Flores, folhas e demais superfícies	Mostrar o efeito super-hidrofóbico, hidrofóbico, super-hidrofílico e hidrofílico	Desenvolvimento de nanoestruturas possibilitando a criação de superfícies autolimpantes, janelas à prova de sujeira.
Formação de Nanofilmes (Top-Down)	Objeto metálico, Pinça e Isqueiro	Verificar a formação de filmes com espessura nanométrica sobre a superfície dos metais.	A interferência de ondas de luz em filmes muito finos
Produção de Nanopartículas de cobre	Copo de vidro ou plástico, água filtrada ou álcool, fonte elétrica DC(9V), fios de	Observar o processo de síntese de nanopartículas de cobre utilizando o	A produção de nanopartículas de cobre com atividade microbiana pode ser aplicada na

	cobre, eletrodos de cobre e grafite, laser e cronômetro de celular	processo de eletrólise	agricultura e na pecuária, por exemplo.
Síntese de Nanopartículas magnéticas com materiais alternativos	Soda cáustica comercial (solução de NaOH), palha de aço, vinagre, Água oxigenada 10 volumes, Béquer, Pinça, Bastão de Vidro, Tubo de Ensaio, Ímã e Luvas e máscara de proteção	Síntese de nanopartículas de magnetita.	Observar a existência de nanopartículas magnéticas sintetizadas com materiais alternativos
Nanopartículas de dióxido de titânio	Filtro solar, lâmpada ultravioleta	Nanopartículas de dióxido de titânio são amplamente aplicadas em produtos e recobrimentos para refletir a luz ultravioleta e impedir sua absorção pela superfície.	Na indústria farmacêutica, a aplicação de nanopartículas de dióxido de titânio na produção de novos protetores solares.
Pontos Quânticos	Fonte de calor, panela, luvas térmicas, recipiente de vidro, pipetas plásticas Frascos de vidro para armazenar a solução, luz UV ou luz negra, água (torneira), vinagre, e açúcar de cana	Estes materiais, de escala nanométrica, são tidos como a próxima geração de dispositivos eletrônicos e optoeletrônicos.	Os nanocristais semicondutores apresentam inúmeras aplicações incluindo tecnologias de emissão de luz, tais como: displays, lasers, computação quântica, transistores, células solares, biomedicina e biossensores, promissores como marcadores biológicos para detecção e tratamento de tumores sólidos em estágio inicial e para sistemas catalíticos diversos.

3.2 – PREPARAÇÃO DOS VÍDEOS

Os experimentos foram fotografados, filmados e os vídeos editados, para serem incluídos como conteúdo do canal do *YouTube* e do *site*. As fotografias e os vídeos foram obtidos com a câmera de um aparelho celular. Outras imagens e vídeos que foram utilizados são de uso livre do próprio programa de edição. A edição foi realizada em um computador utilizando o *software Canva*, que é um programa gratuito, de fácil utilização e que não requer conhecimentos técnicos-específicos para construir os vídeos.

A Figura 09 ilustra a página inicial do programa utilizado para a realização da edição de um dos vídeos sobre a síntese de nanopartículas magnéticas com materiais alternativos.

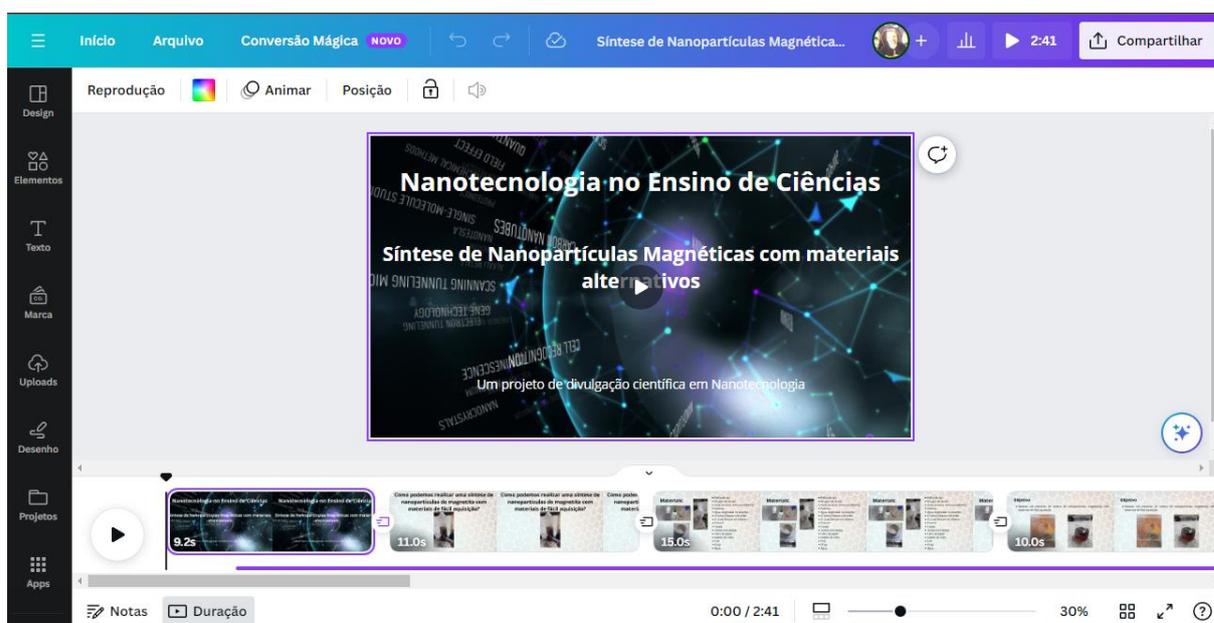


FIGURA 10 - Programa *Canva* sendo utilizado para a edição dos vídeos.

Os 10 (dez) vídeos experimentais foram armazenados no mesmo computador para que pudessem ser posteriormente carregados na plataforma do *YouTube*.

3.3 – PREPARAÇÃO DO CANAL NA REDE SOCIAL

Após a edição e criação dos 10 (dez) vídeos experimentais, foram realizadas as etapas necessárias para a construção de um perfil exclusivo na rede social *YouTube*. Para isso, a partir de uma conta de *e-mail* do *Google*, acessamos a plataforma de vídeos para criar o canal e carregar os vídeos editados através do *software Canva*. Acessamos a *lista de canais* e escolhemos *criar um novo canal*. O nome escolhido para o canal foi *Nanotecnologia no Ensino de Ciências* que tem como pretensão não somente interligar o *site* criado com a plataforma de vídeos *online*, como também expandir a divulgação científica a outras redes sociais da internet como o *Instagram*, por exemplo. A Figura 10 ilustra a página principal do canal que tem como endereço <<https://www.youtube.com/@nanotecnologiaensinodeciencias>>.

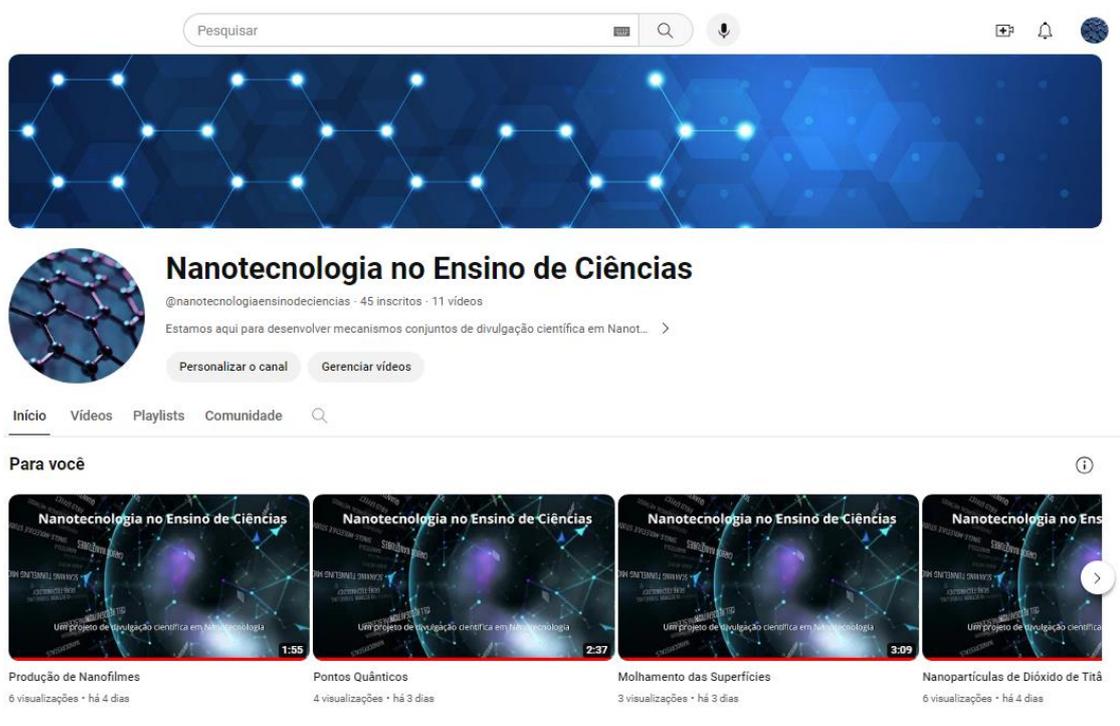


FIGURA 11 - Página inicial do canal do *YouTube* Nanotecnologia no Ensino de Ciências

Para carregar os vídeos dos experimentos, acessamos o guia *Criar – Enviar Vídeo*, sendo então direcionado ao *YouTube Creator Studio*. Neste, escolhemos os arquivos de vídeos para fazer o envio e, após o carregamento dos mesmos, editamos com os detalhes de cada vídeo inserindo algumas informações como, por exemplo, o título e a descrição. Após esse procedimento feito, habilitamos os vídeos para o perfil público tornando o mesmo visível dentro da plataforma e de possível

compartilhamento com o sítio eletrônico e de forma livre em outras redes sociais como *Instagram*, *Whatsapp* e *Facebook*.

3.4 – PREPARAÇÃO DO SITE

Para a construção do sítio eletrônico de nome *Nanotecnologia no Ensino de Ciências*, utilizamos a plataforma *online Wix.com* que possibilitou a criação e edição do sítio eletrônico no formato da tecnologia *web HTML5 (Hyper Text Markup Language)*, que se trata de uma linguagem de sem a necessidade de ter conhecimento de linguagem de programação ou design. Esta funciona independente de plataforma, navegadores e outros meios de acesso, o que diminui o custo e que pode ser lido por diversos meios, em dispositivos diversos (Menezes, 2013). Logo, o sítio eletrônico possibilitou a criação de uma página da *web* simples que possui vídeos, textos e imagens.

Ao acessarmos o site desenvolvedor, fizemos inicialmente o registro no mesmo. Como opção, usamos a opção através da mesma conta *Google* do canal do *YouTube*. Após algumas perguntas apresentadas pelo sítio serem respondidas (tipo de *site* – nome do *site* – objetivos do *site* – escolha do formato) fomos direcionados a página intitulada *Painel de Controle*. Nesta podemos criar uma *postagem*, personalizar o *site*, além de editar o mesmo. Como etapa posterior podemos optar que a plataforma produza um modelo de sítio eletrônico ou que possamos criar a partir de um *template* pré-definido. Optamos por esta.

A página foi dividida dentro da seguinte proposta: INÍCIO, PERFIL E CONTATO, BIOGRAFIA, NANOTECNOLOGIA - O QUE É?, VÍDEOS e ROTEIROS. A apresentação de cada um destes itens encontra-se na seção 4.2.

Cada página do sítio construído possui imagens dinâmicas e uma diagramação de fácil leitura, objetivando a receptividade do usuário e a facilidade em usar o mesmo espaço interativo. O endereço do mesmo é <<https://nanoensinociencias.wixsite.com/website>>.

4. RESULTADOS E DISCUSSÕES

Os resultados apresentados estão divididos entre a parte de preparação dos experimentos (levantamento e preparação dos mesmos) e a parte posterior que engloba a divulgação científica em Nanotecnologia para alcançarmos o objetivo geral deste trabalho.

4.1– REALIZAÇÃO DOS EXPERIMENTOS

Cada experimento proposto, mostrado no quadro 02, foi preparado após o levantamento dos materiais e seguindo roteiros específicos. Abaixo encontra-se o detalhamento de cada um.

4.1.1 – DILUIÇÃO EM ESCALA NANO

No experimento da diluição em escala nano, o material necessário foi: corante a base de água, 09 (nove) pequenos reservatórios, um copo com água filtrada (em torno de 100mL) e 01(uma) pipeta descartável, conforme mostrado na figura 11.



FIGURA 12 - Materiais utilizados no experimento da diluição em escala nano

O objetivo foi demonstrar que a diluição da gota de corante ao longo de um processo que envolve 09 (nove) etapas consegue produzir gotas de corante na escala nanométrica, o que de fato pode ser entendido como uma técnica de manipular átomos e moléculas na forma *top-down* (de cima para baixo), conferindo características que não são observadas na escala macro. Para isso, foi pingado em um pequeno reservatório 01(uma) gota de corante a base de água e 09 gotas de água, na proporção 1: 10. Após essa etapa foi pingada uma gota dessa solução em outro reservatório e diluído com 09 (nove) gotas de água $\left(\frac{1}{10}\right) \div 10 = \frac{1}{100}$. Repetiu-se tal procedimento até atingir um bilionésimo (10^{-9}) de parte do corante na água. Na figura 10, demonstra-se uma dessas etapas.



FIGURA 13- Etapa de diluição da gota de corante

Durante a diluição, já pode ser percebido que há um momento em que não é possível perceber a cor do corante. Logo, ao final do processo, conclui-se que, na nona etapa temos uma gota um bilhão de vezes menor do que o corante, ou seja, dentro da escala nanométrica. (Ver Fig. 11).



FIGURA 14 - Resultado final na formação da nanomolécula de corante

4.1.2 – EFEITO TYNDALL

O efeito Tyndall pode ser entendido basicamente como o espalhamento da luz por partículas na escala nanométrica que estão dispersos em um fluido (Pereira et al., 2022).

No experimento do efeito Tyndall, o objetivo foi identificar a presença de sistemas chamados colóides, com 02 (duas) fases distintas e que possuem nanopartículas dispersas em um meio líquido. Para isso, utilizamos soluções de amido e de gelatina em pó, além de água. Com o uso de uma caneta laser pode-se visualizar, qualitativamente, a diferença entre uma solução e uma suspensão coloidal.

Preparamos inicialmente as soluções de amido e gelatina, separadamente. A quantidade precisa de soluto das duas substâncias não foi necessária, já que desejamos observar o efeito qualitativamente. Submetemos as duas soluções ao aquecimento. Após essa etapa, direcionamos o feixe de luz laser de maneira que a sua luz atravessasse as soluções de amido, de gelatina e a água filtrada. Ao final, pode ser percebida a presença de partículas com tamanho inferior à resolução do olho humano, em uma solução coloidal. A Figura 14 ilustra uma das etapas de preparação do experimento do Efeito Tyndall enquanto era acrescentada gelatina incolor a um béquer com 50 mL de água aquecida.



FIGURA 15 - Etapa do Procedimento experimental do Efeito Tyndall

Na Figura 15, temos um dos resultados do experimento quando um feixe de laser atravessou uma das soluções preparadas. É possível perceber, nitidamente, a verificação das nanopartículas em solução coloidal, quando a luz se propaga sem mudar sua trajetória.



FIGURA 16 - Verificação das partículas em solução coloidal.

Na Figura 16, percebe-se a diferença entre o verificado na solução com partículas e quando a luz atravessa a água filtrada, que não deve apresentar partículas em suspensão.



FIGURA 17 - Laser atravessando o béquer com água filtrada

Na Figura 17, temos a presença de uma solução de água e amido. Percebe-se, neste caso, somente a dispersão da luz.

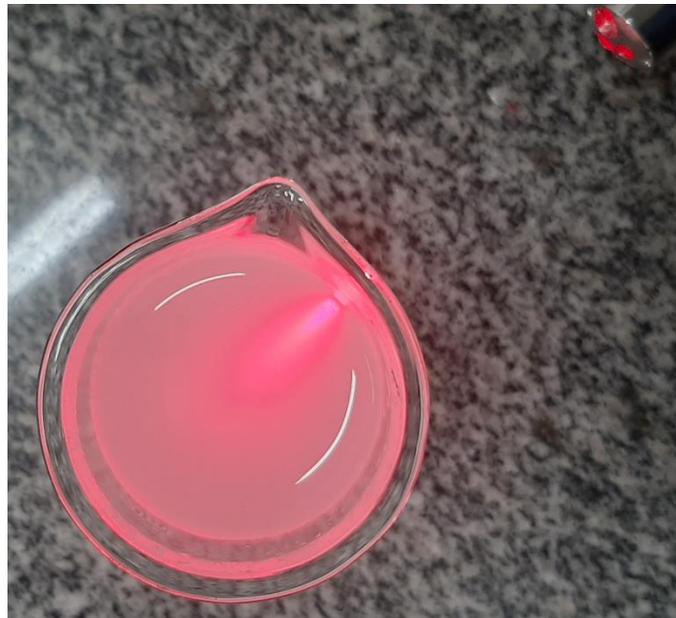


FIGURA 18 - Efeito da dispersão da luz

4.1.3 – RAZÃO ÁREA-VOLUME

Para o experimento sobre a razão área-volume dos materiais foram utilizadas duas pastilhas efervescentes de ácido ascórbico (Vitamina C), uma inteira e outra triturada, conforme a Figura 18.



