

**UNIVERSIDADE FEDERAL DO ACRE  
PRÓ-REITORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO  
CENTRO DE CIÊNCIAS BIOLÓGICAS E DA NATUREZA  
MESTRADO PROFISSIONAL EM ENSINO DE CIÊNCIAS E MATEMÁTICA**

**ANTONIA ROSELUCIA CORRÊA BELMIRO**

**A N&N EM UMA ABORDAGEM CTSA PARA O ENSINO DE QUÍMICA EM  
REALIDADE AUMENTADA**

**RIO BRANCO - ACRE  
2020**

**ANTONIA ROSELUCIA CORRÊA BELMIRO**

**A N&N EM UMA ABORDAGEM CTSA PARA O ENSINO DE QUÍMICA EM  
REALIDADE AUMENTADA**

Texto apresentado como requisito para a obtenção do título de Mestre no Programa de Pós-Graduação do Mestrado Profissional em Ensino de Ciências e Matemática, linha de pesquisa em Ensino e Aprendizagem em Ciências e Matemática, na Universidade Federal do Acre.

**Orientador:** Prof. Dr. Miguel Gustavo Xavier

**RIO BRANCO - ACRE  
2020**

AUTORIZO A REPRODUÇÃO E DIVULGAÇÃO TOTAL OU PARCIAL DESTE TRABALHO, POR QUALQUER MEIO CONVENCIONAL OU ELETRÔNICO, PARA FINS DE ESTUDO E PESQUISA, DESDE QUE CITADA A FONTE.

Ficha catalográfica elaborada pela Biblioteca Central da UFAC

---

B451n Belmiro, Antonia Roselucia Corrêa, 1991 -  
A N&N em uma abordagem CTSA para o ensino de química em realidade aumentada / Antonia Roselucia Corrêa Belmiro; orientador: Dr. Miguel Gustavo Xavier. – 2020.  
148 f.: il.; 30 cm.

Produto Educacional (Dissertação) – Universidade Federal do Acre, Programa de Pós-Graduação e Pesquisa em Mestrado Profissional em Ensino de Ciências e Matemática (MPECIM), Rio Branco, 2020.  
Inclui referências bibliográficas, apêndices e anexo.

1. Ensino de N&N 2. Abordagem CTSA. 3. Realidade aumentada. I. Xavier, Miguel Gustavo (orientador). II. Título.

CDD: 510.7

---

Bibliotecário: Uéliton Nascimento Torres CRB-11º/1074.



UNIVERSIDADE FEDERAL DO ACRE  
PRÓ-REITORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO PROFISSIONAL EM ENSINO DE CIÊNCIAS E MATEMÁTICA

ATA DE SESSÃO DE DEFESA DE MESTRADO DE ANTONIA ROSELUCIA CORRÊA BELMIRO, DISCENTE DO CURSO DE MESTRADO PROFISSIONAL EM ENSINO DE CIÊNCIAS E MATEMÁTICA, REALIZADA NO DIA 27 DE JULHO DE 2020 PELA SALA VIRTUAL DA UNIVERSIDADE FEDERAL DO ACRE.

Às quatorze horas, dos dias vinte e sete do mês de julho do ano de dois mil e vinte, em conformidade com a Instrução Normativa PROPEG N.º 01, de 02 de abril de 2020, realizada pela webconferência, tiveram início os trabalhos da sessão pública de defesa de mestrado da discente **Antonia Roselúcia Corrêa Belmiro** com o título: “**A N&N em uma abordagem CTSA para o Ensino de Química em realidade aumentada**”. A banca examinadora foi composta pelos docentes: Prof. Dr. Miguel Gustavo Xavier - CCBN/UFAC (Orientador/Presidente), Prof.ª Dr.ª Aline Andréia Nicolli - CELA/UFAC (Membro Interno), Prof.ª Dr.ª Renata Gomes de Abreu Freitas – IFAC/AC (Membro Externo) e Prof.ª Dr.ª Adriana Ramos dos Santos - CELA/UFAC (Membro Suplente). Após a exposição oral, a discente foi arguida pelos examinadores. Ao final da arguição, a sessão foi suspensa às 16 h 40 min e, em sessão secreta, os examinadores atribuíram o resultado. Reaberta a sessão pública, foi anunciado o resultado. A discente foi considerada aprovada. Nada mais havendo a tratar, foi lavrada a presente ata que segue assinada.

**PARECER DA BANCA EXAMINADORA**

**DISSERTAÇÃO: Reorganizar o problema de pesquisa, objetivos e discussão teórica; decidir pela inclusão ou não dos termos Pesquisa-ação e Análise Textual Discursiva.**

**PRODUTO EDUCACIONAL:**

Com base nos artigos 9 e 14 da Resolução N.º 002/2016 - MPECIM

**Aprovado**       **Reprovado**

**Prof. Dr. Miguel Gustavo Xavier**  
Orientador/Presidente (CCBN/UFAC)

**Prof.ª Dr.ª Aline Andréia Nicolli**  
Membro Interno (CELA/UFAC)

**Prof.ª Dr.ª Renata Gomes de Abreu Freitas**  
Membro Externo (IFAC/AC)

**Prof.ª Dr.ª Adriana Ramos dos Santos**  
Membro Suplente (CELA/UFAC)

**Antônia Roselúcia Corrêa Belmiro**  
Mestranda PPGPECIM

Eu sou um intelectual que não tem medo de ser amoroso. Amo as gentes e amo o mundo. E é porque amo as pessoas e amo o mundo que eu brigo para que a justiça social se implante antes da caridade.

**Paulo Freire**

Dedico este trabalho ao meu pai **Tarciso Carneiro Belmiro** (*in memoriam*) que sempre prezou pela educação das suas três filhas, permitindo-lhes condições de galgar êxito na sociedade letrada, acreditou em mim e me deu forças para que continuasse a me dedicar rumo à concretização desse sonho que não era somente meu, mas também dele.

## AGRADECIMENTOS

Obrigada meu bom Deus, pela força e fé que me destes na concretização deste trabalho. Obrigada por ter me confortado nos dias difíceis durante a trajetória do mestrado.

Muito obrigada!

À minha Família, em particular a minha mãe **Josefa Zélia Corrêa Araújo**, aos meus irmãos “**Romério, Rosália, Tailândia e Luzia**” e aos meus sobrinhos, em especial “**Guilherme Lucas e Fernanda**” que não dispensaram esforços para me incentivar e encorajar nos períodos de dificuldades na busca dessa realização. Ao meu amigo/esposo “**Webert Sampaio da Silva**” que me ajudou a passar por tempestades e muitos momentos de aprendizado.

Aos meus cachorros *Shih-tzu* “**Joe e Arya**” que me ajudaram em momento de perda irreparável.

Amo todos vocês, muito obrigada!

Aos meus amigos **Gleicy Ribeiro e Pedro Rocha**, pois são pessoas de Luz que trilharam meu caminho e trouxeram somente amor e felicidade.

Meus agradecimentos!

A todos os docentes e aos colegas da Turma MPECIM 2018 que tive durante este percurso de formação, obrigada pelos conhecimentos transmitidos, pela dedicação, desempenho, profissionalismo e respeito, em especial a **Prof.<sup>a</sup> Me Gahelyka Pantano e Prof.<sup>a</sup> Me Ticiania Rêgo**, pois foram a chave para o sucesso desse mestrado. Ao meu orientador **Prof. Dr. Miguel Gustavo Xavier** por sua competência e profissionalismo.

Muito obrigada!

## RESUMO

O avanço da tecnologia no final do século XX permitiu à sociedade o acesso a diversas ferramentas que outrora eram de alto valor econômico. Todavia, hoje é possível o acesso a produtos de custo acessível, como por exemplo, smartphones, tabletes, celulares, notebooks e outros. No âmbito do Ensino de Química, a Nanociência e a Nanotecnologia (N&N) são temas interessantes e pertinentes a aulas no Ensino Médio quando aliados à realidade aumentada proporcionada pelas novas tecnologias de comunicação e informação (TIC), contribuindo assim para a formação de senso crítico e inclusão tecnológica de estudantes com vulnerabilidade socioeconômica através de um enfoque que engloba Ciência, Tecnologia, Sociedade e Ambiente (CTSA), reflexões críticas são operadas de maneira metodológicas abrindo possibilidades para considerar metodologias cognitivas que levam em consideração os argumentos dos estudantes, promovendo a interdisciplinaridade. A abordagem metodológica desta pesquisa foi a Pesquisa Ação, de natureza qualitativa, permitindo o desenvolvimento de um planejamento-investigação-ação-reflexão dos próprios pesquisados tornando possível a fase de execução, partindo dos conhecimentos prévios dos estudantes por meio de um questionário semiestruturado, metodologias ativas (Sala de Aula Invertida) e por último, aplicação do Produto Educacional – NanoRa por meio do ensino híbrido, aulas virtuais. Resultados importantes foram analisados, neste contexto, percebendo que os participantes associaram a temática N&N com os avanços científicos e tecnológicos que estão intimamente ligados ao movimento CTSA. Já na aplicação da metodologia ativa, Sala de Aula Invertida, foi possível trazer condições ideais para incluir os conhecimentos prévios e o conteúdo científico da temática N&N confrontando o ponto de vista de cada um dos participantes, os prós e os contras. Finalizando, os estudantes foram desafiados e responsabilizados pelo seu processo de ensino-aprendizagem através da valorização dos conhecimentos e diálogos com seus colegas e a orientação do seu mediador. Pois, as habilidades em relação a temática devem ser formadas pelo próprio estudante através da interação, atividade significativa e diálogo. Em destaque o Produto Educacional, NanoRa é um programa de animações em 3D onde poderão ser visualizadas através de dispositivos eletrônicos imagens de nanotubos e nanopartículas, disponível na rede mundial de computadores.

**PALAVRAS -CHAVE:** Ensino de N&N; Abordagem CTSA; Realidade aumentada.

## ABSTRACT

The advance of technology at the end of the XX century allowed society the access to tools that anteriorly were of high economical value, accessible only to people of high financial status. Nowadays however, the access to low cost products such as smartphones, tablets cell phones, notebooks and so it is possible. In the area of Chemistry Teaching, Nanoscience and Nanotechnology (N&N) are interesting and pertinent themes for High School classes when allied to the augmented reality made possible by the new information and communication technology (ICT), contributing therefore for the development of critical thinking and technology inclusion of underprivileged students focused on Science, Technology, Society and Environment (STSE), critical reflections are operated in methodological manners opening up possibilities to consider cognitive methodologies that take into consideration the arguments of the students, promoting interdisciplinarity. The methodological approach in this research was an Action Research, of qualitative nature, allowing the development of planning-investigation-action-reflection of the subjects making it possible the execution phase, initiating from the students previous knowledge based on a semi structured questionnaire, active methodologies (Inverted Classroom) e lastly, the application of the Educational Product – NanoRa by hybrid teaching, virtual classroom. Important results were analyzed in the context allowing the participants associate the N&N theme with the scientific and technological advances that are intimately connected to the (STSE). In regards to the application of active methodology, Inverted Classroom, it was possible the create ideal condition to incorporate the student's previous knowledge and scientific content of N&N confronting the point of view of each subject, pros and cons. Finally, the students were challenged and became responsible for their own teaching and learning based on the valorization of the knowledge and dialogs with their peers and the mediator's orientation. The abilities in relation to the thematic should be formed by the student himself through interaction, significative activity a dialog. The Educational Product, NanoRa is a 3D animations program where images of nanotubes and nanoparticles, can be visualized through an electronic device, available in world wide web.

**Key Words:** N&N Teaching, STSE Approach, Augmented Reality

## LISTA DE FIGURAS

<b>FIGURA 01</b>	MODELO DIDÁTICO-PEDAGÓGICO NO CONTEXTO DA ABORDAGEM TEMÁTICA FREIREANA.....	63
<b>FIGURA 02</b>	REALITY-VIRTUALITY CONTINUUM DE MILGRAM.....	70
<b>FIGURA 03</b>	RESUMO DA TRAJETÓRIA METODOLÓGICA.....	75
<b>FIGURA 04</b>	A FULERENO; B NANOTUBOS E C GRAFENO.....	87
<b>FIGURA 05</b>	QR-CODES E O ÍCONE AZUL – LOCAL PARA TER ACESSO A CÂMERA.....	105

## LISTA DE IMAGENS

<b>IMAGEM 1</b>	REPRESENTAÇÃO DE NANOTUBOS DE CARBONO E FULERENOS.....	80
<b>IMAGEM 2</b>	DISPOSITIVOS NA ESCALA MOLECULAR - O PROJECTO ‘SISTEMA DE MICROMANIPULAÇÃO AUTOMÁTICA COM SENSORES DE FORÇA.....	80
<b>IMAGEM 3</b>	SAIBA O QUE É NANOTECNOLOGIA E COMO ELA PODE MUDAR O FUTURO. NANOMOLÉCULAS QUE PODEM DESEMPENHAR COMO SISTEMAS COMPUTACIONAIS.....	80
<b>IMAGEM 4</b>	NANOTECNOLOGIA PODE GERAR ALTOS RISCOS PARA A SAÚDE, DIZ OIT.....	80
<b>IMAGEM 5</b>	REPRESENTAÇÃO DE NANOTUBOS DE CARBONO.....	81
<b>IMAGEM 6</b>	NANOTECNOLOGIA E MEIO AMBIENTE: PERIGOS DO “NANO-LIXO” X BENEFÍCIOS DA TECNOLOGIA EM DEBATE.....	81
<b>IMAGEM 7</b>	CAROL FLAITZ, STUCK ON THE RIGHT SIDE OF THE BRAIN.....	81
<b>IMAGEM 8</b>	SIDDHARTHA PATHAK, MICRO-PILLAR FABRICATED FROM A DENSE CNT BRUSH.....	81
<b>IMAGEM 9</b>	MOMENTO DE PESQUISA – LABORATÓRIO DE INFORMÁTICA DO COLÉGIO.....	98
<b>IMAGEM 10</b>	MOMENTO DE TIRA DÚVIDAS DOS PARTICIPANTES – SALA DE ESTUDO DO COLÉGIO.....	115
<b>IMAGEM 11</b>	MOMENTO DA INVERTIDA NO COLÉGIO.....	99
<b>IMAGEM 12</b>	AULA VIRTUAL – PLATAFORMA – CISCO WEBEX.....	106
<b>IMAGEM 13</b>	RA – FULERENO.....	107
<b>IMAGEM 14</b>	RA – NANOTUBO.....	108

<b>IMAGEM 15</b>	RA – NANOTUBO.....	108
<b>IMAGEM 16</b>	RA – FULERENO/NANOTUBO.....	108
<b>IMAGEM 17</b>	RA – NANOTUBO.....	109
<b>IMAGEM 18</b>	RA – GRAFENO.....	110

## LISTA DE QUADROS

<b>QUADRO 1</b>	Pergunta 1 “Você sabe de que se tratam as imagens acima e abordam qual assunto? Se sim, Justifique”.....	83
<b>QUADRO 2</b>	Pergunta 2 “As imagens apresentadas acima têm relação com: Ciência/Tecnologia/Sociedade/Meio Ambiente?”.....	85
<b>QUADRO 3</b>	Pergunta 4 “Você conhece o significado do prefixo ‘nano’? ”.....	88
<b>QUADRO 4</b>	Pergunta 5 “Você sabe a diferença entre Nanociência e Nanotecnologia?”.....	89
<b>QUADRO 5</b>	Pergunta 6 “Você conhece o que é Modelagem Molecular?”.....	90
<b>QUADRO 6</b>	Pergunta 8 “Você conhece os benefícios (os prós) e os riscos (os contras) que a nanotecnologia pode trazer para a sociedade?”.....	92
<b>QUADRO 7</b>	Pergunta 9 “Você conhece ou já comprou algum produto fabricado ou industrializado com base no uso da nanotecnologia? Cite qual”.....	94
<b>QUADRO 8</b>	Pergunta 10 “Você gostaria e acha pertinente que o tema Nanociência e Nanotecnologia fosse abordado nos livros didáticos e também ser um tema discutido no Ensino Médio?”.....	95
<b>QUADRO 9</b>	Pergunta 11 “De que forma você gostaria de estudar o tema Nanociência e Nanotecnologia?”.....	96

## LISTA DE TABELA

<b>TABELA 1</b>	<b>CRONOGRAMA DE PREPARAÇÃO DA AULA INVERTIDA.....</b>	<b>74</b>
<b>TABELA 2</b>	<b>RESULTADO DO QUESTIONÁRIO (APÊNDICE C).....</b>	<b>139</b>

## **LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS**

ABC - Academia Brasileira de Ciência

BNCC - Base Nacional Comum Curricular

C&T – Ciência e Tecnologia

CNE - Conselho Nacional de Educação

CTS – Ciência, Tecnologia e Sociedade

CTSA - Ciência, Tecnologia, Sociedade e Meio Ambiente

IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística

IDE - Ambiente de Desenvolvimento Integrado

IUPAC - International Union of Pure and Applied Chemistry

LCT - Letramento Científico e Tecnológico

LDB - Lei de Diretrizes e Bases da Educação Nacional

N&N - Nanociência e Nanotecnologia

NANORA - Nanociência e Nanotecnologia em Realidade Aumentada

PCN - Parâmetros Curriculares Nacionais

PCNEM - Parâmetros Curriculares Nacionais do Ensino Médio

PNE - Plano Nacional de Educação

RA - Realidade Aumentada

RV – Realidade Virtual

TICs - Tecnologias da Informação e Comunicação

TMSF - Tecnologias Móveis e Sem Fio

## SUMÁRIO

<b>INTRODUÇÃO</b> .....	17
<b>1. DISCUSSÃO TEÓRICA</b> .....	23
1.1 A Nanociência e nanotecnologia: suas aplicações, perigos e riscos associados...	23
1.2 Abordagens CTS e CTSA no ensino de N&N.....	32
1.3 Aprendizagem significativa de David Paul Ausubel .....	39
1.4 Alfabetização científica no ensino de química .....	48
1.5 Teoria de Paulo Freire, a educação ambiental crítica e o ensino .....	58
1.6 Realidade aumentada como ferramenta de aprendizagem da N&N .....	66
<b>2. OBJETIVOS</b> .....	71
2.1. GERAL .....	71
2.2. ESPECIFICOS .....	71
<b>3. TRAJETORIA METODOLÓGICA</b> .....	72
3.1. Abordagem da Pesquisa.....	72
3.2 Contexto e Participantes da Pesquisa.....	73
3.2 Etapas da Pesquisa e Instrumentos de coletas de dados .....	73
3.2 Análise Textual Discursiva (ATD) .....	76
<b>4. RESULTADOS E DISCUSSÕES</b> .....	78
4.1 O Acre na Amazônia Sul Ocidental.....	78
4.2 Análise do questionário em apêndice A – aspectos qualitativos e quantitativos..	80
4.3 Interpretações do Questionário do Apêndice A.....	82
4.4 Sala de Aula Invertida – metodologia ativa de aprendizagem.....	97
4.5 Intervenção do professor.....	103
4.6 Aplicação do produto educacional – NANORA.....	105
<b>5. PRODUTO EDUCACIONAL – NANORA</b> .....	111
<b>6. CONSIDERAÇÕES FINAIS</b> .....	114
<b>7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS</b> .....	117
<b>8. APÊNDICE A</b> .....	130
<b>9. APÊNDICE B</b> .....	135
<b>10. APÊNDICE C</b> .....	136
<b>11. ANEXO I – REFERÊNCIAS DAS IMAGENS UTILIZADAS NO QUESTIONÁRIO 1</b> .....	142
<b>12. ANEXO II – TERMOS PARA APLICAÇÃO DO MESTRADO</b> .....	144

## INTRODUÇÃO

O século XXI é marcado por uma geração tecnológica que desafia os avanços científicos, trazendo um ressignificado de espaço virtual. No mundo pós-moderno a comunicação vai além de espaços físicos propiciando uma maior interatividade entre pessoas de qualquer lugar.

A nanotecnologia está inserida na sociedade há algumas décadas. Muitos indivíduos já têm acesso a vários produtos, mas pouco se sabe sobre este assunto. O criador do termo nanotecnologia, Richard Phillips Feynman, indicou a manipulação de átomos em escala Nanométrica, isto é, a um bilionésimo de metro,  $10^{-9}$ m. Isso ocorreu em 1959, através de uma palestra intitulada “Há mais espaços lá embaixo”. O “muito pequeno” já era conhecido por muitas gerações, apenas não tinham compreensão, domínio e manipulação da natureza em escala nanométrica.

Na Citação Neutzling e Andrade (2009) definem a nanotecnologia como,

A nanotecnologia é um conjunto de técnicas multidisciplinares que permitem o domínio de partículas com dimensões extremamente pequenas (as nanopartículas), exibindo propriedades mecânicas, óticas, magnéticas e químicas completamente novas. (NEUTZLING E ANDRADE, 2009 p. 56).

Assim sendo a nanotecnologia tem aplicações em várias áreas de pesquisa, como, a eletrônica, informática, medicina, cosméticos, biologia, física, química, entre outros. De acordo com Pulcini (2009), já existem vários produtos disponíveis no mercado consumidor.

No consumo cotidiano contamos com: cateteres e válvulas cardíacas, componentes eletrônicos, tratamento antidobras e antimanchas para tecidos, tintas antirriscos, protetores solares, cosméticos, hard-disks com superfícies nanoestruturadas para gravação de dados de alta densidade, sistemas para diagnósticos médicos baseados, por exemplo, no princípio lab-on-chip. (PULCINI, 2009 p. 30).

Esses produtos podem causar danos não só ao meio ambiente, mas à saúde humana. Essa tecnologia do futuro promete a regeneração celular, prolongamento da vida, e muitos outros feitos, porém, as consequências de suas nanopartículas flutuando no ar e na água, ainda são desconhecidas.

Conforme Pulcini (2009)

Um montador molecular, máquina nanotecnológica de tamanho muito pequeno, capaz de organizar átomos e moléculas seguindo instruções, poderá

realizar enormes proezas, mas também pode, no limite, reproduzir-se descontroladamente, destruindo vidas e gerando epidemias. (PULCINI, 2009 p. 58).

Desta forma, não há um protocolo efetivo para padronizar as pesquisas sobre a nanotoxicidade. Em uma sociedade moderna com os efeitos da nanotecnologia, Dupas (2009) faz uma análise do futuro da evolução tecnológica em duas correntes críticas o impasse ambiental e as dimensões civilizacionais do pós-humano, onde até que ponto a expansão do capitalismo poderá influenciar nas decisões do livre comércio desses produtos sem a preocupação sobre suas consequências. Segundo o autor, países que apresentam impactos ambientais crescentes ocorrem em decorrência das ações humanas, como exemplo China e Índia.

#### De acordo com Dupas (2009)

Cerca de 12% de todas as espécies de aves, 23% dos mamíferos, 25% das coníferas e 32% dos anfíbios estão ameaçados de extinção; 60% dos serviços vitais que os ecossistemas fornecem à humanidade são explorados de maneira não sustentável ou já degradados. O petróleo, mantido o atual nível de demanda, caminha para a escassez. O ar, água, solo e, em consequência, agricultura e alimentos estão contaminados por moléculas químicas inéditas suscetíveis de induzir ao câncer, à má-formação e à esterilidade. (DUPAS, 2009 p. 69).

É imprescindível incentivar a produção da nanotecnologia com eco-concepção<sup>1</sup>, ou seja, produtos duráveis, recicláveis, recuperáveis e biodegradáveis, pois para as próximas três décadas o aumento da economia e a visão de lucros (produção capitalista) terá como consequências a degradação ambiental (DUPAS, 2009).

Dupas (2009) ainda divide os cenários prováveis em 4 categorias indicativas, são elas: 1 – Otimista passivo; 2 – Otimista ativo; 3 – realistas e 4 – pessimista. O otimista passivo acredita que esses novos produtos lançados ao consumidor serão autorreguladores, ou seja, essas novas tecnologias beneficiarão o mercado consumidor, pois, gerarão mais empregos e resolverão problemas pertinentes, como a fome. Já o otimista ativo acredita que temos recursos necessários para combater qualquer imprevisto, e não devemos nos ater aos problemas futuros se não os conhecemos. Já os realistas, quer dizer reformistas e ecoeficientes, falam da complexa tarefa de equilibrar o crescimento econômico e o meio ambiente, com uma conscientização intensa da

---

<sup>1</sup> O termo “ecodesign” ou “eco-concepção” – cuja primeira definição foi dada por Victor Papanek em seu trabalho intitulado *Design for the Real World*, publicado originalmente em 1971 – que sugere um processo que tem por consequência tornar a economia mais “leve” e consiste em conceber um produto reduzindo seus impactos ambientais, preocupando-se em conservar sua qualidade de utilização e até modificando o relacionamento produto – usuário.

sociedade para contrabalancear os dois. Por último, o pessimista, são os que apresentam a ideia dos adeptos do pós-humano onde é preciso aceitar a evolução. De fato, essas tecnologias modificarão de alguma forma o meio abiótico e biótico, e não beneficiará a todos, em razão da seleção natural.

Vale salientar que vivemos em um mundo de exclusão. Há pessoas que ainda lutam para fazer parte dessa sociedade, pois só tem o básico para sua sobrevivência e algumas nem isso. É o capitalismo gerando exclusões. Os avanços significativos do século XXI têm gerado diferenças sociais. Como apenas uma pequena parcela da população tem acesso a essas tecnologias de alta qualidade, como a nanotecnologia (JUNIOR, 2013), surge a necessidade de trazer esta temática “nanociência e nanotecnologia” para escola de ensino básico.

O movimento CTS (Ciência - Tecnologia-Sociedade) analisa as relações do cotidiano do educando com um olhar diferenciado. No exercício do sujeito ativo exercer sua função de cidadão, ou seja, atentar-se para os impactos antropogênicos<sup>2</sup>, que podem ser causados no meio social e ambiental.

O enfoque CTS no ensino básico auxilia o desenvolvimento do processo cognitivo no educando, habilidades e valores éticos e conscientes no exercício da participação integrada do mesmo à sociedade. Estes valores estão relacionados aos interesses coletivos aliados ao respeito com os indivíduos.

De acordo com a Base Nacional Comum Curricular (BNCC), documento de caráter normativo determina o que o aluno deverá aprender ao longo das etapas e modalidades da Educação Básica, vale ressaltar o currículo da Ciências da Natureza, a BNCC descreve a importância de o aluno aplicar os conhecimentos e procedimentos científicos na resolução de situação-problema, isso estimula o comprometimento com o letramento científico a população, “[...] a ideia de se conhecer um pouco do futuro próximo ou distante pode fornecer alguns elementos para pensar e repensar sobre o alcance dos conhecimentos científicos.” (BNCC, 2018 p. 556). Tal ação traz à tona uma nova geração que utiliza os recursos tecnológicos para promover uma educação mais instigadora, utilizando-se de habilidades e competências para reelaboração de conceitos de difícil representação, mas que hoje com softwares de simulação, ambientes virtuais entre outros possibilita o aluno entender o mundo em diferentes dimensões.

---

<sup>2</sup> Ações antropogênicas ou fatores antropogênicos são aqueles causados pela ação do homem, do ser humano, contrapondo-se às ações naturais no planeta, sem interferência humana.

O estudante precisa compreender que a sociedade está ligada aos conhecimentos básicos da Ciência química desde a matéria-prima até as interferências e os impactos no desenvolvimento de um país em função de suas melhorias quanti e qualitativas referentes à qualidade de vida dos indivíduos e os juízos de valores no emprego dessas novas ferramentas tecnológicas, como por exemplo, a nanotecnologia.

Qual o papel do professor no processo de ensino-aprendizagem nesse mundo contemporâneo, a saber, tecnológico? Diante desta conjuntura é preciso dar suporte ao aluno-cidadão, estimulando-o na construção do seu próprio aprendizado na formação de um indivíduo participativo perante a sociedade.

A chave principal e a mais difícil é encontrar um sujeito capaz de ajudar o aluno a construir uma aprendizagem significativa, de moldar como se estivesse lapidando, de dar forma e importância para formação do caráter e da personalidade do aprendiz. Esse sujeito é o professor. Um profissional capaz de utilizar metodologias cognitivas, aguçando e instigando o estudante a pensar e a ser um sujeito ativo na construção de seu próprio caminho. Assim, o docente é o sujeito motivador e mediador na construção do conhecimento pelo discente; é aquele que faz a “ponte” entre o conhecimento científico e o educando na ação do aprendizado.

Desta forma, o ato de ensinar e aprender Ciências da Natureza é encantador, enigmático e interdependente, já que a Ciência tem o papel crucial na sociedade, aliás seu domínio sobre a natureza tem quebrado paradigmas (JUNIOR, 2013).

Eis que surge o questionamento: Quais os impactos que estamos causando no meio ambiente? Qual é a estratégia de ensinar um indivíduo de forma significativa do qual esse processo de aprendizagem de conservação da natureza se torne algo espontâneo e permanente? De acordo com o Parâmetros Curriculares Nacionais para o Ensino Médio, “é importante apresentar ao aluno fatos concretos, observáveis e mensuráveis, uma vez que os conceitos que o aluno traz para a sala de aula advêm principalmente de sua leitura do mundo macroscópico” (BRASIL, 2002, p. 33).

O ato de educar não se limita aos “conteúdos” que o currículo possui, pois deve partir do princípio de que há uma troca efetiva de informações e de conhecimento entre educador e educando. A educação científica é indispensável no desenvolvimento do discente “tanto ao nível de funções cognitivas, como da preparação para cidadania” (MORAES, 2009 p.2).

A fim de que sobrevenha esse processo, é indispensável que o professor tenha um espírito investigativo, que seja um “professor – pesquisador” (MALDANER, 1994),

e que transpasse isso aos alunos na formação de um “cidadão prático” (PREWITT, 1983 *apud* SANTOS, 2006).

Não é necessário ser cientista ou tecnólogo para atuar na sociedade. Uma vez que o professor obtenha um senso crítico concreto, compreenderá a importância de os alunos terem uma profundidade a respeito da ciência e da tecnologia que fazem parte das suas vidas. Neste sentido, para que ocorra uma educação científica sobre Nanociência e Nanotecnologia (N&N) é fundamental o letramento científico dos cidadãos para que possam compreender os fenômenos do dia-a-dia e conquistar uma visão sócio-política.

O docente deve definir objetivos adequados, expondo situações problemáticas e significativas, utilizando uma linguagem adequada e adaptada ao nível dos estudantes. Desta forma, o professor, com certeza, será uma peça importante no processo de aprendizagem e no desenvolvimento da sociedade (PIMENTA, 2005). O professor também deve mobilizar a criatividade do estudante, para que o educando seja capaz de atuar no presente e de ajudar a construir o futuro.

Se tratando de uma “*aprendizagem significativa*”, vale ressaltar a teoria proposta por David Ausubel<sup>3</sup> (1978), sobre diferentes tipos de atividades que estimulam o aluno a aprender satisfatoriamente, portanto, como resultado, o desenvolvimento da cognição, constituindo do mesmo modo uma relação entre os conteúdos conceituais, procedimentais e atitudinais vinculados com diversos aspectos que são fundamentais para o ensino de N&N aos indivíduos no processo de aprendizagem (NARDY & LABURÚ, 2014).

O presente trabalho visa apresentar diferentes tipos de estratégias mobilizadoras daquelas escolas tradicionais, na utilização de aulas dialógicas, interacionistas e significativas para promover um ensino prático, uma vez que, a aula se tornará significativa se o estudante fizer relação com seu cotidiano (situação-problema, local).

O docente sempre designa conjunturas que permitem ao educando aprender, uma delas é permitir a conexão do conhecimento pré-existente do discente com o que será abordado pelo docente. Ausubel (1982) baseia-se na construção de estruturas mentais dos discentes a partir dos conhecimentos prévios para aquisição de novos conceitos acarretando uma “*aprendizagem significativa*”.

---

<sup>3</sup> David Ausubel (1918-2008), graduou-se em Psicologia e Medicina, doutorou-se em Psicologia do Desenvolvimento na Universidade de Columbia, onde foi professor no Teacher's College por muitos anos; dedicou sua vida acadêmica ao desenvolvimento de uma visão cognitiva à Psicologia Educacional. (MOREIRA, 2012).

À medida que o educando adere às propostas feitas à sua realidade, teremos, certamente, uma mudança de comportamento, que se pressupõe ser a aprendizagem significativa. Entretanto, o perfil do estudante é influenciado pela postura do professor em sala de aula. Desta forma, o aprendizado de qualidade sobrevém quando o docente ensina e aprende simultaneamente, tornando-se parte singular no processo de crescimento próprio e do discente.

A inserção de novas tecnologias pode ou não beneficiar ou até mesmo prejudicar a natureza que nos fornecem a matéria-prima, dando-nos conforto e maior expectativa de vida (produção de cosméticos, fármacos, mobilidades tecnológicas, entre outros). Devemos suprir as necessidades da população, entretanto deve-se fazê-la com cautela. É preciso pensar nas gerações futuras e no uso racional de produtos à base da nanotecnologia, pois seus efeitos no homem e na natureza ainda são desconhecidos. Este trabalho tem como situação-problema como a nanotecnologia e a nanociência podem ser abordadas em aulas de química no Ensino Médio?

# 1. DISCUSSÃO TEÓRICA

## 1.1 A Nanociência e nanotecnologia: suas aplicações, perigos e riscos associados

A História da Ciência pode-se relacionar a curiosidade humana, “o despertar da mente”, ou seja, a evolução da mente humana no processo cognitivo. Como destacado anteriormente, “*o elixir da longa vida*” e a “*pedra filosofal*” foram ações curiosas e investigativas mesmo não chegando ao resultado esperado. A forma inteligente do ser humano fez da ciência seu caso particular, por exemplo, a habilidade de dominar o fogo, a humanidade pôde então perceber por quanto ela modifica (rá) o seu meio para melhorar sua qualidade de vida, além disso, ainda buscamos pela longevidade, pois ancestral primitivo, isto é, *Homo erectus* utilizava-se de ferramentas que tiveram um papel primordial nas suas conquistas científicas e tecnológicas subsequentes (CHASSOT, 2011). As buscas pelo conhecimento nos fazem diferentes dos demais seres, aliás nos liberta do nosso instinto primitivo. O famoso “*fruto do bem e do mal*”, a árvore do conhecimento, que abre os olhos dos homens para desvendar o pensamento crítico e a existência da lei da sobrevivência.

De acordo com Nascimento (2008) a Educação em Ciências tem um papel substancial, por isso é importante levar em consideração seus processos históricos, pois a função é sempre buscar um aprofundamento evolutivo preenchendo as lacunas das gerações anteriores e assim ter um aumento significativo na preservação e qualidade de vida humana.

[...] deve-se levar em conta que para fazer um trabalho de História da Ciência é preciso um treino que envolve vários estudos: em metodologia de pesquisa em História da Ciência, em epistemologia, um conhecimento dos conceitos da ciência com a qual se está lidando, além de um conhecimento histórico do período que está sendo estudado. [...] (MARTINS, 2005. p. 306).

Os avanços da Ciência evidenciam-se desde os primórdios da humanidade, assim, quanto mais se almeja o conhecimento, infinitas pesquisas podem ser realizadas e aprimoradas. Pois, quantos são os pesquisadores e filósofos que não obtiveram resultados esperados de suas hipóteses, teorias e pesquisas, no entanto contribuíram bastante para construção da Ciência, por exemplo, a materialização dos modelos atômicos (um devaneio que tornou-se realidade), idealizados pelos filósofos naturalistas e cientistas, uma busca que outrora apenas verbalizada se transformou em uma ciência atomística técnica e transformadora do mundo contemporâneo, conseqüentemente suas

materializações mudaram a forma de viver nos tempos atuais. Desse modo, toda forma de conhecimento é válida, conforme Junior (2013).