FIGURA 19 - Pastilhas efervescentes utilizadas para o experimento da área de superfície

Após acrescentarmos a pastilha inteira e a triturada em dois béqueres distintos com 50mL de água filtrada pudemos verificar a diferença entre os resultados iniciais nas reações conforme as Figuras 19 e 20. Para a pastilha triturada em solução com água, há uma liberação muito mais rápida de gás carbônico devido a reação do bicarbonato de sódio e ácido cítrico ou tartárico colocados com a vitamina C.



FIGURA 20 - Pastilhas efervescentes em solução no início da reação

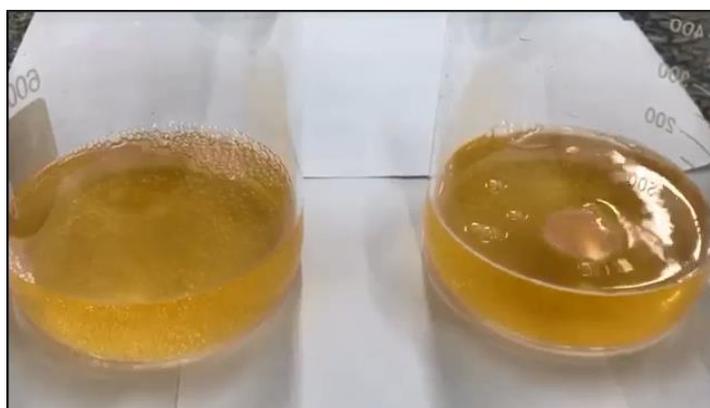


FIGURA 21 - Pastilhas efervescentes em solução após um minuto.

O objetivo é demonstrar que no universo nanométrico, os materiais têm uma elevada área de superfície e um reduzido volume. Pode-se associar isso, à geometria molecular e à superfície de contato e às propriedades físico-químicas da matéria.

4.1.4 – NUCLEAÇÃO E CRESCIMENTO DE CRISTAIS

No experimento de nucleação e crescimento de cristais foi utilizado uma quantidade de 30g de sulfato de magnésio (sal amargo), um pedaço de arame maleável recoberto com camada polimérica, um copo de vidro (ou de plástico), água filtrada (em torno de 200mL), seringa plástica, colher metálica e panela (Ver figura 21).

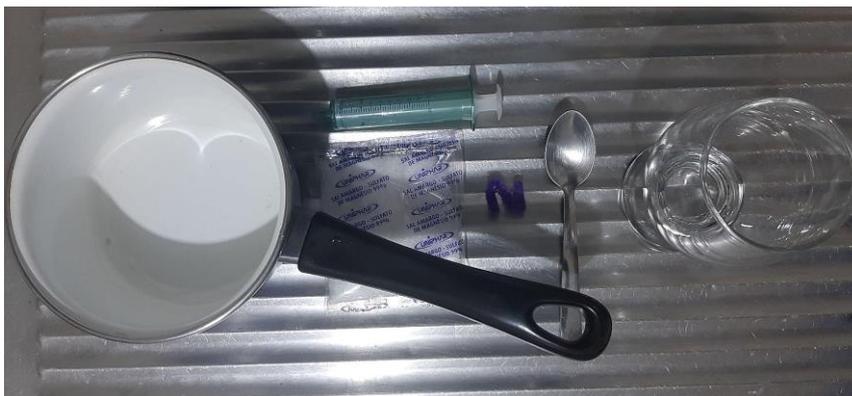


FIGURA 22 - Materiais utilizados no experimento de nucleação e cristalização

Levou-se a chama de um fogão 10g de sulfato de magnésio juntamente com 20mL de água. Misturando com uma colher metálica, deixou-se atingir uma temperatura próxima de 70°C. Após deixar esfriar retiramos uma pequena quantidade desse sal e inserimos em um outro copo, adicionando mais um pouco de sal amargo, buscando saturar ainda mais a solução. Retiramos desta em torno de 5mL e colocamos a mesma em um terceiro copo, o qual foi misturado sem dissociar a molécula. Neste momento, foi possível observar o processo de nucleação ocorrendo conforme a figura 22.



FIGURA 23 - Pontos brancos na imagem mostram o início do procedimento de nucleação do sal amargo

Após obtermos as chamadas sementes do cristal estável, separamos em um outro recipiente uma solução saturada do sulfato de magnésio e inserimos a semente no mesmo e aguardamos o processo de cristalização. Após dois dias, chegamos ao resultado apresentado na figura 23.

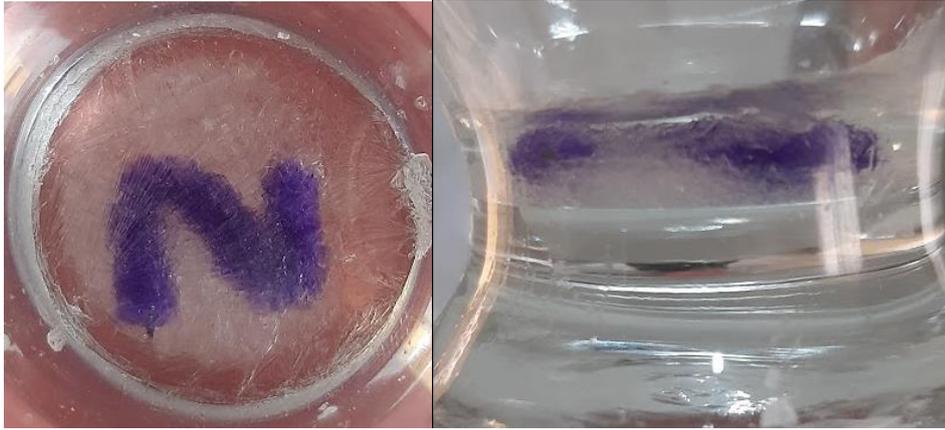


FIGURA 24 - Final do procedimento de nucleação do sal amargo (bottom up)

Da mesma forma, uma visão mais ampliada ilustra a formação dos cristais conforme a figura 24.



FIGURA 25 - Visão ampliada dos cristais formados

4.1.5 – MOLHABILIDADE

No experimento de molhabilidade das superfícies, buscou-se evidenciar o aspecto de interação da água na sua forma líquida com algumas superfícies de contato. Para isso utilizamos algumas extensões de plantas, folhas, flores e uma composição de areia, PVA cola e plástico. Foi utilizada a flor da planta *hibiscus*, da

planta *clusia* utilizamos sua folha, além de uma folha da *Tradescantia pallida* conhecida como trapoeraba-roxa. A ideia é comparar como uma gota d'água se comporta em contato com diferentes superfícies através da observação qualitativa das imagens de uma simples fotografia.

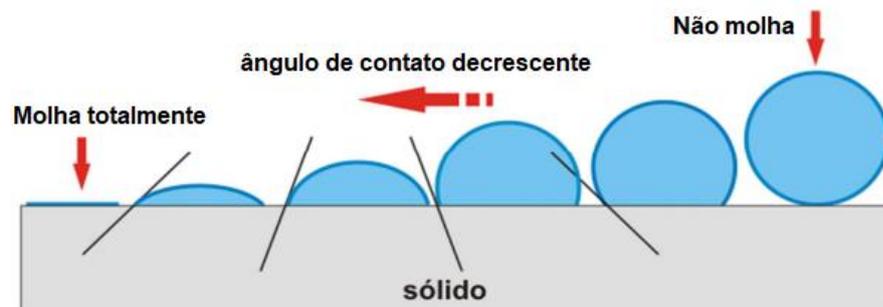


FIGURA 26 - Ângulo de contato e a relação entre a molhabilidade de uma superfície. Adaptado de Liesenfeld e Canavesse (2014)

Inicialmente, de posse de uma planta flor da planta *hibiscus*, deixamos cair uma pequena gota na sua superfície. Podemos verificar o formato da gota intermediária, ou seja, com característica entre o comportamento hidrofílico e hidrofóbico (Ver Figura 26).



FIGURA 27 - Formato da gota em uma folha da flor de *hibiscus*

Também foi gotejado água na superfície da folha da *Tradescantia pallida*, o que gerou uma gota de características também intermediárias conforme pode ser notado pela figura 27.



FIGURA 28 - Formato da gota em uma folha da *Tradescantia pallida*

Como efeito comparativo, deixamos cair uma pequena gota em um outro tipo de folha e foi possível verificar o espalhamento da gota ou molhamento da superfície, o que revela a natureza hidrofílica (Ver Fig. 28).

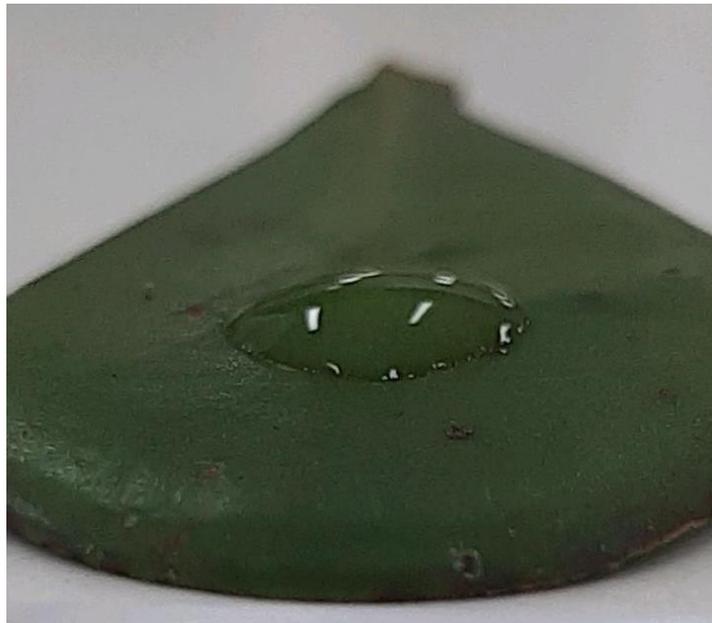


FIGURA 29 - Formato da gota em uma folha de *clusia*

Utilizamos folhas de couve para verificar como a água estabelece contato com sua superfície. Ao deixarmos cair gotas de água na mesma, estabeleceu-se um padrão de caráter hidrofóbico, mostrado na figura 29.



FIGURA 30- Formato da gota em uma folha de couve

Quando submetemos uma gota sobre uma superfície composta por areia, cola PVA e plástico observa-se, pela interação com a água, o caráter hidrofóbico da superfície, conforme indica a figura 30.



FIGURA 31 - Formato da gota em uma superfície de areia, PVA cola e plástico

4.1.6 – NANOFILMES DE ÓXIDOS METÁLICOS

No experimento na formação de nanofilmes, utilizamos materiais bem simples: um estilete de aço, a chama de fogão e um alicate universal.

A figura 31 mostra a superfície do estilete metálico antes da realização do experimento.

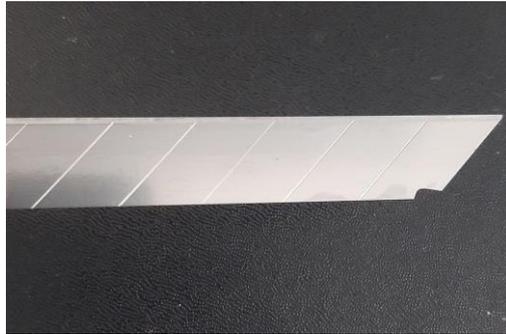


FIGURA 32 - Estilete metálico antes do experimento.

Através deste ensaio pode ser verificado a formação de nanofilmes sobre a superfície do metal através da mudança de cor na superfície da lâmina metálica após o seu resfriamento. Tal fenômeno é uma consequência dos padrões de interferência da luz incidente, espalhada pelos nanofilmes de óxido metálico sobre a sua superfície (Ver Figura 32).



FIGURA 33 - Formação de nanofilmes de óxido metálico e difração da luz pelo filme.

4.1.7 – NANOPARTÍCULAS DE COBRE

Na experiência de formação de nanopartículas de cobre, utilizamos alguns materiais de fácil aquisição para realizar o experimento. Os materiais foram um recipiente de plástico, álcool 70°, uma fonte elétrica DC (bateria de 9V), fios de ligação, eletrodo de cobre, uma lâmina de estilete (aço-carbono) e uma caneta laser.

Inicialmente foi feito o eletrodo de cobre enrolando o fio em uma caneta. Após, fixamos os dois eletrodos (cobre e lâmina) nos cabos elétricos com garras de jacaré e conectamos os cabos na bateria de 9V. Através do processo de eletrólise, observa-se a formação de nanopartículas de cobre (Ver Figura 33) por meio do efeito Tyndall.

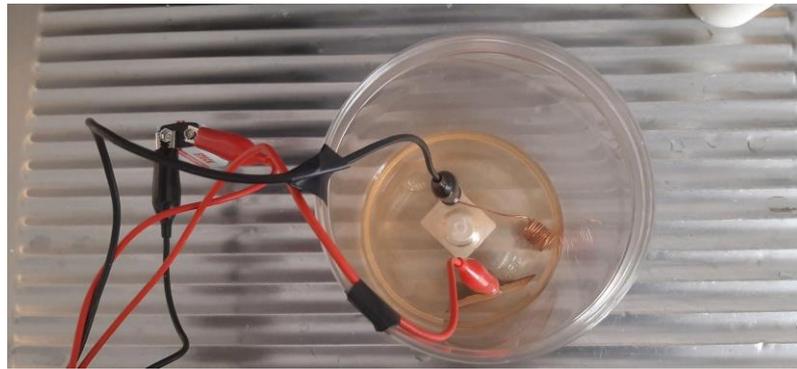


FIGURA 34 - Etapa do experimento ilustrando os materiais utilizados na formação das nanopartículas de cobre

Antes do início do experimento verificamos a existência de partículas residuais presentes no álcool utilizando a caneta laser (ver Figura 34).

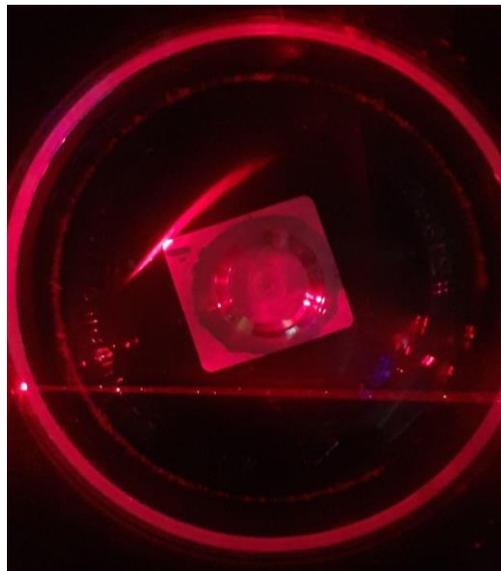


FIGURA 35 - Verificação anterior ao experimento de nanopartículas de cobre

Após 2-3 minutos observa-se a formação de nanopartículas de cobre na superfície da lâmina do estilete. Constatou-se que enquanto a bateria tivesse uma

tensão elétrica suficiente para o processo a nucleação do metal continuaria ocorrendo. (Ver Figura 35).

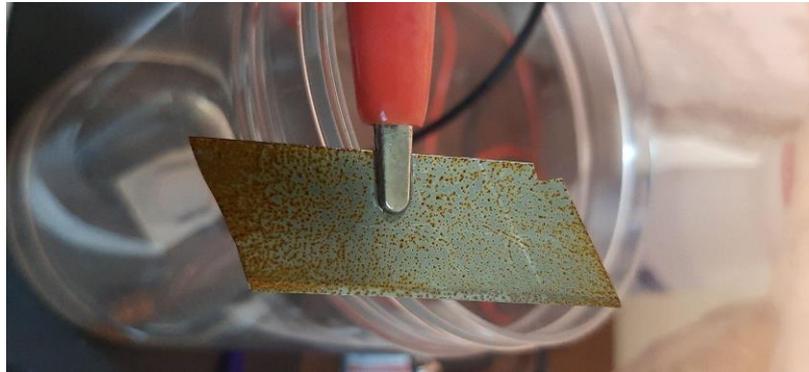


FIGURA 36 - Estilete de aço-carbono nucleado

No final da etapa, verificou-se a existência de nanopartículas de cobre suspensas no álcool por efeito Tyndall, conforme ilustrado na figura 36. Apesar do álcool apresentar partículas residuais, mostradas na figura 34, observa-se o aumento da intensidade do feixe transmitido e refletido, que indicam a presença de íons de cobre dispersos no líquido.



FIGURA 37 - Presença de nanopartículas de cobre

4.1.8 – NANOPARTÍCULAS MAGNÉTICAS

A experiência de síntese de nanopartículas magnéticas com materiais alternativos foi dividida em duas etapas. De posse dos materiais béquer, vinagre e palha de aço, preparamos uma solução de Fe^{2+} , ao misturarmos vinagre de álcool com palha de aço deixando em repouso por cerca de 24h, conforme ilustrado na Figura 37.



FIGURA 38 - Materiais necessários para o experimento de síntese de nanopartículas

O material resultante foi filtrado e transferido para um recipiente de vidro. Dividimos o volume total em duas partes de dois terços e um terço cada em diferentes béqueres mostrados na Figura 38.

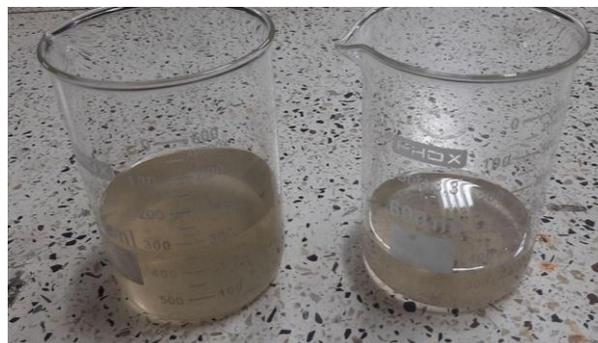


FIGURA 39 - Divisão do volume total em duas partes: dois terços e um terço em diferentes béqueres.

Na parte de dois terços foi adicionada água oxigenada até o momento que a sua cor fosse alterada de amarelada para avermelhada, o que representa a reação de oxidação dos íons Fe^{2+} para íons Fe^{3+} , conforme podemos verificar na figura 39.



FIGURA 40 - Reação de oxidação dos íons Fe^{2+} para íons Fe^{3+}

Após esse processo, uma solução de NaOH preparada com 10g de soda cáustica em 50 mL de água, mostrada na Figura 40, foi adicionada à mistura homogênea de Fe^{2+} e Fe^{3+} .



FIGURA 41 - Preparação da solução de NaOH

A solução resultante, de coloração preta, foi separada em tubos *falcon* mostrados na Figura 41, a fim de serem utilizados independentemente.



FIGURA 42 - Resultado parcial da formação das nanopartículas magnéticas

A magnetização do material é observada pela interação entre o campo magnético de um ímã e as nanopartículas da solução coloidal, conforme a figura 42.



FIGURA 43 - Resultado final das nanopartículas magnéticas interagindo com um ímã

4.1.9 – USO DE NANOPARTÍCULAS DE DIÓXIDO DE TITÂNIO

O objetivo deste experimento é exemplificar o uso de nanopartículas em produtos comerciais facilmente encontrados em farmácias e supermercados e

mostrar, também, que a nanotecnologia está presente no cotidiano da sociedade. Para este fim, utilizamos um protetor solar que contém dióxido de titânio em sua composição e lâmpada ultravioleta (UV) para iluminar uma superfície, que neste caso é o próprio dorso da mão. O experimento consistiu em tirar fotos da mão, iluminada por UV, com e sem o uso do protetor solar.

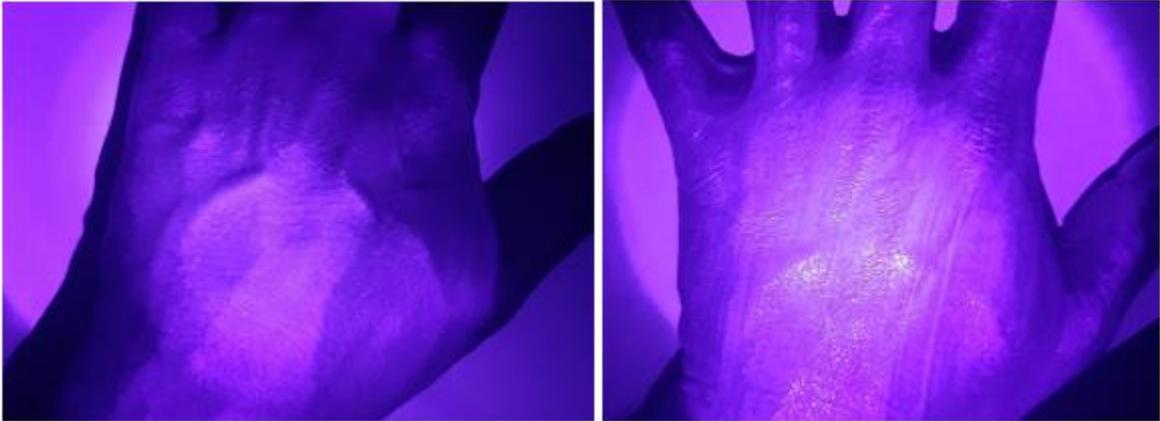


FIGURA 44 - Luz ultravioleta incidindo sobre uma superfície sem dióxido de titânio (a esquerda) e com dióxido de titânio (a direita).

É importante ressaltar que a luz ultravioleta (UV) tem, alta energia e existe o risco de graves queimaduras. Desta forma não se deve expor a pele à mesma radiação sem acompanhamento ou recomendação médica. O protetor solar na forma líquida utilizado foi um de fator FPS 70.

As imagens da figura 43 mostram que a intensidade da luz ultravioleta refletida é maior na superfície com protetor solar.

4.1.10 – PONTOS QUÂNTICOS

Para a realização do experimento dos pontos quânticos utilizamos os materiais indicados na Figura 44.



FIGURA 45 - Materiais utilizados na produção dos pontos quânticos

Inicialmente, aquecemos a $90,0^{\circ}\text{C}$ duas soluções da mistura água, vinagre de álcool e açúcar. A primeira continha 100mL de água filtrada, 25 mL de vinagre de álcool e 20 gramas, aproximadamente, de açúcar. A segunda, 50 mL de água, 10 mL de vinagre e 40,0 g de açúcar. Para verificar se foram produzidas, efetivamente, soluções com pontos quânticos, foi produzida uma mistura semelhante a primeira (100mL de água filtrada, 25 mL de vinagre e 20g de açúcar), porém mantida à temperatura ambiente. Com isso, foi possível verificar a diferença entre o resultado dessa solução com as duas anteriores.

Utilizamos luz ultravioleta para identificar a formação dos pontos quânticos. A solução base mantida à temperatura ambiente espalha a luz violeta por reflexão, conforme mostra a Figura 45.

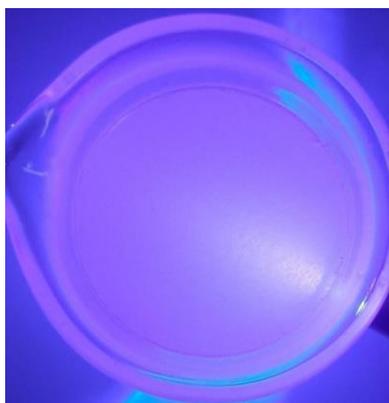


FIGURA 46 - Solução de água filtrada, vinagre e açúcar mantida à temperatura ambiente.

As outras duas soluções mostram o processo, típico de pontos quânticos, o espalhamento da luz ultravioleta incidente em luz com comprimentos de onda maiores, tipicamente azul e verde. Este processo é chamado de confinamento quântico e é decorrente do tamanho das nanopartículas formadas. Na Figura 46, temos os dois resultados comparativos das soluções de pontos quânticos submetidas à luz ultravioleta.

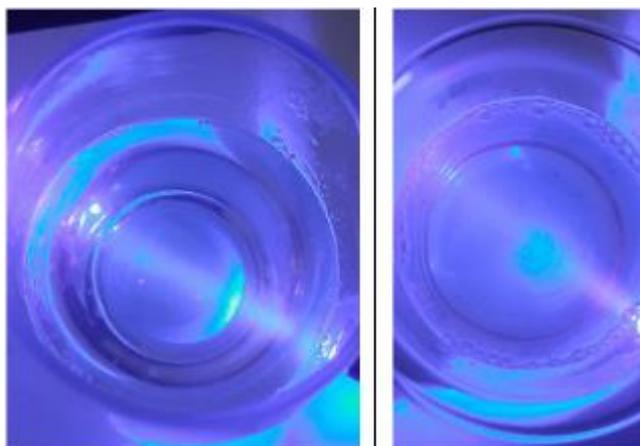


FIGURA 47 - Resultados das soluções de pontos quânticos

No nosso dia-a-dia, os pontos quânticos são materiais que se destacam devido às suas propriedades ópticas e eletrônicas, que dão a esses materiais, aplicações em muitos campos, e, portanto, os tornam bastante interessantes do ponto de vista tecnológico. Exames de imagens através da sinalização e do diagnóstico de doenças, além da presença em células solares são alguns dos exemplos variados onde tal tecnologia se faz presente. Estes materiais, de escala nanométrica, são tidos como a próxima geração de dispositivos eletrônicos e optoeletrônicos, tais como os diodos emissores de luz e células fotovoltaicas (Santos, 2020).

4.2 – ANÁLISE DA BNCC FACE AOS EXPERIMENTOS ESCOLHIDOS

A Nanotecnologia engloba áreas do conhecimento como Química, Física, Engenharia, Biologia, Medicina e Informática. Como consequência, essas e outras

possibilitam inúmeras aplicações tecnológicas que se relacionam entre as áreas do conhecimento apresentadas na BNCC. Nas etapas do Ensino Fundamental, os conteúdos da área de Ciências da Natureza são objetos de conhecimento e de desenvolvimento de habilidades. Nas etapas do Ensino Médio, por sua vez, são apresentados os currículos e as competências específicas de maneira que possa ser ampliada a discussão de situações-problema, tratadas nos anos finais do Ensino Fundamental, elevando o nível de abstração em contextos mais abrangentes e de maior complexidade.

Considerando a complexidade de cada período escolar, apresentamos a relação entre experimento, unidade temática, objetos de conhecimento e habilidades da educação fundamental no quadro 03.

Quadro 03: Experimentos e a BNCC – Ciências – Anos Finais

Ciências – Ensino Fundamental – Anos Finais			
Experimento	Unidade Temática	Objetos de conhecimento	Habilidades
Diluição em escala nano	Matéria e Energia	Materiais Sintéticos	(EF06CI04) Associar a produção de medicamentos e outros materiais sintéticos ao desenvolvimento científico e tecnológico, reconhecendo benefícios e avaliando impactos socioambientais.
Efeito Tyndall	Matéria e Energia	Misturas homogêneas e heterogêneas	(EF06CI01) Classificar como homogênea ou heterogênea a mistura de dois ou mais

			materiais (água e sal, água e óleo, água e areia etc.).
Razão Área-Volume	Matéria e Energia	Cinética Química	(EF09CI01) Investigar as mudanças de estado físico da matéria e explicar essas transformações com base no modelo de constituição submicroscópica.
Nucleação e Crescimento de Cristais	Matéria e Energia	Estrutura da Matéria	(EF09CI01) Investigar as mudanças de estado físico da matéria e explicar essas transformações com base no modelo de constituição submicroscópica.
Produção de Nanopartículas de Cobre	Matéria e Energia	Transformações químicas	(EF06CI02) Identificar evidências de transformações químicas a partir do resultado de misturas de materiais que originam produtos

			diferentes dos que foram misturados (mistura de ingredientes para fazer um bolo, mistura de vinagre com bicarbonato de sódio etc.).
Nanopartículas de dióxido de titânio	Matéria e Energia	Radiações e suas aplicações na saúde	(EF09CI07) Discutir o papel do avanço tecnológico na aplicação das radiações na medicina diagnóstica (raio X, ultrassom, ressonância nuclear magnética) e no tratamento de doenças (radioterapia, cirurgia ótica a laser, infravermelho, ultravioleta etc.).
Produção de nanofilmes	Matéria e Energia	Radiações e suas aplicações na saúde	(EF09CI04) Planejar e executar experimentos que evidenciem que todas as cores de luz

			<p>podem ser formadas pela composição das três cores primárias da luz e que a cor de um objeto está relacionada também à cor da luz que o ilumina.</p>
<p>Síntese de Nanopartículas Magnéticas com materiais alternativos</p>	<p>Matéria e Energia</p>	<p>Transformações químicas</p>	<p>(EF06CI02) Identificar evidências de transformações químicas a partir do resultado de misturas de materiais que originam produtos diferentes dos que foram misturados (mistura de ingredientes para fazer um bolo, mistura de vinagre com bicarbonato de sódio etc.).</p>
<p>Pontos Quânticos</p>	<p>Matéria e Energia</p>	<p>Radiações e suas aplicações na saúde</p>	<p>(EF09CI04) Planejar e executar experimentos que evidenciem</p>

			que todas as cores de luz podem ser formadas pela composição das três cores primárias da luz e que a cor de um objeto está relacionada também à cor da luz que o ilumina.
Molhamento de Superfícies	Matéria e Energia	Estrutura da Matéria	(EF09CI03) Identificar modelos que descrevem a estrutura da matéria (constituição do átomo e composição de moléculas simples) e reconhecer sua evolução histórica.

Todos os experimentos correspondem a conteúdos vinculados à unidade temática Matéria e Energia. A interdisciplinaridade aparece nos objetos de conhecimento que transitam, principalmente, entre física e química com aplicações em saúde. As habilidades integram ações relacionadas ao método científico como investigar, planejar, discutir, identificar e classificar. Todas proporcionadas pelo uso de experimentos como prática didática.

O quadro 04 ilustra as competências específicas, habilidades e sugestões de objetivos de aprendizagem em relação aos experimentos propostos de acordo com as Ciências da Natureza e suas Tecnologias, aplicada no Ensino Médio.

Quadro 04: Experimentos e a BNCC – Ciências da Natureza e suas Tecnologias – Ensino Médio

Ciências da Natureza e suas Tecnologias – Ensino Médio			
Experimento	Competências Específicas	Habilidades	Exemplos de Objetivos de Aprendizagem
Diluição em escala nano	Competência Específica 1: Analisar fenômenos naturais e processos tecnológicos, com base nas relações entre matéria e energia, para propor ações individuais e coletivas que aperfeiçoem processos produtivos, minimizem impactos socioambientais e melhorem as condições de vida em âmbito local, regional e/ou global.	(EM13CNT101) Analisar e representar as transformações e conservações em sistemas que envolvam quantidade de matéria, de energia e de movimento para realizar previsões em situações cotidianas e processos produtivos que priorizem o uso racional dos recursos naturais.	<ul style="list-style-type: none"> ● Razão e proporção; ● Separação e substâncias: relação massa volume, solubilidade e dissolução das substâncias; ● Características dos materiais; ● Soluções; ● Medidas; ● Potenciação.
Efeito Tyndall	Competência Específica 1: Analisar fenômenos naturais e processos tecnológicos, com base nas relações entre matéria e energia, para propor ações individuais e coletivas que aperfeiçoem processos produtivos, minimizem impactos socioambientais e melhorem as condições	(EM13CNT101) Analisar e representar as transformações e conservações em sistemas que envolvam quantidade de matéria, de energia e de movimento para realizar previsões em situações cotidianas e processos produtivos que priorizem o uso	<ul style="list-style-type: none"> ● Soluções; ● Concentração de Soluções; ● Fenômenos Ópticos;

	de vida em âmbito local, regional e/ou global.	racional dos recursos naturais.	
Razão Área-Volume	Competência Específica 1: Analisar fenômenos naturais e processos tecnológicos, com base nas relações entre matéria e energia, para propor ações individuais e coletivas que aperfeiçoem processos produtivos, minimizem impactos socioambientais e melhorem as condições de vida em âmbito local, regional e/ou global.	(EM13CNT101) Analisar e representar as transformações e conservações em sistemas que envolvam quantidade de matéria, de energia e de movimento para realizar previsões em situações cotidianas e processos produtivos que priorizem o uso racional dos recursos naturais.	<ul style="list-style-type: none"> ● Reações Químicas; ● Cinética Química; ● Área de uma superfície; ● Volume; ● Geometria Molecular; ● Superfície de contato; ● Propriedades físico-química da matéria.
Nucleação e Crescimento de Cristais	Competência Específica 1: Analisar fenômenos naturais e processos tecnológicos, com base nas relações entre matéria e energia, para propor ações individuais e coletivas que aperfeiçoem processos produtivos, minimizem impactos socioambientais e melhorem as condições de vida em âmbito local, regional e/ou global.	(EM13CNT101) Analisar e representar as transformações e conservações em sistemas que envolvam quantidade de matéria, de energia e de movimento para realizar previsões em situações cotidianas e processos produtivos que priorizem o uso racional dos recursos naturais.	<ul style="list-style-type: none"> ● Energia envolvida nas reações químicas; ● Concentrações de soluções; ● Soluções; ● Ligações Químicas e Forças Intermoleculares.
Produção de Nanopartículas de Cobre	Competência Específica 1: Analisar fenômenos naturais e processos tecnológicos, com base nas relações entre matéria e energia, para	(EM13CNT101) Analisar e representar as transformações e conservações em sistemas que envolvam quantidade	<ul style="list-style-type: none"> ● Processos de oxidação e redução; ● Soluções; ● Concentrações de soluções;

	<p>propor ações individuais e coletivas que aperfeiçoem processos produtivos, minimizem impactos socioambientais e melhorem as condições de vida em âmbito local, regional e/ou global.</p>	<p>de matéria, de energia e de movimento para realizar previsões em situações cotidianas e processos produtivos que priorizem o uso racional dos recursos naturais.</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Fenômenos ópticos
<p>Nanopartículas de dióxido de titânio</p>	<p>Competência Específica 1: Analisar fenômenos naturais e processos tecnológicos, com base nas relações entre matéria e energia, para propor ações individuais e coletivas que aperfeiçoem processos produtivos, minimizem impactos socioambientais e melhorem as condições de vida em âmbito local, regional e/ou global.</p>	<p>(EM13CNT103) Utilizar o conhecimento sobre as radiações e suas origens para avaliar as potencialidades e os riscos de sua aplicação em equipamentos de uso cotidiano, na saúde, na indústria e na geração de energia elétrica.</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Óxidos; • Condutibilidade térmica; • Fenômenos Ópticos; • Refração da luz.
<p>Produção de nanofilmes</p>	<p>Competência Específica 1: Analisar fenômenos naturais e processos tecnológicos, com base nas relações entre matéria e energia, para propor ações individuais e coletivas que aperfeiçoem processos produtivos, minimizem impactos socioambientais e melhorem as condições de vida em âmbito local, regional e/ou global.</p>	<p>(EM13CNT101) Analisar e representar as transformações e conservações em sistemas que envolvam quantidade de matéria, de energia e de movimento para realizar previsões em situações cotidianas e processos produtivos que priorizem o uso racional dos recursos naturais.</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Interferência construtiva e destrutiva da luz; • Difração da luz; • Ondas eletromagnéticas.