Como por exemplo dessas materializações, podemos elencar o automóvel, a energia elétrica, o rádio, a televisão, o computador e o telefone celular; tecnologias que, se fossem descritas há pouco mais de cem anos, poderiam até mesmo levar seus “contadores” a privação da vida comunitária (JUNIOR, 2013, p. 22).

De acordo com Feltre (1999), a palavra Ciência é estudada nas vivências/experiências diárias, sendo necessário a vinculação da teoria com as práticas experimentais fazendo a relação teoria-prática. O levantamento das hipóteses e a junção de teorias com a prática fortalece a construção da Ciências. Ao passo que,

Ciência é o conjunto de atividades que visam observar, experimentar e relacionar os fenômenos da natureza, criando leis, teorias e modelos cada vez mais gerais, que nos permitam prever e controlar os fenômenos futuros (FELTRE, 1990, p. 9).

Como consequência, o Ensino de Química tem considerado a utilização de atividades experimentais como essencial para a aprendizagem desta ciência por possibilitar aos alunos uma aproximação do trabalho científico e melhor compreensão dos processos de produção de conhecimento (ROSITO, 2008). Pois segundo as orientações curriculares do Ensino Médio (BRASIL, 2006) a experimentação tem como objetivo estabelecer articulações dinâmicas entre a teoria e a prática, “*transcendendo os conhecimentos de nível fenomenológico e os saberes expressos pelos alunos, ajudem na compreensão teórico-conceitual da situação real [...]*” (p. 124).

No movimento CTSA/CTS, os estudos da Química podem abordar questões e conhecimentos abstratos demais que limitam a compreensão humana. Porém, as novas formas de recursos didáticos fortalecem o processo de ensino-aprendizagem, podendo formar cidadão mais críticos com responsabilidade social, construindo um futuro melhor para a sociedade (ZANOTTO; SILVEIRA; SAUER, 2016).

Grande parte dos estudiosos da Ciência da Natureza e Ciências Exatas utilizava-se não somente dos conhecimentos de suas áreas, mas baseavam-se em diferentes áreas do conhecimento no intuito de encontrar resposta para seus enigmas. Deste modo quantos estudiosos dos séculos passados aprimoram o conhecimento científico através da linguagem filosófica fazendo uma conexão com as Ciências humanas afim de solucionar conflitos sociais e econômicos, exercendo, portanto, a função protagonista diante dos empasses da sociedade (FITAS, 2011).

A História das Ciências surgiu como um instrumento para o entendimento do edifício científico, o seu nascimento vai ser justificado pela filosofia das ciências, por enquanto uma filosofia da ciência ancorada no positivismo e não problematizadora dos fundamentos da construção científica. Esta relação acentuar-se-á e alargar-se-á nos períodos seguintes (FITAS, 2011. p. 16).

As questões sociais e econômicas estão interligadas ao processo tecnológico, conforme Santos (2013) essas “*Sociotécnicas deve ser encarada pela sociedade como de interesse público*” (2013, p. 12), vale ressaltar também sob os riscos provenientes pela busca desenfreada da Ciência no intuito de prover bens materiais, esses riscos devem ser discutidos e refletidos não somente pelos cientistas, mas ter uma participação pública, de acordo com Junior (2013).

Há cerca de vinte anos estamos presenciando o emergir de um novo ramo da atividade científica que promete evoluir para inúmeras novas tecnologias, radicais e incrementais, em que as possibilidades inventivas perpassam os mais diversos campos do conhecimento e de produção, possibilitando novas soluções para velhos problemas e oferecendo novas ferramentas para demandas ainda inexistentes. Estamos falando de N&N, que aparecem como o mais amplo salto em direção ao controle e à manipulação de átomos, antigo sonho de muitos cientistas que já foi capítulo de alguns “contos de fadas científicos” (JUNIOR, 2013. p.23).

Quanto ao surgimento da N&N de acordo com Novo (2013) surgiram no ano de 1954 em uma palestra no Instituto de Tecnologia da Califórnia “*There's Plenty of Room at the Bottom*” dada por Richard Feynman (1918 – 1988). Para autores como, JUNIOR (2013) o surgimento da N&N está relacionado com o advento dos estudos atomísticos, pois o avanço desta área só foi possível devido aos conhecimentos de gerações filosóficas e científicas, por exemplo, filósofos Leucipo de Mileto e Demócrito de Abdera (século V a.C) e os Cientistas tais como, John Dalton (1766-1844) trouxe o estudo do átomo outrora esquecido por quase 1000 anos; em 1897 teve a descoberta dos elétrons por Joseph John Thomson (1856 – 1940); Enerst Rutherford (1871 – 1937) junto a Niels Bohr (1885 – 1962) nos anos de 1911 e 1913, consecutivamente desvendaram a existência do núcleo e dos elétrons orbitando ao redor do mesmo (REGIS, 1997; MARTINS, 2002), todos fizeram estudo sobre a matéria, antes era uma ficção, e hoje, portanto, tornou-se a “chave” para evolução humana.

Assim sendo, até o século XX o autor Junior (2013) descreve que qualquer menção da palavra átomo era tida como um “*ato de fé*”. Todavia, a persistência dos estudos dos átomos ganhara importância e relevância nas leis da natureza do século XXI, em resumo dos primórdios até os dias atuais surgiram instrumentos específicos, tendo como resultado aperfeiçoamento dos modelos atômicos, surgindo assim uma infinidade

de campos a serem explorados, como por exemplo, áreas da Física e Química quântica e outros.

Além disso,

Apesar de a palavra nanotecnologia ter surgido na década de 50, ela somente foi popularizada nos anos 80, por Eric Drexler (1986), em seu livro *Engines of creation: The coming era of nanotechnology*, ao referir-se a construção de máquinas em escalas moleculares, de apenas alguns nanômetros de tamanho: motores, braços de robô, inclusive computadores inteiros, muito menores que uma célula. Drexler passou os seguintes dez anos a descrever e a analisar esses incríveis aparelhos e a dar resposta as acusações de ficção científica. No entanto, a tecnologia convencional estava a desenvolver a capacidades de criar estruturas simples à escala reduzida (NOVO, 2013. p. 39).

Segundo Camara e Prochnow (2016) a Nanociência teve o seu princípio no mundo através da manipulação atômica prevista em 1959 por Richard Feynman (obteve o prêmio Nobel de Física em 1965), o marco histórico para o advento da N&N. A revolução Nanotecnológica foi iniciada basicamente com a invenção do microscópio de varredura por tunelamento em 1981 (*scanning tunneling microscope*), através de pesquisadores da *International Business Machines*, com o aparecimento das primeiras publicações em nanotecnologia. No entanto, as Previsões do Feynman terem sido em 1959, apenas em 1981 a nanotecnologia se materializou na consolidação da nanociência com uma finalidade útil e lucrativa. O primeiro nanotubo de carbono com diâmetro uniforme foi criado em 1996, inovando assim os conhecimentos de física e de química.

De acordo com os mesmos autores acima, os nanotubos atuam como condutores ou semicondutores, e está fazendo parte de uma gama de aplicações industriais farmacêuticas e eletrônica. Os japoneses disponibilizaram no mercado consumidor máquinas de lavar louças com distribuição de água baseada na nanotecnologia, através da distribuição de gotículas de água, aumentando a economia de água e energia nas escolas. Já em 2006 a nanotecnologia já estava presente no mercado consumidor da Alemanha com os produtos de limpeza (CAMARA; PROCHNOW, 2016).

De acordo com Martioli e Pinheiro (2013), o que deu início a Nanociência foram as pesquisas relacionadas a nanomatéria e a nanopartículas.

A nanotecnologia tem aplicações importantíssimas para sociedade, entretanto, é necessário ponderar os riscos que este avanço na ciência pode acarretar. Não é aceitável alegar falta de dados ou de evidências de danos, visto que nestes casos, o princípio da precaução deve ser adotado. As nanopartículas possuem uma área superficial enorme se considerar a sua massa e, com isso, apresentam um aumento significativo em sua reatividade, atividade biológica e biodisponibilidade. Um mesmo material em macro escala, pode possuir toxicidade completamente distinta do que em nano escala. Ainda é grande a carência de informações sobre o risco que as nanopartículas representam às

pessoas e ao meio ambiente e, no entanto, é necessário que os governos invistam cada vez mais em pesquisas nas áreas toxicológicas, ecotoxicológicas e desenvolvimento de métodos de testes específicos para nanomateriais. Atualmente, o incentivo aos estudos destinados às aplicações da nanotecnologia ainda é muito maior do que os dedicados a desvendar os riscos destes materiais. Torna-se fundamental exigir do governo a criação de legislações que tratem dos riscos associados à nanotecnologia. É necessário que os nanomateriais sejam submetidos à uma nova avaliação de risco, mesmo quando as propriedades dos mesmos produtos em macroescala sejam bem conhecidas (MARTIOLIO; PINHEIRO, 2013. p. 184).

De acordo com Junior (2013) o percurso econômico do Brasil sempre esteve ligado as forças políticas territoriais, além disso, o seu desenvolvimento econômico, político e tecnológico foi formado a partir de decisões imediatistas, privilegiando apenas uma única classe de pessoas, sem a preocupação com a população civil, muito menos em um olhar diferenciado para os efeitos colaterais de longo prazo, e por que fazer menção a este assunto, uma vez que, a área científica e tecnológica não há muito participação civil, sendo assim é preciso entender os empasses que o Brasil enfrenta para compreender por que nossos alunos de educação superior e ensino básico não tem interesse em relação as áreas científicas e tecnológicas no campo de discussão sobre políticas públicas, portanto os futuros cidadãos precisam ser letrados sobre estudos sociais da Ciência e Tecnologia para superarmos o atraso do nosso País.

A nanotecnologia é encontrada nos setores: energéticos (baterias e células); automobilístico (tintas e catalisadores); esportes (roupas antitranspirantes, equipamentos leves, calçados e instrumentos mais eficientes). Na indústria têxtil (tecidos inteligentes, resistentes a sujeiras e antibacterianas) cosméticos (produtos solares, cremes antienvelhecimento e hidratantes com alto poder hidratante) medicina (administração inteligente de medicamentos e implantes) meio ambiente (tratamentos e remediações de fontes poluidoras) e inúmeras aplicações; pois a nanotecnologia em algum momento estará presente em nossa vida, entraremos em contato com produtos da nano escala, em contrapartida, são muitos benefícios que devemos analisar o seu potencial de riscos e alertar a população consumidora, de acordo com Prof. Frank Quina em sua carta para editoria de Química Nova (2004) “*As mesmas características que tornam as nanopartículas interessantes do ponto de vista de aplicação tecnológica, podem ser indesejáveis quando essas são liberadas ao meio ambiente.*” (Quina, 2004 p. 1028), portanto fica evidente a preocupação com nova tecnologia produzida a partir da nanociência.

No Brasil a nanotecnologia começou nos anos de 2001, aliando o desenvolvimento tecnológico e as aplicações de nanoestruturas de áreas diversas da

produção. Na medicina e na área de fármacos principalmente no aspecto da comunidade científica que busca desenvolver as técnicas para facilitar e tornar mais prática a vida humana na sociedade moderna e tecnológica (JUNIOR, 2013).

Os estudos em Nanociência no Brasil de acordo com Bueno (2011), se expandiram na região do Nordeste Oriental, onde o acúmulo de competências nos centros universitários se destina a pesquisas, principalmente no que diz respeito às pesquisas inovadoras e de ponta se desenvolveram e ainda alcançará avanços históricos. No Recife equipamentos como de ponto quântico (nanotecnologia) estão sendo estudados e utilizados para auxiliar a área médico hospitalar, além da atuação da farmacologia. Desse modo, são conhecimentos como um forte de potencial de inovação que se aplica e soma-se as diversas atividades produtivas de nanotecnologia que se realiza no mundo todo.

E por que não desenvolver a região da Amazônia Sul Ocidental atividade com N&N além de abrir um campo de discussão social na área de ensino? A biodiversidade e a variedades de espécies vegetais ainda não estudadas são um laboratório a céu aberto. O que pode possibilitar na descoberta de novas fórmulas medicamentosas. Neste caso, faltam mais apoio e divulgação de pesquisas que visem assim, mobilizar o meio acadêmico para novas metodologias técnicas de atuação. Outro foco a ser priorizado está na educação, na área de ensino, pois é importante instigar a investigação científica não somente no meio laboratorial, mas buscar práticas mais significativas na vida dos alunos, como por exemplo, discussões das aplicações e efeitos ao longo prazo da N&N, pois esta é a tecnologia de um futuro próximo.

Para os estudos da N&N faz-se necessário conhecer as características da matéria, como características da região local de pesquisa. No campo da educação os professores devem criar propostas metodológicas que possibilitem a construção do conhecimento útil para o cotidiano do aprendiz (BERNARDINELLI, 2014).

Contextualizando a disciplina de Química no Ensino Básico, uma outra forma de abordar a Nanociência pode ser por meio da temática Nanotoxicologia, o que as incertezas científicas poderiam acarretar na vida da população civil, uma contaminação direta ou indireta (por meio da água ou ar). É evidente que para se trabalhar com as nanociências faz-se necessários bastante investimento em todo o processo de educação, como principalmente na capacitação e planejamento da prática docente, além da abordagem CTS/CTSA.

Referente ao contexto da Química a Nanociência fortalece ainda mais na construção de habilidades e capacidades cognitivas e reflexivas em que o aluno precisa

obter para tornar-se um sujeito ativo e mobilizador de uma situação-problema gerado pela sociedade moderna. Desde o modelo atômico até as formas de reações químicas, a compreensão da tabela periódica, o aprofundamento na contextualização do equilíbrio químico aos aspectos ambientais, suas propriedades físicas e químicas podem ser relacionadas as práticas dos docentes de forma crítica-reflexiva com um olhar ao bem-estar social, fortalecendo ainda mais a relação do conhecimento com os avanços tecnológicos e com as questões ambientais e climáticos no ambiente (JESUS, CASTRO, 2013).

De acordo com Strieder (2012) a diversidade de olhares sobre as propostas e tendências pedagógicas dificultam a compreensão de quais parâmetros devem ter abordagens de CTSA. Existem dificuldades teórico-conceituais, não existindo assim um mapa de abordagem da CTSA, principalmente no contexto escolar, pois existem várias perspectivas. Faz-se necessário capacitações específicas para cada área do conhecimento, assim como também, a faixa etária ideal para o desenvolvimento de projetos inovadores na escola no intuito de refletir as práticas da comunidade local.

Relacionar com a temática nanotoxicologia a estudos que podem ser discutidos/refletidos diante do descarte de materiais, pois esses materiais a base da nanociência podem ser descartados de maneira inapropriada por falta de conhecimento, aliás a população não conhece os seus efeitos colaterais ao longo prazo (JESUS e CASTRO, 2019). Quanto a prática docente o professor pode criar metodologias de aproximação a N&N buscando assim mostrar a relevância destes conceitos para a sociedade atual, de tal modo, estimular o aluno a prática investigativa e científica no futuro do exercício de sua cidadania no mercado de trabalho.

É sabido que, a Nanotecnologia é um

[...] segmento constitui importante agenda em desenvolvimento em todos os países avançados pelo significativo impacto de suas aplicações em diversos setores da atividade humana. No Brasil é um dos segmentos considerado portador de futuro no âmbito das Políticas Industrial, Tecnológica e de Comércio Exterior (PITCE). Trata-se de um novo paradigma tecnológico em processo de evolução acelerada e que tem por característica uma forte relação com a ciência básica e que, portanto, merece ser considerado estratégico para investimento. Juntamente com a nanociência, estuda e explora a ciência e tecnologia em nano escala (1 nanômetro = 1 bilionésimo de metro). Esta é a escala atômico-molecular e os instrumentos atualmente disponíveis permitem observar e manipular nesta escala. O impacto científico e tecnológico decorrente da nanociência e da nanotecnologia tem sido amplamente divulgado mundialmente e, no Brasil, importantes iniciativas foram introduzidas desde o final do ano 2000. A maior parte das iniciativas atuais estão no âmbito acadêmico, com importantes incursões visando o desenvolvimento de pequenas empresas ou a interação com grandes empresas, mas ainda em

estágio incipiente (BUENO, 2011. p. 4).

Para Lamosa e Loureiro (2011) são necessários mais projetos que ampliem a investigação científica, isso por meio da pesquisa in loco, com o objetivo de conhecer melhor as atividades da escola quanto as suas práticas sociais e sua educação ambiental, além de ser uma possibilidade de aproximar e de promover o diálogo entre o professor e aluno. Na execução do projeto<sup>4</sup> Neste aspecto, o ensino se torna o caminho inicial na divulgação de pesquisa na própria escola, buscando entender, por exemplo, o comportamento de um nanotubo de carbono e quais os avanços tecnológicos e implicações ambientais desta nova forma de tecnologia.

Segundo Fitas (2011), simultaneamente com os ganhos tecnológicos há novos desafios na Ciência, principalmente na concepção de mecanismos e de novas sínteses a serem elaboradas. Para fazer com que a teoria seja evidenciada na prática e num domínio científico do educando, é fundamental estimulá-lo a ter curiosidade de aprender e apreender sobre a temática N&N, pois a *“pesquisa científica, enquanto processo de atingir a verdade objetiva, ocupa um lugar privilegiado nas conjecturas filosóficas na medida em que atingir a ‘verdade’, é um valor fundamental do conhecimento humano (FITAS, 2011. p. 11)”*.

No contexto ambiental, a escola pode direcionar mais projetos e pesquisas que se voltem a temática nanociência e nanotecnologia, oferecendo assim perspectivas futuras, interagindo com os avanços e implicações das ações antropogênicas, quanto as prioridades de exploração dos recursos naturais que em geral contribuem com a qualidade de vida, porém algumas prejudicam a fauna e flora, desta forma, busca-se criar mecanismos de preservar e conscientizar a natureza, em sala de aula, o professor poderá fazer a observações e debates sobre os riscos ao meio ambiente e à saúde humana, estes temas são interdisciplinares e transversais, e é notório trazer a discussão sobre a presença de nanotoxicologia na vida humana (CARTA AO LEITOR, 2004).

Com a crescente necessidade do conhecimento dos riscos potenciais dos compostos nanoestruturados diretamente relacionados à saúde humana surgiu o termo nanotoxicologia, que tem como objetivo estudar e avaliar a toxicidade de nanomateriais e nanodispositivos diretamente em contato com o homem. De forma análoga, o termo nanoecotoxicologia é utilizado para estudos voltados à avaliação dos efeitos de nanomateriais ao ambiente, elucidando os

---

<sup>4</sup> Propostas pedagógicas disciplinares ou interdisciplinares, compostas de atividades a serem executadas pelos alunos, sob a orientação do professor, destinadas a criar situações de aprendizagem mais dinâmicas e efetivas, atreladas às preocupações da vida dos alunos pelo questionamento e pela reflexão, na perspectiva de construção de conhecimento e da formação para a cidadania e para o trabalho. (Paulino Filho et al, 2004, p. 266).

caminhos de transferência do agente tóxico, bem como sua interação com o mesmo. Tanto a nanotoxicologia quanto a nanoecotoxicologia, incluem a caracterização apropriada dos compostos investigados e os mecanismos de toxicidade dos mesmos, de modo que seus potenciais riscos sejam avaliados de forma segura (PASCHOALINO; MARCONE e JARDIM, 2010. p. 425).

É válido desenvolver no estudante o senso crítico e o protagonismo, fortalecendo a parceria entre professor e aluno, ambos são pesquisadores e constroem conhecimento populares e científicos. O Docente deve prover meios cognitivos para que o educando tenha interesse na prática da pesquisa e o levantamento de questionamentos coerentes com o contexto social e regional, fazendo do aluno um “jornalista”, um pesquisador com a habilidade e competência de intervir nos problemas sociais, econômicos e culturais por meio do letramento científico (CUNHA, 2017).

Do ponto de vista de quem vem dos estudos da linguagem e atua como jornalista científico, que é de onde falo, a noção de “letramento científico” pode ser explorada em toda a sua potencialidade na cobertura jornalística sobre ciência e tecnologia e no trabalho conjunto de professores não apenas de português e de ciências, ou mais especificamente de química, física e biologia, mas inclusive de história e geografia, na leitura de matérias jornalísticas sobre temas científicos e tecnológicos (CUNHA, 2017. p. 181 e 182).

Para que de fato ocorra as transformações na sociedade, a Ciência e a Educação são as “molas” que devem mover e transforma o mundo, surgem então as tecnologias de pontas. Pois, com a ausência do conhecimento, a sociedade não teria evoluído e estaríamos ainda engatinhando como nossos ancestrais em relação aos avanços científicos e tecnológicos, mas foram os registros históricos e a busca incessante pelo conhecimento que a humanidade evoluiu e mudou a percepção sobre a natureza e sua dominação. Desta forma, o ensino de N&N trabalha tanto nas Ciências da Natureza como Ciências exatas, mas perpassam outras áreas, como as sociais com o propósito de alertar sobre o advento da tecnologia antes do domínio desse conhecimento (JUNIOR, 2013).

Na educação ambiental, no aspecto do ensino de N&N é necessário entender que as implicações das tecnologias principalmente no aspecto da nanotoxicologia que podem ser evidenciados no mundo contemporâneo, pois essa nova tecnologia promete a diminuição do uso da matéria-prima e energia, isto é, resolveríamos os problemas antigos, como, a miséria e a deterioração do meio biótico/abiótico. Tem-se como referência um documento produzido pela Comunidade Europeia, Junior (2013) mencionou que foram destacados alguns problemas pertinentes a “*ética, saúde pública, segurança do trabalho e riscos ao meio ambiente*” (2013, p. 41, apud European Commission, 2004). Conforme Junior (2013), essa tecnologia “aflora” e “assusta”, pois há perigos e riscos a serem

considerados, não significa que não deve produzi-la, contudo, exigir um padrão de controle, e somos nós cidadãos comuns que devemos fazer esse apelo a comunidade científica, alertando sob os riscos proeminentes.

#### Conforme Junior (2013)

A busca pela novidade faz muitos cientistas verem as novas invenções com muito entusiasmo, o que geralmente ofusca o olhar sobre o risco em potencial. Por outro lado, a sociedade, muitas vezes permeada pela desconfiança, apresenta-se com aversão à novidade, refutando-a; no entanto, não raras vezes, essa mesma sociedade acompanha o entusiasmo científico, seja pelas promessas da novidade, seja por falta de entendimento e reflexão crítica sobre os riscos. Assim, destaca-se uma relação conflituosa entre os cientistas, caracterizados como peritos em determinados assuntos, e o público em geral com pouco informação, caracterizado como “leigo”. (JUNIOR, 2013. p.46)

Desse modo, a temática N&N deve ser relacionada ao contexto social do aprendiz, quanto maior o nível de complexidade da tecnologia tornar-se obrigatório o Estado ter uma maior reflexão e intervenção dos efeitos colaterais (JUNIOR, 2013). O capitalismo/globalização tem gerado um “consumismo exacerbado”, tendo como resultado escarcas dos recursos naturais, além dos problemas sociais, devendo desta forma, temáticas como essa adentrar nas escolas básicas com função de gerar senso crítico nos estudantes utilizando as “armas” que a educação oferece para equilibrar a exploração e a preservação do meio ambiente por meio da sustentabilidade. Para a educação é fundamental ter mais investimento e capacitação aos professores, tendo como suporte, o currículo do Ensino Básico, este por sua vez já está sofrendo mudanças significativas nos últimos anos.

#### 1.2 Abordagens CTS e CTSA no ensino de N&N

A palavra “Ciência” é um termo muito usual na área da Natureza, pois essa palavra se caracteriza como “*Conhecimento sistematizado*”, e avançar na Ciência significa deixar a sociedade exposta a novas incertezas, como o crescimento da Nanociência e Nanotecnologia. Então, pode-se afirmar que, a Ciência é fruto de buscas incessantes como pesquisa sobre N&N, a mais recente conquista da humanidade, isto é a busca pelo domínio completo da natureza. Pois, a humanidade sempre foi obstinada a desvendar os fenômenos da natureza, por exemplo, o “*elixir da longa vida*” e “*pedra filosofal*”, estes exemplos foram baseados nos estudos dos Alquimistas, apesar de ter seu lado místico, a Ciência química deu um grande salto, principalmente em relação as propriedades físicas e químicas do estudo da matéria (FARIAS, 2010).

Entre as décadas de 60 e 70 surgiu o movimento de Ciência, Tecnologia e Sociedade (CTS) tendo a origem nos Estados Unidos da América (EUA), seu campo de discussão iniciou-se no nível superior e repercutiu internacionalmente, pois nos últimos anos houve um grande avanço principalmente nas discussões de se estabelecer a conexão com a educação básica na formação de estudantes mais letrados em CST (SANTOS e MORTIMER, 2002).

O termo mais utilizado atualmente é a Ciência, Tecnologia, Sociedade e Ambiente (CTSA) se deve as situações pós-guerra e mudança científica-tecnológica, assim houve a necessidade de assumir um papel de responsabilidade sobre os produtos e ferramentas provenientes da Ciência e Tecnologia (C&T) para um olhar diferenciado sobre os problemas ambientais e pela morte em “massa” que resultou durante e depois dos conflitos da guerra, em decorrência dos produtos químicos liberados ao meio ambiente de forma irresponsável e incoerente (SANTOS; MORTIMER, 2002).

O enfoque CTSA tem se tornado um campo de discussão para a prática pedagógica de Química, apresentando nossos desafios para a educação, reflexão críticas e principalmente a preocupação com o uso de tecnologias revolucionárias (NUNES & DANTAS, 2016). Assim sendo, são diversos conteúdos e temáticas que podem ser abordados e argumentados, dentre eles os estudos da N&N, antes ainda não são tão explorados no Ensino Básico, pois

Diante das dificuldades que os professores enfrentam em desenvolver currículos com enfoque CTSA, os resultados nos indicam que a tentativa de introduzir, pelo menos, um tema no decorrer do ano, como foi o caso da turma em questão, foi bastante positiva. A discussão temática possibilitou uma reflexão sobre as inter-relações CTS e a compreensão e sensibilização dos alunos em relação ao meio ambiente [...] (VASCONCELLOS e SANTOS, 2018. p. 9).

Historicamente os avanços das pesquisas do movimento CTSA, surgindo por volta de 1970, trouxe um dos seus lemas que se contradiz aos padrões gerais do ensino tradicional que é uma formação cidadã de ensino. É uma visão crítica da sociedade, com enfoque no avanço e na transformação da sociedade, isto é, uma crítica às estruturas e formação de cientistas sociais (VAZ; FACUNDES; PINHEIRO, 2009). Ou seja,

Quanto ao surgimento do movimento CTS, no Hemisfério Norte, por exemplo, destacam que, a partir de meados do século XX, nos países capitalistas centrais, foi crescendo um sentimento de que o desenvolvimento científico, tecnológico e econômico não estava conduzindo, linear e automaticamente, ao desenvolvimento do bem-estar social. Nestes contextos, Ciência e Tecnologia passaram a ser objeto de debate político. Houve um movimento reivindicando um redirecionamento tecnológico, contrapondo-se à ideia de que mais Ciência

e Tecnologia irão, necessariamente, resolver problemas ambientais, sociais e econômicos (VAZ, FACUNDES e PINHEIRO, 2009. p. 109).

A escola é um ambiente de transformação e padrão de educação para as mudanças exigidas pela sociedade, no entanto, muitas vezes a escola não tem compreendido o seu real poder/papel para sociedade (VAZ; FACUNDES; PINHEIRO, 2009). Contudo,

As abordagens CTSA oferecem um direcionamento maior para a educação, na qual é possível promover a integração dos conhecimentos em seus aspectos científicos, sociais, ambientais e culturais. Neste sentido, o conhecimento poderá ser construído de maneira mais sólida proporcionando ao sujeito entender diversas questões que exigem conhecimentos de tais aspectos. O trabalho com o enfoque CTSA promove uma formação de atitude crítica, reflexiva e responsável [...] (ROCHA et al., 2012. p. 1).

De acordo com Cerezo (1998) as discussões CTS aparam uma diversidade de programas multidisciplinares, apesar das contradições há um consenso, como o campo de discussão: rechaço à representação da ciência como atividade pura; crítica na perspectiva de tecnologia; crítica ao padrão tecnocrático. Desta forma, é preciso fazer observações empíricas dos problemas causados pela C&T, sendo os países periféricos, aliás os países subdesenvolvidos os mais atingidos com problemas sociais e ambientais advindos dessas tecnologias trazidos pelos países desenvolvidos. Pois o governo precisa ter responsabilidade, além disso, é primordial que o indivíduo em formação saiba discutir, refletir e buscar políticas públicas para resoluções/diminuição desses problemas, ou seja, trazer um bem-estar social a essas gerações.

O movimento CTSA é uma inovação no ensino básico, não tendo assim, parâmetros estabelecidos e diretrizes básicas para a sua execução, mas é mencionado a importância do seu desenvolvimento em sala de aula, pois o professor poderá trabalhar temáticas interdisciplinares, como, por exemplo, o ensino de N&N defendendo e contrapondo argumentos referente a este assunto, isto é, colocar em prática debates polêmicos, admitindo argumentos diferentes, controvérsias e assentimentos para o campo de discussão dentro e fora da sala de aula. O estudante precisa se apropriar de conhecimento sobre a ciência, refletir e compreender que quem produz ciência tem suas crenças e valores individuais, não há uma neutralidade pura, mas interesses econômicos, políticos e sociais. Pode-se dizer que o ensino de N&N relaciona-se com várias áreas do conhecimento tornando o ensino interdisciplinar, interagindo com várias disciplinas, como, Biologia, Física, Filosofia, História, Matemática, Química, Sociologia e afins.

Desta forma, para Paulo Feire (1967), é necessário ascender

[...] uma educação, que lhe propiciasse a reflexão sobre seu próprio poder de refletir e que tivesse sua instrumentalidade, por isso mesmo, no desenvolvimento desse poder, na explicitação de suas potencialidades, de que decorreria sua capacidade de opção. Educação que levasse em consideração os vários graus de poder de captação do homem brasileiro da mais alta importância no sentido de sua humanização. Daí a preocupação que sempre tivemos de analisar estes vários graus de compreensão da realidade em seu condicionamento histórico-cultural e que, a seguir, passamos a discutir. De sua posição inicial de “intransitividade da consciência”, característica da “imersão” em que estava, passava na emersão que fizera para um novo estado — o da “transitividade ingênua” (p. 57-58)

De acordo com Freire (1967) a conscientização e problematização deve ser o “*slogan*” para educação, por ele apresentar concepções pedagógicas contra-hegemônicas no intuito de promover um trabalho mais dialógico, crítico, reflexivo, contextualizado e ético-político, conseqüentemente trazem transformações sociais e humanizadas. A educação deve ser uma prática dialógica, mas é notório que muitos são os professores de Ciências Naturais (Biologia, Física e Química) da educação superior e ensino básico que foram formados, assim como, ensinam em uma concepção pedagógica hegemônica<sup>5</sup> tradicionalista, ou seja, a formação de um indivíduo técnico, acrítico e passivo (DELIZOICOV et al., 2009; KRASILCHIK, 1987). Todavia, o movimento CTS/CTSA tem buscado perspectivas diferentes no campo da educação, trazendo abordagens expressivas para um novo rumo da educação científica e tecnológica, não sendo uma área exclusiva de cientistas bacharéis, mas de interesse comum a toda população, rompendo desta forma, padrões tradicionais da educação superior bem como o ensino básico (NUNES & DANTAS, 2016).

Basicamente, a codificação dos termos CTSA ou CTS teve vários processos históricos que

[...] no processo de transposição do campo de pesquisa CTS para o ensino de ciências, a sigla ganhou mais uma letra, o “A” de CTSA, em alusão ao ambiente. Para Invernizzi, Fraga (2007) embora a dimensão ambiental fosse um dos tópicos fundantes do campo CTS a explicitação do “A” na sigla denota, por um lado, a importância crescente que a dimensão socioambiental vem conquistando no sistema de ensino por meio da Educação Ambiental e, por outro, o desafio de integrar essa última com o enfoque CTS (TOMAZELLO, 2009, p. 17).

A Ciência é um objeto de estudo da modernidade, e cabe aos que a produzem

---

<sup>5</sup> [...] a hegemonia atua para “saturar” nossa própria consciência, de maneira que o mundo educacional, econômico e social que vemos e com interagimos, e as interpretações fundadas no senso comum que a ele atribuímos, tornam-se o mundo tout court, o único mundo (APPLE, 1982, p. 14).

refletir sobre o seu impacto social e ambiental. Porquanto são inegáveis as relações entre o avanço científico e o aumento dos problemas ambientais. Assim as abreviaturas CTS/CSTA têm sofrido mudanças ao passo que a Ciência tem avançado nas discussões sobre a sociedade moderna (NUNES & DANTAS, 2016), como por exemplo, a produção de tecnologias que produzem novas tecnologias, tendo como destaque, a área da robótica e eletrônica, em sequência descobertas de princípios ativos para doenças antes incuráveis, produção de fármacos e cosméticos por isso essas novas ferramentas tecnológicas contribuem para sociedade significativamente proporcionando soluções a demandas ainda inexistentes (JUNIOR, 2016).

Assim, é relevante os subsídios de Paulo Freire para conscientização sobre as atividades científicas que prometem inúmeras aplicações radicais, muitas dessas já estão se materializando no mercado consumidor, pois, as concepções freireana contribuem diante de um campo político e não-neutro, tendo como objetivo emancipar a população consumidora dessas novas ferramentas tecnológicas. Dessa maneira, a importância do “Ambiente” foi agregada ao movimento CTS, tornando-se CSTA procurando conciliar a exploração e preservação dos recursos naturais, aliás a fim de formar um padrão mais adequado para a humanidade.

Considerando que alguns termos apresentam o mesmo significado, foram criadas algumas equivalências, como, por exemplo, a substituição das palavras-chave “abordagem CTS”, “CTSA”, “concepções CTS”, “relações CTS”, “relações CTSA” e “atividades CTS” por “CTS”, dentre outras do mesmo tipo (BOUZON, et al., 2018. p. 31).

Sobre os estudos da Química e Sociedade, afirma Santos (2009), a Química é uma área relevante para sociedade quando harmoniza os conhecimentos teóricos com a prática cidadã, transformando os indivíduos desta sociedade. Anteriormente, as necessidades dos conteúdos de Química na escola tinham a função de alcançar as capacidades e habilidades esperadas pelos referenciais do Currículo de ensino, apresentando muitas ações rotineiras, mecânicas e “conteudistas”, que só se destinavam a teorias sem sentido para o cotidiano do aluno, basicamente, aulas expositivas se resumindo no quadro e no giz, aplicando os conteúdos sem a contextualização.

O campo de discussão do movimento CTSA tem ganhado força para as novas concepções de Ensino de Ciências da Natureza, este movimento traz alternativas e meios de atenuar ou até mesmo resolver os conflitos sociais e humanos na busca por uma visão crítica, problematizadora e consciente das ações antropogênicas, aliás na investigação por meios que minimize os desequilíbrios naturais diante de uma sociedade extremamente

consumista e capitalista. Assim, deve-se suprir as necessidades humanas, porém devemos refletir sob nossas ações e pesarmos nas futuras gerações (SANTOS, 2007).