<p>Síntese de Nanopartículas magnéticas com materiais alternativos</p>	<p>Competência Específica 1: Analisar fenômenos naturais e processos tecnológicos, com base nas relações entre matéria e energia, para propor ações individuais e coletivas que aperfeiçoem processos produtivos, minimizem impactos socioambientais e melhorem as condições de vida em âmbito local, regional e/ou global.</p>	<p>(EM13CNT101) Analisar e representar as transformações e conservações em sistemas que envolvam quantidade de matéria, de energia e de movimento para realizar previsões em situações cotidianas e processos produtivos que priorizem o uso racional dos recursos naturais.</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Reações Químicas; • Soluções; • Magnetismo ; • Síntese.
<p>Pontos Quânticos</p>	<p>Competência Específica 1: Analisar fenômenos naturais e processos tecnológicos, com base nas relações entre matéria e energia, para propor ações individuais e coletivas que aperfeiçoem processos produtivos, minimizem impactos socioambientais e melhorem as condições de vida em âmbito local, regional e/ou global.</p>	<p>(EM13CNT103) Utilizar o conhecimento sobre as radiações e suas origens para avaliar as potencialidades e os riscos de sua aplicação em equipamentos de uso cotidiano, na saúde, na indústria e na geração de energia elétrica.</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Soluções; • Ondas eletromagnéticas; • Semicondutores;
<p>Molhamento das Superfícies</p>	<p>Competência Específica 1: Analisar fenômenos naturais e processos tecnológicos, com base nas relações entre matéria e energia, para propor ações individuais e coletivas que</p>	<p>(EM13CNT101) Analisar e representar as transformações e conservações em sistemas que envolvam quantidade de matéria, de energia e de movimento para</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Tensão Superficial; • Geometria Plana;

	aperfeiçoem processos produtivos, minimizem impactos socioambientais e melhorem as condições de vida em âmbito local, regional e/ou global.	realizar previsões em situações cotidianas e processos produtivos que priorizem o uso racional dos recursos naturais.	
--	---	---	--

Os experimentos propostos voltados para o Ensino Médio podem promover o letramento científico, conforme a BNCC propõe, para que o aluno seja mais crítico compreendendo o mundo ao seu redor (Brasil, 2018).

4.3 – SITE DE DIVULGAÇÃO CIENTÍFICA EM NANOTECNOLOGIA

A realização dos experimentos foi a primeira etapa para a divulgação de conteúdos de nanotecnologia. A seguir apresentamos os resultados da preparação do site Divulgação Científica em Nanotecnologia, que contém fotos, vídeos, textos explicativos e roteiros experimentais. Fotos e vídeos que não foram realizados durante cada procedimento experimental e que foram inseridos no sítio eletrônico são de livre acesso e distribuído pelo próprio *Wix.com*. O acesso a página da *web* é feito através do endereço <https://nanoensinociencias.wixsite.com/nanoensinociencias>

Para uma melhor visualização do conteúdo do sítio eletrônico, recomenda-se que seja utilizado um computador ou que, com o uso de um celular seja habilitado neste a versão para computador. O *site* contém abas com os conteúdos deste trabalho que foram divididas da seguinte forma: INÍCIO – PERFIL E CONTATO – BIOGRAFIA – NANOTECNOLOGIA, O QUE É? – UM POUCO MAIS – VÍDEOS – MAIS VÍDEOS – ROTEIROS. Em cada aba é possível o retorno a aba anterior ou o avanço para a aba posterior conforme ilustra a Figura 47.



FIGURA 48 - Organograma do sítio eletrônico desenvolvido

Na página principal do sítio temos a aba “INÍCIO” que apresenta a ideia geral da proposta deste produto, que é desenvolver mecanismos conjuntos de divulgação científica em Nanotecnologia voltada para o público em geral. A Figura 48 ilustra a parte superior da página inicial do sítio.



FIGURA 49 - INÍCIO: parte superior da página

A Figura 49 ilustra a parte inferior da página inicial do sítio. Nesta há uma aba chamada Galeria que contém fotos e vídeos de etapas experimentais.

Galeria

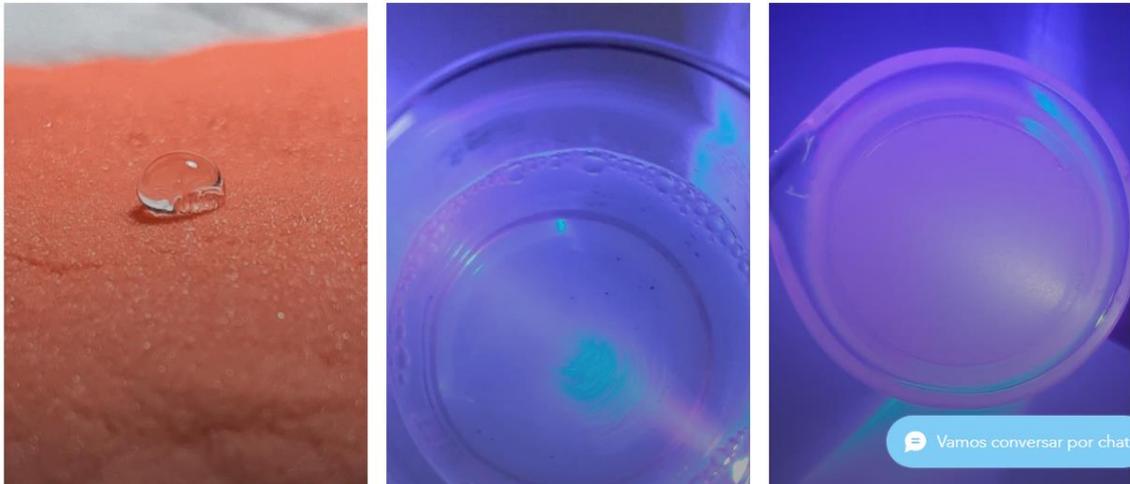


FIGURA 50 – INÍCIO: parte inferior da página

Na aba “PERFIL E CONTATO” foi descrito qual o propósito do sítio que é de “Contribuir para o amplo conhecimento da ciência pela população através da exposição de conteúdos de Nanotecnologia, empregando uma linguagem simples e adequada ao público leigo”. Também é apresentada uma forma do usuário entrar em contato com os idealizadores do sítio eletrônico, conforme ilustra a Figura 50.



FIGURA 51 - PERFIL e CONTATO: parte superior da página

Na Figura 51 temos a parte inferior da aba perfil e contato.

The image shows a contact form on a website. On the left, the text "Entre em Contato" is displayed. In the center, there is an email address "prof.felipedeabreu@gmail.com" with social media icons for YouTube and Instagram below it. On the right, there are input fields for "Nome" and "Sobrenome", an "Email *" field, and a "Mensagem" field. A blue button with a chat icon and the text "Vamos conversar por chat" is located at the bottom right of the form area.

FIGURA 52 - PERFIL E CONTATO - Parte inferior da página

Na aba “BIOGRAFIA” foi apresentada as informações relativas à formação do criador do sítio, além de possibilitar que o seu usuário possa conhecer mais o trabalho de divulgação científica realizado em Nanotecnologia através do contato por e-mail ou mensagem direta pela própria estrutura da página.

Na aba “NANOTECNOLOGIA - O QUE É?” foi realizada uma construção cronológica da história deste ramo científico englobando tanto a difusão científica como a divulgação científica ao longo dos anos com os seus personagens principais e descobertas (Ver Figura 52).



FIGURA 53 – NANOTECNOLOGIA - O QUE É? – Parte superior da página

A Figura 53 mostra a parte inferior da página, onde destacamos a importância do físico *Richard P. Feynman* em sua famosa palestra *“There is plenty of room at the bottom”* (“Tem muito espaço lá embaixo”). Na indústria cinematográfica, o filme *Fantastic Voyage* (Viagem Fantástica) baseado no livro do escritor e diretor *Isaac Asimov* que aborda a questão da miniaturização. Além da relevância do avanço no campo da microscopia e do entendimento do que é o *fullereno*, ressalta-se a publicação do livro *Engines of Creation (Motores da Criação)* de *Eric Drexler* que indica a possibilidade de manipularmos a matéria átomo a átomo. Também destacamos a manipulação atômica usando técnica de nanolitografia e os microtubos helicoidais de carbono.



FIGURA 54 – NANOTECNOLOGIA – O QUE É? - parte inferior da página

Na aba "UM POUCO MAIS..." foram apresentadas mais algumas contribuições feitas dentro desse ramo tecnológico que foi a importância dos Nanotubos associados aos transistores e fios quânticos, além do expressivo crescimento que surgiu em meados do ano 2000 com as diversas aplicações da nanotecnologia em variadas áreas do conhecimento. Destacamos também a importância dos Nanocompósitos e da manipulação de átomos e moléculas *top-down* e *bottom-up*. Na figura 54 temos a visão superior da aba dessa seção.



FIGURA 55 – UM POUCO MAIS... – parte superior da página

Na figura 55, destacamos uma atividade que era realizada no século XIII, onde os nanomateriais já eram sintetizados e utilizados para a fabricação de materiais e utensílios antes mesmo do século XX. Em vitrais de algumas igrejas da Europa, nanopartículas de prata e ouro já eram utilizadas por vidraceiros medievais. O conhecimento de que a junção de nanopartículas metálicas de ouro e prata foram utilizadas na Roma do século IV a.C. no conhecido Cálice de Licurgo (*Lycurgus Cup*).



FIGURA 56 - UM POUCO MAIS... - parte inferior da página

Na parte “VÍDEOS” apresenta-se os 06 (seis) primeiros vídeos experimentais que foram adicionados a partir do canal do *YouTube* criado. Os vídeos são: *Formação de nanogotas*, *Efeito Tyndall*, *Razão Área-Volume*, *Nucleação e Crescimento de Cristais*, *Nanopartículas de Cobre* e *Nanopartículas de dióxido de titânio*, conforme é indicado pela figura 56. Para que o usuário da página possa acessar cada vídeo e os demais basta clicar na imagem ilustrativa de cada experimento, dessa forma o mesmo será direcionado para o canal do *YouTube* e poderá assistir o mesmo.

Formação de Nanogotas

A magia da formação de uma nanogota - venha desvendar os mistérios da escala nanométrica!



Razão Área-Volume

Como uma elevada área de superfície e um pequeno volume influenciam as dimensões nanométricas?

Efeito Tyndall

Qual é a distinção entre uma solução verdadeira, uma suspensão e uma suspensão coloidal? Como podemos identificar a presença de sistemas chamados coloides e que possuem partículas com dimensões nanométricas.



Nucleação e Crescimento de Cristais

Quer saber como criar um super cristal apenas "sal amargo"? Moleza! Tudo o que você

Vamos conversar por chat

FIGURA 57 – VÍDEOS – parte superior da página

Os demais 04 (quatro) vídeos experimentais, *Produção de Nanofilmes*, *Síntese de Nanopartículas Magnéticas com materiais alternativos*, *Pontos Quânticos* e *Molhamento das Superfícies* se encontram distribuídos na aba MAIS VÍDEOS, possuindo o mesmo procedimento para acessá-los (Ver Figura 57).



Mais Vídeos

Produção de Nanofilmes

Como desvendar o mistério da formação de nanofilmes em superfícies como, por exemplo, os metais? Neste vídeo vamos verificar a formação de nanofilmes sobre a superfície de um metal



Síntese de Nanopartículas Magnéticas com materiais alternativos

Como podemos realizar uma síntese de nanopartículas de magnetita com materiais de fácil aquisição? Neste vídeo vamos realizar um processo de síntese de nanopartículas magnéticas com materiais de fácil aquisição evitando realizar um processo de síntese custoso ou devido à ausência de reagentes mais

Vamos conversar por chat

FIGURA 58 - MAIS VÍDEOS: parte superior da página

Na aba “ROTEIROS EXPERIMENTAIS” são apresentadas, no formato de apresentação automática de *slides*, as etapas necessárias para que cada experimento possa

ser divulgado e realizado por qualquer pessoa que esteja interessada em conhecer esse ramo tecnológico da ciência. Os roteiros foram divididos em *Questão aberta ou Problemática*, *Materiais*, *Objetivo*, *Procedimento Experimental*, *Discussão dos Resultados* e *Conclusões*. A figura 58 ilustra uma parte dos roteiros experimentais e a visão do usuário do sítio.



FIGURA 59 - Aparência do sítio eletrônico na parte ROTEIROS EXPERIMENTAIS

O produto pedagógico, desenvolvido nesta dissertação, traz a prática experimental simplificada como forma de transmitir o conhecimento acadêmico para o público em geral, e emprega recursos tecnológicos de grande alcance e de fácil acesso. Em se tratando do tema nanotecnologia, ainda se faz necessária a inserção de mais produtos em divulgação científica que agreguem aos já existentes, como *sites* em língua portuguesa, cartilhas e diversos livros com conteúdo sobre as bases e experimentos em nanotecnologia.

5. CONCLUSÃO

Com o intuito de divulgar a Nanotecnologia e torná-la acessível aos interessados em ciências, neste trabalho foram apresentadas as etapas de construção e os produtos finais dos mecanismos de divulgação científica na área. Foram apresentados 10 (dez) experimentos fáceis de serem reproduzidos em ambientes domésticos, e informais, além de um canal exclusivo na rede social *YouTube* de nome

Nanotecnologia no Ensino de Ciências onde os vídeos foram carregados. Os vídeos e fotos foram feitos utilizando um aparelho de celular, o que mostra a facilidade em desenvolver material de qualidade, acessível, com potencial para alcançar pessoas de qualquer faixa etária e região. A edição das fotos, vídeos e apresentações foram feitas utilizando os recursos gratuitos da plataforma gráfica *Canva*.

Também foi construída uma página eletrônica de mesmo nome e com mais informações para a divulgação científica e a compreensão dessa área do conhecimento. Foi utilizada a plataforma de desenvolvimento de sites gratuita *Wix.com*.

Com isso verifica-se a possibilidade de que os produtos criados colaborem na divulgação científica em Nanotecnologia. Espera-se que, com a popularização do canal da rede social e do sítio eletrônico, se torne mais abrangente o entendimento sobre nanotecnologia através de vídeos, imagens dos experimentos, da lista de materiais, dos roteiros e da reprodução das práticas.

Desta forma, os produtos pedagógicos apresentados nesta dissertação têm como função promover a divulgação científica sobre conceitos de Nanotecnologia. Os vídeos podem ser assistidos por qualquer pessoa interessada no tema ou podem ser utilizados como referência para a reprodução das práticas sem a necessidade de um laboratório científico. Por fim, espera-se que os resultados deste projeto consigam apresentar à cultura científica da sociedade um alcance maior do que a simples visualização dos produtos construídos.

6. PERSPECTIVAS FUTURAS

Poderia tal ferramenta ser utilizada por docentes de áreas afins da educação básica reproduzindo as mídias para os seus alunos ou ao realizar os experimentos de acordo com roteiro específico em um espaço escolar?

Como perspectiva futura destes produtos, espera-se que a sua aplicação em um espaço escolar possa ser analisada através dos resultados apresentados ao utilizar os objetos de estudo (recursos oferecidos) do sítio, produto deste estudo. Poderá ser avaliada a eficácia do uso do *site* através de, por exemplo, uma pesquisa de opinião. Desta forma presume-se que os resultados indiquem a viabilidade em promover a divulgação científica em nanotecnologia através de vídeos de experimentos que possam ser assistidos e/ou aplicados, por exemplo, em sala de aula

ou em um laboratório com a intervenção do professor de Ciências, Biologia, Química ou Física.