Nos dias de hoje são necessárias mais discussões sobre o Ensino de Química no Brasil para fortalecer a formação e atuação docente no Ensino de Ciências da Natureza dentro e fora do âmbito escolar. A qualificação dos professores desta área ainda é questionada: Por que não inovar o ensino? Por que não usar a tecnologia em prol do ensino instigando no estudante pontos positivos e negativos? Quais avanços tecnológicos podem ser abordados no Ensino de Química no movimento CTSA? Quais as implicações desses avanços para a sociedade? Perguntas como estas buscam entender o real sentido do ensino de Química almejando a conscientização e formação crítica na vida dos estudantes, isso sobretudo diante das reservas e recursos naturais presentes na região local de ensino (FARIAS; LATINE, 2009).

Para o Docente, o modelo CTSA traz um leque de possibilidades, isto é, metodologias cognitivas que levam em consideração os argumentos dos estudantes, promovendo a interdisciplinaridade, tornando diferente das práticas dogmáticas e tradicionalistas que em geral somente tratavam-se de assuntos sequenciados tornando-os maçantes para os educandos, a rotina na sala de aula se resumia a falácia, ou seja, apenas teorizando e exemplificando os conteúdos listados, pois não traziam significância no cotidiano do mesmo, assim a educação só se limitava aos muros da escola (NUNES & DANTAS, 2016).

Portanto,

[...] muitas vezes um tema relevante para o professor não é para a comunidade escolar. Muitas vezes, evidencia-se que a falta de interesse dos alunos em sala de aula, se deve aos currículos defasados, falta de interações e enfoque CTSA. Por outro lado, enfatiza-se a necessidade de despertar no aluno a curiosidade, o espírito investigador, questionador e transformador da realidade para que aprenda a buscar a solução dos seus problemas e aplicá-los na prática diária. Desse modo, sabe-se que o ensino e a aprendizagem na área de ciências têm apresentado problemas que precisam ser enfrentados, sendo que o enfoque apenas disciplinar ocasiona a desmotivação dos alunos. Nesse sentido, não corre a conexão entre a escola e as coisas do mundo, com a concepção de uma ciência e tecnologia neutra [...] (FAVILA; ADAIME, 2013. p. 2871).

Percebe-se que no contexto do Ensino de Química, um instrumento indispensável para a aprendizagem está na abordagem CTSA e dentre tantos assuntos que podem ser explorados como o ensino de N&N, pois este assunto é pouco discutido nos livros didáticos do ensino básico do Brasil (CAMARA & PROCHNOW 2016), consequentemente trazer o movimento CTSA na disciplina de química com a temática

N&N torna-se bastante viável na vida do estudante, uma vez que, esta tecnologia já está sendo inserida na sociedade de forma alarmante, o crescimento é assustador, quais consequências para o futuro? Desse modo buscar por abordagens CTSA tem um valor instrumental e de profunda reflexão para prática docente objetivando a emancipação humana, visto que, é essencial ponderar sobre as aplicações e efeitos das ferramentas tecnológicas que produzem outras tecnologias, ou seja, tem-se a tecnologia antes da apropriação do conhecimento sobre ela.

Basicamente no contexto educacional da área de química a abordagem CTSA deve se basear nos seguintes pontos destacados abaixo:

- a) Promoção da compreensão acerca da natureza da ciência; aqui se alerta para a importância da filosofia da ciência na compreensão da ciência, com tópicos como: “metodologia científica”, “empirismo”, “realismo”, “caracterização de leis científicas”, “métodos de verificação”, “problema da indução”, “continuismo”, “mudança conceitual” etc.;
- b) Compreensão de forma mais adequada dos conceitos e métodos científicos: diferentemente do caso para a compreensão de instituições sociais com as quais estamos mais familiarizados (partidos políticos, governos, leis etc.), a instituição social que denominamos “ciência” nem sempre é avaliada em uma perspectiva histórica; contudo, abordar o conhecimento científico a partir de sua história promoveria uma compreensão mais ampla dos conceitos e métodos científicos, uma vez que estes possuem igualmente uma biografia;
- c) Ênfase da importância intrínseca da história da ciência; deveria fazer parte da formação do estudante a compreensão da história da ciência;
- d) Desmascaramento do dogmatismo e cientificismo dos manuais; aqui se admitiria, por exemplo, o caráter social da ciência;
- e) Humanização da ciência por intermédio da história; por exemplo, apresentando idiosincrasias pessoais dos cientistas e os embates científicos que ocorrem na sua comunidade;
- f) Enfoque da interdisciplinaridade científica; a conexão entre as disciplinas científicas (BOAS et al., 2013. p. 293).

Entretanto para Freire (2000), os princípios fundamentais que devem nortear e orientar o processo de ensino-aprendizagem está na reciprocidade entre o educando e o educador e o incentivo da pesquisa no que se refere ao campo de discussão sobre temas pertinentes a sociedade. Fundamentalmente as elaborações e apropriações de uma consciência crítica surge através da dialeticidade, e o ensino CTSA consolida ainda mais esta forma de ensino-aprendizagem onde essa interação do professor e alunos rompem o estigma do senso comum, e ambos passam a exercer um papel crítico e social quebrando paradigmas de uma educação opressora, bancária e apassivadora.

Portanto, a abordagem CTS/CTSA no ensino de N&N para o ensino de Química se torna ponto de partida, visto que a temática não tão simples assim, pois há muitos benefícios dessa ciência, mas é preciso ter cautela com as predições de suas aplicações,

assumindo então novos desafios para uma prática inovadora que possa despertar nos alunos uma consciência crítica e ético-política, além de compreender os princípios que norteiam muitas teorias e pesquisas neste ramo do saber, desmistificando aulas conteudistas e disciplinares, conseqüentemente tornando o ensino significativo, interdisciplinar e reflexivo.

### 1.3 Aprendizagem significativa de David Paul Ausubel

Nas últimas décadas a educação brasileira tem sofrido muitas mudanças, no seu currículo e principalmente nas diversas estratégias pedagógicas que o docente precisa desdobrar-se para fornecer uma melhor forma de ensino, assim os docentes recorrem as teorias de aprendizagem, pois essas teorias têm buscado novas abordagens para o Ensino Básico. O presente capítulo faz menção a teoria de aprendizagem de David Ausubel, percebe-se uma visão menos conservadora e mais construtivista.

Nota-se que, trabalhar conhecimentos relacionados ao cotidiano dos estudantes fortalece ainda mais o real sentido da aprendizagem. Com o exercício à cidadania e proatividade desses indivíduos na sociedade, o estudante deve compreender o mundo que o cerca, principalmente antever problemas que podem ser gerados pela sociedade moderna.

Problematizar e debater os problemas sociais são formas de instigar a curiosidade e atuação dos estudantes perante a sociedade, como por exemplo, as transformações que os avanços tecnológicos trazem a modernidade. Desta forma, as aprendizagens cognitivistas e significativas são mais adequadas para discutirem questões sociais, culturais e econômicas, pois é preciso buscar alguns teóricos que alicerce determinadas temáticas. Podemos fazer menção a David Ausubel (1918 – 2008) ele buscou trazer mais sentido para o processo de ensino-aprendizagem, tornando desse modo, um estudante protagonista de seu próprio saber.

O docente deve definir objetivos adequados, expondo situações problemáticas e significativas, utilizando uma linguagem adequada e adaptada ao nível dos estudantes. Desta forma, o professor, com certeza, será uma peça importante no processo de aprendizagem e no desenvolvimento da sociedade (PIMENTA, 2005). O professor também deve mobilizar a criatividade do aluno, para que o educando seja capaz de atuar no presente e de ajudar a construir o futuro. Ser professor não é, portanto, uma tarefa fácil. Assim como afirma Bernadelli (2004):

[...] se o professor encantar seus alunos pelo que ensina, poderá conseguir cativá-los, com um olhar, com um gesto amigo, com um toque, com uma ação, pois quando explica o conteúdo com encantamento, isto é, com carinho, capricho, concentração e alegria, consegue atrair atenção despertando curiosidade e simpatia. (BERNADELLI, 2004, p. 1)

A aprendizagem significativa é um processo que envolve a predisposição do estudante, seus conhecimentos prévios, materiais e mediação potencialmente capazes de unir o novo conhecimento ao que já se encontra na estrutura cognitiva do aluno, cabe ao professor empregá-la em suas aulas, visto que, o docente deve buscar formas diferenciadas para trabalhar diferentes temáticas que ainda não são tão abordadas no Ensino Básico, porém com a modernidade torna-se fundamental os estudantes adentrarem nesses temas como é o caso da N&N.

David Paul Ausubel propôs uma teoria, conhecida por Teoria da Aprendizagem Significativa, através da qual afirma que é a partir de conteúdos que indivíduos já possuem na Estrutura Cognitiva, que a aprendizagem pode ocorrer. Estes conteúdos prévios deverão receber novos conteúdos que, por sua vez, poderão se modificar e dar outra significação aquelas pré-existentes (FILHO, 2013. p. 22 e 23).

Para Moreira (1999, p. 11), *“Uma teoria de aprendizagem é, então, uma construção humana para interpretar sistematicamente a área de conhecimento que chamamos aprendizagem”*. Esta perspectiva, deve ser uma meta de cada educador, compreender como, porque e como funciona o processo de ensino-aprendizagem. Portanto, é através da parceria constante professor-estudante que a aprendizagem é construída. O professor deverá lecionar os conhecimentos já estabelecidos no Currículo, mas sobretudo levar em consideração também as práticas sociais além das vivências de cada indivíduo.

Historicamente os pensamentos de David Ausubel<sup>6</sup> alcançaram o Brasil na década de 70 através do Professor Jael Martins, quando ministrava cursos de pós-graduação na Pontifícia Universidade Católica de São Paulo (RONCA, 1994). A teoria proposta por David Ausubel (1978) *“Aprendizagem significativa”*, sobre diferentes tipos de atividades que estimulam o estudante a aprender satisfatoriamente, portanto, como resultado, o desenvolvimento da cognição, constituindo do mesmo modo uma relação

---

<sup>6</sup> David Ausubel (1918-2008), graduou-se em Psicologia e Medicina, doutorou-se em Psicologia do Desenvolvimento na Universidade de Columbia, onde foi professor no Teacher's College por muitos anos; dedicou sua vida acadêmica ao desenvolvimento de uma visão cognitiva à Psicologia Educacional. (MOREIRA, 2012).

entre os conteúdos conceituais, procedimentais e atitudinais vinculados com diversos aspectos que são fundamentais para o ensino de N&N aos indivíduos no processo de aprendizagem (NARDY & LABURÚ, 2014).

A aprendizagem significativa elaborada por David Ausubel é aquela em que o ensino é construído de forma simbólica e tem uma interação substantiva e não-arbitrária com os conhecimentos pré-existente do educando, fazendo uma conexão com a estrutura cognitiva do indivíduo no seu aprender, isto é, é necessário um subsunçor<sup>7</sup> (AUSUBEL, NOVAK E HANIENSEM, 1980). Por exemplo, se o estudante analisa a sua região nos aspectos ambientais em suas problemáticas, o subsunçor, meio ambiente terá um símbolo, ficará cada vez mais evidente a importância de ter uma reflexão sobre como devemos proceder na conservação da natureza, o professor conduzirá este assunto de forma acentuada na estrutura cognitiva do aluno, explicando-lhe a relevância desse tema para sua vida social, logo, haverá a construção de um conhecimento estruturado e definido na cognição do aluno, ele não aprenderá de forma mecânica/tradicionista, isto é, expositiva, mas crítica/reflexiva e resultará na ação diária do indivíduo. Desse modo, essa aprendizagem significativa se construirá de forma organizada e espontânea, um novo conceito será reformulado através de elementos regionais.

Então, Ausubel parte da ideia de que o indivíduo apresenta uma organização cognitiva interna baseada no conhecimento conceitual, e as relações de conceitos que o aluno estabelece entre o número de conceitos presentes, se apresentando muitas das vezes de forma hierárquica, de maneira a facilitar a estrutura cognitiva que é compreendida. A mesma ideia se fundamenta em uma espécie de rede de conceitos organizados e ordenados de forma hierárquica, conforme o grau de abstração e de generalização (PALIZZARE et al., 2002. p. 38).

Basicamente, atuando também no Brasil

[...] a corrente cognitivista enfatiza o processo de cognição, através do qual a pessoa atribui significados à realidade em que se encontra. Preocupa-se com o processo de compreensão, transformação, armazenamento e uso da informação envolvido na cognição e procura regularidades nesse processo mental. Nessa corrente, situam-se autores como Bruner, Piaget, Ausubel, Novak e Kelly. Alguns deles são construtivistas com ênfase na cognição (Bruner, Piaget, Ausubel e Novak), ou enfatizam o afetivo (como Kelly e Rogers) (OSTERMANN, 2011. p. 31).

---

<sup>7</sup> Segundo Ausubel (1973, p. 25), subsunçor é uma estrutura específica na qual uma nova informação pode se agregar ao cérebro humano, que é altamente organizado e detentor de uma hierarquia conceitual, que armazena experiências prévias do sujeito. (Silva & Schirlo, 2014).

Tendo também como base a psicologia, o cognitivista David Ausubel, corrobora que “*a aprendizagem estava subordinada a um esforço do aprendiz em ligar seus novos conhecimentos aos seus conhecimentos anteriores*” (BESSA, 2008. p. 133). Entretanto, para a prática do docente, o processo cognitivo deve ser levado em conta não somente em series iniciais mais também em todos os processos de ensino-aprendizagem, visto que a mente humana compreende de forma mais associativa do que propriamente dito uma certa “*aprendizagem inicial*”.

Vale ressaltar a importância de integrar e estimular os estudantes tanto nos conteúdos teóricos, como nas práticas de ensino-aprendizagem, que essa integração seja eficaz e significativa na vida do educando com o objetivo de fortalecer o processo de compreensão e assimilação dos conteúdos, como também um amadurecimento social diante do exercício da cidadania e das transformações que podem ser realizadas (BESSA, 2008).

A noção de aprendizagem significativa, definida dessa maneira, torna-se nesse momento o eixo central da teoria de Ausubel. Efetivamente, a aprendizagem significativa tem vantagens notáveis, tanto do ponto de vista do enriquecimento da estrutura cognitiva do aluno como do ponto de vista da lembrança posterior e da utilização para experimentar novas aprendizagens, fatores que a delimitam como sendo a aprendizagem mais adequada para ser promovida entre os alunos. Além do mais, e de acordo com Ausubel, pode-se conseguir a aprendizagem significativa tanto por meio da descoberta como por meio da repetição, já que essa dimensão não constitui uma distinção tão crucial como dimensão de aprendizagem significativa/aprendizagem repetitiva, do ponto de vista da explicação da aprendizagem escolar e do delineamento do ensino. Contudo, e com relação a essa segunda dimensão, Ausubel destaca como são importantes, pelo tipo peculiar de conhecimento que pretende transmitir, a educação escolar e, pelas próprias finalidades que possui, a aprendizagem significativa por percepção verbal (PALIZZARE, 2002. p. 39).

É evidente que, o cognitivismo enfatiza o uso dos significados e as realidades encontradas pelos estudantes, transformando os ambientes como também crenças limitadoras. Desse modo, o professor precisa buscar aprimoramento na sua prática docente no intuito de melhorar sua didática em sala de aula, pois quando se tem uma aula significativa o estudante armazenará informações aprendidas e quando necessário, resgatará conhecimentos anteriores (conhecimentos prévios) para alicerçar o conhecimento científico.

Assim se faz jus uma aprendizagem cognitivista através da organização de ideias que também estão presentes na cognição buscando formar uma consciência coerente com processo de ensino-aprendizagem. Sobretudo o planejamento do professor, sendo este fundamental e indispensável para todo ato de lecionar, ao passo que, as formações continuadas se tornam relevante na vida do docente que periodicamente deve fazer uma

reclassificação para a utilização e adequação de novas formas de exercício de sua função (CASTROS; SANTOS; CRUZ, 2013), essas formações tem como função oferecer metodologias de ensino contextualizadas e interdisciplinares que despertem interesse e empenho dos estudantes nas atividades atribuídas pelos professores, isto é, que esses cursos de capacitação mostrem os caminhos para a realização de práticas inovadoras, mas é sabido que muitas formações não há um consenso entre os professores qual é o melhor método de ensino, no entanto, o ensino não é uma “Receita”, é preciso montar diferentes estratégias metodológicas, logo cabe ao docente fazer seu papel enquanto mediador, pois o mesmo é, portanto, a principal “chave” para a construção do conhecimento.

Conforme a teoria de aprendizagem significativa, Ausubel compreende que para o ensino-aprendizagem existem circunstâncias em que a mecânica se torna algo inevitável, entretanto, é necessário transformar este processo em algo mais dinâmico, ou seja, se torne menos mecânico e formal (PRASS, 2012). Nota-se que, os padrões tradicionais e o uso somente do livro didático são padrões ultrapassados, em vista que, o conhecimento está em constante inovação e em razão da globalização faz-se necessário do uso de ferramentas tecnológicas para integrar a geração moderna.

Para Ausubel, a aprendizagem pode se processar com diversas nuances entre os extremos da aprendizagem mecânica e da aprendizagem significativa. Aprendizagem mecânica - como sendo a aprendizagem de novas informações, com pouca ou nenhuma associação com conceitos relevantes existentes na estrutura cognitiva do aprendiz. Ele simplesmente recebe a informação e a armazena, de forma que ela permanece disponível por um certo intervalo de tempo. Mas, na ausência de outras informações que lhe sirvam de combinação, permanece na estrutura cognitiva de forma estática. Aprendizagem significativa - esta é uma forma de aprendizagem citada por Ausubel, que tem como base as informações já existentes na estrutura cognitiva, que ele considera como ideal ancora ou subsunor. As novas informações podem interagir contribuindo para a formação do conhecimento em novos conhecimentos, de forma dinâmica, não aleatória, mas relacionada entre a nova informação e os aspectos relevantes da estrutura cognitiva (BESSA, 2008. p. 137).

Conforme as ideias behavioristas onde a base psicológica e o comportamento do estudante se tornam fundamentais para todo o processo de ensino-aprendizagem, hoje a capacitação do professor principalmente no aspecto de psicologia da educação se torna um suporte pertinente para o Ensino Básico (BESSA, 2008). E além de meros professores, a classe docente deve utilizar técnicas neurológicas para aproximar os alunos e fazer uma mediação mais significativa, aliás eficiente, visto que o acesso à informação se transfigura cada vez mais acessíveis em razão dos avanços tecnológicos.

A tônica da visão de mundo behaviorista está nos comportamentos observáveis

e mensuráveis do sujeito, e nas respostas que ele dá aos estímulos externos. Está também naquilo que acontece após a emissão das respostas, ou seja, na consequência. Tanto é que " o comportamento é controlado pelas consequências"; se a consequência for boa para o sujeito, haverá uma tendência de aumento na frequência da conduta e, ao contrário, se for desagradável, a frequência de respostas tende a diminuir. Isso significa que, manipulando principalmente eventos posteriores à exibição de comportamento, se pode, em princípio, controlá-los (MOREIRA, 1999. p. 14).

Segundo Ausubel a teoria da aprendizagem também se baseia nas relações que existem entre símbolos, conceitos e proposições quando incorporados a uma estrutura cognitiva (FILHO, 2013). A sistematização de parâmetros e métodos a serem empregados em sala de aula e fora dela se torna necessário conceituação e domínio de conteúdo na prática docente.

De acordo com Ausubel é necessário:

- \* determina a estrutura conceitual e proposicional da matéria, que significa determinar os conceitos que serão utilizados como a foram de sua apresentação;
- \* identificar os elementos subsunçores (conceitos/conhecimentos já formulados e adquiridos) que serão necessários para aprender significativamente um conteúdo;
- \* diagnosticar o que os alunos já sabem, mapeando, entre os subsunçores, aquele que encontram-se disponível na estrutura cognitiva do aluno;
- \* ensinar utilizando recursos e princípios que levem os alunos de uma aprendizagem conceitual a uma aprendizagem significativa, o que pode ser feito com auxílio dado pelo professor para a compreensão da matéria (BESSA, 2008. p. 137).

Em razão dos avanços tecnológicos, de uma infinidade de equipamentos e matérias disponíveis ao ensino, o professor se vê na necessidade de aprimorar seus planejamentos de aulas teóricas e práticas com o uso de novos instrumentos e outras formas ou técnicas inovadoras de ensino coerente com as transformações sociais e humanas, para gerar em seus alunos um despertar para a Ciência, mas para atrair os alunos em relação ao conhecimento científico é vital fazer algumas reformas de metodologias ultrapassadas.

Quando se reporta à aprendizagem significativa e o uso de atividades lúdicas, o foco é a representação do brincar para trazer à tona o que já está interiorizado no aluno - conhecimento prévio, e a ludicidade refere-se à representação desta construção cognitiva. Ou seja, a ludicidade é o mediador da aprendizagem que torna o material educativo potencialmente significativo a quem aprende. Assim como, o professor deve partir do que a criança já sabe – Nível de Desenvolvimento Real [...] (SANTOS, et al., 2002. p. 7).

Desse modo, as Orientações Curriculares para o Ensino Médio (BRASIL, 2006) e a BNCC (BRASIL, 2018) fazem a exigência da formação de um cidadão crítico, refletivo e proativo, assim sendo, fica subtendido a importância do uso das temáticas em

sala de aula, essas por sua vez, abordam problemáticas do cotidiano do estudante, a exemplo disto ensinar com uma abordagem CTSA nas N&N por meio da “Aprendizagem significativa”. Pois, Filho (2013) destaca que, a aprendizagem superordenada se organiza a partir de uma série de conceitos existente em uma estrutura cognitiva, surgindo assim um novo conceito mais abrangente que engloba e se unem a conceitos pré-existentes. Uma espécie de função em cadeia, pois com determinado tempo vai se estruturando e formando um suporte sólidos, que é a construção do conhecimento. Basicamente uma ação somatória que deve ser coerente e detalhadamente planejada, com objetivos claros e específicos para que seja alcançado as metas propostas.

Entende-se que,

sobre o conhecimento a ser transmitido, Ausubel nos diz que um conhecimento para se compreendido por um aluno deve ser relacionável com outros conhecimentos e incorporável ao conjunto de esquemas cognitivos (modos de aprender) de cada aluno, isso significa dizer que o conteúdo deve ser relacionado com os interesses dos alunos, ou seja, fazer sentido, para que o aluno continue estimulado para a aprendizagem (BESSA, 2008. p. 135).

Para Ausubel (2003) a estrutura cognitiva nada mais é do que uma organização dos conteúdos desenvolvidos em uma construção mental ordenada, onde uma atuação continuada e bem sistemática se faz necessário, com objetivos bem estabelecidos e metas a serem cumpridas. Entende-se que, o material estudado deve ser potencialmente significativo no cotidiano dos estudantes, e para um pesquisador sabe-se que, o conhecimento é infinito, mas é necessário ter metas/objetivos e compreensão das habilidades e competências que devem ser executadas para se alcançar a transformação cognitiva e social do estudante, para isso o professor deverá ser o facilitador do processo de alfabetização científica.

O ponto de partida da teoria de ensino proposta por Ausubel é o conjunto de conhecimentos que o alvo traz consigo. A este conjunto de conhecimentos, Ausubel diz que o nome de estrutura cognitiva e, segundo de, é variável mais importante que o professor deve levar em consideração no ato de ensinar. O professor deve estar atento tanto para o conteúdo como para as formas de organização desse conteúdo na estrutura cognitiva. O conteúdo que é assimilado pela estrutura cognitiva assume uma forma hierárquica, onde conceitos mais amplos se superpõem a conceitos com menor poder de extensão (RONCA, 1994. p. 14).

De acordo com Calini e Bressa (2017), as ideias de Piaget se assemelha a teoria de Ausubel onde o estudante é o sujeito da aprendizagem. Desse modo, ele deve fazer parte da interação com o conhecimento, e nada melhor do que incentivar a iniciação científica na construção da aprendizagem motivando o educando na realização de

constantes pesquisas, projetos, estudos e aferições investigativas dentro e fora da escola.

A teoria da Aprendizagem Significativa de David Ausubel fundamentada em Jean Piaget atinge um ponto fundamental ao processo de ensino/aprendizagem, onde o aluno é o sujeito de sua aprendizagem, que depende de seus conhecimentos prévios e da interatividade com o meio, que provocam novos conhecimentos significativos para ele. Portanto, o professor deve estar atento a fazer intervenções, levando em consideração a formação da estrutura cognitiva do indivíduo (CALIANI e BRESSA, 2017. p. 676).

Dessa forma, a aprendizagem é compreendida como um processo de construção, resultante da interação entre o sujeito que aprende, o objeto de conhecimento as distintas mediações pessoais e sociais. Não se limita à aquisição de conhecimentos ou informações; conforme as referências do Jean Piaget é um processo de apropriação, assimilação e estruturação do ser e do agir. De acordo com Jean Piaget,

[...] a principal meta da educação é criar homens que sejam capazes de fazer coisas novas não simplesmente repetir o que outras gerações já fizeram. ... A segunda meta da educação é formar mentes que estejam em condições de criticar, verificar e não aceitar tudo que a elas se propõem. (Piaget, 1982, p.246)

Ausubel (2003), destaca que o docente deve esquivar de ações mecanicistas e além de dar ênfase na semântica do conteúdo para o estudante, integrando ao cotidiano, e assim, terá como produto a aprendizagem significativa. Para isso, é necessário diversificar a prática de ensino como também o conteúdo programático. Portanto, sobre os diferentes tipos metodologias Ausubel destaca que uma das propostas a serem trabalhadas em sala de aula está no uso de mapas conceituais, entretanto o professor não deve utilizar este recurso como algo pronto e acabado, e sim, fazer os estudantes criarem seus próprios mapas mentais, pois até o docente pode produzir mapas conceituais afim de alinhar pensamentos relacionados aos conteúdos propostos pelo Currículo do Ensino Médio no intuito de resgatar e constatar informações aprendidas pelos estudantes (FILHO, 2013).

Ausubel menciona que aprendizagem significativa dar-se de três maneiras distintas que são: aprendizagem representacional através dos símbolos e seus significados; aprendizagem de conceitos amplos e genéricos e pôr fim a aprendizagem proposicional que se baseia no sentido das ideias através das proposições (BESSA, 2008). Contudo, o docente deve estimular o estudante por meio do senso argumentativo e investigativo, questionando os alunos sobre os resultados obtidos para então se chegar em respostas mais harmoniosas com o objeto em estudo.

Ausubel classificou a aprendizagem significativa em três categorias, subordinação (pontos de ancoragem no subsunçor), superordenação (novo conhecimento estruturado/assimilado) e a combinatória (ligação dos conhecimentos prévios com o novo conhecimento estruturando o processo cognitivo), logo mais, Ausubel traz a diferenciação progressiva (alteração do conceito subsunçor) e reconciliação integrativa (alteração e reorganização da estrutura cognitiva por meio de sucessivas adaptações) (BESSA, 2008).

Desta forma, torna-se muito complexo para os que lecionam entender a estruturação cognitiva de Ausubel, principalmente quando não há uma compreensão sequencial das proposições, pois Bessa (2008) faz uma análise em relação a isso, é preciso muitos estudos e experimentações das aplicações desses conceitos pelos profissionais da educação, além das observações e diagnósticos para que esta teoria seja justaposta no processo educativo como uma alternativa de resolução, uma vez que aplicada, terá o objetivo de atenuar dificuldades cognitivas dano aos estudantes uma semântica para os conteúdos, aliás tenham uma aprendizagem significativa.

Referente a David Ausubel (2003), a construção de um currículo em uma escola requer uma árdua identificação da estrutura de ensino como também a comunidade local, além da matéria em si, a identificação dos “subsunçores”. Desta forma, há necessidade de um diagnóstico dos conhecimentos prévios dos estudantes, estruturando assim o processo cognitivo do estudante com a organização dos conteúdos, ideias de diferenciação progressiva, reconciliação integrativa.

O Currículo de 2020 dos estudantes do Ensino Médio nos últimos 4 anos tem passado por mudanças expressivas em função da nova Base Nacional Comum Curricular (BNCC), debatida e apreciada pelo Conselho Nacional de Educação (CNE) preconizarem, no âmbito das competências e habilidades, a abordagem interdisciplinar e contextualizada em um Currículo que guia o desenvolvimento de competências e habilidades que os estudantes devem ter na sua jornada de Ensino Básico. Desse modo, o docente, ao preparar suas práticas educativas, precisa levar em conta duas categorias de conhecimento: o científico e o do senso comum (DELIZOICOV et al, 2009). Neste sentido, é necessário o mediador criar uma situação-problema<sup>8</sup> para que o discente seja capaz de romper com a sua cultura primeira e de apropriar-se da cultura elaborada (conhecimentos científicos) levando-o a aprendizagem significativa.

O professor sempre designa conjunturas que permitem ao educando aprender,

---

<sup>8</sup> Situações significativas são situações problema que surgem como manifestações das contradições envolvidas nos temas de estudo (DELIZOICOV, et al, 2009 p. 193).

uma delas é partir dos conhecimentos prévios do estudante, permitindo a conexão do conhecimento pré-existente do discente com que será abordado pelo docente. Ausubel (1982) baseia-se na construção de estruturas mentais dos discentes a partir dos conhecimentos prévios para aquisição de novos conceitos acarretando uma “aprendizagem significativa”.

Diante de novos conceitos para aprendizagem significativa, onde busca uma aprendizagem inovadora que foge dos padrões tradicionais, pois o revolucionário nos dias de hoje é transformar o estudante em um sujeito protagonista ao invés de um mero colaborador no processo de ensino-aprendizagem, desfrutando assim de todos os recursos tecnológicos, bem como preconiza a BNCC, o estudante tem que criar e dominar as novas ferramentas tecnológicas ao seu favor, tecnologias de informação e comunicação garantindo portanto, o caráter reflexivo e ético com boas práticas sociais, disseminando conhecimento, exercendo o seu papel de protagonismo.

#### 1.4 Alfabetização científica no ensino de química

A disciplina de Química trabalhada excepcionalmente no Ensino Médio Regular, uma das Ciências da Natureza e suas tecnologias, visto que seu objeto de estudo é a matéria e suas transformações, sendo assim, possível a síntese de diversas substâncias/produtos/tecnologias no intuito de concretizar sonhos e desejos de muitos, outrora essas possibilidades eram impensáveis. Partindo disso, as inovações tecnológicas envolvendo os princípios da matéria no aspecto da Nanociência e Nanotecnologia na perspectiva Ensino Médio para o lecionamento terá a necessidade da utilização de materiais alternativos e previamente elaborados, pois estamos retratando uma ciência que precisará da compreensão dos aspectos: simbólico, microscópico e macroscópico, podemos citar então, materiais paradidáticos e manipuláveis, pois a imagem e o que é palpável consolida mais ainda o desenvolvimento cognitivo dos estudantes. E esta tem sido uma temática pouco explorada pelos professores de Ensino Médio (SANTOS, 2014).

Assim, o livro tem sido usado para simplificar e normalizar o trabalho docente, muito embora, o professor nunca deixe de controlar e transformar a informação que deve chegar aos alunos, seja no momento em que escolhe o livro didático (controle), seja no momento em que o usa (transformação) (USPE, 2013. p. 146).

Percebe-se que o livro didático é o material mais utilizado pelos professores, no entanto, não impede o uso de outros materiais didáticos, o docente poderá então buscar outras fontes e recursos a fim de promover elo cognitivo.

Em relação ao ensino de N&N, o mesmo não é tão articulado com os educandos de Ensino Médio, uma vez que, este assunto é escasso no Brasil devido à ausência da temática em sala de aula, pois estamos tratando de um assunto em uma escala manométrica, portanto, aplicada na nanotecnologia, e está chegando aos lares de muitas pessoas, por este motivo a insistência da discussão sobre essa temática, pois estudantes precisam entender os benefícios e os possíveis riscos da N&N. Desta forma, é sabido sobre a confiabilidade que a comunidade científica acredita no potencial da N&N, pois não esperam que a mesma traga riscos a humanidade ou ao meio ambiente, pelo contrário, contudo é preciso debater esses possíveis perigos (CAMARA e PROCHNOW, 2016, p. 2). Para isto, qual é a melhor estratégia de ensinar os futuros cidadãos a temática N&N? Uma vez que, não há muitas discussões nos livros didáticos referentes a N&N, pois ela é mencionada por meio de suas aplicações em formas de exemplificações. Assim, conforme CAMARA e PROCHNOW (2016) o livro didático que mais completa a discussão N&N em uma abordagem CTSA é o livro de Química Cidadã – Volume 3, coleção de química produzida pelos autores Wildson Luiz Pereira dos Santos e Gerson de Souza Mól. Em resumo, incube ao docente desmistificar esta temática aos estudantes do Ensino Médio, formando um aluno recíproco com a sociedade em que vive.

As pesquisas e as inovações científicas fortalecem a conceituação da N&N podendo despertar nos alunos uma alfabetização científica eficaz e coerente com os avanços tecnológicos que conforme Chassot (2002), essa alfabetização pode fortalecer a inclusão social e a formação de novas perspectivas tecnológicas. Estimulando assim o aluno para a existência de uma consciência crítica em razão de suas revisões a publicações científicas diante do mundo globalizado.

[...] o conhecimento científico consiste numa articulação entre teoria e pesquisa empírica e é obtido a partir de uma ação coletiva no âmbito de uma rede de pesquisadores. A pesquisa científica caracteriza-se principalmente pela origem num conjunto de questões, de indagações feitas por cientistas inspirados e motivados por desafios intelectuais que são sócio-históricos, ou seja, que podem ser localizados em determinados espaços e tempos. Para responder às questões elaboradas, cientistas recorrem a métodos e estratégias de pesquisa existentes ou criam novos procedimentos. Os resultados obtidos são parciais e provisórios e sujeitos a revisão e a modificação. Esses resultados podem subsidiar tanto a criação de aplicações e inovações tecnológicas quanto a difusão de ideias e visões de mundo conservadoras ou extremamente revolucionárias, ou seja, ideias capazes de fazer “tudo o que é sólido desmanchar no ar” [...] (MOURA, 2012. p. 76).

A Química dos materiais<sup>9</sup> está em ritmo acelerado nos últimos anos, principalmente no que se refere a síntese de nanomaterias e nanoestruturas aliado no surgimento de novas técnicas (ZARBIN, 2007). Desta forma, fazendo uma aproximação desses dos assuntos como a nanociência, o estudante precisa compreender os três níveis de discernimento da química (JOHNSTONE, 1993) como: o desenvolvimento da linguagem simbólica (representacional), macroscópico (fenomológico) e submicroscópico (teorias e modelos); assim, a N&N pode ser desenvolvida nesses níveis de compreensão através de atividades investigativas para o real entendimento e propriedades dos assuntos relevantes a esta área, pois se o estudante visualiza, manipula e constrói o conhecimento químico. Portanto, este exercício promoverá uma aprendizagem significativa.

Nota-se que a N&N é muito relevante para sociedade moderna, pois é notório perceber que se elas não tivessem saído do “mundo ficcional” muitas inovações tecnológicas não existiriam atualmente. Contudo, a crítica é da falta de visibilidade dos produtos gerados pela nanotecnologia, os indivíduos precisam compreender com o que estão lidando, para isso o aluno do Ensino Médio precisa compreender os aprimoramentos científicos e suas possíveis consequências. Muitas das inovações tecnológicas são vistas como algo natural sem sentido científico no cotidiano do estudante, um dado exemplo, a criação da lâmpada, tem uma história, uma problemática e inúmeras aplicações, portanto é preciso valorizar todos os aspectos da criação e transformações tecnológicas que a humanidade traz a sociedade.