Poderá ser verificada a aplicação, em sala de aula, do material disponível no *sítio*, empregando-se materiais e métodos utilizados no ensino de Ciências para que alunos dos Ensinos Fundamental ou Médio sejam apresentados à Nanotecnologia.

7. REFERÊNCIAS

ABAGLI, S. **Divulgação científica: informação científica para a cidadania.**, . DOI: 10.18225/ci.inf..v25i3.639. Acesso em: 10 nov. 2020

ABDALA-MENDES, M. F.. **José Reis e uma vida dedicada a divulgar ciência.** Resenha - História, Ciências, Saúde - Manguinhos, Rio de Janeiro, v. 28. n.2, abr.-jun., 2021, p.607-610

ACERVO REVISTAS CIÊNCIA HOJE. **Nanotecnologia: uma história um pouco diferente.** Peter Schulz, CH 308, Outubro de 2013. Disponível em: <https://cienciahoje.org.br/artigo/nanotecnologia-uma-historia-um-pouco-diferente/>

ALBERTI, T. R. R. **Inserção de Tópicos de Física Moderna e Contemporânea no Ensino de Física: elaboração de uma unidade didática com foco em nanociências e nanotecnologia.** Dissertação (Mestrado) – Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Programa de Pós-graduação em Formação Científica, Educacional e Tecnológica, Curitiba, 2016

ALDABRA. **O que é uma Fanpage?** 2017. Disponível em: <<https://aldabra.com.br/artigo/o-que-e-uma-fanpage>>. Acesso em: 30 nov. 2020.

ALVES, O. L., **Nanotecnologia, nanociência e nanomateriais: quando a distância entre presente e futuro não é apenas questão de tempo.** Parcerias Estratégicas, Nº 18, Agosto de 2004

BARBOSA, C. H., **Henrique Morize e o ideal de ciência pura na República Velha.** Revista da SBHC. Rio de Janeiro, v. 2, n. 2, p 171-174, jul./dez. 2004. Disponível em: https://www.sbhc.org.br/arquivo/download?ID_ARQUIVO=153

BARDIN, L. **Análise de conteúdo.** 2. reimp. São Paulo: Edições 70, 2011

BARIN, C. S., ELLEN SOHN, R. M., SILVA, M. F. **O uso do TikTok no contexto educacional.** RENOTE – Revista Novas Tecnologias na Educação. ISSN 1679-1913 CINTED – Centro Interdisciplinar de Novas Tecnologias na Educação – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, v. 18, n.2, dezembro de 2020

BARROS, M. C. F. **Tecnologias digitais: contribuições para o aprendizado e a competência na educação.** Fortaleza: Grupo Educação, Tecnologia e Saúde da

Universidade Federal do Ceará. 2021. E-guia (9 p.). Disponível em: <http://www.repositorio.ufc.br/handle/riufc/59376>. Acesso em: 07 de julho de 2021.

BEUREN, E. C; BALDO, A. P. **Formação cidadã dos alunos da educação básica, na promoção do conhecimento científico nas ciências da natureza, utilizando os recursos da Web 2.0.** 2015. Disponível em: <https://san.uri.br/sites/anais/ciecitec/2015/resumos/comunicacao/872.doc>. Acesso em: 10 de agosto de 2021.

BRASIL. **Base Nacional Comum Curricular (BNCC).** Consulta Pública. Brasília, MEC/CONSED/UNDIME, 2015. Acesso em: 21 maio 2020. Disponível em: http://basenacionalcomum.mec.gov.br/images/BNCC_EI_EF_110518_versaofinal_sit e.pdf

BRASIL. **Fiocruz, Rádio Sociedade.** Disponível em: <https://www.fiocruz.br/radiosociedade/cgi/cgilua.exe/sys/start.htm?tpl=home>. Acesso em: 16 de agosto de 2021

BRASIL. **Temas Contemporâneos Transversais na BNCC:** contexto histórico e pressupostos pedagógicos. Disponível em: http://basenacionalcomum.mec.gov.br/images/implementacao/contextualizacao_tem as_contemporaneos.pdf. 2019

Butantan. Histórico. Disponível em: <https://butantan.gov.br/institucional/historico>. Acesso em: 24 de julho de 2022

BUENO, W. C. **Jornalismo científico no Brasil: o compromisso de uma prática independente.** 1984. 163f. Tese (Doutorado em Comunicação) – Escola de Comunicação e Artes da Universidade de São Paulo, São Paulo

BUENO, W. C. **Comunicação Científica e Divulgação Científica: Aproximações e Rupturas Conceituais.** Informação & Informação, Londrina, v. 15, n. esp., p. 1-12, 2010. Disponível em: <https://www.brapci.inf.br/index.php/res/v/33484>. Acesso em: 10 fev. 2021.

BURKE, P. **A História Social do Conhecimento de Gutenberg a Diderot.** Ed. Zahar, 2010

CARIBÉ, R. C. V., **Comunicação científica para o público leigo no Brasil.** Brasília. Universidade de Brasília, 2011.

CARVALHO, M. C. **Divulgação Científica no YouTube: Narrativa e Cultura Participativa nos Canais Nerdologia e Peixe Babel.** Intercom – Sociedade Brasileira de Estudos Interdisciplinares da Comunicação – XVIII Congresso de Ciências da Comunicação da Região Nordeste – Caruaru – PE, 2016

Divulgação científica: um grande desafio para este século. **Cienc. Cult.**, São Paulo , v. 57, n. 2, p. 18-20, June 2005 . Available from <http://cienciaecultura.bvs.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0009-67252005000200013&lng=en&nrm=iso>. access on 04 Nov. 2021.

CLEBSCH, A. B., WATANABE, M. **Abordagem da Nanociência e Nanotecnologia a partir da escala**. Novas Tecnologias na Educação, V. 15, nº 1, Rio Grande do Sul: CINTED, UFRGS, julho de 2017

COELHO, S. S., VASCONCELOS, M.C.C., **A criação das instituições de ensino superior no Brasil: o desafio tardio na América Latina**. IX Colóquio Internacional sobre Gestão Universitária na América do Sul, Florianópolis, Brasil. 2009. Disponível em: <https://repositorio.ufsc.br/bitstream/handle/123456789/37012>

CORRÊA, T. H. B., SILVA REIS, J. D., **Estrutura de fulerenos: estabelecendo interfaces no ensino de matemática e química em nível superior**. Química Nova, Vol. 40, Nº 8, 963-969, 2017

COSTA, I. S.; ANDRADE, F. R. D. de. Experimentos didáticos de cristalização. **Terrae Didatica**, Campinas, SP, v. 10, n. 2, p. 91–104, 2015. DOI: 10.20396/td.v10i2.8637368. Disponível em: <https://periodicos.sbu.unicamp.br/ojs/index.php/td/article/view/8637368>. Acesso em: 23 de março de 2021

DAMASCENO, 2021. **Fake News e Pós-Verdade: um estudo filosófico acerca do surgimento de notícias falsas**. *Brazilian Journal of Development*. Curitiba, v.7, n.7, p.70215-70225. Jul. 2021. ISSN: 2525-8761. DOI: 10.34117/bjdv7n7-276. Disponível em: <https://ojs.brazilianjournals.com.br/ojs/index.php/BRJD/article/view/32800/pdf>

DEKKER, C., **Carbon Nanotubes as Molecular Quantum Wires**. *Physics Today, American Institute of Physics*, S-0031-9228-9935-010-3, 1999. Disponível em: <https://inst.eecs.berkeley.edu/~ee230/sp08/dekker%20nanotube%20quantum%20wires%20phys%20today%201999.pdf>

DEMEZIO et al. **O Instagram como ferramenta de aproximação entre Marca e Consumidor**. Intercom – Sociedade Brasileira de Estudos Interdisciplinares da Comunicação – XVIII Congresso de Ciências da Comunicação da Região Nordeste – Caruaru – PE, 2016

DIY Nano: Do-it-yourself science activities Do-it-yourself science activities that investigate the nanoscale—the scale of atoms and molecules!, National Science Foundations, 2016

DUARTE, T. de C. **Divulgação científica e a autofagia acadêmica**. Unespciência 1–5, 2019

ENSINANO, 2020. Plataforma de Ensino da Nanotecnologia. Disponível em: <ensinano.com.br>. Acesso em: 14 de abril de 2020

EPSTEIN, I. **Divulgação científica: 96 verbetes**. Campinas: Pontes, 2002. 287 p

ESTADÃO. <https://www.google.com/url?q=https://www.estadao.com.br/politica/bolso-naro-volta-a-espalhar-fake-news-e-diz-que-vacinas-tem-grafeno-que-acumulam-no->

testiculo/&sa=D&source=docs&ust=1701433194663410&usg=AOvVaw07hKBVJmzt86lUNjxz41is

FALK, J. H., DIERKING, L. D **Lessons without limit: How free-choice learning is transforming education.** Walnut Creek, CA, AltaMira Press. 2002

FEYNMAN, **Plenty of Room at the Bottom**, uma transcrição de uma palestra apresentada por *Richard P. Feynman* a Sociedade Americana de Física, em Pasadena em Dezembro de 1959. Disponível em:
https://web.pa.msu.edu/people/yang/RFeynman_plentySpace.pdf

FERREIRA, H. S., RANGEL, M. C., **Nanotecnologia: aspectos gerais e potencial de aplicação em catálise.** Química Nova, Vol. 32, Nº7, 1860-1870, 2009

FILHO, C. A. N., PINTO, S. L., SGARBI, A. D., **Um ensaio sobre divulgação científica.** Divulgação Científica e Ensino de Ciências: Debates preliminares, Organizador Carlos Roberto Pires Campos - Vitória; IFES, 2015 109 p (Série pesquisa em educação em ciências e matemática; ISBN: 978-85-8263-066-2

FRANÇA, A. de A. **Divulgação científica no Brasil : espaços de interatividade na Web**, Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal de São Carlos, 2015, 136 f.

FREITAS, M. H., **Considerações acerca dos primeiros periódicos científicos brasileiros**, Ci. Inf., Brasília, v. 35, n. 3, p. 54-66, set./dez. 2006

FREITAS et. al, **O uso de tecnologias digitais (TIC'S) no ensino e aprendizagem de instituições de ensino superior em países da América Latina: desafios e benefícios para o século XXI.** UNIPAR, Educere - Revista da Educação da UNIPAR, Umuarama, v. 23, n.4, p. 1568-1584, 2023

GALEMBECK, F. **Microscopia de sondas: uma caixa de ferramentas da nanotecnologia.** Cienc. Cult., São Paulo, v. 65, n.3, p. 37-43, Julho 2013. Disponível em http://cienciaecultura.bvs.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0009-67252013000300013&lng=en&nrm=iso. Acesso em 20 de setembro de 2023. <http://dx.doi.org/10.21800/S0009-67252013000300013>.

GRILLO, S. V. C., **Divulgação científica: linguagens, esferas e gênero**, São Paulo, Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas, 2013

HERNANO, C., M. **Divulgação Científica: um grande desafio para este século** [Entrevista concedida a] MASSARANI, L., MOREIRA, I. de C. Notícias do Mundo, Edição de texto de Carla Almeida, do Centro de Estudos do Museu da Vida/Casa de Oswaldo Cruz/Fiocruz, 2006

IJIMA, S. S. **Helical microtubules of graphitic carbon.** *Nature* 354, 56–58 (1991). <https://doi.org/10.1038/354056a0>. Disponível em:
<https://lwin.me.berkeley.edu/me118/papers/paper1.pdf>

INEP Instituto Nacional de Estudos e Pesquisas Educacionais Anísio Teixeira. Exame Nacional do Ensino Médio. **ENEM**, 2023. Disponível em: <https://www.gov.br/inep/pt-br/areas-de-atuacao/avaliacao-e-exames-educacionais/enem>. Acesso em: 17 maio 2020.

INSTRUCTABLES, StrangelyAmusing. DIY 10 Minute Carbon Quantum Dots. YouTube, 08 de março de 2019. Disponível em: <https://www.youtube.com/watch?v=4I2Ufx-lz6U>. Acesso em: 15 de março de 2021

ISO, **International Organization for Standardization**. Nanotechnologies - Vocabulary - Part 4: Disponível em: www.iso.org/obp/ui/#iso:std:iso:ts:80004:-4:ed-1:v1:en. Acesso em: 09 de dezembro de 2020

JING et al. **Nanotecnologia na Escola: Possibilidades e Desafios**. 2019. Experiências em Ensino de Ciências, V.14, nº.1. 2019

KOYRÉ, A., **Estudos de história do pensamento científico**. Tradução de Márcio Ramalho, 3. Ed. - Rio de Janeiro: Forense, 2011

LAKATOS, E. M.; MARCONI, M. A., **Metodologia do trabalho científico**. São Paulo: Editora Atlas S.A., 7ª ed., 2012

LIESENFELD, A. A. K, CANAVESSE, E. R., **Projeto e execução de equipamento para medição de ângulo de contato de líquidos em superfícies sólidas**. Medianeira, 2014. Disponível em: <https://riut.utfpr.edu.br/jspui/bitstream/1/13650/1/medicaocontatoliqidossolidas.pdf>

LORDÉLO, F. S.; PORTO, C. M. **Divulgação científica e cultura científica: Conceito e aplicabilidade**. Rev. Ciênc. Ext. v.8, n.1, p.20, 2012.

LUNA, S. V., **Planejamento de pesquisa: uma introdução**. São Paulo: Educ, 1998

MACHADO, F. S., **A divulgação científica e o enunciado digital**, Bakhtiniana: Revista de Estudos do Discurso. São Paulo, 11 (2): 93-110, Maio/Ago. 2016

MARANDINO, M., **Faz sentido ainda propor a separação entre os termos educação formal, não formal e informal?** Jornal Ciênc. Educ., Bauru, v. 23, n. 4, p. 811-816, 2017

MASSARANI, L., MOREIRA, I. C., **A divulgação científica no Rio de Janeiro: um passeio histórico e o contexto atual**, Revista Rio de Janeiro, n. 11, set-dez, 2003. Disponível em: http://www.forumrio.uerj.br/documentos/revista_11/11-Massarani.pdf

MASSARANI, L., MOREIRA, I. C., **Divulgación de la ciencia: perspectivas históricas y dilemas permanentes**. Quark, n. 32, abril-junho, 2004

MATTOS BRITO OLIVEIRA, F. C. e MATTOS BRITO OLIVEIRA, F. A., **Interação Humano Computador**. Computação, Ed. UECE, 2ª Ed. Fortaleza - Ceará, 2015

MELO JUNIOR, et. al., **Preparação de Nanopartículas de prata e ouro: um método simples para a introdução da nanociência em laboratório de ensino.** Química Nova, Vol. 35, Nº 9, 1872-1878, 2012. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/qn/a/wfcctywf33BdvvMBYmCxPgf/?format=pdf&lang=pt>. Acesso em: 14 de março de 2021

MENEZES, H. F., **Uma reflexão sobre o HTML5: como essa tecnologia tem possibilitado a criação de páginas web mais interativas.** Conferências UFCA – Ceará, 2013. Disponível em: <https://encontros.ufca.edu.br/>

MÍDIAS SOCIAIS E REDES SOCIAIS/DIFERENÇAS ENTRE ELAS. Blog Integrate, 2015. Disponível em: <http://blog.integrate.com.br/2019/01/midias-sociais-e-redes-sociais.html#:~:text=Segundo%20Fabio%20Cipriani%2C%20autor%20de,que%20s%C3%A3o%20as%20redes%20sociais!>. Acesso em: abril de 2022

MONTEIRO, J. C. da S., **TikTok como novo suporte midiático para a aprendizagem criativa.** Revista Latino-Americana de Estudos Científicos – RELAEC. Disponível em: <http://www.periodicos.ufes.br/ipa>. Acesso em: 24 de Junho de 2021

MORAES, E. C., CARNEIRO, E. M. M., **A evolução do jornalismo na divulgação científica.**, ComCiência, Revista Eletrônica de Jornalismo Científico. Sociedade Brasileira para o Progresso da Ciência (SBPC), 10 de abril de 2018. Acesso em: 15 de setembro de 2021

MOREIRA, M. G; PALMIERI, L. J., **O ensino de ciências e o combate às fake news: o que dizem as pesquisas da área.** CONTRAPONTO: Discussões científicas e Pedagógicas em Ciências, Matemática e Educação. Blumenau, SC, Vol. 4, N. 5, Janeiro/Junho de 2023. ISSN 2763-5635. Disponível em: <https://publicacoes.ifc.edu.br/index.php/contraponto/article/view/3077/2865>

MOTTA-ROTH, D.; HENDGES, G. H., **Produção Textual na universidade.** São Paulo: Parábola Editorial, 2010

MULLER, S. P. M., CARIBÉ, R. C. V. **Comunicação científica para o público leigo: breve histórico.** Informação & Informação, Londrina, v. 15, n. esp., p. 13-20, 2010. Disponível em: <https://brapci.inf.br/index.php/article/download/14078>. Acesso em: 03 de fev. 2021

NANOCIÊNCIAS E NANOTECNOLOGIA, 2020. Site de divulgação científica sobre Nanociência e Nanotecnologia. Disponível em: <http://nanocienciaetecnologia.blogspot.com/>. Acesso em: 26 de janeiro de 2020

NANO EACH, 2020. Site de divulgação científica sobre Nanotecnologia. Disponível em: <http://www.each.usp.br/nanoeach/>. Acesso em: 27 de janeiro de 2020

NANOTECNOLOGIA, Instituto Inovação, Knowledge Center. Disponível em: www.institutoinovacao.com.br, 2005. Acesso em 06 de julho de 2023

OLIVEIRA, F. de; **Jornalismo Científico.** São Paulo: Contexto, 2003

OLIVEIRA, L. M. A. et al., **Nanotecnologia na Escola: do Ensino Fundamental ao Superior**. Belo Horizonte, Editora Dialética, 2020

OLIVEIRA, R. A. C. S., **Ferramentas Digitais e Metodologias Ativas: Estratégias para manter o engajamento dos alunos no contexto do ensino remoto emergencial em aulas de Língua Inglesa**. Anais do Congresso Nacional Universidade, EAD e Software Livre, v.1, n.12, p. 1-6, 20 de março de 2021

ORGANIZAÇÃO DAS NAÇÕES UNIDAS. Declaração Universal dos Direitos Humanos da ONU. Disponível em: <https://www.unicef.org/brazil/declaracao-universal-dos-direitos-humanos> . Acesso em: 04 de fevereiro de 2021

PEREIRA et al.; **Espalhamento de luz e o efeito Tyndall: um laboratório instrucional a nível de graduação**. Revista Brasileira do Ensino de Física, vol. 44, e20220268 (2022), DOI: <https://doi.org/10.1590/1806-9126-RBEF-2022-0268>. Acesso em: 24 de novembro de 2023

PEREIRA, F. D.; HONÓRIO, K. M; SANNOMIYA, M. **Nanotecnologia: Desenvolvimento de Materiais Didáticos para uma Abordagem no Ensino Fundamental**. Revista Química Nova na Escola, São Paulo, v. 32, n. 2, p. 73-77, mai. 2010

PERRENOUD, P., **Dez novas competências para ensinar**. Porto Alegre: Artmed, 2000

PORTO, C. M., org. **Difusão e cultura científica: alguns recortes [online]**. Salvador: EDUFBA, 2009. **A internet e a cultura científica no Brasil: difusão da ciência**. Pp. 149-165. ISBN 978-85-2320-912-4

PORTO, C. M., BROTAS, A. M. P., BORTOLIERO, S. T., orgs. **Diálogos entre ciência e divulgação científica: leituras contemporâneas [online]**. Salvador: EDUFBA, 2011, 242p. ISBN 978-85-232- 1181-3. Disponível em: SciELO Books

REALLE, M. V., MARTYNIUK, V. L. **Divulgação Científica no YouTube: a construção de sentido de pesquisadores nerds comunicando ciência**. Intercom – Sociedade Brasileira de Estudos Interdisciplinares da Comunicação – XVIII Congresso de Ciências da Comunicação da Região Nordeste – Caruaru – PE, 2016

ROCHA, M. V., **A Rádio Sociedade e a Educação para Roquette-Pinto**. Dissertação Programa de Pós-Graduação em Educação, Conhecimento e Inclusão Social, Faculdade de Educação da UFMG, Belo Horizonte, 2010. Disponível em: https://repositorio.ufmg.br/bitstream/1843/BUOS-8PKLTQ/1/disserta____o.pdf

ROSA, F.G.M.G. and BARROS, S. **Comunicação científica: reflexões preliminares para o GT “Relevância dos livros acadêmicos na comunicação da pesquisa” [online]**. SciELO 20 Anos. 2018 [revisado em 07 de Agosto de 2018].

Disponível em: https://www.scielo20.org/redescielo/wp-content/uploads/sites/2/2018/07/ROSA-F_-BARROSS.-Comunicacao-Cientifica.pdf

ROSSI-BERGMANN, B. **A nanotecnologia: da saúde para além do determinismo tecnológico**. Cienc. Cult., São Paulo, v. 60, n.2, p. 54-57, 2008. Disponível em: <http://cienciaecultura.bvs.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0009-67252008000200024&lng=en&nrm=iso>. Acesso em 04 Abril 2023.

RITZMANN, B. N. B. **Redes sociais online como Fontes de Informação: considerações quanto ao modelo de uso da informação e ao modelo de criação de significado**. 2012. 160 f. Dissertação (Mestrado) - Programa de Pós Graduação em Ciência, Gestão e Tecnologia da Informação, Setor de Ciências Sociais Aplicadas, Universidade Federal do Paraná. Curitiba, 2012.

SANTOS, C. I. L. *et al*, **Síntese e caracterização de pontos quânticos ambientalmente amigáveis, um meio simples de exemplificar e explorar aspectos da nanociência e nanotecnologia em cursos de graduação**. Quim. Nova, Vol. 43, No. 6, 813-822, 2020, Disponível em: <https://www.scielo.br/j/qn/a/fcSxhVvkZ8THYjbDwkRjp4Bv/?format=pdf&lang=pt>

SANTOS-D'AMORIM, K. **A comunicação científica em movimento: das origens aos debates atuais**. *Brazilian Journal of Information Science: Research trends*, vol. 15, publicação contínua, 2021, e02103

SANTOS, F. M. dos. **Análise de Conteúdo: a visão de Laurence Bardin**. Revista Eletrônica de Educação, v. 6, n. 1, mai. 2012. Resenhas. ISSN 1982-7199. Programa de Pós-Graduação em Educação. UFSCAR

SCHULZ, P. A. B. **O que é a Nanociência e Para Que Serve a Nanotecnologia?** Revista Física na Escola, São Paulo, v. 6, n. 1, p. 58-62, 2005

SCHWARTZMAN, S. **Um espaço para a ciência: a formação da comunidade científica no Brasil**. Brasília: MCT, 2001. 276 p.

Sem autor: **BRASIL É O TERCEIRO PAÍS COM MAIS USUÁRIOS ATIVOS NO INSTAGRAM EM 2021**. **ABC Reporter**, 2021. Disponível em: <https://abcreporter.com.br/2021/04/15/brasil-e-o-3o-pais-com-mais-usuarios-ativos-no-instagram-em-2021/>. Acesso em: 14 de Junho de 2021

SILVA, D. G. da; TOMA, H. E. **Nanotecnologia para todos! Cartilha educativa para divulgação e ensino da nanotecnologia** – São Paulo: Edição dos autores, 2018

SILVA, A. H.; FOSSÁ, M. I. T. **Análise de Conteúdo: exemplo de aplicação da técnica para análise de dados qualitativos**. Qualitas Revista Eletrônica, [S.l.], v. 16, n. 1, may 2015. ISSN 1677-4280. Disponível em:

<<http://revista.uepb.edu.br/index.php/qualitas/article/view/2113/1403>>. Acesso em: 24 de junho de 2021. doi:<http://dx.doi.org/10.18391/qualitas.v16i1.2113>.

SILVA, V. P. R. da; SILVA, A. C. de M. **O papel do Facebook na divulgação científica de notícias relacionadas ao meio ambiente**. Revista Extraprensa, [S. l.], v. 8, n. 1, p. 177-192, 2015. DOI: 10.11606/extraprensa2014.87767. Disponível em: <https://www.revistas.usp.br/extraprensa/article/view/epx15-r2>. Acesso em: 13 maio de 2021.

SILVEIRA, E., SENA, P. M. B., DUARTE, E. J. **Revista ACB: a divulgação científica no facebook**. Revista Brasileira de Biblioteconomia e Documentação – v.13, n. esp. CBBB, 2017

SOUZA, C. F. de, ALCANTARA, Q. C. de. **O uso de tecnologias nas práticas docentes nas escolas de ensino médio em Araguatins-Tocantins**. JNT- Facit Business and Technology Journal. QUALIS B1. 2021. Julho. Ed. 28. V. 1. Págs. 91-106. ISSN: 2526-4281 <http://revistas.faculdefacit.edu.br>.

TERRA. **Facebook completa 10 anos: conheça a história da rede social**. 2014. Disponível em: <https://tecnologia.terra.com.br/facebook-completa-10-anos-conheca-a-historia-da-rede-social,c862b236f78f3410VgnVCM20000099cceb0aRCRD.html>. Acesso em: 16 de maio de 2021.

TIKTOK. Make Your Day. 2020. Disponível em: < https://www.tiktok.com/pt_BR/>. Acesso em: 13 de julho de 2020.

TOMA, H. E., **O mundo nanométrico: a dimensão do novo século**. São Paulo: Oficina de Textos, 2009

TOMA, H. E., SILVA, D. G. da, CONDOMITTI, U. **Nanotecnologia Experimental**. São Paulo: Editora Blucher, 2016

TOMELIN, J. C., **Ciência e propriedades dos materiais**. Indaial: Uniasselvi, 2012. Disponível em: <https://www.uniasselvi.com.br/extranet/layout/request/trilha/materiais/livro/livro.php?codigo=9351>

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, p. 431-456, ago. 2019

VALERIO, P. M, PINHEIRO, L. V. R., **Da comunicação científica à divulgação**. TransInformação, Campinas, 20(2): 159-169, maio/ago., 2008

VEIGA, M. C. P., **A contribuição das ferramentas da Web 2.0 para divulgação da produção científica**. Trabalho de Conclusão de Curso, Universidade Federal do Rio Grande, Instituto de Ciências Humanas e da Informação, Curso de Biblioteconomia, Rio Grande, 2014

VOGT, C. **A Espiral da cultura científica**. ComCiência, n. 45 Disponível em: <http://www.comciencia.br/reportagens/cultura/cultura01.shtml>. Acesso em: 20 fevereiro de 2020. jul. 2005

YOUTUBE, 2012. Nanociência e Nanotecnologia - A Escala Nano. Disponível em: <<https://www.youtube.com/watch?v=6ST4pskEuOg>>. Acesso em: 15 de Janeiro de 2020

8. APÊNDICES

A seguir encontram-se os roteiros dos 10(dez) experimentos desenvolvidos para a criação do canal do *YouTube* e do sítio eletrônico *Nanotecnologia no Ensino de Ciências*.

8.1. – DILUIÇÃO EM ESCALA NANO



A magia da diluição em escala nano: desvendando os mistérios da escala nanométrica.



Como dar vida ao mundo nano usando materiais simples e transformá-lo em algo mágico com uma poção encantada?

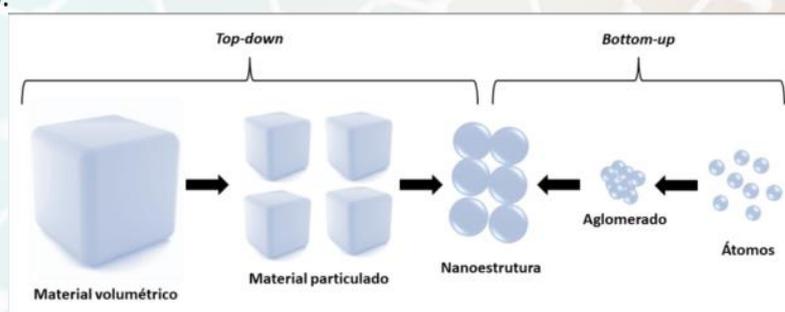
Materiais

- Corante a base de água
- 09 (nove) pequenos reservatórios
- Duas pipetas ou conta gotas
- Um copo com água (100mL)



Objetivo

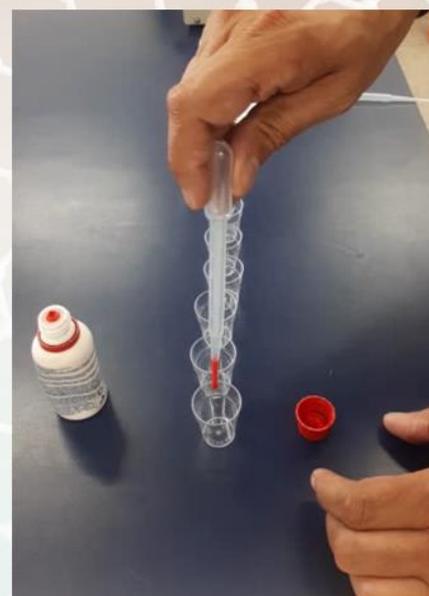
- Demonstrar que a diluição da gota de corante ao longo de um processo consegue produzir gotas de corante na escala nanométrica.
- Técnica de manipular átomos e moléculas na forma **top-down** (de cima para baixo), conferindo características que não são observadas na escala macro.



Adaptado de : <https://openaccess.blucher.com.br/download-116662271>

Procedimento Experimental

- Inicialmente pingamos em um dos reservatórios 01 (uma) gota de corante e 09 (nove) gotas de água
- Proporção 1:10



Procedimento Experimental

- Depois pingamos 01 (uma) gota desta solução em outro reservatório, diluindo assim com 09 (nove) gotas d'água
- Proporção 1:100



Procedimento Experimental

- E assim sucessivamente.
- A cada etapa diminuimos ainda mais as dimensões das gotas
- $1/1000$, $1/100000$, $1/1000000$,...
- Até atingir um bilionésimo de parte do corante na água.



Procedimento Experimental

- Durante a diluição, já pode ser percebido que há um momento em que não é possível perceber a cor do corante a partir da quarta etapa de solvência.



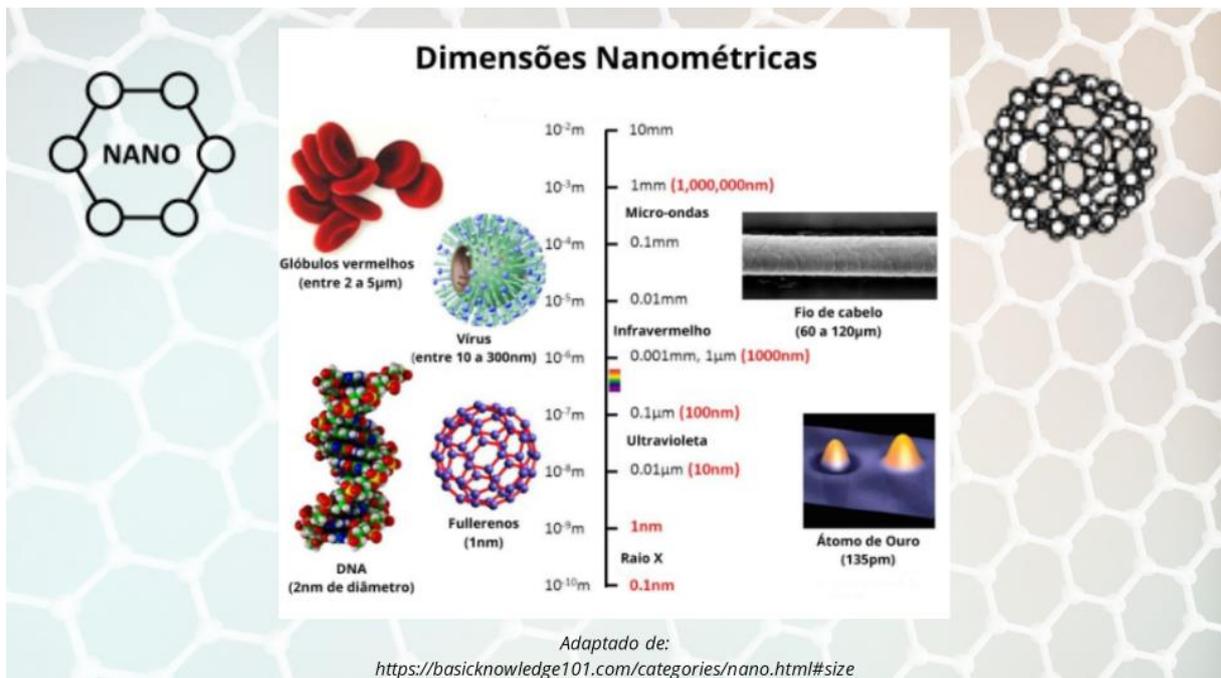
Discussão dos resultados

- Cada gota diluída em 9 partes corresponde a qual proporção?
- Quantas diluições foram necessárias para atingirmos a dimensão em nanoescala de corante?
- Qual o efeito observado durante a diluição?
- Como podemos explicar que, a partir da 4ª etapa, não conseguimos verificar mais a tonalidade do corante diluído em água?
- Como poderíamos atingir as nanomoléculas do corante?



Discussão dos resultados

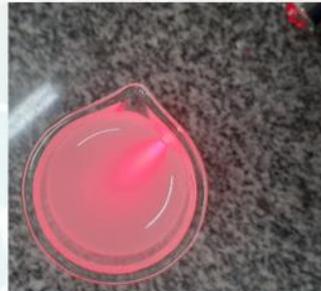
- Conclui-se que, na 9ª (nona) etapa, temos uma gota com um bilhão de vezes menor do que o corante, ou seja, dentro da escala nanométrica



8.2. – EFEITO TYNDALL



Qual é a distinção entre uma solução verdadeira, uma suspensão e uma suspensão coloidal?