É evidente que, a nanotecnologia na sociedade moderna é indispensável, todavia o docente necessita incluir no cotidiano do estudante, além de trabalhar a prática e os conceitos pertinentes a sua disciplina, como por exemplo, a disciplina de química e seu papel na N&N, este por sua vez deve ser contextualizado.

Nanociência e Nanotecnologia (N&N) envolvem processos, materiais e produtos na escala que varia entre 1 e 100 nanômetros e têm beneficiado distintos segmentos, tais como, alimentício, eletrônico, farmacêutico, biotecnológico, cosmético, médico-hospitalar, agrícola e de segurança nacional (PASCHOALINO, MARCONE e JARDIM, 2010. p. 1).

Na realização de práticas dentro e fora da sala de aula, a observação microscópica, é inviável devido os recursos didáticos inexistentes no ensino básico,

---

<sup>1</sup> A Química de Materiais é uma área claramente inter- e multidisciplinar, que integra conhecimentos e habilidades das quatro divisões clássicas da Química e cruza as fronteiras entre a Química e a Física, a Química e a Biologia, a Química e as Engenharias (Zarbin A. J. G; 2007 p. 1470)

imagine a escala nanométrica, mas isso não impossibilita o aprendizado do estudante, pois o professor poder abstrair esses conceitos e práticas para o concreto, através da utilização de modelos moleculares, como por exemplo, nanotubos em quites moleculares ou materiais adaptáveis e manipuláveis a um custo bem inferior. Sendo assim, o estudante pode analisar a sua forma geométrica das estruturas nano, ligações químicas e a partir disso, compreender suas propriedades e composição. Além disso, com o auxílio de outras disciplinas tornar o conhecimento muito mais significativo por meio da interdisciplinaridade, uma vez que com temáticas interdisciplinares os estudantes podem apresentar uma visão crítica-reflexiva sobre a sociedade e os problemas gerados por ela.

No ensino de Ciências, a imagem é fundamental. Constitui-se em elemento indispensável para o pensamento e para a ação. Ela pode permitir a aproximação a uma realidade distante no tempo ou no espaço. Pode ajudar a esclarecer uma ideia ou um conceito. Mas também pode ser mera ilustração de textos, sem qualquer articulação explícita com o conteúdo. Uma parte expressiva das imagens de livros didáticos parece “apenas preencher um espaço”: a leitura do texto pode ser feita sem o auxílio da imagem; e esta, isolada do texto, não expressa maiores significados. Tradicionalmente quando se fala em imagens para o ensino de Ciências, sempre se pensa naquelas que estão diretamente vinculadas ao texto, que servem para esclarecê-lo ou torná-lo mais compreensível. Aquelas imagens que permitem ao aluno visualizar ou identificar e comparar objetos, fenômenos ou seres. Imagens que devem permitir uma única leitura (USPE, 2013. p. 158).

Quanto aos fármacos, e não somente a eles, deve ser feito um estudo detalhado dos nanotóxicos através da divulgação científica (artigos, revistas, relatos, enquetes e outros), que podem ser formados através da constante pesquisa de inovação através do uso das nanotecnologias com o propósito de noticiar a Ciência e seus aspectos de interesse a sociedade, além de confrontá-la. Interessante é que atividades como estas podem aguçar a curiosidade dos estudantes em sala de aula, podendo desta forma, estimulá-los para o direcionamento de seu projeto de vida, nestas áreas de atuação ou áreas relacionadas.

Os estudos nanotoxicológicos ainda não são suficientes para dar suporte ao crescimento em pesquisas inovadoras e à crescente aplicação no campo da nanotecnologia. O desenvolvimento de pesquisas fornece dados *in vivo* e *in vitro*, no entanto respostas sistêmicas em organismos humanos são difíceis de serem obtidas. Não há quantidades consideráveis de dados de biomarcadores humanos, além da dificuldade de quantificar essas partículas na natureza. Os resultados existentes demonstram respostas sistêmicas por contato, utilizando animais, ou em cultura de células, sendo possível observar respostas gerais, envolvendo todos os sistemas biológicos, desde toxicidade na pele até citotoxicidade ou genotoxicidade. O que é mais preocupante é a dificuldade de compor leis a partir de dados já existentes (SANTOS, 2014; p. 46).

Com os estudos entende-se que, a natureza da toxidade de um medicamento não está em sua composição química, mas em sua dosagem (concentração), podendo servir

assim, como fármaco ou também em altas dosagens como um veneno ao organismo humano, e neste caso, os estudos da N&N se torna crucial para os conhecimentos farmacêuticos, e observando a imensidão da floresta amazônica, o investimento em pesquisas desse tipo são fundamentais para a melhor atuação das Nanopartículas.

O planejamento de fármacos baseado nesses materiais deve ser minucioso, explorando profundamente conhecimentos de diversas áreas, tais como, biologia, física, química e engenharia. A importância da interdisciplinaridade se dá devido ao tamanho nanométrico dessas partículas, pois há um aumento da interação superfície/volume, o que aumenta a superfície de contato, aumentando a reatividade química na superfície da nanopartícula (ARCURI, 2008). Isso implica em cuidados desafiadores para a proteção biológica através de ferramentas físico-químicas, que está intimamente ligada às características da nanopartícula, além da necessidade de recorrer a outras ciências necessárias, principalmente às ciências biológicas, pela capacidade de exposição em sistemas ecológicos, consequente interação com organismos, podendo resultar em nanopartículas vencendo barreiras biológicas causando grande reatividade química em sua superfície (SANTOS, 2014; p. 30).

Quanto ao contexto regional e cultural, pouco se sabe sobre N&N no Ensino Básico, e os livros didáticos e materiais paradidáticos são escassos em regiões como na Amazônia Sul Ocidental. Práticas com ênfase a esse tipo de pesquisa científica são inovações para a formação do conhecimento na área da Química.

A regulamentação dos nanomateriais é imprescindível, pois até 2008, segundo dados do PEN (Project on Emerging Nanotechnologies) o número de produtos com algum componente nanométrico chegou a cerca de 800, englobando produtos de higiene pessoal até meias bactericidas. Estima-se que até 2015 serão movimentados mundialmente cerca de US\$ 1 trilhão, e que todo o setor de semicondutores e metade do setor farmacêutico estará dependente destes novos materiais. Sob a ótica dos potenciais riscos e perigos oriundos da expansão e desenvolvimento da nanotecnologia, tanto os Estados Unidos, quanto a União Europeia (UE), através de seus órgãos competentes, abarcaram as primeiras discussões para a avaliação de risco de nanomateriais, bem como a necessidade de futura implementação de regras e legislação específica aplicada a produtos que contenham em sua composição substâncias em nanoescala (PASCHOALINO; MARCONE; JARDIM, 2010. p. 8).

Com um tema relevante para a aprendizagem a N&N devem ser exploradas e estimuladas quanto a sua pesquisa e importância social. Sendo um campo do conhecimento pouco explorado na prática docente a criação de metodologias de trabalho influencia a divulgação científica de novas pesquisas quanto a práticas pedagógicas.

Quanto a exploração da prática pedagógica, não somente em razão da N&N, mas como também de outras temáticas a serem abordadas pelo professor, com os seguintes pontos devem nortear o ensino e aprendizagem:

- Os fatores que motivam os alunos a aprender;
- Entender que o processo ensino-aprendizagem é uma espiral de

conhecimentos, e cada conhecimento serve de base ou pré-requisito para a aquisição do seguinte;

- Considerar a fase do desenvolvimento cognitivo [...] para trabalhar certos conteúdos;
- Estimular o processo de interação social [...];
- Estimular o uso da linguagem também como forma de promover o desenvolvimento cognitivo (ROZÁRIO, 2008. p. 11).

De acordo com Rozário (2008), o docente deve enfatizar uma aprendizagem dinâmica através de um processo planejado que envolvam a interação entre os estudantes e o meio que o cerca. Assim, os indivíduos precisam estar conscientes dos avanços da ciência, por isso a necessidade da divulgação científica, isto é, transformar a linguagem técnica em uma linguagem mais acessível aos futuros cidadãos afim de formar uma sociedade mais democrática, desse modo, *“a divulgação da ciência é um dos grandes desafios do século XXI pois, se queremos realmente uma sociedade democrática, é preciso que todos entendam a ciência.”* (DIVULGAÇÃO CIENTÍFICA, 2005, p. 19).

Conforme Paulo Freire, a educação tradicional torna-se bancária quando o estudante vai somente para a escola aprender conteúdos sistematizados, aliás previamente prontos, uma aprendizagem limitada aos espaços escolares. Na verdade, a educação deve desenvolver o senso crítico do estudante e ultrapassar os “muros” da escola e para isso, o movimento CTSA busca inovar a formação de indivíduos mais protagonistas na sociedade e que sejam autônomos e sensíveis aos problemas da comunidade.

Moura (2012) destaca que,

A falta de perspectiva quanto ao sonhar em ser, construir algo que seja reconhecido como seu e principalmente “gostar” de estar ou fazer parte de um espaço escolar tem se apresentado como realidade discente das escolas de ensino fundamental e médio do país. Favorecer a formação desses discentes, levando-os à seara da pesquisa e os legitimando como autênticos pesquisadores é um desafio constante no cotidiano do educador, principalmente considerando a dinâmica acelerada que compõe o universo educacional (p. 92).

A alfabetização científica transforma a realidade das salas de aula, principalmente quando direciona seus estudantes a criarem valores e se posicionarem diante das escolhas que eles precisam fazer no exercício da sua cidadania (BRIGHENTE; MESQUIDA, 2016).

[...] percebemos a necessidade de mudar o enfoque do ensino de ciências tradicional e mecanicista, que tem se mostrado ineficaz no preparo para o exercício da cidadania, para um ensino mais humanista, mais global, menos fragmentado, capaz de preparar melhor os alunos para a compreensão do mundo (VASCONCELLOS e SANTOS, 2018. p. 1).

Nota-se que, as produções científicas de um país em geral trazem à tona a visibilidade do mesmo perante, o investimento, mudanças e decisões que são feitas em

um determinado governo, o que mostra assim, que este país está produzindo e enriquecendo, além disso, a qualidade de vida e a justiça social se tornam mais coerentes a este país.

Com o passar dos anos, as transformações na educação se destacaram, principalmente em razão dos avanços tecnológicos e sociais. Hoje o currículo e as diretrizes educacionais se adequaram diante das transformações histórica-social-cultural, pois novos valores mudaram os interesses da Ciência.

Portanto,

Hoje a ciência tornou-se poderosa e maciça instituição no centro da sociedade, subvencionada, alimentada, controlada pelos poderes econômicos e estatais. Segundo Morin (2005), a experimentação científica constitui por si mesma uma técnica de manipulação e o desenvolvimento das ciências experimentais desenvolve os poderes manipuladores da ciência sobre as coisas físicas e os seres vivos. Este favorece o desenvolvimento das técnicas, que remete a novos modos de experimentação e de observação. Assim, a potencialidade de manipulação não está fora da ciência, mas no caráter, que se tornou inseparável, do processo científico - técnico (VAZ, FAGUNDES e PINHEIRO, 2009. p. 100 e 101).

Desta forma, conforme Wilson (2002) menciona que o homem tem a dificuldade de analisar campos mais abrangentes sobre os impactos/deterioração/mudanças da natureza:

Não olhar muito longe, nem no tempo, nem no espaço, faz sentido do ponto de vista darwiniano. Temos uma tendência inata para ignorar as possibilidades distantes, que não exigem decisões imediatas. É uma questão de bom senso, diriam muitos. Por que a maioria tem uma forma tão míope de pensar? A razão é simples: trata-se de parte de nossa herança paleolítica. Durante centenas de milhares de anos, aqueles que buscaram vantagens imediatas, dentro de um pequeno círculo de amigos e parentes, viveram mais tempo e deixaram mais descendentes [...] (Wilson, 2002, p. 60).

Os desastres ambientais têm gerado consequências econômicas em um país, em contrapartida, a educação é um instrumento de transformação que deve ser empregada para conciliar o desenvolvimento com a preservação ambiental, buscando desta forma direcionar ações mais assertivas e menos prejudiciais ao meio ambiente para se obter resultados mais positivos na sociedade (ARAÚJO, 2017).

Entretanto as situações de aprendizagem se tornam fundamentais, quanto a existência de objetivos e metas a serem traçadas através do projeto político pedagógico da escola. Os desafios quanto à adequação do modelo CTSA se tornam relevante diante da formação e capacitação de professores. Conforme Rozário (2008) Paulo Freire “foi um dos primeiros a romper com o pensamento pedagógico oficial entre os educadores

brasileiros e a marcar a transição para um pensamento pedagógico novo, ousado e crítico. (ROZÁRIO, 2008. p. 8-9).”

Mas para isso, são necessários mais investimento na educação, transformando o professor em um mediador do conhecimento, como também, um pesquisador que atua em parceria com seus alunos, ultrapassando os limites da escola, atuando de forma efetiva e positiva na sociedade. Devendo assim, existir mudanças significativas no processo educativo.

Alguns dos desafios detectados foram: a discussão sobre o currículo escolar; aprofundar a questão sobre gestão escolar; discutir de forma aprofundada o modelo de desenvolvimento posto. Sendo, porém a prática processual e permanente encerrou-se uma etapa, mas a formação busca sempre uma alfabetização científica na perspectiva do movimento de Ciência Tecnologia Sociedade e Ambiente (CTSA) Como eixo, uma educação ambiental crítica e transformadora articulando escola e sociedade em uma gestão democrática (ARAUJO, 2017. p. 115 e 116).

O Docente deve ter o apoio do Estado, como também, deve apoiar os novos pesquisadores estimulá-los e direcioná-los a uma prática de iniciação científica constante e pontual, principalmente com respeito as questões tecnológicas. Quanto a importância e relevância da N&N são necessários mais estudos que desenvolvam metodologias de ensino e formem alunos exploradores do conhecimento e não só do conteúdo, podendo desta forma criar modelos que estimulem o desenvolvimento de outras pesquisas ou de outras práticas de ensino. Além disso a capacitação do docente se torna fundamental para ações ousadas diante dos desafios e limitações em seu espaço de ensino.

O Ensino por Investigação é [...] como propício à promoção da Alfabetização Científica, pois precisa ser pensado sob a ótica da realização de práticas que abordem atividades diversificadas e que oportunizem a resolução de problemas por meio do diálogo, da exercitação do pensar, do refletir, do experimentar etc. Busca-se, dessa forma, analisar os resultados para a transformação da realidade em que o sujeito está inserido, além de procurar meios para aproximar esse sujeito de uma Cultura Científica. Nessa perspectiva, a aprendizagem de procedimentos ultrapassa a mera execução de certo tipo de tarefas, tornando-se uma oportunidade para o aluno desenvolver novas compreensões, significados e conhecimentos do conteúdo ensinado (SANTOS, 2016. p. 133).

O Docente deve estimular em seus estudantes um olhar científico mais apurado e direcionado as questões sociais. Em resposta ao Conhecimento e devendo assim, traçar objetivos coerentes, como prever a Academia Brasileira de Ciência (ABC), criada em 1916, que tem como foco:

- reconhecer e estimular – por meio de rigoroso processo de seleção entre os pares – o ingresso em seus quadros dos mais importantes pesquisadores brasileiros que, pela liderança que exercem no avanço das atividades

científicas e tecnológicas do país, podem ser considerados os representantes mais legítimos da comunidade científica nacional;

- identificar e estimular jovens com grande potencial para Ciência, promovendo a eleição anual de jovens pesquisadores de notável talento, originários de todas as regiões do país, que se tornam Membros Afiliados da Academia por um período limitado;
- representar a comunidade científica brasileira, nacional e internacionalmente, visando à implementação de uma política de Ciência, Tecnologia e Inovação (CT&I) que promova o desenvolvimento da Ciência em benefício da sociedade;
- promover a mobilização da comunidade científica para que ela atue junto aos poderes constituídos, visando o avanço científico e tecnológico nacional e o incentivo à inovação (MOURA, 2012. p. 9).

Portanto, a prática docente/discente no intuito de promover a pesquisa no Ensino Básico é uma proposta inovadora, pois, instiga a todos os envolvidos no processo de ensino-aprendizagem, principalmente no interesse dos estudantes a conhecerem e vislumbrarem as diversas áreas da Ciência, como a Química. Desta forma, o estudante precisa mostrar-se insatisfeito com conteúdo pré-estabelecido, aliás, refletir sobre o mesmo, além disso, identificar que o conhecimento lecionado não é uma verdade absoluta, isso significa que o indivíduo precisa pensar além, ou seja, deve confrontar suas próprias ideias. Pois, de que adianta o estudante conceituar um fenômeno da natureza se ele não correlaciona e pensa sobre este fenômeno, como este influencia no seu cotidiano e quais são seus impactos social, cultural e econômico? Assim, para desenvolver uma educação científica nas escolas de Ensino Básico é primordial levar em conta o pensamento do estudante no intuito de promover uma educação mais efetiva.

Assim,

Em busca de uma educação científica é importante que a escola proporcione um ambiente de troca de ideias, de reflexão sobre valores sociais e culturais que promovam a formação de indivíduos mais conscientes das implicações de seus atos, tanto para a resolução de problemas individuais como coletivos. Aí, se insere a necessidade da formação de indivíduos melhor alfabetizados e educados cientificamente (LOPES e FLORCZAK, 2009. p. 17).

De acordo com Aboboreira (2015), a alfabetização científica se divide em três partes que devem ser estimuladas pelo professor sendo elas: prática, cívica e cultura:

Alfabetização Científica Prática - aquela que tornaria o indivíduo apto a resolver, de forma imediata, problemas básicos que afetam a sua vida; a Alfabetização Científica Cívica - a que torna o cidadão mais atento para a Ciência e seus problemas, de modo que ele e seus representantes possam tomar decisões mais bem informadas; e a Alfabetização Científica Cultural - procurada pela pequena fração da população que deseja saber sobre Ciência, como uma façanha da humanidade e de forma mais aprofundada (ABOBOREIRA, 2015. p. 45 e 46).

Nota-se que os valores de uma sociedade mudam conforme os avanços científicos, notadamente, crescimento econômico e tecnológico, e assim, a educação precisa se reconstruir para suprir as necessidades da sociedade moderna. Desse modo, a mudança de paradigmas e crenças fazem com que a divulgação científica constitua um padrão natural diante das transformações necessárias, como relacionar os conhecimentos científicos aos aspectos do cotidiano de um cidadão, isto significa a necessidade do fortalecimento da regionalização, ou seja, a efetiva contextualização, aliás valorização da cultura e da região.

Basicamente para se iniciar os métodos científico faz-se necessário ter como metas estabelecidas:

- Novas alternativas didáticas – estudos que têm como objetivo a proposição de alternativas didáticas de inserção dos saberes populares na sala de aula, com o desenvolvimento de materiais e sequências didáticas, experimentos, entre outros, que contemplam desde as séries iniciais do Ensino Fundamental até o ensino superior.
- Troca de conhecimentos com a comunidade: estudos que destacam a preocupação de alguns pesquisadores em fornecer um retorno para as comunidades pesquisadas, estudando e aprimorando as práticas investigadas.
- Investigando as transformações ocorridas ao longo do tempo: estudos que abordam a preocupação em perceber como esses saberes se modificam ao longo do tempo.
- Reflexões teóricas: estudos que apresentam uma discussão teórica em torno dos saberes populares e suas articulações com o Ensino de Ciências (XAVIER e FLÔR, 2015. p. 312).

Rozário (2008) enfatiza que, assim como ele e educadores: Paulo Freire, Gardner, Piaget, Freinet e Vygotsky, que “é preciso compreender a ação do sujeito no processo da aquisição do conhecimento (ROZÁRIO, 2008. p. 7 e 8)” e esta ação está vinculada a forma como o docente executa suas aulas, assim, um professor de Ciências da Natureza não pode ensinar a mesma de forma dogmática, mas desmistificando-a, principalmente no que se refere as interpretações errôneas que muitas das vezes são difundidas e aceitas como verdade absoluta, pois é preciso deixa-la mais compreensível e acessível, a propósito, uma linguagem comum ao cidadão. Sendo assim, uma linguagem popular não diminui o conhecimento, pelo contrário fortalece mais ainda, logo, abrirá portas para novas discussões, pesquisas e divulgações científicas que fortalecerão além de tudo a aquisição de saberes significativos, como também uma abertura para levar uma crítica a sociedade, sendo que as Ciências não deve ter uma postura sentenciosa, no entanto, ter interstícios para discussões a respeito dos danos sociais, culturais e ambientais em virtude do que o avanço da tecnologia tem trago a esta sociedade moderna resultante.

Desse modo,

[..] a Alfabetização Científica deve ser entendida como um meio para possibilitar ao estudante a capacidade de organizar seu pensamento de maneira lógica, além de auxiliar na construção de uma consciência mais crítica em relação ao mundo que o cerca (SANTOS, 2016. p. 132).

A sociedade moderna exige o letramento científico aos cidadãos, pois de acordo com Chassot (2003) o indivíduo que é alfabetizado cientificamente precisa se envolver e fazer a leitura da “ linguagem em que está escrita a natureza” (p.30), em razão disso, o docente deve instigar aulas dialógicas e práticas envolvendo o contexto do estudante, fazendo das problematizações instrumentos de investigação, tendo aceitação ou negação de hipóteses, ou melhor, enxergar o mundo natural em várias perspectivas, e sem letramento científico não há como ter diferentes concepções dos fenômenos da natureza.

Em observação a questão ambiental, pode-se comprovar que em resposta a transformações tecnológicas o mesmo tem sido o mais prejudicado. A falta de conhecimento tem feito com que as ações antropogênicas esgotem cada vez mais seus recursos naturais subordinadas a regras do capitalismo, que se observa pelo consumo exorbitante. Desta forma nota-se que

Entre as principais lacunas identificadas ressaltamos uma compreensão ainda inadequada da ciência, como a noção de que a mesma pode resolver todos os problemas característico da perspectiva salvacionista, bem como que a noção de que a ciência aliada à tecnologia influencia a sociedade e o ambiente, evidenciando uma visão linear de progresso científico (ENPEC, 2017. p. 9).

Entretanto, baseado na importância da temática N&N e na formação de materiais paradidáticos, como por exemplo, e-book, sites, aplicativos e outros para a construção do conhecimento principalmente no aspecto da disciplina de Química, o presente trabalho evidencia a carência de uma alfabetização científica nesta temática, além da inserção dela na região Amazônia Sul Ocidental. É necessário mais apoio a formação do professor e a divulgação de trabalhos científicos neste campo do saber, pois contribuiriam com pesquisa futuras relacionadas inovações tecnológicas e que poderiam utilizar recursos naturais de maneira sustentáveis.

### 1.5 Teoria de Paulo Freire, a educação ambiental crítica e o ensino

O diálogo é uma exigência existencial. E, se ele é o encontro que se solidariza o refletir e o agir de seus sujeitos endereçados ao mundo a ser transformado e humanizado, não pode reduzir-se a um ato de depositar ideias de um sujeito no

outro, nem tampouco tornar-se simples troca de ideias a serem consumidas pelos permutantes (FREIRE, 2016, p. 135).

Para Freire, a historicidade aponta para a própria incompletude do homem, uma vez que este está num constante estado de transformação. Essa ideia é defendida pelo autor da seguinte forma: Inacabado como todo ser vivo – a inconclusão faz parte da experiência vital – o ser humano se tornou, contudo, capaz de reconhecer-se como tal. A consciência do inacabamento o insere num permanente movimento de busca a que se junta, necessariamente, a capacidade de intervenção no mundo, mero suporte para os outros animais. Só o ser inacabado, mas que chega a saber – se inacabado, faz a história em que socialmente se faz e se refaz. O ser inacabado, porém, que não se sabe assim, que apenas contacta o seu suporte, tem história, mas não a faz. O ser humano que, fazendo história, nela se faz, conta não só a sua, mas também a dos que apenas a têm (FREIRE, 2000a, p. 119). Com a aceção de que o homem é um ser inacabado, mas que possui consciência de seu inacabamento, Freire defendeu uma educação permanente, fundada na dialética entre teoria e prática.

A educação, segundo ele, é a única maneira de fazer com que homens e mulheres se percebam condicionados, porém com a consciência necessária para ir além desse condicionamento. “Isto não significa negar os condicionamentos genéticos, culturais, sociais a que estamos submetidos. Significa reconhecer que somos condicionados, mas não determinados” (FREIRE, 2011, p. 20).

O alcance teórico e importância da obra de Paulo Freire podem ser vistos neste sentido:

Paulo Freire representa um momento de consolidação de um pensamento pedagógico latino-americano. Suas obras constituem o núcleo de um movimento educativo que na segunda metade do século XX passou a ser conhecido como Educação Popular (...). Trata-se de um momento de ruptura que é também um momento de libertação da pedagogia. Os teólogos haviam defendido a tese de que a teologia da libertação implica a libertação da teologia, no sentido de que ela vai muito além do ensino de conteúdos, mas se refere ao próprio processo de fazer teologia; para um grupo de filósofos, não poderia haver filosofia da libertação sem a libertação da filosofia. Em Freire temos um exercício de libertação da pedagogia. Em primeiro lugar, ela se torna uma pedagogia do outro, do oprimido (STRECK, 2010, p. 331).

Esta integração do ser humano à realidade aliada à humanização são questões que estão presentes na concepção de Paulo Freire, sendo ele um educador que indubitavelmente viveu sua vida enfatizando que o mundo no qual o humano vive deveria ser mais humano, menos feio, malvado, injusto. “O meu sonho por que tenho brigado a

vida toda é o de, juntando o meu esforço ao de tantos, contribuir para intervenção de um mundo menos feio e em que amar seja menos difícil” (FREIRE, 2004, p. 196). Por essa lógica, a concepção de educação proposta por Freire (2016), em valorizar uma prática pedagógica pautada no diálogo e na criticidade, sendo feita a partir de uma relação horizontal entre os sujeitos agentes do conhecimento, seja educador, seja educando, possui sentido fenomenológico existencial tendo em a vida a noção de relação dos sujeitos entre eles e o mundo. Dessa forma:

Educar significa humanizar e humanizar-se, porém, isto requer partilha, e principalmente formação para viver e ensinar, conforme Paulo Freire defendia: em comunhão, mediatizada pelo mundo. Para ele, “o homem só se faz homem em contato com outros homens”. (FREIRE, 2007, p. 95-116). Educar é um processo dialético que deve proporcionar ao homem sua emancipação, e deve ser desenvolvido em favor das minorias excluídas e estigmatizadas ao longo da história, a fim de que a força do coletivo se faça presente de modo consciente e igualitário. A didática Freiriana é fundamentada na educação libertadora compreendida como um momento que estimula os estudantes a se mobilizar para a aquisição da educação, ou seja, do poder. Em suma, a educação libertadora tem como pilar o diálogo que implica em responsabilidade, direcionamento, determinação, disciplina e objetivos previamente definidos (FREIRE, 2006, p. 149).

Ensinar exige reconhecer que a educação é ideológica, diálogo, curiosidade, liberdade, autoridade, respeito aos saberes dos educandos, criticidade, risco, aceitação do novo e rejeição a qualquer forma de discriminação, apreensão da realidade, reflexão crítica sobre a prática. Enfim, é uma especificidade humana (FREIRE, 1996).

[...] ensinar exige pesquisa, exige criticidade, exige estética e ética, exige corporeificação das palavras pelo exemplo, exige aceitação do novo e rejeição a qualquer forma de discriminação, exige reflexão crítica sobre a prática, exige consciência do inacabamento, exige alegria e esperança, exige convicção de que a mudança é possível, exige competência profissional, exige comprometimento, exige tomada conscientes de decisões, exige reconhecer que a educação é ideológica (FREIRE, 2011, p.30).

Segundo o existencialismo fenomenológico não há um eu subjetivo separado do mundo. A consciência não é individual, posto que ela é intencional e intenciona dentro do seu mundo situado. É sempre uma consciência para algo ou alguém; seja para o mundo ou objeto e da mesma maneira o objeto estará para uma consciência. Logo, não há separação entre objeto e sujeito. Tudo que aparece para uma consciência é real – e jamais individual – seja aquilo que for abstrato ou não. Tudo que aparece é fenômeno, que possui

um sentido e significado para uma consciência, que foi construído pela história e pela cultura, na relação dos sujeitos com seu mundo (SARTRE 1988; DARTIGUES, 1992).

Entendemos que, para o homem, o mundo é uma realidade objetiva, independente dele, possível de ser conhecida. É fundamental, contudo, partirmos de que o homem, ser de relações e não só de contatos, não apenas está no mundo, mas com o mundo. Estar com o mundo resulta de sua abertura à realidade, que o faz ser o ente de relações que é (FREIRE, 2011a, p. 55).

Segundo Freire (2000) a dialogicidade é uma expressão da relação horizontal entre educadores e educandos, num encontro respeitoso, solidário e comprometido entre aqueles que acreditam que o mundo pode ser transformado ao ser pronunciado nas dimensões da ação e reflexão. Numa concepção pedagógica freireana, o educador é um problematizador, o que caracteriza a sua pedagogia como a da pergunta no sentido do diálogo com intencionalidades na busca pela reflexão que conduz à ação.

Na dialogicidade estão sempre presentes as dimensões da ação e da reflexão. Ao pronunciar o mundo, nas dimensões da ação e reflexão, a realidade pronunciada se volta problematizada exigindo das pessoas novas ações e reflexões. Dessa maneira, humanamente existimos e modificamos o mundo, refletindo sobre nossas limitações e projetando a ação para transformar a realidade que nos condiciona (FREIRE, 2005). Portanto, devido à unidade dialética ação-reflexão, os sujeitos se afirmam como tais, como seres de relação no mundo, com o mundo e com os outros, mediados pelo diálogo. É essa unidade indissolúvel entre a sua ação e a sua reflexão que possibilita que os sujeitos atuem sobre a realidade objetiva e tenha consciência disso, podem objetivar tanto a realidade quanto a ação, e comunicar na forma de diálogo.

Segundo Freire, alfabetizar, é muito mais do que ler palavras, deve propiciar a “leitura crítica do mundo”. Neste sentido, entende-se que, para uma leitura crítica do mundo contemporâneo, para o engajamento em sua transformação, torna-se, cada vez mais, fundamental uma compreensão crítica sobre as interações entre Ciência-Tecnologia-Sociedade (CTS), considerando que a dinâmica social contemporânea está progressivamente condicionada pelos avanços no campo científico-tecnológico.

Em pesquisa realizada por Auler (2005), sinalizou-se a necessidade de avaliar configurações curriculares balizadas pela articulação Freire-Enfoque CTS, no âmbito da aproximação entre esses referenciais, particularmente no que tange à natureza dos temas que são objeto de estudo.

Segundo Delizoicov (1991), de modo semelhante à Snyders, Freire também defende a articulação de conhecimentos com temas. Assim, a apreensão/apropriação de conteúdos na perspectiva da compreensão de temas, coloca-se na perspectiva de instrumentalizar o aluno para uma melhor compreensão e atuação na sociedade contemporânea. Aspecto central da abordagem temática, alicerçada em pressupostos freireanos, é a realização da investigação temática. Contudo, a abordagem de temas, no campo educacional, não é exclusividade de trabalhos balizados pelo viés freireano/snyderiano. Santos (1992), por exemplo, referindo-se a um levantamento bibliográfico sobre o movimento CTS, destaca:

A inclusão dos temas sociais é recomendada por todos os artigos revisados, sendo justificada pelo fato de eles evidenciarem as inter-relações entre os aspectos da ciência, tecnologia e sociedade e propiciarem condições para o desenvolvimento nos alunos de atitudes de tomada de decisão (SANTOS, 1992, p. 139).

Santos e Mortimer destacam que:

[...] o estudo de temas, (...) permite a introdução de problemas sociais a serem discutidos pelos alunos, propiciando o desenvolvimento da capacidade de tomada de decisão. Para isso, a abordagem dos temas é feita por meio da introdução de problemas, cujas possíveis soluções são propostas em sala de aula após a discussão de diversas alternativas, surgidas a partir do estudo do conteúdo científico, de suas aplicações tecnológicas e consequências sociais (SANTOS e MORTIMER, 2000, p. 13).

Ramsey (1993), referindo-se ao movimento CTS, considera que um tema social, relativo à ciência, deve obedecer a três critérios:

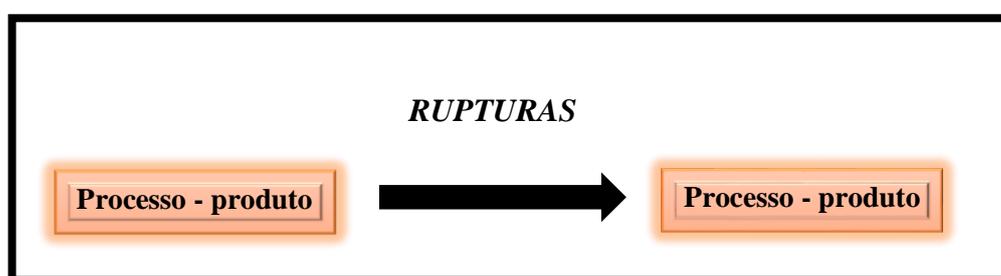
1. Se é, de fato, um problema de natureza controvertida, ou seja, se existem opiniões diferentes a seu respeito;
2. Se o tema tem significado social;
3. Se o tema, em alguma dimensão, é relativo à ciência-tecnologia.

Também Cachapuz (1999) situa o enfoque CTS como uma nova orientação para a educação em Ciências, que denomina de “Ensino de Ciências no Pós-Mudança Conceitual”. Esta, segundo ele, não se limita à construção de conceitos. O ponto de partida para a aprendizagem devem ser “situações-problemas”, de preferência relativas a contextos reais. Com a análise desses autores, constatou-se que, tanto nas referências pautadas pelo viés freireano quanto nas balizadas pelo movimento CTS, há uma opção em se trabalhar com temas. Porém, a compreensão acerca da natureza desses temas ainda é limitada.

A dimensão didático-pedagógica da Abordagem Temática Freireana, em consonância com os fundamentos que balizam suas dimensões epistemológica e educativa, está voltada tanto à apreensão e problematização do conhecimento prévio dos educandos pelos educadores acerca dos temas geradores, quanto à formulação de problemas pelos educadores, para a apreensão dos conhecimentos científicos pelos educandos acerca dos temas, durante o processo de ensino e aprendizagem. Ambos os momentos do ato educativo em questão dizem respeito ao caráter processual “método-conteúdo” indissociáveis quanto à inter-relação existente entre gênese, localização, formulação e solução de problemas, tendo em vista a construção de conhecimentos (DELIZOICOV, ANGOTTI e PERNAMBUCO, 2002).

Desta forma, a dimensão didático-pedagógica da Abordagem Temática Freireana se volta à ruptura do “método conteúdo” construído pelos educandos (segundo seus padrões de interação) e a apreensão do “método-conteúdo” dos conhecimentos científicos, produzidos sócio-historicamente por coletivos de pesquisadores (DELIZOICOV, ANGOTTI e PERNAMBUCO, 2002). Assim, o processo de ensino e aprendizagem veiculado na dinâmica de Abordagem Temática Freireana está fundamentado em um modelo didático-pedagógico que busca estabelecer a seguinte articulação:

Figura 01 – Modelo didático-pedagógico no contexto da Abordagem Temática Freireana



Fonte: extraída de Delizoicov, Angotti e Pernambuco, 2002, p.196 - Adaptado.