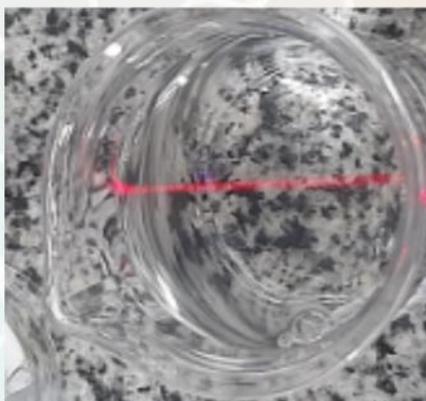
Materiais:

- Caneta *laser*
- Amido
- Gelatina em pó
- Água



Objetivo

- Identificar a presença de sistemas chamados coloides e que possuem partículas com dimensões nanométricas. .



Procedimento Experimental

- Preparamos inicialmente as soluções de amido e gelatina, separadamente.
- A quantidade precisa de soluto das duas substâncias não foi necessária, já que desejamos observar o efeito qualitativamente.
- Submetemos as duas soluções ao aquecimento.



Procedimento Experimental

- Após essa etapa, direcionamos o feixe de luz laser de maneira que a sua luz atravessasse as soluções de amido, de gelatina e a água filtrada.



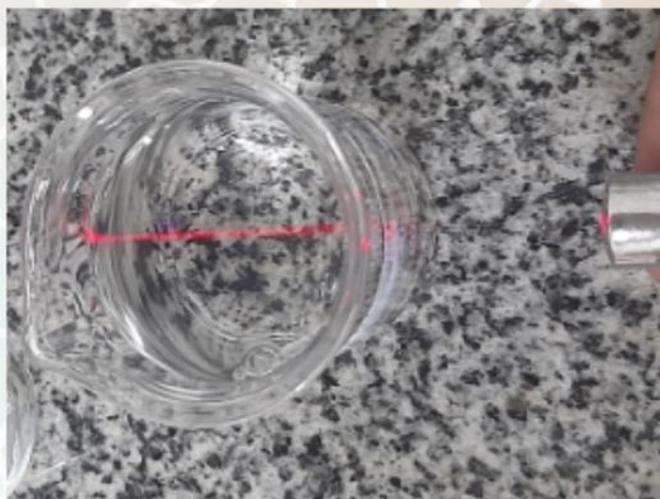
Procedimento Experimental

- Feixe de luz laser atravessando a solução de água filtrada.



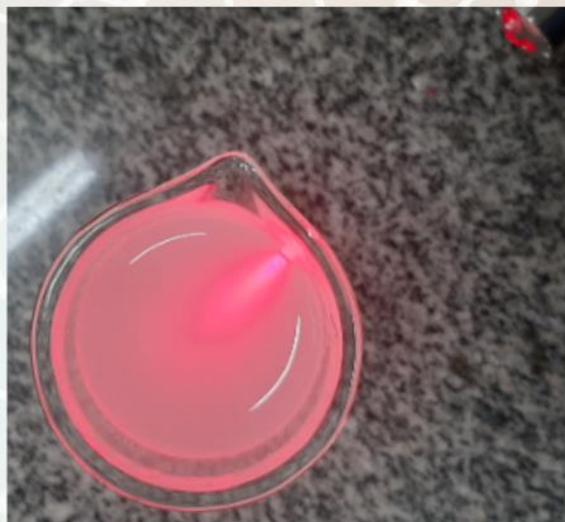
Procedimento Experimental

- Feixe de luz laser atravessando a suspensão coloidal.



Procedimento Experimental

- Feixe de luz laser atravessando a solução de amido.



Discussão dos resultados

- Do ponto de vista qualitativo, podemos diferenciar as soluções sem o uso da caneta laser?
- As dispersões químicas utilizadas podem ser divididas em quantas formas?
- Qual a relação deste efeito Tyndall com o que ocorre na atmosfera?
- Qual a solução que podemos classificar como homogênea?
- Qual a solução que podemos classificar como suspensão?
- Qual a solução que podemos classificar como suspensão coloidal ou coloide?

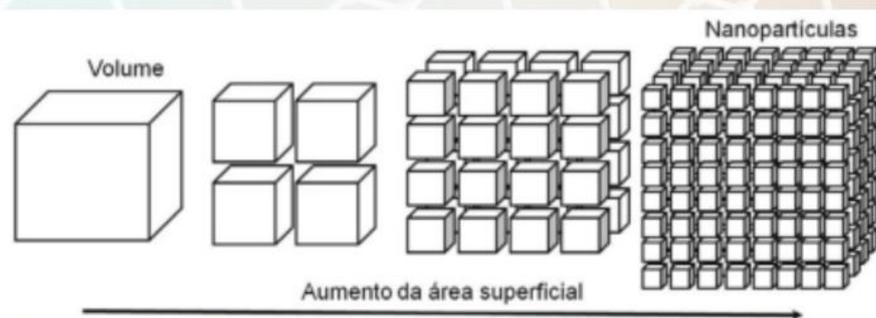
Conclusões

- Comparando as dispersões químicas é possível verificar uma constatação qualitativa quando a luz do *laser* atravessa os líquidos.
- Pode-se então classificar os mesmos através da observação experimental, discutindo de como é ou não é possível visualizar a trajetória do feixe do *laser* ao atravessar tais líquidos.
- Pode-se ampliar a discussão ao utilizar refrigerantes, sucos, geleias entre outros, comparando os resultados finais.
- Associando as dispersões químicas com as dimensões nanométricas, é possível colocar em ordem o tamanho das partículas, possibilitando visualizar a trajetória da luz em um coloide.

8.3. – RAZÃO ÁREA-VOLUME



Como uma elevada área de superfície e um pequeno volume influenciam as dimensões nanométricas?



Disponível em: de Castro, Denise & Cavalcante, Maxwell & Pedrosa, Maria. (2019). Nanotecnologia e polímeros: revisão dos temas visando a abordagem em aulas de Química. Revista Thema, 16. 313. 10.15536/Thema.V16.2019.313-330.1164.

Materiais:

- 02 (duas) pastilhas de vitamina C efervescente
- 02 (duas) placas de Petri ou dois reservatórios transparentes.
- Socador.
- 02 (dois) béqueres.
- Água.
- Cronômetro



Objetivo

- Entender a ideia do tempo de reação com o número de partículas presentes na superfície.
- Relacionar o conceito do tamanho com suas propriedades.



Procedimento Experimental

- Inicialmente trituramos uma das pastilhas.
- Deixamos as duas pastilhas (a triturada e a não triturada) repousadas cada uma em uma placa de Petri.
- Em seguida, colocamos 50mL de água em cada becker.



Procedimento Experimental

- Logo após, inserimos as quantidades de pastilhas triturada e não triturada em cada becker.
- Usamos um cronômetro para medir o tempo de solubilização total de cada uma.



Discussão dos resultados

- Como a área da superfície da pastilha altera os resultados de tempo medidos?
- Podemos afirmar que os materiais nanométricos possuem uma elevada área de superfície?
- E quanto ao volume, podemos afirmar que o seu volume é pequeno?
- Quais aplicações tecnológicas utilizam tais conceitos?



Conclusões

- Os nanomateriais têm uma elevada área de superfície e um reduzido volume.
- Podemos associar isso à geometria molecular e à superfície de contato, que apresentam propriedades físico-químicas da matéria.

8.4. – NUCLEAÇÃO E CRESCIMENTO DE CRISTAIS



Quer saber como criar um super cristal usando apenas "sal amargo"? Moleza! Tudo o que você precisa são alguns ingredientes simples, dentre eles: água e sulfato de magnésio.



Materiais:

- 30g de Sulfato de magnésio.
- 01 (uma) panela para aquecimento.
- 01 (uma) seringa plástica.
- 01 (um) copo de vidro ou plástico.
- 200mL de água.
- 01 (uma) pequena colher.
- 01 (um) pedaço de arame maleável recoberto com camada polimérica.
- 01 (um) termômetro (-10°C a 110°C).



Objetivo

- A partir do processo de nucleação do sulfato de magnésio, sem degradar a substância, propõe-se a formação de cristais do conhecido "sal amargo".

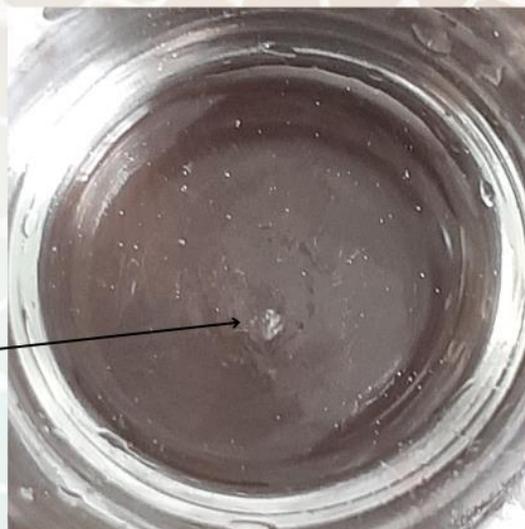


Procedimento Experimental

- Levou-se a chama de um fogão 10g de sulfato de magnésio juntamente com 20mL de água. Misturando com uma colher metálica, deixou-se atingir uma temperatura próxima de 70°C.
- Após deixar esfriar retiramos uma pequena quantidade desse sal e inserimos em um outro copo, adicionando mais um pouco de sal amargo, buscando saturar ainda mais a solução.

Procedimento Experimental

- Retiramos desta em torno de 5mL e colocamos a mesma em um terceiro copo, o qual foi misturado sem dissociar a molécula. Neste momento, foi possível observar o **processo de nucleação** ocorrendo.



Procedimento Experimental

- Após obtermos as chamadas sementes ou germes do cristal estável, separamos em um outro recipiente uma solução saturada do sulfato de magnésio e inserimos a semente no mesmo juntamente com o arame maleável e aguardamos o processo de cristalização.



Procedimento Experimental

- Após 02 (dois) dias, chegamos ao resultado apresentado ao lado



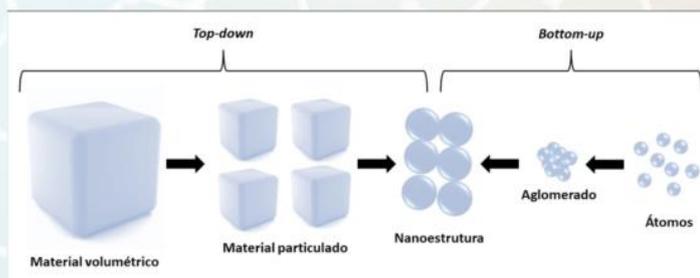
Procedimento Experimental

- Uma visão mais ampliada ilustra a formação dos cristais.



Discussão dos resultados

- Será possível utilizar outros sais de fácil aquisição nesse experimento?
- Dentro da questão do crescimento dos cristais, existem fatores que podem gerar uma dissolução parcial dos cristais?
- Podemos considerar tal experimento como uma maneira de se construir de maneira *bottom-up*?



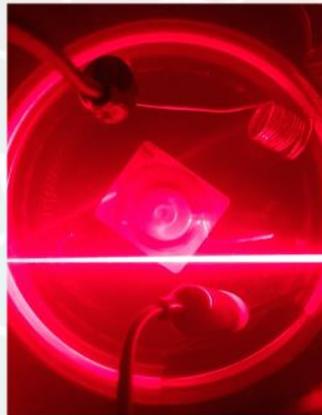
Conclusões

- A Nanotecnologia lida com a capacidade de manipular átomos e moléculas não somente na forma *top-down*, mas também da maneira *bottom-up*.
- Assim, construindo um material átomo a átomo, pode-se conferir características e propriedades que forem necessárias e que não são observadas na escala macro.

8.5. - PRODUÇÃO DE NANOPARTÍCULAS DE COBRE



Desvende o segredo da produção de nanopartículas de cobre por meio do poder da eletrólise.



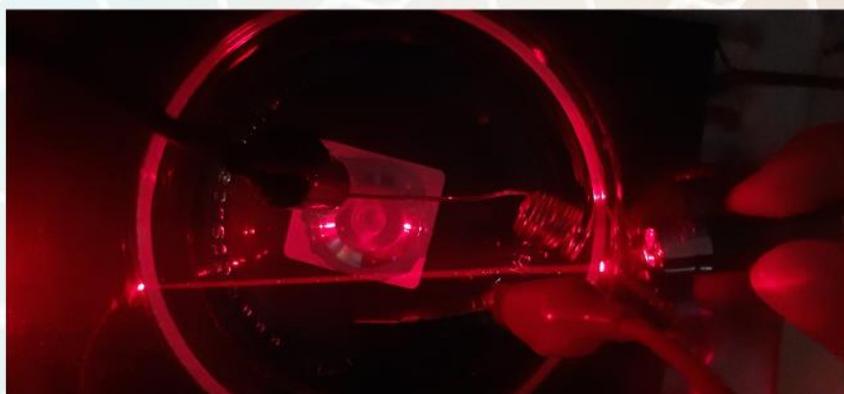
Materiais:

- Pote transparente de vidro ou plástico.
- Água filtrada ou álcool 70°.
- Fonte elétrica DC de 9V.
- Fios de cobre (jacaré-jacaré).
- Eletrodos de cobre.
- Lâmina de aço-carbono (estilete).
- Caneta *laser*.
- Voltímetro (opcional).



Objetivo

- Observar a formação de nanopartículas de cobre a partir do processo de eletrólise.
- Desenvolver técnicas de preparação.



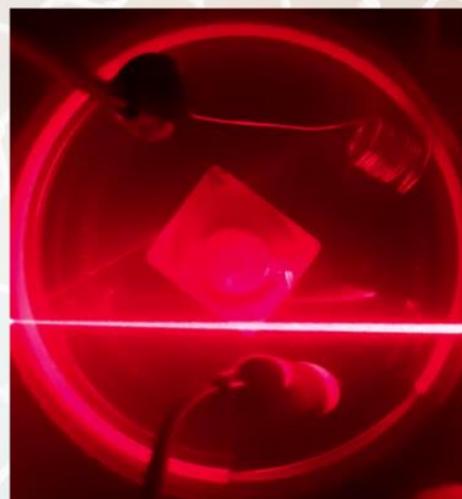
Procedimento Experimental

- Inicialmente foi feito o eletrodo de cobre enrolando o fio em uma caneta.
- Após, fixamos os dois eletrodos (cobre e lâmina) nos cabos elétricos com garras de jacaré.
- Foram conectadas as outras extremidades das garras dos jacarés a fonte de 9V.



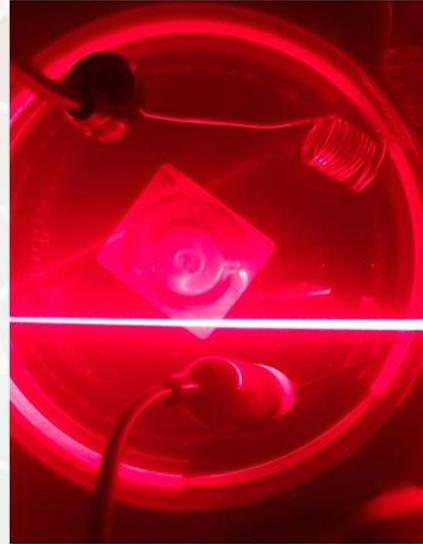
Procedimento Experimental

- Após inserirmos álcool no recipiente plástico, verificamos se nos mesmos haviam partículas suspensas no álcool.
- Logo após, iniciou-se o processo de eletrólise e as primeiras nanopartículas de cobre já podiam ser detectadas através do feixe do *laser*.



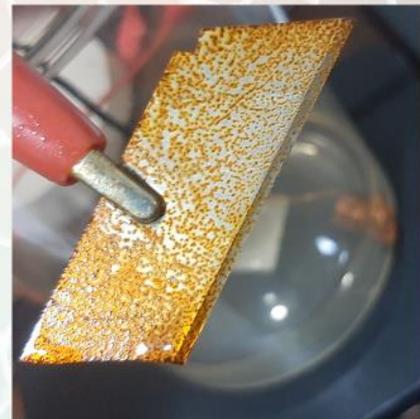
Procedimento Experimental

- Com isso, constatou que enquanto a bateria tivesse uma tensão elétrica suficiente para o processo, a nucleação do metal continuaria ocorrendo.
- No final da etapa, verificou-se a existência das nanopartículas de cobre através do feixe do laser que mantém sua trajetória linear, sem mudar de direção, mesmo sendo refletido pelas nanopartículas de cobre presentes no líquido.



Procedimento Experimental

- Após algum tempo, começou a ocorrer o princípio de nucleação do metal.