Meller (1998), afirma que teve Ambiente como tema gerador e unificador da aprendizagem, é possível considerar que a concepção de tema gerador não é a mesma daquela contemplada na dinâmica de Abordagem Temática Freireana, uma vez que não emerge de um contexto de Investigação Temática. Por outro lado, esta proposta de trabalho escolar pautada em eixos temáticos tendo como pano de fundo a abordagem dos

distintos aspectos que permeiam o Ambiente, bem como o planejamento escolar envolvendo diversas séries, por si só, representa um avanço na direção da superação da fragmentação do trabalho escolar e pode ser considerada uma Abordagem Temática (DELIZOICOV, ANGOTTI e PERNAMBUCO, 2002; TORRES, 2010).

A Educação Ambiental deve ser assumida de forma crítica e transformadora como resposta aos desafios atuais, capaz de incentivar o desenvolvimento de valores e atitudes que conduzam os sujeitos da educação a se inserirem em processos democráticos de transformação das modalidades de uso dos recursos naturais e sociais (CAMPOS, 2006).

Em relação à inserção da Educação Ambiental na escola há dificuldades, e estas têm as mais variadas causas. Algumas são decorrentes do próprio sistema educacional com seu tradicionalismo definido por uma visão cartesiana disciplinarizada, disjuntiva e “bancária” (Freire, 2005), outros do próprio contexto da educação ambiental, uma vez que, é muito complexa e abrange várias correntes de pensamento, diversos interesses, porque carrega todos os problemas da tão vasta teia social, com todos os seus conflitos, diálogos, políticas institucionais, ou seja, todos os problemas de caráter socioambiental. Porém tudo isso é reflexo, assim como também reflete na deficiente formação dos professores para atuarem com a dimensão socioambiental. (DE QUEIROZ; PLÁCIDO, 2012)

Segundo Loureiro (2009), corroborando com o ponto de vista de Paulo Freire, a educação deve ser entendida como um dos meios sem o qual não há mudança e não só como único meio para a transformação.

Educação Ambiental é, antes de tudo, educação. E como manifesta Guimarães (2004, p. 138), “educação é construção e não apenas reprodução e transmissão de conhecimentos, é a construção de novos caminhos, de novas relações entre a sociedade e a natureza”. Freire (1997, p. 25) já alertara que “ensinar não é transferir conhecimento, mas criar as possibilidades para a sua produção ou a sua construção”. Assim, entendemos a Educação Ambiental como um processo pedagógico ligado a uma proposta de modelo societário que se contrapõe ao atual, pois direciona suas análises e práticas para uma transformação significativa da sociedade que aí está (QUEIROZ; PLÁCIDO, 2012).

Educação ambiental crítica considera de modo integrado as relações sociais e ecológicas. Sendo assim, nesta as bases éticas e antropológicas colaboram e cimentam a negação da opressão como “naturalização das relações” (PERALTA E RUIZ, 2004). É o contexto social e econômico que determina as formas de expropriação e dominação,

sendo possível transformá-lo, mas com a condição de que cada sujeito e grupo social se transformem em sujeitos históricos conscientes de sua real condição de alienação no marco de uma sociedade desigual e constituída, portanto, em classes (DA COSTA; LOUREIRO, 2013).

As moções de Freire para a Educação Ambiental crítica auxiliam na adoção de estratégias políticas dirigidas à emancipação/libertação inscritas nos marcos de um processo de radicalização da questão social, sendo contrários a lógicas neoliberais hegemônicas, próprias da feição que o capitalismo assume na América Latina em sua matriz colonial (DA COSTA; LOUREIRO, 2013).

A contribuição de Paulo Freire põe em evidência os fundamentos filosófico-políticos na sua teoria do conhecimento e ação no mundo que denominamos educação libertadora. Uma das principais perspectivas da educação libertadora é que a educação é uma atividade em que os sujeitos, educadores e educandos, mediatizados pelo mundo educam-se em comunhão (TOZONI-REIS, 2006). Esse processo, Freire chama de “conscientização”, isto é, ao se aprofundarem no conhecimento da realidade vivida, real e concretamente pelos sujeitos, os quais têm as possibilidades de emergir no conhecimento de sua própria condição, ou seja, de sua própria vida (FREIRE, 1983).

Em vista disso, a educação libertadora é uma alternativa política à educação tradicional, a que ele denominou “educação bancária” que por opção política e metodológica de caráter “pacificador”, realiza-se por simplesmente transmitir conhecimentos de educadores para educandos sem promover uma crítica radical. Por sua vez, a educação libertadora objetiva questionar as relações dos homens entre si e deles com o mundo, criando condições para um processo de desvelamento do mundo que tem como prioridade transformá-lo socialmente. Para Freire, a educação não é a garantia das transformações sociais, mas as transformações são impossíveis sem ela, sem uma visão crítica da realidade (FREIRE, 1983).

A Pedagogia do oprimido de Freire contribui por ser uma pedagogia do ser humano nas mais diversas e complexas relações. Ou seja, o educador tem de agir, e para tal precisa ser educado /educar/educar-se, não lhe sendo suficiente o simples contato distanciado com aqueles aos quais se destina sua tarefa. E é nesse cenário que o pensamento de Paulo Freire possui reconhecimento em seus princípios políticos que se tornam essenciais para a educação ambiental (DA COSTA; LOUREIRO, 2013). Por tudo isto,

Educação Ambiental é dimensão da educação, é atividade intencional da prática social, que imprime ao desenvolvimento individual um caráter social em sua relação com a natureza e com os outros seres humanos, com o objetivo de potencializar essa atividade humana, tornando-a mais plena de prática social e de ética ambiental. Essa atividade exige sistematização através de metodologia que organize os processos de transmissão/apropriação crítica de conhecimentos, atitudes e valores políticos, sociais e históricos. Assim, se a educação é mediadora na atividade humana, articulando teoria e prática, a educação ambiental é mediadora da apropriação, pelos sujeitos, das qualidades e capacidades necessárias à ação transformadora responsável diante do ambiente em que vivem. Podemos dizer que a gênese do processo educativo ambiental é o movimento de fazer-se plenamente humano pela apropriação/transmissão crítica e transformadora da totalidade histórica e concreta da vida dos homens no ambiente (TOZONI-REIS, 2004, p. 147).

Diante desta realidade, percebemos a educação ambiental crítica como uma possibilidade de transformações. Na medida em que observamos a necessidade de um novo rumo para a sociedade, onde esta possa ser pautada na ruptura dos atuais paradigmas dominantes e suas conseqüentes formas de organização social, estruturada pelas atuais e hegemônicas relações de produção e consumo, de dominação e exploração, que acabam por mercantilizar a natureza, o trabalho, a vida, os sonhos, os desejos. Para isso, é preciso uma educação com foco na construção de novas relações entre ser humano, sociedade e natureza (QUEIROZ; PLÁCIDO, 2012).

Freire não se dedicou especificamente ao estudo da educação ambiental, mas suas reflexões abrem alternativas para refletirmos a partir de sua teoria do conhecimento e do seu método pedagógico. Através de sua atividade teórica, ele oferece meios para refletirmos sobre o ético, o político e o pedagógico na ação de ensinar e aprender. Podemos assim, encontrar em sua obra os pressupostos teóricos para subsidiar a educação ambiental, pois o pensamento de Freire tem muito a contribuir e a propor ações aos que se preocupam com uma educação ambiental crítica vista na sua totalidade (TOZONI-REIS, 2006).

## 1.6 Realidade aumentada como ferramenta de aprendizagem da N&N

As novas tecnologias disponibilizadas são capazes de facilitar e agilizar a vida da sociedade contemporânea e de fornecer formação educacional, no campo da química, permitindo, assim, a atualização de conhecimentos, a socialização de experiências e a aprendizagem através dos recursos tecnológicos.

As novas tecnologias de informação e comunicação, caracterizadas como midiáticas, são, portanto, mais do que simples suportes. Elas interferem em nosso modo de pensar, sentir, agir, de nos relacionarmos socialmente e

adquirirmos conhecimentos. Criam uma nova cultura e um novo modelo de sociedade (KENSKI, 2004, p. 23)

A integração das tecnologias ao processo ensino e aprendizagem, mediante a utilização dos meios de comunicação e interação, com abordagem didática, pode favorecer a aprendizagem e o desenvolvimento dos alunos via inserção digital. Para a Kenski (2004):

As mídias há muito tempo abandonaram suas características de mero suporte tecnológico e criaram suas próprias lógicas, sua linguagem e maneira particulares de comunicar-se com as capacidades perceptivas, emocionais, cognitivas, intuitivas e comunicativas das pessoas (KENSKI, 2004, p.22).

O contexto tecnológico tem centrado suas dimensões e direcionamentos no âmbito educacional dos jogos digitais que vêm se firmando e se destacando como uma ferramenta frutífera, vencendo preconceitos e se solidificando no universo de potencialidades para o compartilhamento de saberes, de uma forma bem mais espontânea e participativa, em busca de olhar para a iminência que essa nova mídia pode trazer, ou seja, atentar para a aprendizagem que vai além do conteúdo explícito da experiência; intitulada de aprendizagem colateral (JOHNSON, 2005).

A relação entre jogos e educação teve início nas escolas maternais francesas no século XVI. Em gerações anteriores os jogos eram vistos como algo menor só servindo como passatempo. Atualmente variadas áreas do conhecimento utilizam-se dos jogos, objetos de aprendizagem ou aplicativos, e defendem a sua inclusão, pois já descobriram a força que possuem. A interação além do seu poder educativo proporciona momentos de alegria, prazer, fantasia e descontração (SOLER, 2005).

Considerando os jogos e aplicativos direcionados especificamente ao ensino de química, iniciativas no desenvolvimento de programas e aplicativos abordam principalmente assuntos da matéria de química, não vislumbrando questões avançadas e tridimensionais da química (BROWN, 2008). Os jogos digitais podem beneficiar a educação, quando direcionados ao ensino das disciplinas e à ciência química, através do uso de metodologias que estimulem o interesse do aluno pelo estudo, concomitante com a diversão.

Para que a aprendizagem torne o ambiente escolar atrativo para os jovens, a escola poderá explorar ludicamente os mais diversos campos do saber e gerar aprendizagem. É com essa visão que Perrenoud (2000, p.135) afirma: “Aqui se vê bem

que a imaginação didática e a familiaridade pessoal com as tecnologias devem aliar-se a uma percepção lúdica dos riscos éticos”.

Segundo Lopes (2005), os educadores se perdem por não saberem mais como atrair a atenção ou motivar seus alunos, pois se o educando mudou, o educador também necessita mudar. Os métodos tradicionais de ensino estão cada vez menos atraentes. E qualquer que seja a distração em sala de aula, se torna motivo para o fracasso na aprendizagem. A tecnologia, por exemplo, vem sempre trazendo muitos atrativos que roubam facilmente o interesse do aluno em relação ao que está sendo falado em sala de aula.

Se os conteúdos programáticos tiverem uma aplicação prática, terá assim uma maior probabilidade de serem absorvidos pelos alunos, do que teorias que muitas vezes são incompreensíveis, pois não são estimulantes devido ao fato de a maioria das vezes serem muito extensas e complexas (LOPES, 2005).

A incorporação das tecnologias móveis e sem fio (TMSF), como smartphones e tablets na educação contribui para implementar diferentes estratégias de ensino e de aprendizagem, proporcionando aos professores e estudantes a mobilidade e a flexibilidade temporal e espacial (NICHELE; SCHLEMMER, 2014).

Giordan (2008) considera que a tela do computador pode favorecer no sentido de superar a falta de laboratórios para a realização de experimentos nas escolas e, dessa forma, a utilização dessa ferramenta tecnológica pode contribuir para a simulação de uma realidade que está distante dos alunos. Para Souza e Mol (2013), o livro didático disponível em formato digital e acessado em um tablet, proporciona uma interação do sujeito com os conteúdos, promovendo uma série de relações entre aluno e professor que potencializam o ensino e a aprendizagem configurados de forma ativa. Para tal, é preciso também que ocorra efetivação de políticas que proporcionem o acesso da comunidade escolar e a capacitação dos educadores para o trabalho com essas tecnologias.

O mundo tecnológico tem adentrado nas escolas de ensino básico de forma errônea, onde muitos são os alunos que utilizam as ferramentas digitais sem propósito educativo, diminuindo assim a atenção no ensino e aprendizagem, ou seja, o estudante contemporâneo precisa de um disparador que traga o entretenimento aliado ao conhecimento científico. Portanto, com o advento das novas Tecnologias da Informação e Comunicação (TICs), deve-se utilizar essas a favor da Educação Básica, daí vem o uso da **Realidade Aumentada (RA)** no ensino de Química permitindo assim, a interação com o mundo físico real e o mundo virtual (Queiroz et. al. 2015).

## Realidade aumentada,

é um sistema que suplementa o mundo real com objetos virtuais gerados por computador, parecendo coexistir no mesmo espaço e apresentando as seguintes propriedades: - combina objetos reais e virtuais no ambiente real; - executa interativamente em tempo real; - alinha objetos reais e virtuais entre si; - aplica-se a todos os sentidos, incluindo audição, tato e força e cheiro (Kiner e Sicoutto, 2007 p. 10 apud Azuma, 2001).

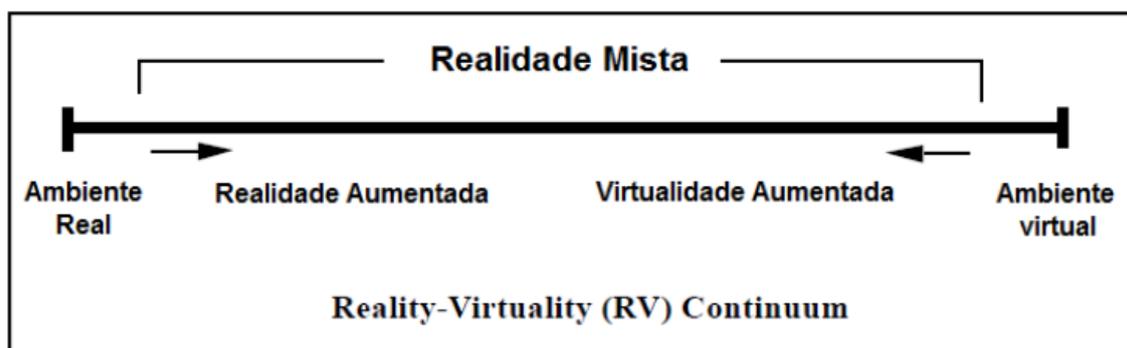
Nesse sentido é notório explorar o uso das TICs para explorar o conhecimento da N&N, utilizando recursos computacionais para fazer representação de um mundo manométrico virtual em um ambiente real, levando a imaginação do educando, uma vez que, os conteúdos dessas áreas são ilustrados apenas em livros didáticos, essas representações com o uso da RA simularão em tempo real ambientes tridimensionais.

Os aspectos associados ao ato de simular, em tempo real, ambientes tridimensionais interativos (reais ou imaginários), prevê no contexto da Realidade Virtual (RV), possibilidades concretas de romper as barreiras sensoriais e intuitivas do mundo real possibilitando assim o acesso, por meio de ambientes virtuais e interfaces interativas, a diferentes experiências sensoriais não usuais (RIBEIRO et. al. 2015 p. 02).

Esses Ambientes Virtuais viabilizam o processo de ensino e aprendizagem no espaço escolar trazendo novas formas de abordar os conhecimentos que antes eram ilustrados apenas nas páginas dos livros didáticos, entendendo que, os jovens contemporâneos apresentam uma grande instigação natural para as ferramentas tecnológicas (Gomes et al., 2017), assim os professores precisam trazer em suas aulas a utilização desses dispositivos de computação móvel, como o uso do celular. Desse modo, faz jus a garantia de que os cidadãos tenham cada vez mais a habilidade de adaptação e maleabilidade diante das novas situações sociais e tecnológicas.

A Realidade Aumentada tem uma gama de aplicações, tanto no meio industrial, como no entretenimento, sua função é facilitar o acesso a diferentes informações que são relevantes ao mundo contemporâneo através de uma interface interativa (ANAMI, 2013). A RA é uma inovação tecnológica admitindo o acesso a representações e informações virtuais em componentes do mundo real. Qualificada como uma variação da realidade virtual (RV), no entanto, a RV conduz o usuário em um espaço inteiramente sintético, já a RA é o aperfeiçoamento desse ambiente para a realidade. Na literatura de MILGRAM, P. et al (1995) foi explicado o “*Reality-virtuality continuum de Milgram*” demonstrando através da ilustração pela figura abaixo que a realidade aumentada e a realidade virtual não são contrárias, mas sim a parte de um contínuo.

Figura 02 – Reality-virtuality continuum de Milgram



Fonte: Realidade/Virtualidade Contínua (MILGRAM; KISHINO, 1994)

Sintetizando o que está dentro do reality-virtuality continuum, pode-se ressaltar que há quatro categorias do campo virtual, tais como: **ambiente real** – visão de objetos reais; **realidade aumentada** – o foco é o mundo real sendo redimensionado através dados gerados por um computador; **virtualidade aumentada** – o foco é o mundo virtual sendo redimensionado através de objetos do mundo real; **ambiente virtual** – ambiente totalmente formado por objetos virtuais, substituição de um ambiente real para um ambiente sintético. Assim, a realidade aumentada harmoniza ao usuário uma experiência interativa e imersiva, misturando o mundo real e virtual, aumentando e combinando informações de forma significativa KLOPFER (2008). Se tratando das aplicações da RA na Educação ela pode oferecer aos estudantes múltiplas tarefas cognitivas, tais como, a imaginação, memória e a compreensão (SERIO et al. 2013), isto é, possibilita a efetivação e visualização de experiências não imagináveis no mundo real, além dos conceitos abstratos (WU, H.-K. et al. 2013), por exemplo o mundo manométrico.

## 2. OBJETIVOS

### 2.1. GERAL

Compreender como a nanociência e a nanotecnologia podem ser abordadas numa perspectiva CTSA, em aulas de química, por meio da utilização de diferentes estratégias de ensino para promover a Aprendizagem significativa.

### 2.2. ESPECIFICOS

- Propor Aula invertida com enfoque CTSA para aulas de química no ensino médio que abordam a N&N.
- Desenvolver e aplicar animações em Realidade Aumentada que abordem questões relacionadas a N&N em aulas de química no Ensino Médio.

### 3. TRAJETORIA METODOLÓGICA

#### 3.1. Abordagem da Pesquisa

A abordagem metodológica desta pesquisa é de natureza qualitativa, por não se preocupar com dados numéricos, mas com o aprofundamento do que está sendo pesquisado, busca explicar de maneira ilustrada as relações sociais dos indivíduos em questão, preocupando-se com aspectos reais, e não permitindo ao pesquisador que suas informações pessoais e preconceitos afetem a pesquisa (SILVEIRA; CÓRDOVA, 2009).

Para Bogdan e Biklen (1994), a investigação qualitativa é um termo genérico que agrupa diferentes estratégias de investigação, podendo compartilhar características semelhantes. Os autores entendem que:

Os dados recolhidos são designados por qualitativos, o que significa ricos em pormenores descritivos relativamente a pessoas, locais, conversas e de complexo tratamento estatístico. As questões a investigar não se estabelecem mediante a operacionalização de variáveis, sendo outros sim formulados com o objetivo de investigar os fenômenos em toda a sua complexidade e em contexto natural. Ainda que os indivíduos venham selecionar questões específicas à medida que recolhem os dados, a abordagem à investigação não é feita com o objetivo de responder as questões prévias ou de testar hipóteses. Privilegiam, essencialmente, a compreensão dos comportamentos a partir da perspectiva dos sujeitos da investigação [...]. Recolhem naturalmente os dados em função de um contato aprofundado com os indivíduos, nos seus contextos ecológicos naturais (BOGDAN; BIKLEN, 1994, p. 16).

Conforme Silveira e Córdova (2009) os pesquisadores que utilizam essa abordagem buscam explicar o contexto pesquisado, revelando o que convém ser feito, mas não quantificam os valores e as trocas simbólicas nem se submetem à prova de fatos, pois os dados analisados não são métricos e valem-se de diferentes abordagens. Assim, preocupa-se com aspectos da realidade que não podem ser quantificados, centrando-se na compreensão e explicação da dinâmica das relações sociais. Numa pesquisa qualitativa, as respostas não são objetivas, e o propósito não é contabilizar quantidades, como resultado, mas sim conseguir compreender o comportamento de determinado grupo-alvo, estudando a relevância dos assuntos abordados para aqueles estudantes.

Sampieri (2013) afirma que a pesquisa qualitativa apresenta como função compreender e aprofundar os fenômenos que são explorados a partir das perspectivas dos participantes em um ambiente natural e em relação ao contexto, ou seja, a partir da metodologia de aula invertida onde os estudantes buscam entender e explicar o processo

de estudo de N&N, além de oportunizar situações didáticas que contribuam para uma aprendizagem significativa.

A presente pesquisa, apresenta características da pesquisa qualitativa, na medida em que o contexto investigado proporciona maior familiaridade com a utilização da N&N nas aulas de química do Ensino Médio.

### 3.2 Contexto e Participantes da Pesquisa

A pesquisa desenvolve-se no município de Rio Branco/Acre (Capital Estadual e participante da Região da Amazônia Sul Ocidental). O Estado do Acre está localizado no noroeste do Brasil e faz, parte da Região Norte, Amazônia Sul Ocidental, equivalente a 1,92% do território brasileiro, sua população estimada é de 869.265 mil, a Capital Rio Branco, tem uma população em torno de 407.319 mil habitantes conforme o Censo do IBGE (Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística) publicado em 2018.

No município de Rio Branco existem escolas públicas e privadas. Esta pesquisa é realizada em uma escola privada que desde 2001 vem prestando serviços filantrópicos à população rio-branquense, atendendo principalmente alunos de baixa renda e localiza-se próximo a bairros periféricos. Oferta aos seus alunos e a comunidade, cursos profissionalizantes e de aperfeiçoamento, materiais didáticos, alimentação balanceada, uniformes e corpo docente especializado. A Escola atende diferentes segmentos de ensino, como: Fundamental I, Fundamental II, Ensino Médio, além da modalidade de ensino EJA (Educação de Jovens e Adultos) para o Ensino Fundamental e Médio.

Os participantes da pesquisa são 30 alunos, com idades entre 15 a 17 anos, e quando a pesquisa se desenvolvia eles cursavam a 1ª série do Ensino Médio. A escolha da turma se deve ao perfil dela, pois estão no início do letramento científico na disciplina de química, além disso, a primeira série do Ensino Médio contempla o conteúdo sobre a constituição da matéria, podendo ser abordado a temática N&N.

### 3.2 Etapas da Pesquisa e Instrumentos de coletas de dados

Por se tratar de uma pesquisa qualitativa, a pesquisa foi organizada com os seguintes instrumentos:

#### **1ª Etapa:**

Aplicação de um questionário semiestruturado onde foi possível levantar opiniões, interesses, expectativas, situações vivenciadas acerca dos conhecimentos

prévios de N&N (Apêndice A). Estas foram interpretadas através da Análise Textual Discursiva (ATD) (MORAES, 2005 e 2003).

### 2ª Etapa:

Consistiu na divisão de 5 grupos de seis participantes, sua formação foi estratégica, baseada no conhecimento onde o estudante além de ser um “sujeito ativo”, é interativo produzindo conhecimento por meio de relações intrapessoais e interpessoais. Satisfazendo assim, o cronograma da preparação da Aula invertida conforme a Tabela 1.

TABELA 1 – Cronograma de preparação da Aula Invertida

#### SALA DE AULA INVERTIDA

ATIVIDADE	TEMPO
Estudos através de vídeos, sites, artigos e outros – Sala de informática – orientado pelo professor	<b>50 min.</b>
Em casa – Participantes sintetizaram as informações colhidas na sala de informática – orientado pelo professor por meio do WhatsApp e E-mail.	<b>Livre</b>
Momento em que o professor esclarece algumas dúvidas e equívocos referente ao conteúdo que o aluno irá compartilhar conhecimento com seus colegas.	<b>50 min.</b>
Aula Invertida – orientada e independente	<b>100 min.</b> <b>Momento – 5 min – interação do professor com os alunos – Total 25 min.</b> <b>Cada grupo – 15 min – Total – 75 min</b>

### 3ª Etapa:

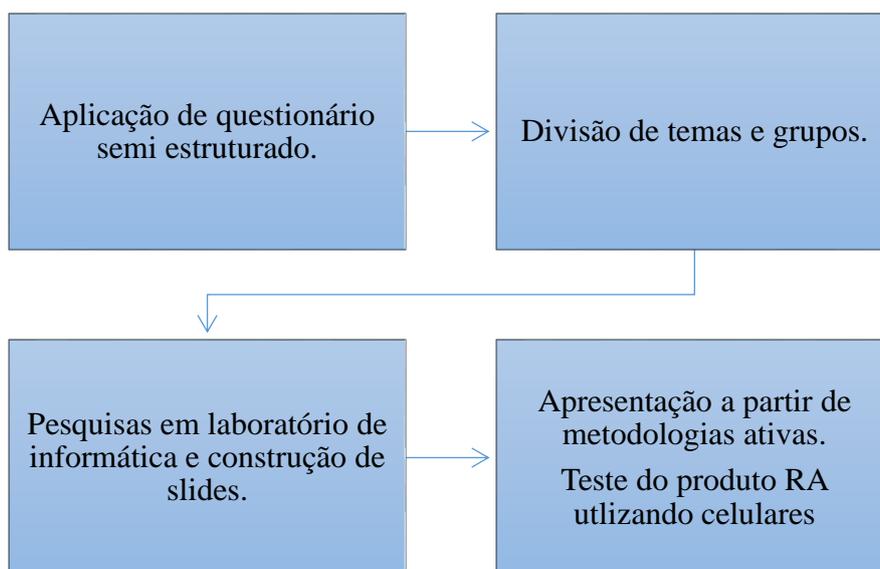
Neste momento foi proposto a Aula invertida, os estudantes receberam alguns comandos e orientações do professor (**Apêndice B**) sobre o tema e objetivo da aula, em seguida fizeram as pesquisas e montagens em slide no laboratório de informática onde puderam tirar a maioria das dúvidas e equívocos sobre o tema, tornando desse modo, responsáveis pelo processo de construção do próprio conhecimento.

### 4ª Etapa:

Para garantir a participação do estudante de forma ativa, em sala de aula, lançou-se mão da Aula Invertida como estratégia de ensino, invertendo as ações que ocorrem dentro e fora da sala de aula, onde os participantes ministraram a temática orientados pelo professor, sendo o estudante o protagonista do seu próprio desenvolvimento cognitivo. Essa inversão consiste basicamente em tarefas antes realizada em casa no intuito de diagnosticar o que o educando aprendeu em sala, isto é, assimilação do conhecimento, pois a Aula Invertida pode ser realizada por meio de uma situação-problema e trabalho realizado em grupo. Desse modo, os estudantes executam os conteúdos teóricos em sala de aula com o propósito de obter a solução do problema e o educador atua como mediador no processo de ensino-aprendizagem (BERGMANN & SAM, 2016).

As etapas foram seguidas conforme a **Figura 03**, abaixo:

**FIGURA 03 - Resumo da Trajetória Metodológica.**



FONTE: A autora (2020)

Estes tipos de dados foram caracterizados por linguagem simples e direta, para que quem vá responder compreenda com clareza o que está sendo perguntado. Para Gil (2002, p.114), é uma técnica que possibilita a obtenção de dados a partir do ponto de vista dos pesquisados; é uma forma mais rápida de obter informações. Ainda segundo o autor, apresenta como vantagens:

A economia de tempo, pode atingir um maior número de participantes simultaneamente, abrange uma área geográfica mais ampla; pode obter

respostas mais rápidas e precisas. Possibilita, também, uma maior liberdade nas respostas em razão do anonimato (GIL, 2002, p.98).

Utilizamos como aparato as tecnologias móveis, através de redes sociais, como criação de grupo de WhatsApp (Ensino híbrido) para que o professor pudesse orientar e tirar as dúvidas dos estudantes a respeito de cada temática envolvendo a N&N. Todos os procedimentos das aulas invertidas foram presenciais, as orientações foram presenciais e semipresenciais através de redes sociais, isso mobilizou a presença dos educandos no término da aplicação deste trabalho, sendo que, as aulas foram suspensas na primeira quinzena de março de 2020, devido a uma pandemia, modificando a forma de aplicação do produto educacional, este por sua vez foi aplicado através de aulas online por meio da Plataforma Cisco Webex e interação através de grupos de WhatsApp que já estava sendo utilizado. Desse modo, o produto educacional foi construído para estreitar a problemática deste trabalho afim de utilizar recursos que os alunos já vivenciam na era digital. Conforme Moran (2015) as tecnologias,

[...] móveis e em rede permitem conectar todos os espaços e elaborar políticas diferenciadas de organização de processos de ensino e aprendizagem adaptados a cada situação, aos que são mais proativos e aos mais passivos; aos muito rápidos aos mais lentos; aos que precisam de muita tutoria e acompanhamento e aos que sabem aprender sozinhos. P. 34

Essas etapas foram construídas ao longo de 6 (seis) aulas de 50 (cinquenta) minutos cada, totalizando 300 (trezentos) minutos de aulas para chegarmos à conclusão, resultados e discussões dessa pesquisa. Após as apresentações sobre os temas propostos, os estudantes puderam explorar e visualizar as animações das nanomoléculas no NANORA (Nanociência e Nanotecnologia em Realidade Aumentada), produto criado a partir das necessidades de compreensão dos estudantes, sendo este aplicado de forma virtual, para o tema N&N e disponível em site <https://quimicaaumentada.com.br/>, além disso está disponível nesse site o questionário do **Apêndice C** com o objetivo de melhorar o site através das opiniões dos participantes e avaliar o produto educacional, sendo este por sua vez, mais uma fonte de conhecimento para todos os estudantes que tiverem interesse na temática N&N.

### 3.2 Análise Textual Discursiva (ATD)

Os princípios da Análise Textual Discursiva são expressos e constituídos pelas etapas da unitarização, categorização e comunicação (MORAES, 2005 e 2003). Na primeira ocorreu a fragmentação dos textos elaborados através das respostas dos estudantes, dando origem às unidades de significado. Nesse procedimento analítico se acredita que o ato de ler é, por si só, uma interpretação que, por sua vez, está baseada em uma perspectiva teórica, explícita ou não. Esse posicionamento é coerente com as discussões epistemológicas contemporâneas que ressaltam a não neutralidade do sujeito do conhecimento. Após essa etapa, as unidades de significado foram agrupadas segundo suas semelhanças semânticas, constituindo categorias temáticas, *a priori* e/ou emergentes. Por fim, foram elaborados textos descritivos e interpretativos (*metatextos*) constituindo a etapa de comunicação. De acordo com esse pressuposto analítico, somente a descrição (apresentação do conjunto de significados em uma perspectiva próxima à realidade imediata do texto) das informações qualitativas é insuficiente para compreender profundamente o “objeto” de investigação. Faz-se necessário investir na interpretação daquilo que está tácito no texto, de tal modo que se possam elaborar significados acerca do “objeto” de estudo.

## 4. RESULTADOS E DISCUSSÕES

### 4.1 O Acre na Amazônia Sul Ocidental

A abordagem de Ensino de Ciência, Tecnologia, Sociedade e Ambiente se torna um grande desafio de acordo com a BNCC, pois deverá permear habilidades referentes a cada disciplina no objeto de conhecimento que se destina a Ciência da Natureza, como, a disciplina de Química, hoje não é retratada/ensinada como uma disciplina isolada, mas interligada com todas áreas de ensino, Ciências da Natureza, bem como as demais (a área de Linguagens e suas Tecnologias, a área de Matemática e suas Tecnologias e a área de Ciências Humanas e Sociais Aplicadas) alinhada de forma transversal e interdisciplinar no compromisso de tornar o estudante em um ser protagonista do seu próprio conhecimento.

No entanto, deve-se ter um olhar diferenciado para os impactos socioambientais provocados pela Ciência e Tecnologia, esses impactos modificam o meio e acarretam danos irreparáveis, por esse motivo as pessoas devem ter ciência das consequências do uso crescente da C&T e serem sujeitos que integrem nas decisões coletivas além disso, é preciso conhecer essas novas tecnologias com representações simbólicas, então, pode-se dizer a necessidade de refletir sobre o letramento científico e tecnológico (LCT) para esses estudantes da Era Digital (NUNES & DANTAS, 2016).

Como exemplo da N&N, estudos que utilizam uma escala atômica de  $10^{-9}$  m (1nm), os estudos relacionados a esse ramo de pesquisa são fundamentais para a região Amazônia Sul Ocidental. O Estado do Acre apresenta uma biodiversidade rica em fauna e flora que ainda não foi bem estudada e explorada (NOVO, 2013), infelizmente existem poucos investimentos na área da pesquisa nestas regiões em virtude das dificuldades geográficas, além da falta de apoio econômico, suporte técnico e falta de recursos disponível pelo governo. Assim sendo, há intuições com vocação em pesquisa no estado, como a Universidade Federal do Acre (UFAC), Instituto Federal do Acre (IFAC), Fundação de Tecnologia do Estado do Acre (FUNTAC) e a Fundação de pesquisa do Estado do Acre (FAPAC), além de apoio tecnológico a pesquisa como fundações entre outras entidades privadas de cunho internacional ou de outras regiões do país (BUENO, 2010).

Do ponto de vista do fomento à pesquisa, destacam-se além das agências federais de fomento Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) e Financiadora de Estudos e Projetos (FINEP), as

agências estaduais de fomento à pesquisa científica e tecnológica: Fundação de Tecnologia do Estado do Acre (Funtac), Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado do Amazonas (Fapeam), Fundação de Amparo e Desenvolvimento da Pesquisa do Estado Pará (Fadesp) e Fundação Estadual do Meio Ambiente, Ciência e Tecnologia de Roraima (Femact) (BUENO, 2010. p. 239 e 240).

Segundo Santos et al. (2005), no campo da Química é necessário ampliar o saber dos estudantes relacionando teoria/prática e aplicá-los na sociedade, como a conscientização do descarte e o reaproveitamento do lixo, os cuidados com o meio ambiente que torne o aluno um ser crítico, político e responsável quanto a sua conduta em sociedade, podendo desta forma atuar como agente de transformação. À medida que o educando adere às propostas feitas à sua realidade, teremos, certamente, uma mudança de comportamento, que se pressupõe ser a aprendizagem significativa.

Dessa forma, é importante fazer análises e reflexões das respostas dos educandos. Pode-se perceber que eles sabem que devem preservar o meio ambiente, mas não tem uma clareza sobre como preservar, é imprescindível que a teoria seja trabalhada com a prática, uma vez que, o aluno estará desenvolvendo uma prática social a partir do seu letramento científico e tecnológico que foi mediado pelo docente. Diante deste pressuposto, segundo os Parâmetros Curriculares Nacionais (PCN) (BRASIL, 2002), esse aprendizado científico direciona entre o ensino de Química aos alunos:

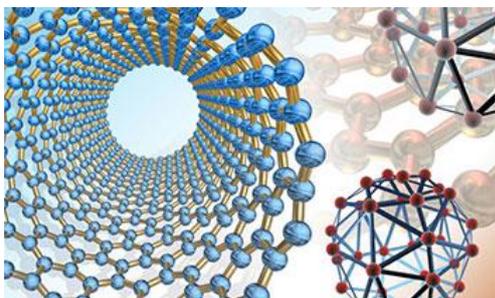
[...] deve possibilitar ao aluno a compreensão tanto dos processos químicos em si quanto da construção de um conhecimento científico em estreita relação com as aplicações tecnológicas e suas implicações ambientais, sociais, políticas e econômicas. (BRASIL, 2002, p. 87).

O Estado do Acre tem um governo voltado ao desenvolvimento sustentável, cabe aos setores responsáveis da Educação Básica levar essas práticas para as escolas (SALGADO; LIMA; CAVALCANTE, 2014), além disso, é na escola que se forma o senso crítico, o estudante precisa adentrar na sociedade informado dos produtos que são colocados no mercado consumidor, como por exemplo, produtos à base da nanotecnologia. Desse modo, somente um cidadão de fato pode atribuir juízo de valor sobre os prós e os contras de uma mudança que possa ocorrer na comunidade a qual pertence, consentindo-lhes ou não, tendo em vista o interesse público. Desta forma, o (a) estudante desenvolverá uma prática social a partir do seu LCT que foi mediado pelo docente.

#### 4.2 Análise do questionário em apêndice A – aspectos qualitativos e quantitativos

A trajetória da pesquisa inicia-se com o reconhecimento dos participantes da pesquisa-ação, portanto, utilizou-se como ponto de partida um questionário semiestruturado (Apêndice A) para entender se os estudantes apresentavam conhecimento prévios sobre a Temática N&N apenas com a utilização de imagens enumeradas e sem referências.

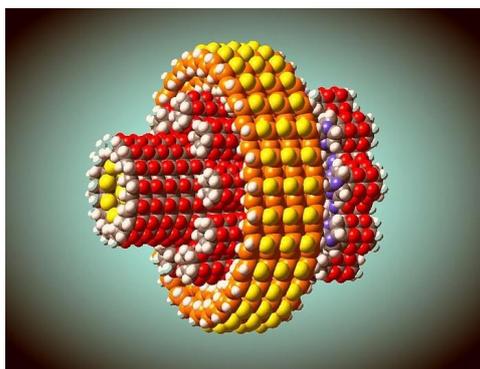
Desta forma, a visualização no ensino de química é essencial para compreendermos muitos fenômenos químicos e físicos, e atualmente o professor pode utilizar muitas ferramentas visuais para facilitar o processo de ensino-aprendizagem (Gilbert, 2007). Portanto, a visualização é uma ferramenta de mediação semiótica, ou seja, é através de signos e o reconhecimento deles que unem tanto o significante como o significado, pois vários signos gerarão uma significação que levará sentido na compreensão do fenômeno estudado. Desse modo, foi exposto ao estudante as seguintes imagens:



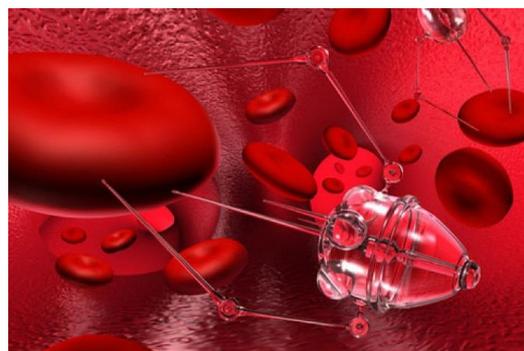
**IMAGEM 1 [1]**



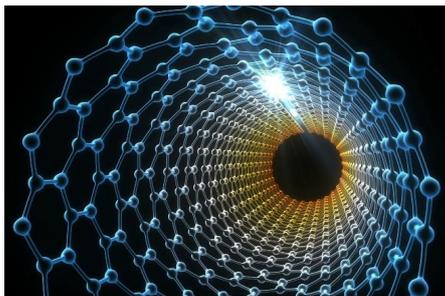
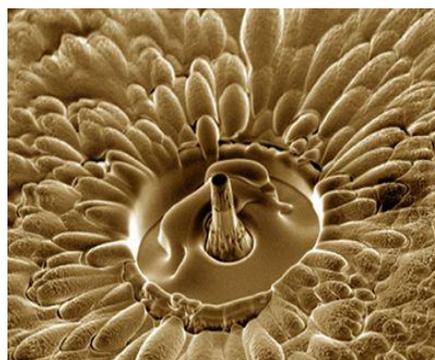
**IMAGEM 2 [2]**



**IMAGEM 3[3]**



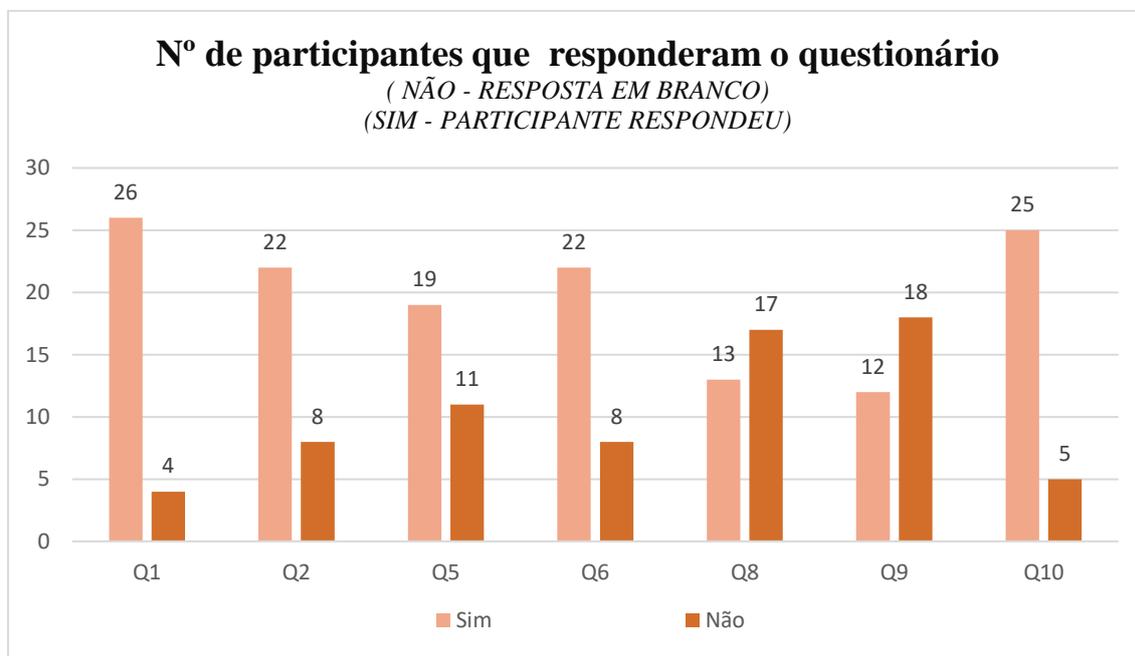
**IMAGEM 4 [4]**

**IMAGEM 5 [5]****IMAGEM 6 [6]****IMAGEM 7 [7]****IMAGEM 8 [8]**

Essas imagens foram retiradas de sites de referência, cada um com uma representatividade diferente, a imagem tem um valor bem específico e centralizador para complementação do conteúdo abordado (EM ANEXO I).

## 4.3 Interpretações do Questionário do Apêndice A

GRAFICO 1 - Nº de participantes que responderam o questionário



Fonte: Autora (2020)

Este gráfico 1 representa o número de participantes que responderam e deixaram em branco algumas questões do questionário, podemos analisar que a maioria dos participantes conseguiram responder as questões Q1, Q2, Q5, Q6 e Q10. O ponto de partida foram as imagens, pois uma grande parte dos estudantes conseguiram aproximar-se dos conteúdos, contudo pela falta de conhecimento prévio ou dificuldade de entender do que se tratava a imagem, visto que esses signos não fazem parte do cotidiano do educando, as questões Q8 e Q9 foram as questões que mais os participantes deixaram em branco. Pois, o/a estudante precisaria ter signos referentes a essas imagens, isto é, representações mentais, pois muitos não possuem pela ausência do conteúdo durante o seu processo de ensino-aprendizagem, alguns souberam responder por ter ouvido falar, ou já foi comentado no Ensino Fundamental II, visto que eles estudam a base da Ciências da Natureza no 9º ano, pois bem, faltaram alguns elementos para eles compreenderem de fato do que as imagens retratavam, pois não eram da familiaridade do mesmos, não haviam instrumentos/signos que buscassem a sua memória para responder as questões 8 e 9 do questionário de diagnóstico.

QUADRO 1 – Pergunta 1 “Você sabe de que se tratam as imagens acima e abordam qual assunto? Se sim, Justifique. ”

<i>Participante A</i>	<i>Trata-se de representações da Ciência, e o desenvolvimento das estruturas das moléculas e que estão diretamente ligados com a nanociência e a nanotecnologia.</i>
<i>Participante B</i>	<i>O uso cada vez mais constante da tecnologia e na utilização para o melhoramento da vida, ajudar o planeta, o meio ambiente...</i>
<i>Participante C</i>	<i>O mundo E as tecnologias empregadas na escala nanométrica.</i>
<i>Participante D</i>	<i>Algumas imagens tratam-se de estruturas moleculares, a imagem 6 diz a respeito que no futuro, a tecnologia dominará o mundo.</i>
<i>Participante E</i>	<i>Abordam sobre o avanço da Ciência e os ramos que envolvem, como a nanotecnologia, biotecnologia entre outros.</i>
<i>Participante F</i>	<i>As imagens acima abordam o assunto referente a tecnologia, envolvem melhorias na Ciência, e também possibilidade de produzir máquinas para despoluir o meio ambiente.</i>
<i>Participante G</i>	<i>Está relacionada com a biologia, estudos das células, Ciência em geral, química com os estudos dos átomos e moléculas, estruturas, a física, com a tecnologia e seu desenvolvimento, etc.</i>

Fonte: Autora (2020)

Percebe-se que os participantes do quadro 1 conseguiram associar as imagens com a temática N&N, lembrando que além deles terem as imagens no questionário, elas foram expostas pelo multimídia na sala de aula para uma melhor visualização. Conforme, Gibin e Ferreira (2012) “O termo imagem apresenta inúmeros significados e estes dependem da área do conhecimento e o contexto em que o termo é empregado. A imagem pode ser estudada em várias áreas do conhecimento como, por exemplo: arte, psicologia, comunicação, filosofia, ciências e educação.” (p. 19), isto é, as imagens expostas podem apresentar diferentes significados para cada um dos estudantes, como a oportunidade de os mesmos visualizarem algo muito pequeno, antes era inacessível à nossa realidade. Apesar de ter sido feito a pesquisa com 30 participantes da 1ª série do Ensino Médio, foram selecionados apenas esses 7 estudantes para relatar as questões discursivas, sendo que 5 deles estavam em grupos diferentes (Grupo 1 – A e C; Grupo 2 – B; grupo 3 – D; grupo 4 – E; grupo 5 – F e G), facilitando a categorização e interpretação das respostas dos participantes.

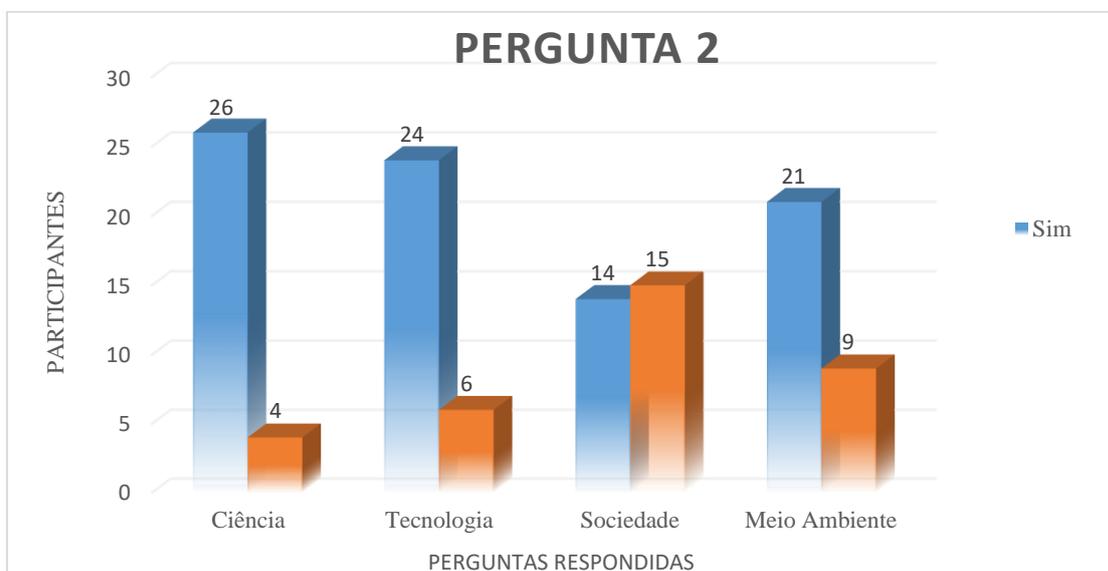
Dessa forma, foi observado que a maioria dos participantes relacionou as imagens ao termo “tecnologia” (gráfico 2), conforme Kenski (2012), o termo vai muito além de meras máquinas, mas da engenhosa capacidade de o cérebro humano transformar e aplicar suas criações para facilitar a vida humana. A escola tem avançado no uso das ferramentas tecnológicas, deixando as tecnologias tradicionais, como a lousa e o giz (SUNAGA & CARVALHO, 2015), não menos importantes, assim, as salas de aulas aos poucos estão se atualizando no que se refere a novas tecnologias digitais, como projetores multimídias, salas de informática, quadro interativo e etc., no entanto há muitas

resistências dos professores de acordo com Sunaga e Carvalho (2015), devido à falta de formação inicial, chamados de “imigrantes digitais”. Todavia os estudantes do século XXI já nasceram com essas tecnologias e a maioria tem acesso, mesmo de forma direta em suas casas, ou indiretamente no ambiente escolar, possibilitando “uma porta para o conhecimento”. Logo, percebe-se pelos depoimentos dos participantes como a tecnologia está predominante no nosso cotidiano. Assim de que forma seria possível representar algo tão pequeno de uma grandeza nanométrica na nossa realidade? Pois, é preciso a utilização dessas engenhosas máquinas tecnológicas para o/a estudante consiga visualizar o mundo nanométrico e entender suas propriedades químicas e físicas.

Essas imagens são representações virtuais do mundo da N&N, visto que, sem a tecnologia não haveria a possibilidade da sua visualização de forma dinâmica e interativa, cabe a nós professores incentivar e envolver os/as estudantes à leitura dessas imagens de forma mais profunda, possibilitando-os a reflexão, além do olhar crítico por meio do uso de instrumentos como, tabletes, livros didáticos e paradidáticos, celulares smartphones, sites e outros, como resultado, uma geração protagonista do seu próprio aprendizado para construção de um futuro mais democratizado.

Diante disto, ainda faltam elementos para de fato os participantes da pesquisa compreenderem a temática N&N de forma profunda, pois a imagem é uma linguagem composta por signos, mas é preciso de estímulos externos, como ferramentas psicológicas, levando em conta o significado, a comunicação e a interpretação orientada pelo professor.

GRÁFICO 2 – Número de participantes que relacionaram as imagens a Ciência, Tecnologia, Sociedade ou Meio Ambiente.



Fonte: Autora (2020)

Os participantes tinham um leque de possibilidades para associarem as imagens com Ciência, Tecnologia, Sociedade e Meio Ambiente, e também poderiam marcar todas as opções ou nenhuma delas, justificando conforme o quadro 2. Sendo assim, Ciência e Tecnologia tiveram um maior destaque, 87% (26 participantes) e 80% (24 participantes) respectivamente, já Sociedade ficou aquém do esperado, pois 47% (14 participantes) dos participantes não associaram a imagem com a Sociedade, e em relação ao Meio Ambiente 70% (21 participantes) marcaram que estava associado. Observa-se que nesta questão quase a metade dos estudantes não referiram à Sociedade, pois é justamente ela que promove os avanços da C&T e afeta de alguma forma o Meio Ambiente, além disso, os alunos devem se envolverem com as temáticas sociais e os fatores que podem trazer mudanças repentinas ou ao longo prazo, como a inserção de uma nova tecnologia.

QUADRO 2 – Pergunta 2 “As imagens apresentadas acima têm relação com: Ciência/Tecnologia/Sociedade/Meio Ambiente? ”

**Participante A** *As imagens acima apresentam relações com todos os itens na Ciência apresenta as moléculas, na tecnologia apresenta novas estruturas nas moléculas, na sociedade apresenta itens contidas nela, no meio ambiente apresenta novas descobertas no planeta.*

<b>Participante B</b>	<i>Nelas são apresentadas imagens de moléculas, hemácias, equipamentos de robóticas e tecnologias, imagens do mundo e todas as imagens estão interligadas.</i>
<b>Participante C</b>	<i>São tecnologias, visões de mundo e utilidades providas da natureza as quais decorrem o progresso científico.</i>
<b>Participante D</b>	<i>As imagens acima têm tudo a ver com a atualidade, pois com os avanços da tecnologia e as necessidades de mudança, a sociedade precisa desenvolver maiores projetos da área da saúde, educação, ciência e bem-estar social.</i>
<b>Participante E</b>	<i>Todos se interligam, pois sem a Ciência a tecnologia não seria desenvolvida, e faria com que a sociedade sofresse por doenças antes consideradas sem cura e sem os confortos da tecnologia, porém o uso exacerbado dessa tecnologia pode afetar o meio ambiente por ser Nano partículas ou solucionar problemas como a poluição da água.</i>
<b>Participante F</b>	<i>Sim, pois elas estão ligadas uma com as outras, representam o futuro da sociedade.</i>
<b>Participante G</b>	<i>Tem relação com a tecnologia na Ciência que possibilita avanços em várias áreas como por exemplo na medicina para beneficiar a sociedade.</i>

FONTE: A autora (2020)

Como já foi relatado nos capítulos, CTS/CTSA não é uma metodologia ou disciplina, mas uma proposta/um movimento onde muitas áreas dos conhecimentos estão envolvidas, como por exemplo, o uso de uma tecnologia relacionado as problemáticas ou soluções sociais para a comunidade. Assim sendo, muitos foram os procedimentos para saber de fato como ensinar N&N para os estudantes do Ensino Médio, primeiro, averiguar as ideias dos participantes a respeito dessa temática. Pois bem, os participantes A e B (Quadro 2) interpretaram que aquelas imagens eram representações de novas estruturas, logo, trazer a química do mundo macroscópico para o estudante torna-se bastante complexo, demandando uma grande imaginação e abstração do mesmo. Exemplo claro são os fulerenos (A) nanotubos (B), grafenos (C) (Figura 04), no qual os discentes sentem dificuldade em abstrair essas representações, tais como “macroscópica, microscópica e simbólica” (PAULETTI, 2012). Deve-se partir do nível cognitivo mais concreto, ou seja, do fato macroscópico, do fenômeno sensível e presente no contexto do estudante.

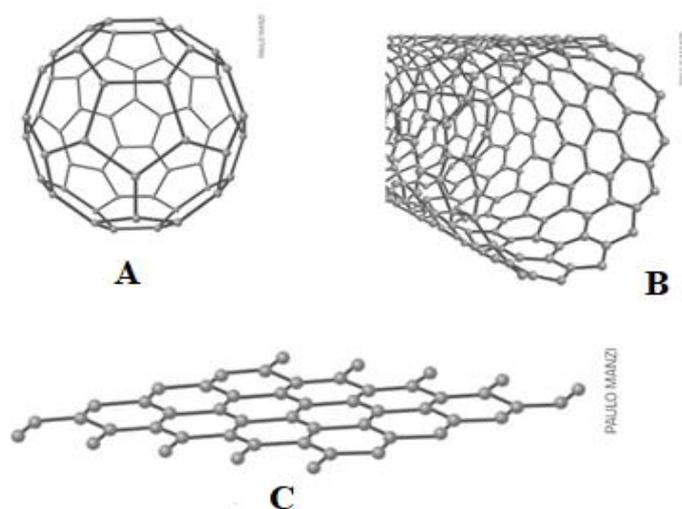
Os participantes C, D, F e G descrevem o progresso da humanidade e o avanço da tecnologia, trazendo mudanças significativas para nossa sociedade, como na área da educação e saúde, o interessante no participante D, trouxe a questão do “bem-estar”, isto é, entende-se com o avanço da Ciência é possível melhorar a qualidade de vida da sociedade, agora o destaque vai para o participante E:

“Todos se interligam, pois sem a Ciência a tecnologia não seria desenvolvida, e faria com que a sociedade sofresse por doenças antes consideradas sem cura e sem os confortos da tecnologia, porém o uso exacerbado dessa tecnologia

pode afetar o meio ambiente por ser Nano partículas ou solucionar problemas como a poluição da água”(Participante E).

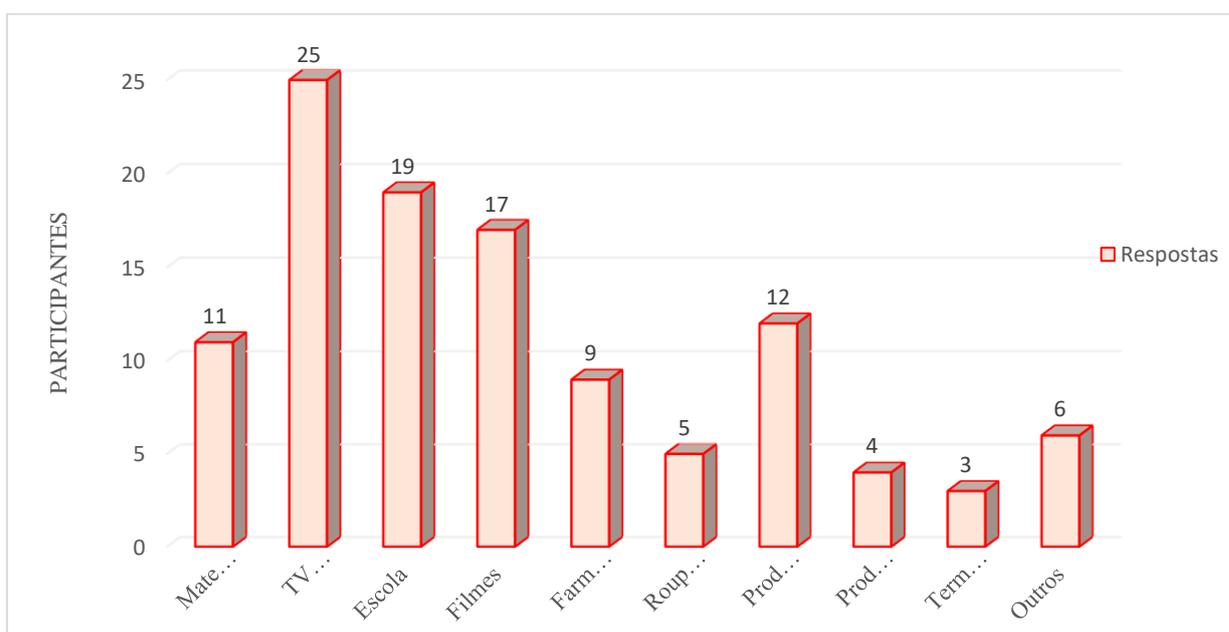
o participante apresentou um aprofundamento a respeito da temática, além de citar os benefícios que a tecnologia pode trazer, também trouxe o olhar de preocupação com o meio ambiente, fazendo relação com o movimento CTSA, este participante apresenta um espírito investigativo, crítico e reflexivo.

FIGURA 04 – A fullereno; B nanotubos e C grafeno.



Fonte: Editora Moderna “Conexões com a química” (Autor: Marcelo Dias Pulido, 2016 P. 514)

GRÁFICO 3 – Pergunta 3 “Você já se deparou com os termos ‘nanociência e nanotecnologia’? Se sim, onde



Fonte: Autora (2020)

A questão 3 teve o seguinte questionamento “Você já se deparou com os termos “nanociência” e “nanotecnologia”? Se sim, onde: ” sendo que esta questão os/as participantes tiveram muitos itens de escolhas, tais como: material impresso (Jornal, livro, revista etc.); TV ou internet; escola; filmes; farmácia; roupas e calçados; produtos eletrônicos; produtos alimentícios; desconheço esses termos; outros.

O gráfico 3 traz a leitura dos itens marcados pelos estudantes, tem-se os seguintes resultados: TV ou internet com 83% (25 participantes), escola 63% (19 participantes) e filmes 57% (17 participantes). O aumento de propagandas pela televisão e internet vem aumentando bastante em relação a nanotecnologia, através de produtos cosméticos, fármacos e outros. Outro item que os participantes mais apontaram foi que ouviram o termo N&N através dos filmes, sabe-se que nos últimos anos as produtoras de cinema vem crescendo bastante em forma de entretenimento e cultura, muitos filmes apesar de serem de ficção, há um enigma ou expressam do futuro da humanidade, pois de acordo o site [filmestipo.com](http://filmestipo.com) há muitos filmes relacionados a Nanotecnologia, gravados principalmente nos países dos Estados Unidos, Reino Unido, Canadá e outros, filmes futuristas de ficção científica, mas que traz também a C&T, sendo assim, até os próprios participantes da pesquisa citaram alguns filmes, em destaque o “Transcendence: A Revolução (2014)” Vingadores: Guerra Infinita (2018), outro filme que utiliza bastante a tecnologia é “Alita: Anjo de Combate lançado no Brasil em 2019”. Isso se explica o porquê de os participantes escolherem a opção “Filme”. Por outra análise apenas 10% (3 participantes) dos integrantes da pesquisa marcaram a opção desconheço esses termos e 20% (6 participantes) marcaram outros, mas não deixaram especificado onde ouviram ou conheceram a temática N&N.

#### QUADRO 3 – Pergunta 4 “Você conhece o significado do prefixo ‘nano’?”

<i>Participante A</i>	<i>O prefixo nano significa “muito pequeno”.</i>
<i>Participante B</i>	<i>Se refere a algo muito pequeno, tipo o nanochip de telefone, celulares, ele é menor que todos os chips, menor até que o microchip.</i>
<i>Participante C</i>	<i>Relacionado a algo muito pequeno.</i>
<i>Participante D</i>	<i>Nano significa algo muito pequeno.</i>
<i>Participante E</i>	<i>Indica uma ordem de grandeza correspondente a <math>10^{-9}</math> m, valendo 1 nanômetro.</i>
<i>Participante F</i>	<i>Pequeno, algo em tamanho reduzido.</i>
<i>Participante G</i>	<i>Muito pequeno, nanométrico.</i>

Fonte: Autora (2020)

A partir da análise do quadro 3 todos os participantes retrataram o prefixo “nano” como “algo pequeno”, apenas o participante E descreveu de forma diferente, ordem de grandeza de 1 nm igual a  $10^{-9}$ m., mas não significa que as respostas dos outros integrantes estivesse incorreta, pois o nível de compreensão dos estudantes é de acordo com sua vivência com a temática, visto que não tiveram aula sobre tal tema, mas temos como exemplo, o participante B, além de se referir a algo muito pequeno, trouxe exemplos do cotidiano dele, ou seja, interligou a temática a sua realidade.

QUADRO 4 – Pergunta 5 “Você sabe a diferença entre Nanociência e Nanotecnologia?”

<i>Participante A</i>	<i>Nanociência → Novas descobertas pequenas na Ciência. Nanotecnologia → Novas descobertas pequenas na tecnologia.</i>
<i>Participante B</i>	<i>Um está relacionada a Ciência e a vida; já a outra está relacionada a tecnologia e equipamentos de tecnologias.</i>
<i>Participante C</i>	<i>NÃO RESPONDEU</i>
<i>Participante D</i>	<i>Acredito que a nanociência é o estudo de aprimoramentos tecnológicos no meio científico, desencadeando a inteligência artificial, por exemplo, a nanotecnologia refere-se ao estudo e desenvolvimento de instrumento que passam realizar determinadas atividades para melhorar a qualidade de vida.</i>
<i>Participante E</i>	<i>Nanociência – estudos sobre uma ciência avançada que estuda o mundo pequeno. Nanotecnologia é o estudo e aprimoração da tecnologia referente a tudo que envolve a era digital, medicamentos, instrumentos médicos e outros.</i>
<i>Participante F</i>	<i>NÃO RESPONDEU</i>
<i>Participante G</i>	<i>A nanociência estuda áreas da biologia como bactérias, células e átomos e a química estudando com aparelhos, robôs, chips ou avanços tecnológicos.</i>

FONTE: A autora (2020)

Conforme o gráfico 1, onze participantes não responderam à pergunta do Quadro 4, já era esperado, devido à falta deste conteúdo no Ensino Básico, porém os novos livros didáticos com o movimento CTS/CTSA já trazem experimentações, aplicações e benefícios da temática N&N, por exemplo nas novas edições do livro da Editora Moderna “Conexões com a química” (Autor: Marcelo Dias Pulido, 2016) e outro da Editora AJS “Química Cidadã” (Principais autores: Santos & Mól, 2018) apresentam muitos tópicos relacionado com a abordagem CTS/CTSA, além de abordar o tópico sobre a nanotecnologia.

Baseado na análise do quadro 4, para o estudante compreender os conceitos da N&N precisam apresentar os três níveis do conhecimento químico proposto por

Johnstone (1982), através do método científico e na proposição de um modelo que dirige a capacidade do educando a “pensar e imaginar”, isto é, abstrair os conceitos a sua realidade. De acordo com Johnstone

- a) Nível descritivo e funcional (macroscópico): é o campo onde se pode ver e manusear materiais, analisar e descrever as propriedades das substâncias em termos de densidade, ponto de fusão etc. e observar e descrever suas transformações.
- b) Nível simbólico (representacional): é o campo onde representamos substâncias químicas por fórmulas e suas transformações por equações. É a linguagem sofisticada do conhecimento químico.
- c) Nível explicativo (microscópico): é o nível onde invocamos átomos, moléculas, íons, estruturas, que nos dão um quadro mental para racionalizar o nível descritivo mencionado acima. (1982 apud WARTHA, 2011, p. 278).

Esses três níveis são: macroscópico, o que é “palpável” no mundo real, simbólico, linguagem/nomenclaturas/símbolos, representações que expressem a linguagem química e o nível microscópico, modelo criado através da experimentação, assim, o estudante só poderia compreender de fato os conceitos se tivessem clareza sobre os três níveis de conhecimento químico, mesmo assim aqueles que tentaram responder conseguiram trazer a essência do conceito, a natureza da escala atômica e as aplicações desses conhecimentos.

QUADRO 5 – Pergunta 6 “Você conhece o que é Modelagem Molecular?”

<i>Participante A</i>	Modelo nas estruturas das moléculas.
<i>Participante B</i>	<i>NÃO RESPONDEU</i>
<i>Participante C</i>	<i>Acho que deve ser construção de moléculas.</i>
<i>Participante D</i>	Estruturas moleculares.
<i>Participante E</i>	Modelagem molecular é quando os cientistas modificam as moléculas com o auxílio da tecnologia, a química, física e a biologia.
<i>Participante F</i>	É quando os cientistas fazem uma modelagem das moléculas, quando eles criam ou analisam elas de várias formas para diversas aplicações.
<i>Participante G</i>	<i>Nunca ouvi falar, não sei o que significa.</i>

FONTE: A autora (2020)

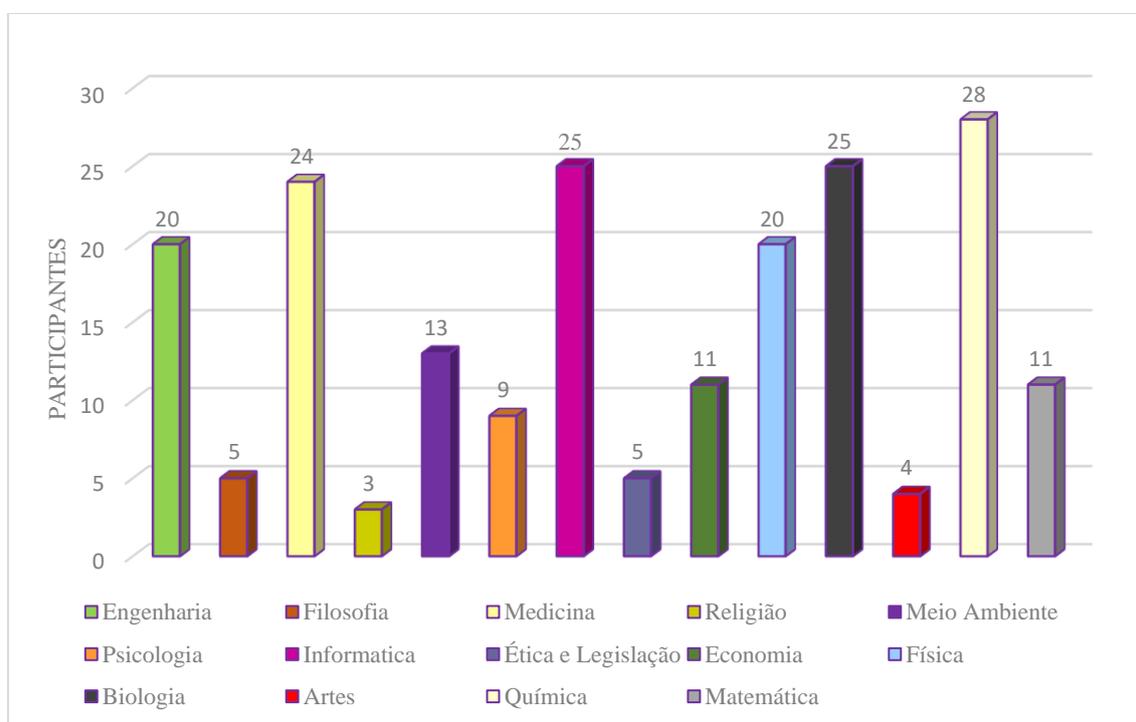
De acordo com o gráfico 1, 8 participantes não responderam à pergunta de número 6 (Quadro 5), apesar de 22 alunos terem respondido à questão, grande parte dos educandos escreveram que desconheciam o termo. Dessa forma, como foi esclarecido no parágrafo anterior o estudante precisa ter os três níveis de conhecimento químico para compreender de fato os fenômenos e as propriedades da matéria, assim, os integrantes da

pesquisa são alunos da 1ª série do ensino médio, uma vez que estão no processo de alfabetização científica, é normal não terem clareza quanto a pergunta do quadro 5. Conforme Sant't (2002 p. 25 apud Carvalho et. al, 2003, p. 528) e a IUPAC (International Union of Pure and Applied Chemistry) a Modelagem Molecular é

[...] a investigação das estruturas e das propriedades moleculares pelo uso de química computacional e técnicas de visualização gráfica, visando fornecer uma representação tridimensional, sob um dado conjunto de circunstâncias.

Desse modo, é com o auxílio computacional que se torna possível fazer a modelagem química, sendo assim, os participantes E e F chegaram a respostas semelhantes do significado conforme a IUPAC, pois é com o auxílio da Ciências da Natureza, além da mecânica molecular e softwares que é admissível adentrar e desvendar o maravilhoso mundo das nanomoléculas.

GRÁFICO 4 – Pergunta 7 “marque os itens que você acredita que a N&N estejam presente”



Fonte: Autora (2020)

De acordo com o gráfico 4 foi feito o seguinte questionamento: “marque os itens que você acredita que a N&N estejam presente”, áreas de conhecimento conforme a

legenda do gráfico acima, pois ao serem questionados sobre em quais áreas a N&N estão presentes, o gráfico 4 demonstrou que os estudantes apontaram que a maior presença da temática está na Química com 93% (28 participantes); em sequência temos a Biologia e Informática com 83% (25 participantes); Medicina com 80% (24 participantes); Física e engenharia com 67% (20 participantes), assim sendo, um dos disparadores dos estudantes foram as imagens no questionário, mostrando as nanomoléculas, dispositivos eletrônicos e etc., incluindo os conhecimentos prévios, após os relatos dos mesmos, essas foram as motivações para as essas marcações.