Discussão dos resultados

- Antes do experimento começar você usou o laser para ver se o álcool tinha impurezas? Como podemos fazer isto?
- Quanto tempo foi necessário para a formação das primeiras nanopartículas de cobre?
- Podemos usar esta técnica para fazer outras nanopartículas?
- Como podemos observar a existência das nanopartículas? Elas são visíveis?
- Como podemos associar tal experimento ao chamado efeito Tyndall?
- No caso do cobre, qual a tensão elétrica mínima para ocorrer o processo de eletrólise?

Conclusões

- A produção de nanopartículas de cobre é uma alternativa viável e que utiliza recursos de fácil aquisição, permitindo neste caso a sua reprodução e verificação.
- Na formação das nanopartículas de cobre ficou evidenciado que o efeito Tyndall é uma forma em que podem ser vistas as nanopartículas presentes em um sistema coloidal.

8.6 - NANOPARTÍCULAS DE DIÓXIDO DE TITÂNIO



Você conhece o dióxido de titânio? Sabe em quais produtos do nosso dia a dia ele está presente?



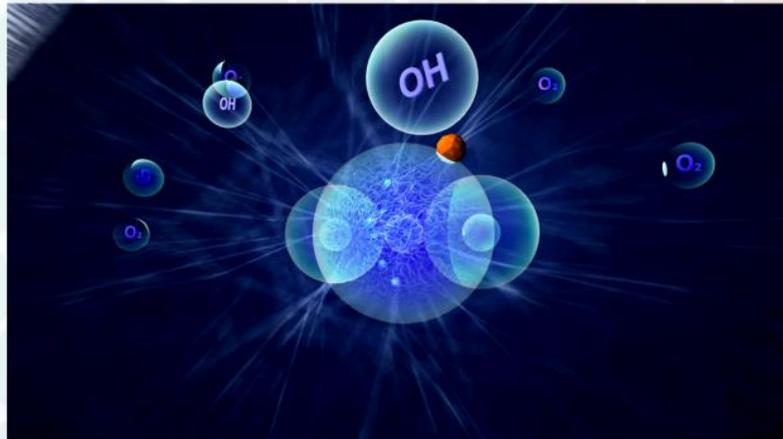
Materiais:

- Protetor solar Fator FPS 70
- Luz Ultravioleta
- Luz Branca (lâmpada LED)
- Sabonete adstringente
- Câmera do celular



Objetivo

- Observar a presença das nanopartículas de dióxido de titânio através de uma lâmpada ultravioleta ao usarmos um protetor solar.



Procedimento Experimental

- Inicialmente, registramos como a luz ultravioleta interage ao incidir sobre uma mão previamente limpa com um sabonete adstringente.



Procedimento Experimental

- Para comparar, incidimos uma luz branca na mesma mão e observamos os resultados.



Procedimento Experimental

- Após passarmos uma pequena camada de protetor solar fator 70 na mão, incidimos a luz ultravioleta na mão.



Procedimento Experimental

- Com isso, constatou uma interação entre a incidência da luz UV na presença do protetor solar.



Discussão dos resultados

- Por que ao incidirmos a luz branca ou a luz ultravioleta em uma mão com protetor solar, obtemos resultados diferentes?
- Além do uso em cosméticos e fungicidas, pesquise em quais outras áreas o dióxido de titânio está presente.
- O dióxido de titânio absorve a luz ultravioleta e dispersa a luz branca, podemos afirmar que ele possui um alto índice de refração?
- O que seria uma atividade fotocatalítica sobre a luz UV?

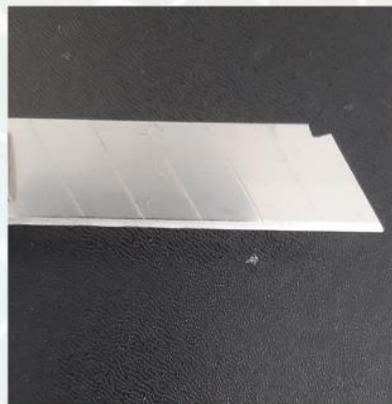
Conclusões

- Dióxido de titânio é utilizado como um fotocatalisador em painéis solares.
- De características não tóxicos e não reativas, o dióxido de titânio pode ser usado em alimentos e produtos farmacêuticos sem afetar outros ingredientes.
- Tem capacidade de espalhar e absorver a radiação UV tornando o mesmo um ingrediente crucial para protetores solar, protegendo a pele dos raios UV prejudiciais e causadores de câncer.

8.7. - PRODUÇÃO DE NANOFILMES



Como desvendar o mistério da formação de nanofilmes em superfícies como, por exemplo, os metais?



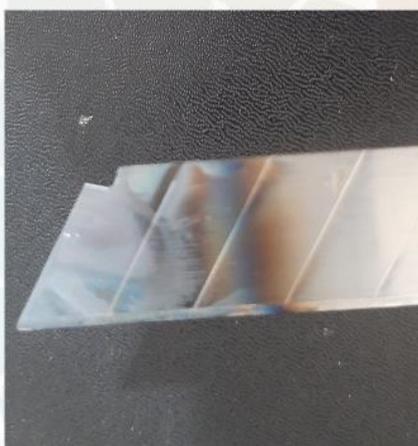
Materiais:

- Lâmina de Aço-Carbono (estilete)
- Alicata universal.
- Isqueiro, Bico de Bunsen ou chama do fogão.
- Câmera do celular



Objetivo

- Verificar a formação de nanofilmes sobre a superfície de um metal.



Procedimento Experimental

- Prendemos inicialmente a lâmina do estilete ao alicate universal e levamos a mesma a chama de um fogão.
- Deixamos a região azul da chama (parte mais quente) em contato direto até observamos uma mudança na cor da superfície da lâmina.



Procedimento Experimental

- Deixamos a lâmina esfriar e ao girá-la percebemos mudanças nas cores do filme de óxido metálico que se formou na superfície.



Discussão dos resultados

- Como os fenômenos de interferência da luz podem explicar a formação de nanofilmes?
- Por que as cores são diferentes na lâmina?

Conclusões

- Nanofilmes finos e transparentes conseguem difratar a luz, gerando o fenômeno de cores imaginárias.
- Objetos artísticos, asas de borboleta, penas de pavão, bolhas de sabão, fabricação de joias e bijuterias são alguns dos variados exemplos associados aos nanofilmes finos e transparentes que mudam de tonalidade.

8.8. - SÍNTESE DE NANOPARTÍCULAS MAGNÉTICAS COM MATERIAIS ALTERNATIVOS



Como podemos realizar uma síntese de nanopartículas de magnetita com materiais de fácil aquisição?



Materiais:



- Palha de aço
- Vinagre de álcool
- Soda cáustica comercial (NaOH)
- Balança
- Água oxigenada 10 volumes
- 02 (dois) Béquers de vidro
- 01 (um) Béquer de plástico
- Proveta
- Pipeta
- Tubos com tampa
- Filtro de papel
- Bastão de vidro
- Ímã
- Pinça
- Água

Objetivo

- Realizar um processo de síntese de nanopartículas magnéticas com materiais de fácil aquisição.



Procedimento Experimental

- Inicialmente, preparamos uma solução de Fe^{2+} , ao misturarmos vinagre de álcool com palha de aço deixando em repouso por cerca de 24h.
- Após a filtragem, dividimos o volume total em duas partes: dois terços em um becker e um terço em outro.



Procedimento Experimental

- Na parte de dois terços foi pingada água oxigenada até o momento que a sua cor fosse alterada (amarelada para avermelhada), o que ilustra a reação de oxidação dos íons Fe^{2+} para íons Fe^{3+}



Procedimento Experimental

- Após esse processo, misturamos as duas soluções de Fe^{2+} e Fe^{3+} buscando a homogeneização das mesmas.



Procedimento Experimental

- Logo após, para preparar a solução de NaOH dissolvemos 10g de soda cáustica em 50mL de água para, em seguida, adicionarmos lentamente a solução de NaOH.



Procedimento Experimental

- Como próxima etapa misturamos tal solução ao conjunto de soluções de Fe^{2+} e Fe^{3+} . Foi possível observar uma coloração preta. O resultado final foi separado em tubos de ensaio.



Discussão dos resultados

- No final, esperando alguns minutos, é possível observar o material magnético interagindo com um ímã.
- O que seria esse material magnético sintetizado?
- Quais aplicações tecnológicas utilizam tais conceitos?



Conclusões

- Foi possível verificar que é possível obter nanopartículas magnéticas através de um processo de síntese.
- Dessa forma se evita realizar um processo de síntese mais custoso ou devido à ausência de reagentes mais específicos.

8.9. – PONTOS QUÂNTICOS



Como podemos vislumbrar a formação de pontos quânticos utilizando materiais de fácil aquisição?



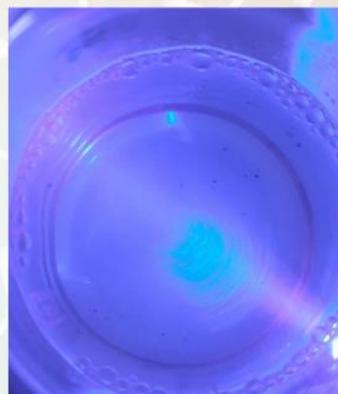
Materiais:

- 02 (dois) béqueres de vidro (120mL) cada
- 150mL de água filtrada
- 60g de açúcar
- 01 (uma) colher
- 35mL de ácido acético (vinagre de álcool)
- Uma placa aquecedora, fogão ou microondas
- Cronômetro de celular
- Termômetro (-10°C a 110°C)
- Caneta com Luz Ultravioleta



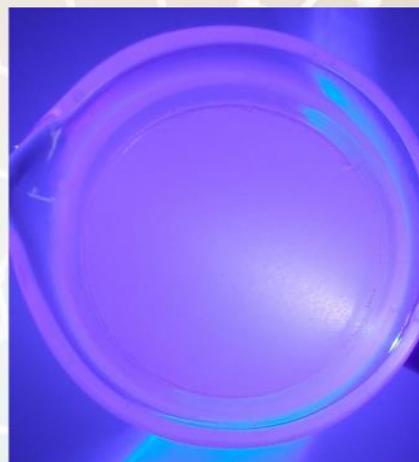
Objetivo

- Observar a formação de nanopartículas através do experimento de pontos quânticos.



Procedimento Experimental

- Preparamos inicialmente uma solução que continha aproximadamente 100mL de água filtrada em um becker junto com 25mL de vinagre e 20g de açúcar.
- Utilizando a caneta de luz UV verificamos a cor da luz refletida dentro do líquido.
- Como a cor é violeta isso evidencia que não há pontos quânticos.



Procedimento Experimental

- Logo após, levamos tal mistura inicial para ser aquecida. A temperatura da mistura foi elevada até, aproximadamente, 90°C.



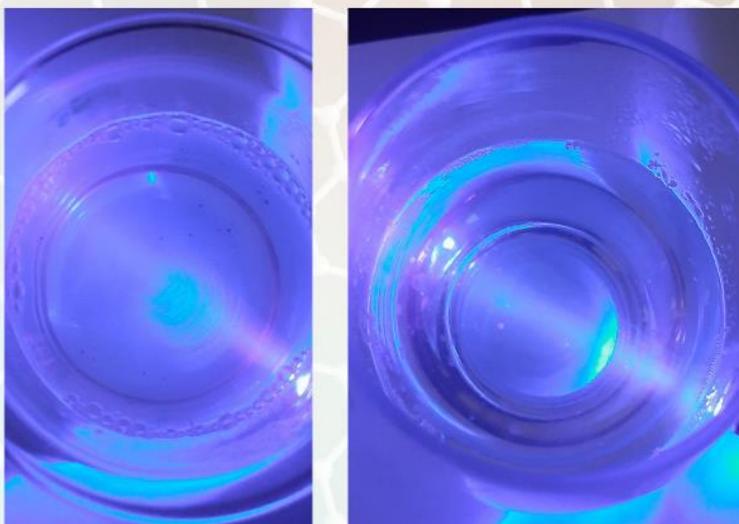
Procedimento Experimental

- Preparamos agora uma mistura final em um becker com aproximadamente 50mL de água filtrada, 10mL de vinagre e 40g de açúcar.
- Levamos a mesma também a temperatura de, aproximadamente, 90°C.



Discussão dos resultados

- No final dos procedimentos, chegamos aos seguintes resultados. A mistura aquecida inicial é a da esquerda e a mistura final, a da direita.



Discussão dos resultados

- Porque, ao deixarmos a luz ultravioleta atravessar tais meios, evidenciamos cores diferentes?
- Quanto tempo foi necessário para a formação dos pontos quânticos?
- Qual a cor da luz que você observou, após incidir UV nas soluções?
- Qual a relação que podemos estabelecer entre as cores emitidas e o tamanho dos pontos quânticos?
- Quando mudando o ph da solução podemos observar a formação de nanopartículas de diferentes dimensões?

Conclusões

- Os pontos quânticos são materiais que se destacam devido às suas propriedades ópticas e eletrônicas, que dão a esses materiais aplicações em muitos campos, e, portanto, os tornam bastante interessantes do ponto de vista tecnológico.
- Pontos quânticos são aplicados na área da saúde através da sinalização e do diagnóstico de doenças.
- Estes materiais, de escala nanométrica, são tidos como a próxima geração de dispositivos eletrônicos e optoeletrônicos, tais como os diodos emissores de luz e células fotovoltaicas.

8.10. – MOLHAMENTO DAS SUPERFÍCIES



De que maneira certas superfícies reduzem o contato com as forças adesivas, fazendo com que uma gota d'água se desloque com facilidade?



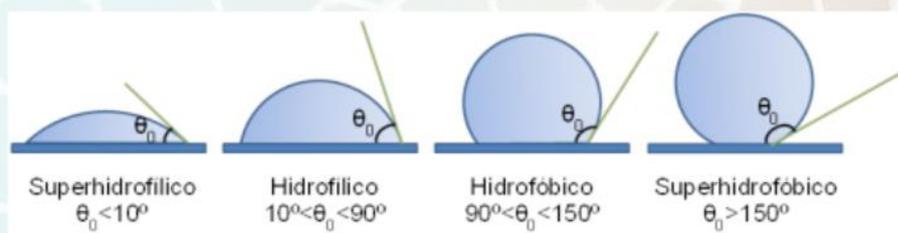
Materiais:

- Folha da planta *hibiscus*.
- Folha da planta *clusia*.
- Folha da planta *Tradescantia pallida* (trapoeraba-roxa).
- Folha de couve.
- Composto formado por areia, PVA cola e plástico.
- Água
- Pipeta
- Câmera fotográfica (celular).



Objetivo

- Verificar a interação entre líquidos e superfícies.
- Entender os conceitos de hidrofobicidade entre os materiais que se comportam como super-hidrofílico, hidrofílico, intermediário e hidrofóbico quando em contato com uma gota d'água.



Procedimento Experimental

- Com a pipeta foram pingadas gotas de água sobre as superfícies analisadas, separando em relação ao espalhamento das gotas.
- Inicialmente foi feito o teste com a flor do *hibiscus*. A gota formada se assemelha a uma gota intermediária.



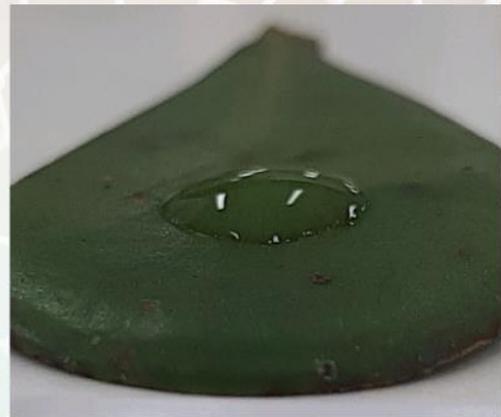
Procedimento Experimental

- Na folha da planta *Tradescantia pallida* encontramos um resultado similar ao da flor da *hibiscus*, ou seja, intermediária.



Procedimento Experimental

- Deixamos cair uma pequena gota da folha da planta *clusia*.
- Foi possível verificar a natureza hidrofílica da superfície dessa planta.



Procedimento Experimental

- Folhas de couve também foram utilizadas para verificar como a água estabelece contato com a superfície da hortaliça. Ao deixarmos cair gotas de água na mesma, estabeleceu-se um padrão similar ao da foto, com características hidrofóbicas.



Procedimento Experimental

- Quando pingamos gotas de água sobre um composto de areia, cola PVA e plástico observamos seu caráter hidrofóbico.



Discussão dos resultados

- Entre as superfícies analisadas, uma molhou mais do que outra? Qual delas?
- Identifique aquelas em que a gota formada era bem redondinha.
- O que são superfícies hidrofóbicas e hidrofílicas?
- Quais são as características de nanoescala das superfícies hidrofóbicas?
- Quais exemplos da natureza ou tecnológicos em que existem materiais hidrofóbicos ou super-hidrofóbicos?

Conclusões

- Uma superfície molhar muito ou pouco depende da sua energia superficial.
- Superfícies que não molham são chamadas de super hidrofóbicas. Um exemplo são as superfícies auto-limpantes.
- Já as superfícies que molham totalmente são chamadas de super hidrofílica e um exemplo são os vidros anti-embaçantes, que não formam gotas.