Conforme Borschiver et. al (2005)

As áreas de aplicação da nanotecnologia abrangem praticamente todos os setores industriais e de serviços. A multiplicidade de aplicações é imensa e demanda conhecimentos multidisciplinares, baseados na física, química, biologia, ciência e engenharia de materiais, computação, entre outras áreas, que visam estender a capacidade humana de manipular a matéria até os limites do átomo. (p. 245)

Vale ressaltar que tanto a N&N é interdisciplinar, além dessas áreas em destaque para os participantes, temos outros campos do conhecimento, como os princípios éticos, como a sociologia, não sendo excluída nenhuma das áreas citadas no gráfico 4, nas imagens 7 e 8 são imagens de NanoArt, arte digital feita através software produzidas em escala nanométrica.

QUADRO 6 – Pergunta 8 “Você conhece os benefícios (os prós) e os riscos (os contras) que a nanotecnologia pode trazer para a sociedade? ”

<i>Participante A</i>	<i>Benefícios → pode melhorar a vida no cotidiano das pessoas, através de novas descobertas para facilitar as atividades. Contras → pode gerar novas descobertas, mas que muitas vezes pode ainda não ser tão precisas, obter resultados negativos e descontroláveis.</i>
<i>Participante B</i>	<i>Desconheço os riscos.</i>
<i>Participante C</i>	<i>NÃO RESPONDEU</i>
<i>Participante D</i>	<i>Os benefícios são a qualidade, desenvolvimento de pesquisas e projetos que mudam a rotina do ser humano. Já os malefícios é o aumento de uma sociedade alienada pelos produtos tecnológico, como o uso do celular.</i>
<i>Participante E</i>	<i>Auxilia na produção de medicamentos, soluções ambientais, o conforto e a facilidade da tecnologia para os seres humanos. Porém, o uso ou descarte inadequado dessas novas tecnologias podem causar poluições irreversíveis.</i>
<i>Participante F</i>	<i>NÃO RESPONDEU</i>

**Participante G** *Pode proporcionar conforto ou avanços tecnológicos, como criação de novos tecidos, remédios ou eletrônicos, mas como não se sabe muito sobre essa área nova, ela pode causar impactos ambientais ou para o homem, o inimigo invisível.*

FONTE: A autora (2020)

Deve-se levar em consideração todas as possíveis vantagens e desvantagens de uma nova Ciência, como considerar valores culturais e religiosos, conforme Pyrrho e Schramm (2012) a Nanotecnologia “Embora muito analisado e explorado pelas ciências exatas e naturais, este fenômeno recente e o que mais interessa aqui suas possíveis consequências éticas são ainda em boa parte desconhecidas pela população em geral (p. 2024)”. Dessa forma, é preciso ter um panorama bem explícito acerca dessas novas tecnologias, como os aspectos técnicos e científicos da N&N e refletirmos sobre todos os possíveis riscos para a população e o meio ambiente.

Com o alto desenvolvimento da nanotecnologia, além dos investimentos crescentes já é possível os consumidores terem acesso a suas aplicações, bem como fármacos, cosméticos e vestuários (Pyrrho & Schramm 2012), pois pouco se sabe sobre os impactos negativos da N&N, no entanto é notório a exigência de uma legislação mais rigorosa, percebe-se que pelas descrições, o participante B desconhece os riscos, os participantes C e F deixaram a resposta em branco e pela análise do gráfico 1 57% (17 participantes) não responderam essa questão, devido à falta de conhecimentos referentes a N&N, assim 43% (13 participantes) responderam a questão do quadro 6, sendo as respostas mais coerentes dos participantes A, D e G, descrevendo os prós e os contras.

No Quadro 6 observa-se que eles têm noção que essas novas tecnologias podem facilitar a vida das pessoas, no entanto os relatos também demonstram um olhar de “medo” referente a natureza dessas nanotecnologias, visto que esses participantes já têm noção sobre o tamanho dessas nanopartículas, uma vez liberadas na natureza podem trazer sérios danos que ainda não possuímos conhecimento suficiente para dominarmos e prevermos as possíveis reações no meio biótico e abiótico, vale ressaltar que o participante G faz referência ao “inimigo invisível”, isso deixa claro o relato dele devido a escala nanométrica.

A toxicidade das nanopartículas e dos materiais nanoestruturados depende de uma interação complexa de fatores como tamanho, concentração, tempo de exposição, estado de saúde e características individuais do organismo exposto. No entanto, seria um erro afirmar que os mecanismos de toxicidade das nanopartículas são plenamente conhecidos. (Pyrrho & Schramm 2012 p. 2024).

Os rápidos avanços da nanotecnologia e seus potenciais impactos sobre a saúde e o meio-ambiente são os aspectos eticamente significativos mais frequentemente abordados pela produção científica sobre o tema. Porém, as discussões sobre as consequências éticas das aplicações nanotecnológicas – e que constituem a problemática da moralidade da nanotecnologia – não se reduzem aos campos da saúde e da ecologia. Na atualidade, existem ainda questões relacionadas à equidade na distribuição dos benefícios e acesso aos avanços tecnocientíficos; implicações quanto à privacidade e segurança (equipamentos de monitoramento invisíveis e infinitas possibilidades para a indústria bélica); consequências sociais, culturais e econômicas da modificação da constituição de seres vivos etc. (Pyrrho & Schramm 2012 p. 2025)

QUADRO 7 – Pergunta 9 “Você conhece ou já comprou algum produto fabricado ou industrializado com base no uso da nanotecnologia? Cite qual.”

*Participante A* **Cosméticos com nanopartículas e nano chip.**

<b>Participante B</b>	<i>Nano chip de celulares.</i>
<b>Participante C</b>	<i>NÃO RESPONDEU</i>
<b>Participante D</b>	<i>Nos protetores solares em um texto na revista superinteressante</i>
<b>Participante E</b>	<i>Já ouvi falar muito no grafeno pelos sites de pesquisas.</i>
<b>Participante F</b>	<i>Através dos smartphone, nano chip de celulares e produtos cosméticos pelas propagandas da TV.</i>
<b>Participante G</b>	<i>Ouvi falar em um documentário na TV, nesse documentário falava de um novo tipo de roupa capaz de manter a temperatura corporal, além disso nos Nano chips utilizados nesses novos aparelhos de celulares.</i>

Fonte: Autora (2020)

Apesar dos estudantes estarem na 1ª série do Ensino Médio, uma vez que, a base da disciplina de química ainda está sendo construída, eles demonstraram que já tiveram contato ou ouviram falar de produtos referente a nanotecnologia por meio de propagandas pela TV, sites de notícias, revista Superinteressante, cosméticos, nano chip dos smartphones e protetores solares, no entanto a maioria desses produtos são de alto valor econômico, inacessíveis para os estudantes devido aos custos elevados, todavia a maioria dos participantes mencionaram sobre o “nano chip”, sendo que, o primeiro foi desenvolvido pela Apple, pois hoje é possível construir um transistor moderno, feito de silício com a função integrada com milhões de unidades em apenas um chip, tamanho a cerca de 65 nm (Toma, 2009).

Infere-se que, mesmo os estudantes não tendo visto a temática N&N no plano de curso de Química da 1ª série do Ensino Médio, eles estão submersos a essas temáticas por meio dos veículos de comunicação (TV, Rádio, Revistas, Internet e outros), os

estudantes não são uma “tábula rasa”, eles trazem muitos conhecimentos para sala de aula, por consequência, o mediador deve utilizar essas vantagens para trazer aulas mais atrativas, dinâmicas e significativas. Pois, a N&N foram reconhecidas como a grande abertura de um futuro bem evoluído para o conhecimento humano (Toma, 2009).

QUADRO 8 – Pergunta 10 “Você gostaria e acha pertinente que o tema Nanociência e Nanotecnologia fosse abordado nos livros didáticos e também ser um tema discutido no Ensino Médio? ”

<b>Participante A</b>	<i>Sim. Podendo facilitar o desenvolvimento e aprimorando os conhecimentos para obter um bom aprendizado de novas descobertas científicas.</i>
<b>Participante B</b>	<i>Sim. Gostaria de aprender mais sobre esse tema.</i>
<b>Participante C</b>	<i>Sim. Acho que ajudaria a nos envolver mais com os temas pertinentes a atualidade e ao futuro em que tais tecnologias poderia nos ajuda, desde a informática até a medicina, serão empregadas.</i>
<b>Participante D</b>	<i>NÃO RESPONDEU</i>
<b>Participante E</b>	<i>Acredito que esses temas são importantes para a atual situação que estamos na sociedade, um mundo tecnológico, precisamos conhecer esses novos produtos, poderíamos também ter acesso por outros meios que não fossem somente os livros didáticos.</i>
<b>Participante F</b>	<i>Sim, acredito que são pertinentes para nossa atual situação, principalmente para melhorar nossa qualidade de vida, não sabemos muito a respeito sobre a nanociência e nanotecnologia, seria muito interessante estudar para termos uma opinião mais concreta dos benefícios e malefícios.</i>
<b>Participante G</b>	<i>Sim, para que possamos entender e buscar profissões nessa área ou usa-la para sociedade evoluir, pois o conhecimento está em constante evolução.</i>

Fonte: Autora (2020)

A Ciência trilha para um caminho de miniaturização (TOMA, 2009), sendo assim, os estudantes atuais crescem com acesso a diversos recursos tecnológicos, a comunicação e a interação deles é totalmente diferente do século passado, pois quando os participantes foram questionados a respeito da N&N ser um tema abordado no livro didático e fazer parte do currículo do Ensino Médio, 83% (25 participantes) do Gráfico 1 responderam à questão do quadro 8.

Vale ressaltar que todos os estudantes que responderam, referiram a importância de estudar a temática, alguns apresentaram argumentações bastante pertinentes, como o interesse pelo o progresso do futuro através do desenvolvimento científico, além da N&N

trazer novas perspectiva para sociedade, isso fica bem evidentes nas argumentações dos integrantes da pesquisa. Assim sendo, o participante E chamou atenção, “[...] poderíamos também ter acesso por outros meios que não fossem somente os livros didáticos. ”, esse fragmento trouxe “luz” para a temática, por que não usar a tecnologia para abordar o tema? Despertando mais interesse/interatividade aos estudantes do ensino médio. Esse Questionário teve um objetivo crucial de como deveria proceder nos próximos tópicos da pesquisa, ficou mais evidente após a análise das respostas dos participantes.

É evidente que os estudantes sabem argumentar, levantar opiniões a respeito até do desconhecido, mas para isso ocorrer o professor deve deixar de ser o autor principal e tornar o estudante em um sujeito ativo no processo de ensino-aprendizagem, na inserção de novas tecnologias digitais a fim de trazer o mundo miniaturizado para realidade do mesmo, abstraindo as nanoestruturas, conhecendo suas propriedades, aplicações e perigos.

QUADRO 9 – Pergunta 11 “De que forma você gostaria de estudar o tema Nanociência e Nanotecnologia? ”

<b>Participante A</b>	<i>Que fossem abordadas no nosso dia a dia, adquirindo novos conhecimentos.</i>
<b>Participante B</b>	<i>De forma divertida.</i>
<b>Participante C</b>	<i>De maneira simples, executar de forma sistemática, abordando desde os conceitos históricos até as atualidades em uma linguagem mais dinâmica e interativa.</i>
<b>Participante D</b>	<i>Com o uso de tecnologias e pesquisas no laboratório de informática.</i>
<b>Participante E</b>	<i>De forma prática, pesquisas e com o uso das tecnologias como o celular e a internet.</i>
<b>Participante F</b>	<i>Aulas práticas envolvendo a tecnologia, uso da internet e outros.</i>
<b>Participante G</b>	<i>Na prática, entendendo como ela é desenvolvida e aplicada no dia-a-dia e como ela vem avançado.</i>

Fonte: Autora (2020)

Conforme a questão do quadro 9 é notório que a geração digital é bastante dinâmica e interativa, aliás os indivíduos do século XXI acordam interagindo com o mundo virtual expondo suas ideias e interesses, no entanto são barrados quando chegam a escola já que não podem se conectar com o mundo virtual, pois muitos são os colégios que proíbem o uso de celulares, tablets e outros dispositivos digitais (BERGAMANN & SAMS, 2012). Pois cabe ao professor trazer metodologias ativas, inserindo as tecnologias dos estudantes, assim sendo, 83% (Gráfico 1) dos participantes responderam

à questão 11 e suas respostas foram unânimes na exigência da temática N&N serem abordadas de forma criativa, dinâmica, interativa, utilizando recurso digital e trazer aspectos do cotidiano do mesmo, essa foi mais uma questão que guiou este trabalho, logo vale ressaltar as mudanças que o Ensino brasileiro vem se estruturando, trazendo novas propostas de ensino e quebrando paradigmas para que os estudantes sejam proativos através de ensino por competências.

#### 4.4 Sala de Aula Invertida – metodologia ativa de aprendizagem

A LDB (Lei de Diretrizes e Bases da Educação Nacional) e o PNE (Plano Nacional de Educação) indicam que, para o futuro próximo, é necessária uma formação desejável “ideal<sup>10</sup>,” do docente . Desta forma, é primordial o interesse do próprio professor no prosseguimento da sua profissionalização, como buscar a diversidade de metodologias para que o estudante torne um cidadão ativo e participativo na sociedade. Mas é claro que não existe uma “fórmula perfeita” para que todos os estudantes possam aprender, por isso a necessidade de diversificar estratégias dentro e fora da sala de aula, como por exemplo, a sala de aula invertida (ou flipped classroom), uma metodologia ativa de aprendizagem que inverte o papel do educando. De acordo com Bergmann e Sams,

“[...] inverter a sala de aula tem mais a ver com certa mentalidade: a de deslocar a atenção do professor para o aprendiz e para a aprendizagem. Todo professor que optar pela inversão, terá uma maneira distinta de colocá-la em prática (2016, p. 10).

Desse modo, o foco agora é se o estudante está aprendendo ou não, e mais que isso, os educandos que apresentam níveis de proficiência diferente podem aprender no seu ritmo, sem a preocupação com o tempo, melhorando a qualidade de ensino-

---

<sup>10</sup> O docente ideal: Aquele que domina os conteúdos curriculares das disciplinas; tem consciência das características de desenvolvimento dos alunos; conhece as didáticas das disciplinas; domina as diretrizes curriculares das disciplinas; organiza os objetivos e conteúdos de maneira coerente com o currículo, o desenvolvimento dos estudantes e seu nível de aprendizagem; seleciona recursos de aprendizagem de acordo com os objetivos de aprendizagem e as características de seus alunos; escolhe estratégias de avaliação coerentes com os objetivos de aprendizagem; estabelece um clima favorável para a aprendizagem; manifesta altas expectativas em relação às possibilidades de aprendizagem de todos; institui e mantém normas de convivência em sala; demonstra e promove atitudes e comportamentos positivos; comunica-se efetivamente com os pais de alunos; aplica estratégias de ensino desafiantes; utiliza métodos e procedimentos que promovem o desenvolvimento do pensamento autônomo; otimiza o tempo disponível para o ensino; avalia e monitora a compreensão dos conteúdos; busca aprimorar seu trabalho constantemente com base na reflexão sistemática, na auto avaliação e no estudo.

Fonte: Adaptado de Referenciais para o Exame Nacional de Ingresso na Carreira Docente - Documento para Consulta Pública, MEC/Inep. (Publicado em NOVA ESCOLA Edição 236, outubro 2010)

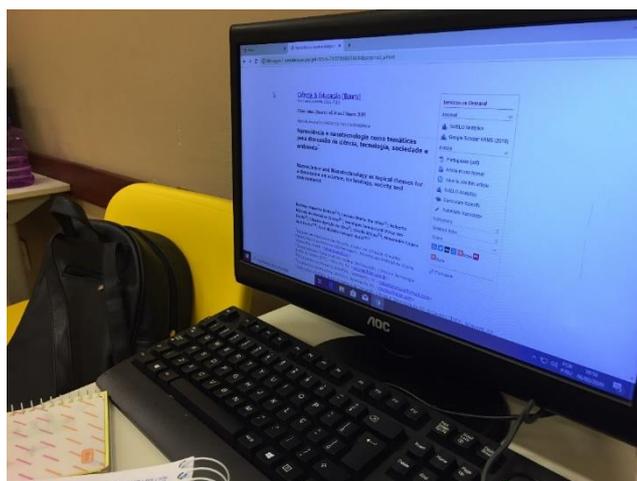
aprendizagem. Assim, o segundo passo desse trabalho foi a formação dos grupos, 5 grupos de seis estudantes, a formação deles não foi de forma aleatória, onde leva em consideração a interação entre os participantes e professor e entre os participantes e os colegas e situações de ensino-aprendizagem. Desenvolver trabalhos em grupo, é fundamental para formação social da mente, construindo conhecimento através da aprendizagem significativa.

IMAGEM 9 – Momento de pesquisa – Laboratório de informática do Colégio



FONTE: Autora (2020)

IMAGEM 10 – Momento de tira dúvidas dos participantes – Sala de Estudo do Colégio



FONTE: Autora (2020)

Após a formação do grupo, foram dados aos alunos alguns comandos, primeiro os estudantes deveriam trabalhar N&N envolvendo a Ciência, Tecnologia e Sociedade e Meio Ambiente, seguiu o cronograma da seguinte tabela 1.

IMAGEM 11 – Momento da Invertida no Colégio



FONTE: Autora (2020)

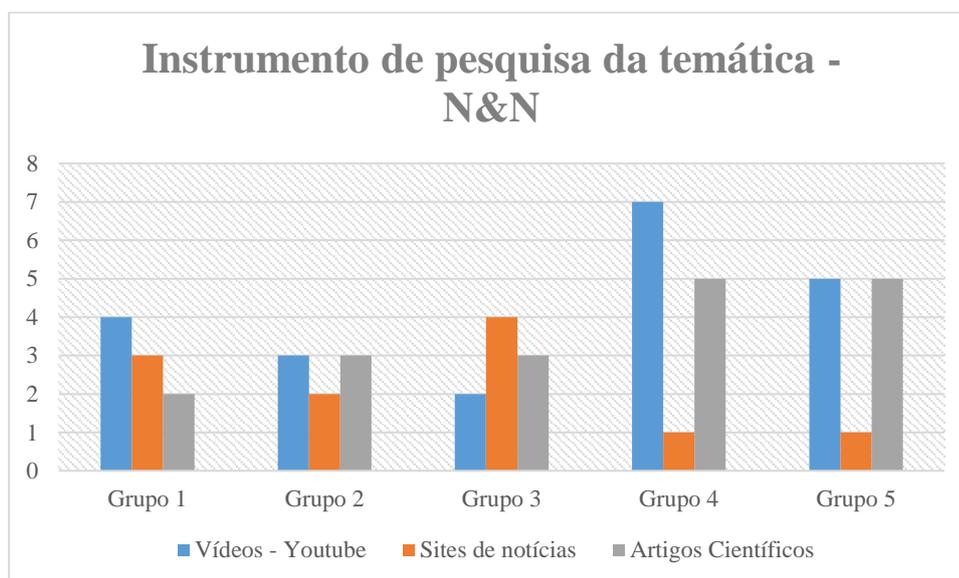
Os participantes foram acompanhados durante a pesquisa, pois eles ficaram encarregados de responder o questionário do Apêndice B (respostas apresentadas no gráfico 5) no intuito de entender quais foram os caminhos traçados por eles na preparação da aula invertida.

Desse modo, o colégio dispõe de duas salas de informática com 45 computadores que tem acesso à internet de qualidade, observa-se que os participantes utilizaram vídeos de vários canais do YouTube, alguns optaram por documentários sobre a N&N, Sites de notícias e artigos científicos, conforme os relatos e o questionário do Apêndice B, a fonte de pesquisa mais acessível foram os vídeos que os educandos encontraram no YouTube, a razão pela escolha deve-se a linguagem mais acessível para compreensão deles, o gráfico 5 demonstra muito bem quais foram as fontes de pesquisa que os estudantes utilizaram. Conforme Bergmann e Sams (2016) iniciaram as suas aulas invertidas gravando suas próprias vídeo-aulas, onde o estudante toda vez que tivesse dúvidas poderia pausar e retroceder e tirar seus equívocos nas aulas presenciais, neste trabalho os participantes ficaram livres para escolher a fonte de pesquisa, sendo que na aula seguinte

eles deveriam tirar todas as dúvidas com o professor, respeitando assim, o ritmo de cada estudante.

Conforme o gráfico 5, observamos que todos os grupos utilizaram vídeos de terceiros para implementar a sala de aula invertida, Bergmann e Sams (2016) mencionaram que o professor poderia orientar seus educandos na utilização de vídeos de outras pessoas, visto que, muitos vídeos são bastante acessíveis, didáticos e apresentam uma excelente qualidade, sendo “[...] o crescimento exponencial dos recursos de vídeos on-line gratuitos está tornando a busca cada vez mais fácil (p. 32) ”.

GRÁFICO 5 - Resposta do Apêndice B sobre instrumento de pesquisa dos participantes no laboratório de informática para elaboração da Aula Invertida.



Fonte: Autora (2020)

A formação dos grupos e a Aula invertida trazem condições ideais para incluir os conhecimentos prévios e o conteúdo em relação a temática, confrontando o ponto de vista de cada um dos participantes, uma vez que as divergências entre as opiniões deles é o que torna interessante a aula invertida, pois a diversidade em sala de aula leva o desenvolvimento à aprendizagem dos integrantes. Conforme Paulo Freire o Ensino deveria ser centrado no educando e não no Educador, apesar de não ter uma sala de aula invertida, porém as habilidades e competências deveriam ser de acordo com as necessidades do educando, além de considerar seu contexto social, e isso partia do próprio estudante (BRANCO & ALVES, 2015). Assim, os participantes da pesquisa interagiram

muito mais, se destacaram pelas falas e ensinamentos aos seus colegas, estruturando uma aula dinâmica e interativa, sendo-os separados por diferentes grupos, conteúdo principal – Nanociência e Nanotecnologia, conforme a descrição abaixo:

### **Grupo 1**

*Objetivo: ser capaz de expor aplicações da química e o desenvolvimento tecnológico relacionado à temática N&N;*

### **Grupo 2**

*Objetivo: fazer a relação entre química, tecnologia e sociedade relacionado à temática N&N;*

### **Grupo 3**

*Objetivo: ser capaz de explicar o que é química verde, sustentabilidade e a experimentação com o uso da N&N;*

### **Grupo 4**

*Objetivo: trazer exemplos de acidentes ambientais relatando as vantagens e desvantagem do uso da N&N para intervir os impactos ambientais.*

### **Grupo 5**

*Objetivo: ser capaz de explicar a alotropia do Carbono e sua relação da temática N&N; Referência: Vídeos de canais do YouTube; Textos do professor; Artigos científicos e sites de notícias.*

Na sala de aula tradicional os estudantes têm o “dever para casa” e é nesse momento que o professor consegue fazer um check-up do seu trabalho desenvolvido em sala, no entanto essa forma de avaliação não traz a certeza das dúvidas reais dos educandos, portanto a aula invertida desempenha diversas atividades mais complexas com a intervenção do professor no intuito de sanar as dificuldades dos estudantes (BERGMANN & SAMS, 2016).

A orientação individualizada aumentou as chances de os estudantes terem sucesso na aprendizagem e avaliação, pois o professor não tem o controle da aprendizagem do estudante, uma vez que, os mesmos devem assumir a responsabilidade pela sua própria aprendizagem, os participantes não precisaram esperar pelo professor, pois foram autônomos na busca de novos conhecimentos científicos.

Os participantes que apresentaram maior timidez em relação a oralidade puderam propor diferentes formas de ser avaliado, por meio de representações escritas,

além da sua postura como interagiu com seu grupo e os grupos diferentes, esse percurso só foi possível porque a aula invertida oferece a liberdade do mediador/orientador adotar diferentes padrões no processo avaliativo. Vale ressaltar também que no início três alunos tiveram resistência em preparar suas aulas e interagir com seus colegas, mas com o envolvimento dos demais colegas eles analisaram que a forma mais fácil de aprender o conteúdo, não é memoriza-lo, mas sim assumindo a responsabilidade do verdadeiro motivo para estar no colégio que é para aprender e não para ser ensinado, ser o protagonista do seu crescimento intelectual (BERGMANN & SAMS, 2016).

Assim, os participantes conseguiram desempenhar a alta performance em sala de aula, independente dos níveis de proficiência, sejam eles no nível básico, adequado ou avançado, pois, os estudantes com mais dificuldades se apresentaram mais seguros no momento da aula, ao explorar a temática N&N em uma abordagem CTS/CTSA, levando em consideração todos os prós e os contras a respeito da temática (FREIRE, 1987). Prontamente, os estudantes foram desafiados e responsabilizados pelo seu processo de ensino-aprendizagem através da valorização dos conhecimentos e diálogos com seus colegas e a orientação do seu mediador (FREIRE, 1987), a sala de aula se torna um laboratório vívido, pois na aula invertida o professor movimenta a aula de forma assíncrona (BERGMANN & SAMS, 2016).

A aula invertida foi um dos momentos que foram constado grande interação dos participantes, dando voz aos estudantes, permitindo que eles desenvolvam sua aprendizagem e protagonismo, por exemplo, o participante B do grupo 2 chamou atenção, visto que o mesmo teve muitas dificuldades em responder o questionário, deixando muitas respostas em branco por não conhecer a temática, pois foi ele quem comandou o grupo, direcionando como os demais colegas deveriam proceder nas aulas, uma vez que, a aula invertida não é uma simples apresentação de seminário, mas um aprofundamento dos estudantes, dando possíveis soluções para uma determinada situação-problema posta pelo mediador.

De acordo com Benjamin Bloom os educandos poderiam aprender e dominar o que aspirasse, portanto se tivesse o tempo e apoio aceitável, pois o mesmo autor foi mentor de “aprendizagem para o domínio”, onde 80% dos estudantes poderiam aprender todo o conteúdo, em comparação ao método tradicional que apenas tinham 20% de rendimento de aprendizagem dos alunos. Vale ressaltar que a sua finalidade principal consiste nos estudantes dominarem uma série de objetivos no seu próprio tempo

(BERGMANN & SAMS, 2016). Para BERGMANN e SAMS (2016) os elementos fundamentais para a aprendizagem para o domínio são:

Os alunos trabalham em pequenos grupos ou individualmente, em ritmo adequado. O Professor faz a avaliação formativa e estima o grau de compreensão dos alunos. Os alunos demonstram domínio dos objetivos, por meio de avaliações somativas. Aos alunos que não dominam determinado objetivo, oferecem-se meios de recuperação. (p. 48)

Por isso os participantes da pesquisa conseguiram executar suas tarefas com domínio de conteúdo nas aulas invertidas, construindo conhecimento no seu próprio ritmo. Pois tanto o mediador como os participantes são integrantes na construção do produto NANORA, e este por sua vez só foi possível devido aos percursos trançados tanto pelo mediador como pelos estudantes que foram os agentes principais para produzir um material tão dinâmico, argumentativo e reflexivo na construção de conhecimentos científicos, sociais e culturais na Era Digital.

Observa-se que as aulas invertidas e avaliação são inúmeras, o método de recuperação é muito dinâmico, pois conseguimos perceber quais foram os pontos frágeis dos conteúdos que alguns participantes não dominaram nas explicações, mas a tecnologia teve um papel crucial para auxiliar o professor e o estudante no processo de comunicação e abstração de conteúdos bastante ilustrativo, além disso o mediador fez a intervenção para romper os equívocos de alguns participantes, tornando a aula efetivamente aprofundada e menos frustrante, cada estudante foi avaliado conforme seu crescimento durante todo o trajeto da aula invertida.

#### 4.5 Intervenção do professor

O processo de ensino-aprendizagem é híbrido, não há como o professor utilizar-se de uma única metodologia para obter um maior alcance dos estudantes, é preciso ser articulador, orientador, dinâmico, criativo e ser atento as novas propostas de ensino se conectando com o mundo virtual, conforme Moran (2015) “A educação sempre foi misturada, híbrida, sempre combinou vários espaços, tempos, atividades, metodologias, públicos” (p. 27). Grandes cientistas da área de Educação como, Ausubel e Freire trouxeram não apenas formas de ensinar, mas reflexões de que devemos compartilhar as responsabilidades do processo de ensino-aprendizagem para os estudantes, o sujeito, o principal ator, o protagonista, somos híbridos, aprendemos com a ajuda do professor, interagindo com outros indivíduos, um ser complexo e mutável. O ser humano.

Este trabalho utilizou-se à Teoria da Aprendizagem Significativa de Ausubel, como suporte teórico mais adequado para acompanhar o desenvolvimento cognitivo dos estudantes durante seus processos de construção. Segundo MOREIRA (2006), a aprendizagem significativa sob o ponto de vista da concepção ausubeliana, ocorre sempre que há interação entre o novo conhecimento e conceitos inclusivos presentes na estrutura cognitiva do indivíduo, motivo pelo qual se fez necessário identificar, inicialmente, se os estudantes já traziam consigo alguns conceitos relacionados ao nanomundo, a partir dos quais o novo conhecimento poderia vir a ser construído, sendo os estudantes em todo momento responsáveis pelo seu próprio processo de ensino-aprendizagem através da Aula Invertida, da interação com os colegas e intervenções do professor, este último teve uma parcela norteadora, como mediador, orientador e facilitador no desígnio de entender como os estudantes do Ensino Médio aprenderam a temática N&N.

Neste trabalho o papel ativo do educador orientador “design de caminhos” foi essencial nas atividades realizadas em grupo e a autonomia individual de cada participante, pois de acordo com Moran (2015) “O professor se torna cada vez mais um gestor e orientador de caminhos coletivos e individuais, previsíveis e imprevisíveis, em uma construção mais aberta, criativa e empreendedora (p. 39).” Desse modo, o professor também teve o papel de ser um sujeito provocador de situações para promover a criticidade e opiniões diversas em sala de aula (FREIRE, 2000), como foi instigado as opiniões dos estudantes a respeito dos impactos que a N&N poderiam trazer ao mundo, pois bem, os alunos conseguiram trazer argumentações dos benefícios e também dos possíveis perigos através de uma linguagem simples, mas com teor de opiniões diversas, e este conhecimento foi adquirido de diversas fontes, como livro didático, vídeos dos canais do YouTube, sites jornalísticos e artigos científicos, conversas com o mediador e os demais participantes.

Neste trabalho o papel do professor foi mostrar ao estudante que ele é capaz de ler o mundo, além de transformá-lo através de uma educação crítica e libertadora, pois a aquisição do conhecimento liberta-o para o diálogo, e este por sua vez, traz a ação transformadora em um patamar horizontal, sem hierarquia, todavia todos aprendendo de forma significativa e respeitando os saberes de cada um, pois todos têm o que ensinar e aprender, na Carta de Paulo Freire (1993) no livro “Professora sim, tia não. Cartas a quem ousa ensinar”, um pequeno fragmento:

Quero dizer que ensinar e aprender se vão dando de tal maneira que quem ensina aprende, de um lado, porque reconhece um conhecimento antes aprendido e, de outro, porque, observado a maneira como a curiosidade do

aluno aprendiz trabalha para apreender o ensinando-se, sem o que não o aprende, o ensinante se ajuda a descobrir incertezas, acertos, equívocos. (p. 259).

Paulo Freire discorda de uma educação opressora e a fragmentação do conhecimento, sendo que o estudante precisa aprender com entusiasmo, assim como os conteúdos serem definidos a partir da leitura do mundo, mapeando o contexto do mesmo, precisamos trazer à tona a capacidade do educando sonhar e não se conformar com uma educação que oprime ou com uma sociedade que bombardear-nos de propagandas de produtos tecnológicos sem nos oferecer conhecimento para entender os verdadeiros benefícios e perigos que estamos submetidos a todo momento com as invenções das indústrias tecnológicas. Vale destacar que durante todo esse percurso das aulas invertidas os estudantes tiveram ciência que muitos produtos da nanotecnologia são de grande parte para as pessoas com maior poder aquisitivo, e é preciso abrir diálogo para esses temas no intuito de esclarecer os benefícios, e que não traga prejuízos as classes de menor poder aquisitivo ou para toda população devido seus possíveis impactos ambientais por causa da nanotoxicidade das pequenas partículas que ainda estão em estudos e requerem uma maior rigorosidade.

A Educação tem a função de minimizar essas desigualdades em letramento científico, social, econômico e cultural de uma sociedade injusta e opressora. Pois conforme Freire a dosdiscência é a capacidade de o educador ensinar e aprender com o estudante e o estudante com ele, pois a metodologia de Freire pode ser aplicada a qualquer nível de ensino e tema abordado. Portanto que geremos e acreditemos em bons “frutos” para o futuro da nossa nação, no mais, é preciso ter humildade e disponibilidade ao diálogo, pois é a partir daí que podemos trazer uma ação transformadora, sendo o estudante o arquiteto do próprio conhecimento e orientado pelo educador.

#### 4.6 Aplicação do produto educacional – NANORA

O produto educacional foi aplicado através de aulas virtuais por meio da plataforma Cisco Webex, assessorando também por via WhatsApp, pois os estudantes precisavam apenas ter um aparelho celular smartphone e acessar o site para ter acesso aos marcadores, QR-Codes, conforme a imagem abaixo:

Figura 05 - QR-Codes e o ícone azul – local para ter acesso a câmera

BAIXE OS QR CODES E CLIQUE AQUI PARA VER

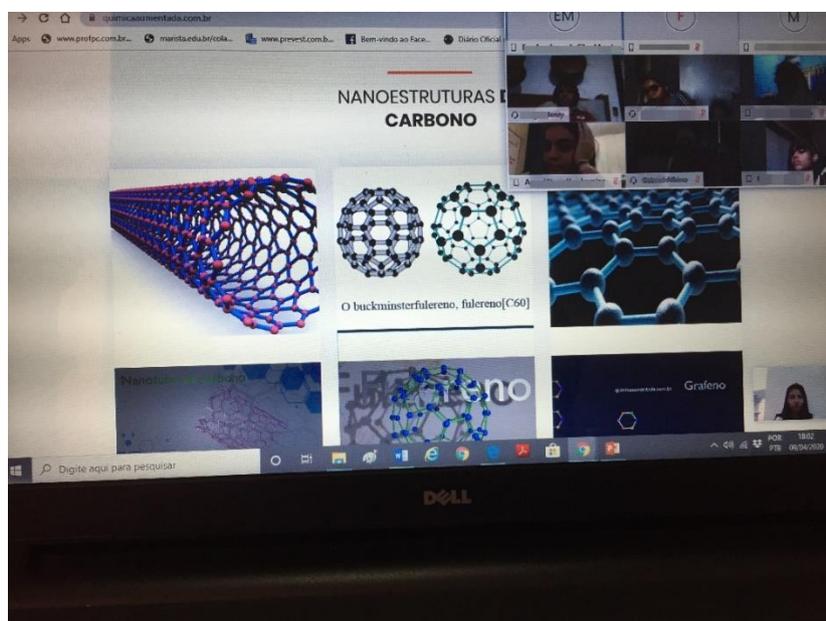
Sugestão: Abra o site no celular e depois clique no link acima e depois aponte a câmera para os qr'codes.



FONTE: A autora (2020)

NanoRa é um programa de animações em 3D onde poderão ser visualizadas através de dispositivo eletrônico imagens de nanotubos e nanopartículas facilitando a compreensão de estudo desses conceitos.

Imagem 12 - Aula virtual – plataforma – Cisco Webex



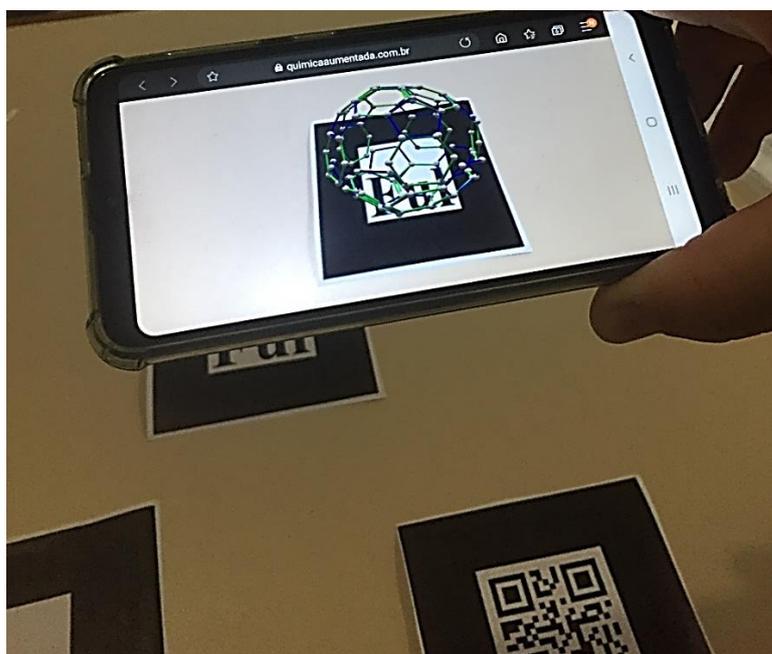
FONTE: A autora (2020)

Na imagem 12 foi um momento que os participantes tiveram acesso ao site <https://quimicaumentada.com.br/>, pois o uso das tecnologias digitais propiciaram momentos significativos e autonomia aos estudantes, sendo assim, é visível que o uso das tecnologias digitais na Web já fazem parte da rotina deles, mas é preciso aumentar os acessos para fazerem parte da rotina escolar, diferentemente do uso apenas para entretenimento, sabe-se que a internet global surgiu na década de 80, no entanto apenas em 1994 tornou-se uma ferramenta para fins doméstico e hoje utilizamos para inúmeras aplicações: redes sociais; aplicativos financeiros; plataformas; blog de opiniões,

informações, críticos, jornalísticos e entretenimento; acesso aos livros em celulares smartphones e etc (LIMA & MOURA, 2015).

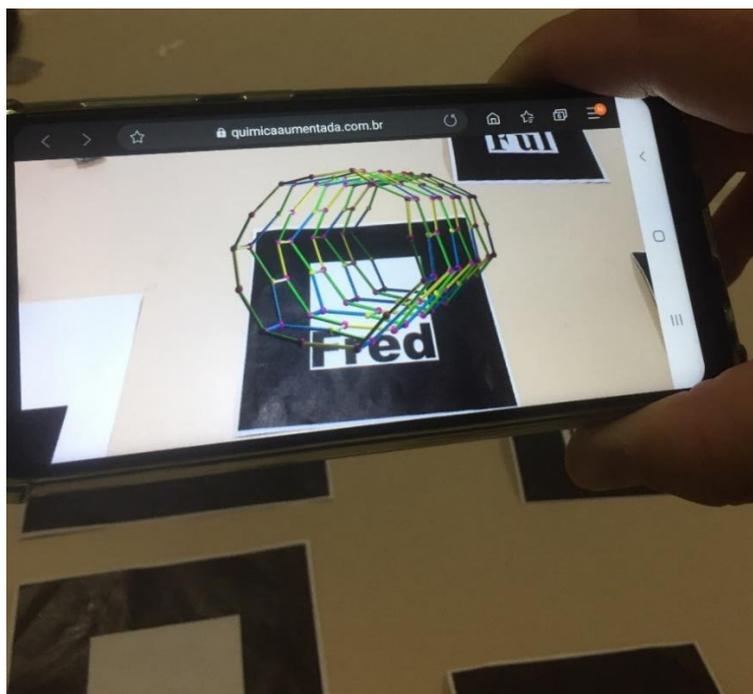
Os participantes foram orientados para acessarem os marcadores de QR-Codes conforme as imagens 13-18 redesenhando a forma de mentalizar as nanomoléculas que antes eles tinham visualizado em duas dimensões, este por sua vez é projetado de forma tridimensional, utilizando-se de um ensino híbrido e potencializando mais uma estratégia de como os alunos poderiam aprender a temática N&N no Ensino Médio, estimulando o protagonismo com os recursos digitais.

Imagem 13: RA – Fulereo – C<sub>60</sub>



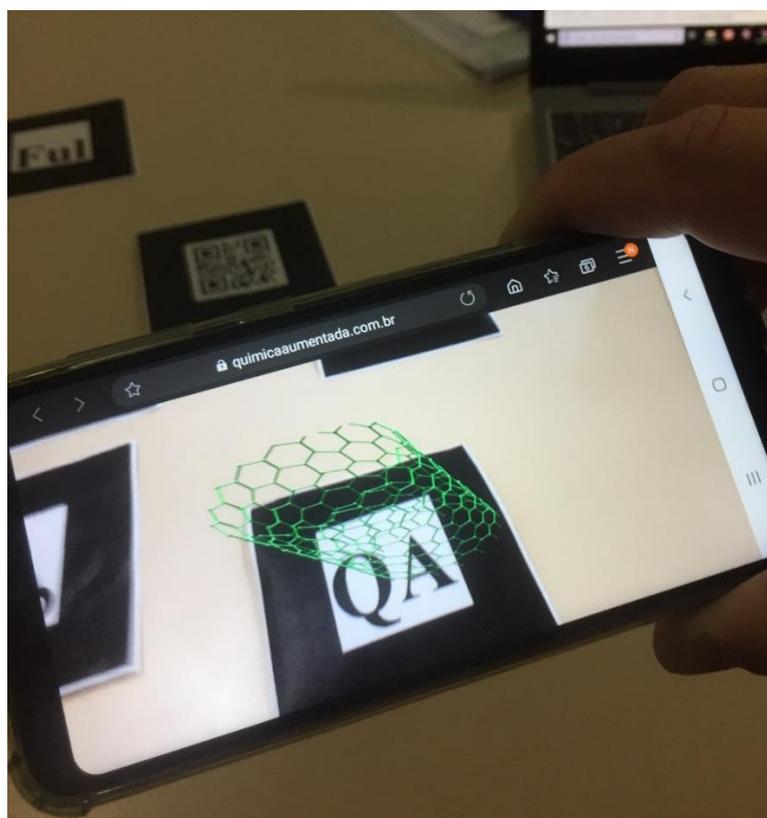
Fonte: Autora (2020)

Imagem 14: RA – Nanotubo – C<sub>60</sub>



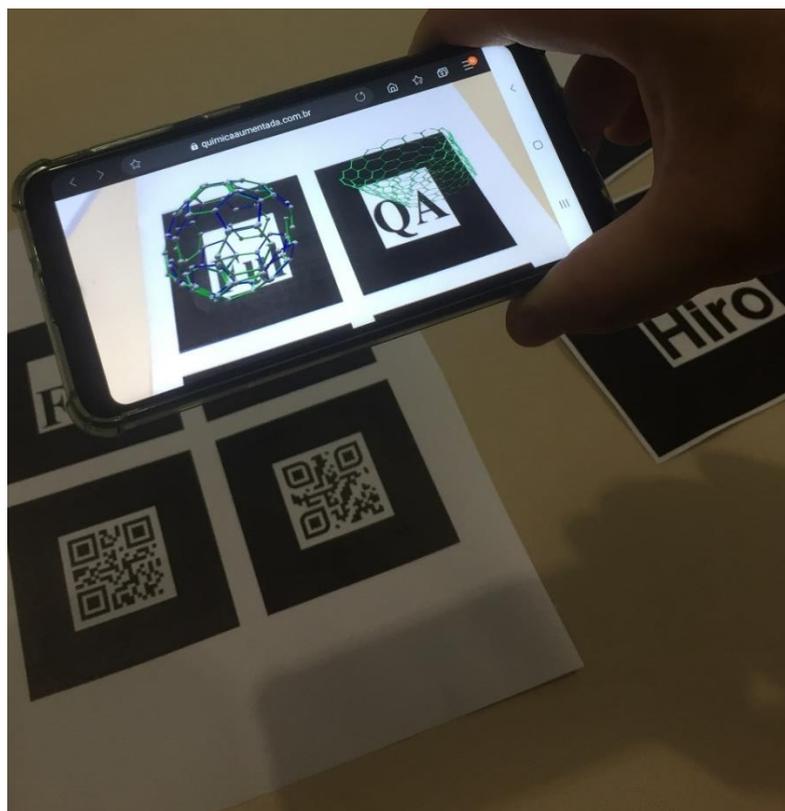
Fonte: Autora (2020)

Imagem 15: RA – Nanotubo – C60



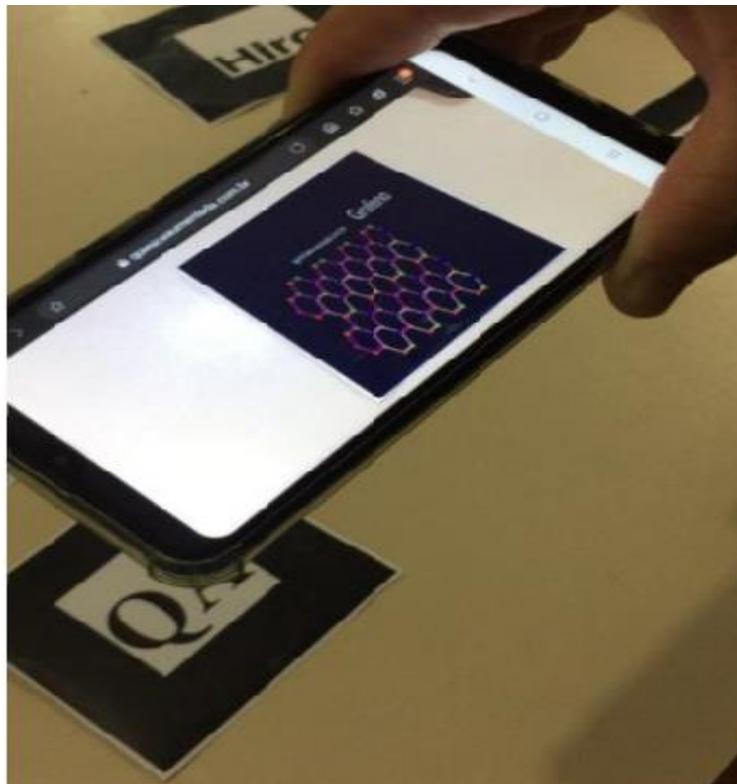
Fonte: Autora (2020)

Imagem 16: RA – Fulereo/Nanotubo – C60



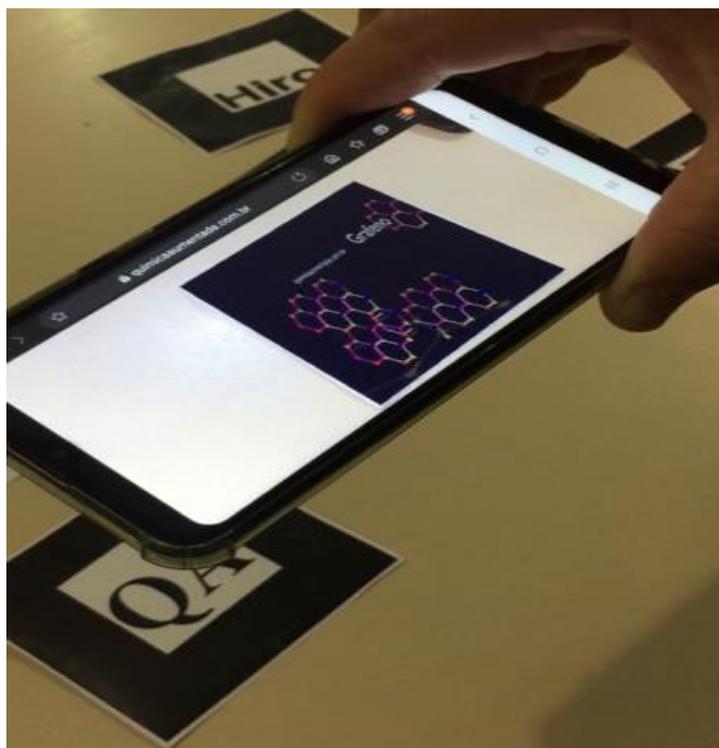
Fonte: Autora (2020)

Imagem 17: RA – Nanotubo – C60



Fonte: Autora (2020)

Imagem 18: RA – Grafeno – C60



Fonte: Autora (2020)

A Realidade Aumentada possibilita uma inclusão de objetos virtuais em modelagens gráficas tridimensionais (KIRNER E KIRNER, 2008), onde o ambiente favorece a interação do sujeito com as animações fazendo com que se tornem uma ilusão aos olhos de que o objeto é real. Através da câmera do celular apontado para um marcador redireciona o aparelho a imagem que se projeta em 3 dimensões, para cada animação criada existe um código diferente.

Nanotubos e Nanopartículas são impossíveis de serem observadas a olho nu, com o auxílio e utilização da realidade aumentada (RA) ajudando a observar essas moléculas facilitará a construção do conhecimento melhorando a compreensão e aproximando os alunos dos estudos teóricos para o prático.

## 5. PRODUTO EDUCACIONAL – NANORA

O Ensino no Brasil vem passando por diversas mudanças e uma delas é a BNCC, que vem como uma instrução normativa para auxiliar a educação no Brasil. A BNCC veio para integrar e contribuir para o alinhamento de outras políticas e ações, orienta à formação de professores, à avaliação, à elaboração de conteúdos e aos critérios para o desenvolvimento da educação brasileira (BRASIL, 2018).

A Base Nacional Comum Curricular é baseada em competências, que é conjunto de mobilidades e valores que resolvam problemas relacionados ao cotidiano (BRASIL, 2018), esta foi definida em 10 (dez) competências básicas da educação, estas devem acompanhar os alunos desde os anos iniciais até o Ensino Médio, no entanto, abordaremos as competências relevantes a este trabalho.

Na competência 2, Pensamento científico, crítico e criativo, a abordagem deve despertar nos estudantes o desenvolvimento de um ser que seja curioso, investigador, reflexivo, capaz de elaborar hipóteses, resolver problemas e criar soluções que envolvam conhecimento tecnológico (BRASIL, 2018). Essa competência vem de encontro ao ensino N&N, e uso da RA, os envolvidos nesse processo de ensino-aprendizagem, necessitam adquirir conhecimento sobre o assunto, para tanto, se faz necessário à pesquisa, investigação, a curiosidade e tudo que se trata na competência citada, após as reflexões e discursões, os estudantes serão integrados na tecnologia e poderão conhecer elementos subatômicos, invisíveis a olho nu, a partir do uso da RA.

Na competência 4, Comunicação, expressar-se a partir de várias linguagens (BRASIL, 2018), para se compartilhar informações os estudantes precisam conhecer e saber partilhar conhecimentos de diversas formas, neste trabalho a exploração da comunicação é utilizada nas discursões sobre N&N e apresentações e dos trabalhos pesquisados. A linguagem é fundamental para que o ensino aconteça de forma eficaz e diversificada.

Na competência 5, Cultura digital, utilizar e compreender tecnologias digitais de informação e comunicação (BRASIL, 2018), a partir do site sobre informações de N&N e da que possibilita a visualização e o conhecimento de nanomoléculas, os estudantes terão a oportunidade de ampliarem seus conhecimentos, resolver questões propostas e disseminar informações, pois a intenção deste trabalho é formar novos pensadores e protagonistas quanto ao estudo sobre N&N, assim, o produto deste trabalho foi

determinado pelos estudantes através do questionário e a sala de aula invertida, chegando a produção e ampliação do conhecimento através do site e do aplicativo RA.

Com base nessas competências, a produção do produto desta dissertação de mestrado, abrangem características específicas abordadas na BNCC, tendo como ponto de partida a pesquisa e a reflexão sobre o assunto estudado, tendo o conhecimento prático como produção de novas formas de aprendizagem e ainda inserindo a abordagem CTSA a N&N em meios digitais como aplicativos e sites para a visualização e informação que produzirá novas formas de comunicação e socialização, uma vez que os estudantes serão levados a resolver situações-problemas que possam ajudá-los a entender o seu cotidiano e a compreensão do uso de N&N e seus aspectos/impactos ambientais.

O Produto Educacional foi construído através de um editor de animação e vídeo, Programa de computador, chamado de Blender3d, produzido pela Blender Foundation no intuito de modelar, criar as animações, fazer as edições de vídeos, texturização e composição das Nanomoléculas, como os fulerenos, nanotubos e grafenos. Utilizando também o Unity 3D, funcionou como um motor de jogo em 3D e uma IDE (Ambiente de Desenvolvimento Integrado), pois o editor de texto utilizado foi software Sublime tex. Assim foi feito um armazenamento em nuvem através do GitHub para hospedagem do site, com princípio ultrapassar os limites da realidade física, trazendo elementos virtuais para nossa dimensão. No desenvolvimento da linguagem de programação foi usado o Java Script, as imagens tratadas através do Adobe Photoshop, editor de imagens. Por último a transferência de arquivo realizada através do FileZila.

A Era Tecnológica está cada vez mais interativa, percebe-se que as pessoas estão investindo cada vez mais com a comprar de smartphones, celulares de última geração, sendo assim, o aparelho apresenta multitarefas, não sendo apenas um “artigo de luxo”, mas para otimizar o tempo, locomoção e comunicação das pessoas. É possível fortalecer o processo de ensino-aprendizagem com o uso desses aparelhos, temos como exemplo, a utilização de aplicativos para dinamizar as aulas sobre N&N. Baseado também na construção do produto educacional deste presente trabalho, o celular smartphone teve a capacidade de possibilitar um ambiente virtual, como a RA.

A inserção da globalização e a utilização desses smartphones foi possível se chegar em lugares até então impossíveis, de certa forma se pode até “viajar no mundo” através do ambiente virtual. Pois de forma literal temos o mundo na “palma da mão”, a exemplo disto temos: livros digitais; aulas vídeos; sites de pesquisa; jogos interativos e aplicativos para utilização de programas da Microsoft, pois as aplicações são diversas,

transformando e aperfeiçoando o meio de comunicação, portanto esses instrumentos são práticos e acessíveis ao docente e neste trabalho utilizou-se o aplicativo Qr-Code como instrumento para RA.

Segundo Ribas (et al., 2017) o aplicativo Qr-Code além de servir de instrumento de identificação e controle, pode ser mais um recurso pedagógico adotado no Ensino Básico. Dessa forma,

O *QR Code* foi criado em 1994, no Japão, pela Denso Wave, uma empresa japonesa fabricante mundial de equipamentos automotivos. O objetivo principal era de se criar um código, em que fosse rapidamente interpretado por um equipamento de leitura, para que assim pudesse catalogar os componentes automotivos produzidos por ela. O nome *QR (Quick Response)* traduzido para o português significa “resposta rápida”, expressa o conceito de desenvolvimento para o código, cujo foco foi colocado na leitura de alta velocidade (RIBAS, et al., 2017, p.14).

O auxílio dos Qr-Code, além de fornecer aos docentes diferentes aplicações, possibilitam o uso das TICs para o LC e desenvolvimento científico do estudante. Desse modo, sabe-se que os Qr-Codes são espécies diferentes de códigos de identificação obedecendo um padrão de leitura do mesmo (PINTO, FELCHER & FERREIRA, 2016).

O QR Code, derivado de “Quick Response” ou “Código de Resposta Rápida” é um código de barras bidimensional de alta velocidade que permite armazenar maior número de informações num menor espaço. Os diferentes tipos de dados armazenados incluem caracteres alfabéticos (até 4.296 caracteres), números (até 7.089 caracteres), binários (até 2.953 bytes), Kanji e Kana, alfabeto japonês (até 1.817 caracteres) e podem ser lidos por quase todos os celulares que possuem câmeras fotográficas que fazem a leitura do código, sendo processado por meio da correção de erros Reed-Solomon, até que a imagem seja interpretada da forma pretendida (COLMAN, 2019, p. 17).

A RA nos estudos da N&N são necessários para melhor conceituar a visualização de nanomoléculas, propostas como as criadas neste trabalho “A N&N em Uma Abordagem CTSA para o ensino de Química em realidade aumentada” como produto educacional destacados no site: “<https://quimicaaumentada.com.br>”, é uma parcela de contribuição para o progresso da ação de ensino-aprendizagem fora dos “muros” da escola.

## 6. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A compreensão da temática N&N está intimamente ligada aos avanços tecnológicos, pois a modernidade tem sido resultado de conhecimentos científicos e do incentivo e investimento em pesquisas ao longo prazo e este processo inicia-se com o Ensino Básico. Os participantes apresentaram conhecimentos prévios em relação a temática N&N a partir do questionário semi-estruturado, utilizando as imagens como “ponto de partida”, uma ferramenta que possibilitou a mediação semiótica, pois muitos fizeram o reconhecimento e trouxeram alguns significados coerentes às imagens, fazendo sempre a relação entre a Ciência e a Tecnologia. Pois sim, estamos na Era da descoberta, pois a Nanotecnologia não é mais uma ficção científica, a miniaturização já é uma realidade do nosso cotidiano.

Pois bem, o educador/orientador deve levar ao estudante a uma visão interdimensional, interdisciplinar e reflexiva quanto aos estudos da nanociência e suas aplicações com a nanotecnologia, compreender que este conhecimento possui relação direta com avanços na Ciência, Tecnologia, Sociedade e possíveis benefícios/males ao Meio Ambiente. Além disso, o professor precisa alertá-los sobre os possíveis perigos que uma nova ciência pode trazer à sociedade, isto é, avaliar de que forma o conhecimento da química pode contribuir para o desenvolvimento da sociedade ou o mau uso deste conhecimento podem trazer consequências indesejáveis ou até irreversíveis, essas competências devem ser formadas pelo próprio estudante através da interação, atividade significativa e diálogo no processo de ensino-aprendizagem.

Os integrantes da pesquisa fizeram o reconhecimento da temática principalmente através das propagandas de TV, internet e quase todos referiram a nanotecnologia aos filmes que assistiram, pois é notório a tendência digital com a temática futurística através de filmes de ficção científica, no entanto esses filmes também trazem um “teor” Científico. Assim, em destaque o prefixo “nano”, grande parte dos participantes relacionaram a “algo pequeno”, a minoria conheciam a escala nanométrica, já no que se refere a modelagem molecular a maior parte dos estudantes desconheciam o termo, deste modo as áreas que os participantes acreditavam que a N&N estivessem mais presente foram respectivamente, Química, Biologia, Informática, Medicina, Física e Engenharias. Pois poucos foram os participantes que citaram Arte e Ética e Legislação. Como já foi exposto a Nanotecnologia apresenta muitas possibilidades para o futuro da Ciência e

sociedade, além da capacidade de gerar produtos com fins lucrativos ou até mesmo trazer um novo caminho problemas ambientais ou ter resultados inesperados e negativos.

A Ciência sempre vai evoluir, é um meio natural do progresso do conhecimento, é preciso associar a Ciência com a consciência humana e estabelecer a razão. Além disso, é preciso ter cautela para não gerar antagonismo antes do assunto ser assimilado, as pessoas precisam ser formadas cientificamente, conhecer os riscos e os benefícios para ter uma opinião e decisão criteriosa.

É desafiador ensinar, conceituar, caracterizar e levar o estudante a interpretar os efeitos e a importância do conhecimento para a sua vida, e em relação a temática N&N é desafiador para o professor levar ao estudante a compreensão e importância de aprender algo que ele não pode visualizar ou tocar por meio de propriedades organolépticas. Assim, grande parte dos participantes referiu as imagens à tecnologia, como a utilização de estruturas nanométricas para aplicações na medicina, o futuro da ciência, além da capacidade de aperfeiçoar outras tecnologias, por isso este presente trabalho trouxe uma proposta didática, interativa e significativa através do produto educacional, recursos que facilitem a compreensão e assimilação dos signos, bem como conceitos das moléculas em escala nanométrica, quanto a que foi criada pelo mestrado MPECIM nesta pesquisa utilizando a RA.

A formação dos grupos e a Aula invertida foram momentos importantíssimos para construção de um aprendizado baseado na interação e no diálogo, confrontando as divergências dos estudantes em relação a temática abordada, além de autoresponsabilizar o estudante pelo processo de ensino-aprendizagem.

Basicamente a sala de aula atualmente tem sido minada pelo uso excessivo dos celulares em atividades que produzem distrações ao invés de aprendizagem significativa. O professor pode e deve usar o celular como instrumento de ensino-aprendizagem, aplicativos e instrumentos que consolidam a construção de conhecimento.

Desta forma, com tudo na mão, “dois cliques no celular” o estudante pode acessar uma infinidade de informações que gere conhecimento científico, cultural e social. Porquanto ficou monótono o ensino tradicional em sala de aula, em virtude da dinâmica e interatividade dessa geração digital, a busca por sites, vídeos aulas e aplicativos, trouxeram à modernidade ao Ensino Básico. Essa tendência mostra que, cada vez mais o professor/orientador/facilitador e mediador deve ter intencionalidade em suas aulas e também deve aderir ao uso de outros recursos didáticos para promover uma aprendizagem significativa.

Diante de temas como N&N, não existe uma receita pronta de como ensinar assuntos complexos para uma turma de Ensino Médio, entretanto, a prática pedagógica intencional do professor deve despertar no estudante o interesse através de metodologias ativas, como o uso da “Sala Invertida”. Desse modo, possibilitou ao estudante o exercício da autoresponsabilidade referente as competências que eles precisam adquirir ao longo do Ensino Básico. Além disso, no decorrer das atividades/comandos de pesquisa o estudante desenvolveu o autoconhecimento sobretudo como exercer o protagonismo.

O educador deve levar problemáticas contextualizadas em coerência a realidade de aprendizagem de seu educando, para em seguida serem discutidas avaliadas, buscando que seus estudantes proponham soluções que visem estabelecer e interpretar conceitos de maior complexidade, fazendo com que exista uma acomodação de novos conhecimentos, assim, busca-se com isso formar um cidadão político e crítico. Pois é imprescindível fazer o emprego de novas ferramentas que facilitem o processo de ensino-aprendizagem como as disponíveis em TICs.

Este trabalho teve como situação-problema entender de alguma forma como ensinar N&N para os estudantes da 1ª série do Ensino Médio, pois bem, é preciso alfabetizá-los com instrumentos disponíveis na Era Digital, possibilitando a construção dos quatro pilares da educação que são levar o educando a “Ser, Conviver, Conhecer e Fazer”, instigando-o a proatividade e a consciência ambiental.

Em virtude dos fatos mencionados e com releitura das obras de Paulo Freire e Ausubel a capacidade de compreensão e associação dos fatos deve ser estimulada pela docência, onde o estudante deve ser “livre”, ou seja, autônomo para “aprender a aprender”, e neste aspecto o professor/orientador somente deve ser o facilitador e não um mero transmissor de conteúdo. Como metáfora o professor é por muitas vezes uma “vírgula” ou um “ponto de partida” em um texto, pois o “ponto final” depende exclusivamente do sujeito ativo e protagonista, o estudante.

## 7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABOBOREIRA, E. M. C. **Alfabetização científica no contexto da formação continuada de professores da educação básica**. Ilhéus: UESC, 2015. Disponível em: <<http://www.biblioteca.uesc.br/biblioteca/bdtd/201370053D.pdf>>. Acesso em: 07 fev. 2019.

AGRA, G. [et al.]. **Análise do conceito de Aprendizagem Significativa a luz da Teoria de Ausubel**. Revista Brasileira de Enfermagem REBEN. Revisão. 2019. Disponível em: <[http://www.scielo.br/pdf/reben/v72n1/pt\\_0034-7167-reben-72-01-0248.pdf](http://www.scielo.br/pdf/reben/v72n1/pt_0034-7167-reben-72-01-0248.pdf)>. Acessado em 28 de abr. de 2020.

ARAUJO, S. D. **Alfabetização científica e cidadania socioambiental: Educação ambiental na cidade de Vitória**. Vitória: Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Espírito Santo. Espírito Santo. 2017. Disponível em: <[http://educimat.ifes.edu.br/images/stories/MPECM\\_\\_E-book\\_\\_Produto\\_Educacional\\_\\_Sirlene\\_Dias\\_Ara%C3%BAjo\\_\\_Turma\\_215\\_-\\_DS\\_\\_V\\_Final\\_em\\_17.04.2018.pdf](http://educimat.ifes.edu.br/images/stories/MPECM__E-book__Produto_Educacional__Sirlene_Dias_Ara%C3%BAjo__Turma_215_-_DS__V_Final_em_17.04.2018.pdf)>. Acesso em: 07 fev. 2019.

AULER, D.; DELIZOICOV, D. **Compreensões de alunos da educação básica sobre interações CTS**. In: Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências. Bauru, 2005.

AUSUBEL, D. P. **Aquisição e Retenção de Conhecimentos: Uma Perspectiva Cognitiva**. Lisboa: Plátano Edições Técnicas. 2003.

BESSA, V. da H. **Teorias da Aprendizagem**. Curitiba. IESDE. Brasil. S. A. 2008. Disponível em: <[http://files.psicologandoja.webnode.com.br/200000064-e4114e50b2/teorias\\_da\\_aprendizagem\\_online.pdf](http://files.psicologandoja.webnode.com.br/200000064-e4114e50b2/teorias_da_aprendizagem_online.pdf)>. Acessado em 26 de fev. 2019.

BERNARDINELLI, S. **Nanotecnologia verde em uma perspectiva CTSA: análise de uma proposta didática Webquest para a alfabetização científica na educação básica**. São Carlos - São Paulo. 2014. Disponível em: <<https://repositorio.ufscar.br/bitstream/handle/ufscar/6599/6289.pdf?sequence=1>> Acesso em 02 fev. 2019.

BOAS, A. V. et al. **História da ciência e natureza da ciência: debates e consensos**. Caderno Brasileiro do Ensino de Física, v. 30, n. 2: p. 287-322, ago. 2013. Disponível: <<https://dialnet.unirioja.es/descarga/articulo/5165485.pdf>>. Acesso em: 07 fev. 2019.

BOGDAN, R.; BIKLEN, S. **Investigação Qualitativa em Educação: uma introdução à Teoria e aos Métodos**. Portugal: Porto, 1994.

BORGES, C. de O. et al. **Vantagens da Utilização do Ensino CTSA Aplicado à Atividades Extraclasse**. XV Encontro Nacional de Ensino de Química - XV ENEQ. Brasília. Distrito Federal 2010.

Disponível:<<http://www.sbj.org.br/eneq/xv/resumos/R0277-1.pdf>>. Acesso em: 10 fev. 2019.

BOUZON, J. D. **O Ensino de Química no Ensino CTS Brasileiro: uma Revisão Bibliográfica de Publicações em Periódicos.** O Ensino de Química no Ensino CTS Brasileiro. Química nova escola. São Paulo. 2018

BORSCHIVER S. ET AL. **Patenteamento em Nanotecnologia: Estudo do Setor de Materiais Poliméricos Nanoestruturados.** Polímeros: Ciência e Tecnologia, vol. 15, n° 4, p. 245-248, 2005. Disponível em : <[https://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0104-14282005000400007](https://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0104-14282005000400007)> Acessado em 10 de jun. 2019.

BRANCO, C. C.; ALVES, M. M. **Complexidade e Sala de Aula Invertida – Considerações Sobre o Método.** EDUCERE – Congresso Nacional de Educação, p. 15465-15477, 2015. Disponível em: <[https://educere.bruc.com.br/arquivo/pdf2015/20881\\_9548.pdf](https://educere.bruc.com.br/arquivo/pdf2015/20881_9548.pdf)> Acessado em 10 de jun. 2019.

BRASIL. **Panorama Demográfico na Amazônia Sul Ocidental: O caso do Estado do Acre. Demographic Panorama in the south west Amazon: The case of the State of Acre.** FEA/USP. São Paulo. 2017. Disponível:<[http://siscone.v.com.br/Uploads/ENABER17/Trab015700348720170609\\_000000.pdf](http://siscone.v.com.br/Uploads/ENABER17/Trab015700348720170609_000000.pdf)>. Acesso em: 07 fev. 2019.

BRIGHENTE, M. F.; MESQUIDA, P. **Paulo Freire: da denúncia da educação bancária ao anúncio de uma pedagogia libertadora.** Pro-posições. 2016. Disponível em:< <http://www.scielo.br/pdf/pp/v27n1/1980-6248-pp-27-01-00155.pdf>>. Acesso em 22 de fev. 2019.

BROWN, L. B. **“Química: A Ciência Central”.** 9ª Edição, Pearson Education. 2008.

BUENO, C. S. C. **Ciência, tecnologia e inovação para o desenvolvimento das Regiões Norte e Nordeste do Brasil:** Novos desafios para a política nacional de CT&I. Brasília: Centro de Gestão e Estudos Estratégicos. 2011. Disponível em:<[https://www.cgee.org.br/documents/10195/734063/Ciencia\\_Tecn\\_Inov\\_Desv\\_NE\\_9543.pdf/5f26792b-430f-4a6f-aac7-3c2b8922fdb4?version=1.2](https://www.cgee.org.br/documents/10195/734063/Ciencia_Tecn_Inov_Desv_NE_9543.pdf/5f26792b-430f-4a6f-aac7-3c2b8922fdb4?version=1.2)>. Acessado em 12 fev. 2019.

CARVALHO I. et al. **Introdução a modelagem molecular de fármacos no curso experimental de química farmacêutica.** Disponível em: <[https://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0100-40422003000300023&nrm=iso&tlng=pt](https://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0100-40422003000300023&nrm=iso&tlng=pt)> Acessado em 10 de jun. 2019.

CACHAPUZ, A. F. **Epistemologia e Ensino das Ciências no Pós-Mudança Conceptual: Análise de um Percurso de Pesquisa.** In: Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências. Valinhos, 1999.

CALIANI, F. M.; BRESSA, R. de C. **Refletindo sobre a aprendizagem: As teorias de**

**Jean Piaget e David Ausubel.** Universidade do Oeste Paulista. UNOESTE. Colloquium Humanarum. vol. 14. 2017. Disponível em: <<http://www.unoeste.br/site/enepe/2017/suplementos/area/Humanarum/4%20-%20Educa%C3%A7%C3%A3o/REFLETINDO%20SOBRE%20A%20APRENDIZAGEM%20AS%20TEORIAS%20DE%20JEAN%20PIAGET%20E%20DAVID%20AUSUBEL.pdf>>. Acessado em 26 de fev. 2019

CAMARA, V. F. da S.; PROCHNOW, T. R. **A abordagem da nanociência e nanotecnologia nos livros didáticos de Química do Ensino Médio.** XVIII Encontro Nacional de Ensino de Química (XVIII ENEQ). Florianópolis. Santa Catarina. 2016. Disponível em: <[https://www.researchgate.net/publication/319262503\\_A\\_abordagem\\_da\\_nanociencia\\_e\\_nanotecnologia\\_nos\\_livros\\_didaticos\\_de\\_Quimica\\_do\\_Ensino\\_Medio](https://www.researchgate.net/publication/319262503_A_abordagem_da_nanociencia_e_nanotecnologia_nos_livros_didaticos_de_Quimica_do_Ensino_Medio)>. Acessado em 11 fev. 2019.

CAMPOS, R. A. **A Educação Ambiental e a Formação do Educador Crítico: Estudo de Caso em Uma Escola da Rede Pública.** Dissertação de Mestrado – PUC Campinas, 2006.

CARTA AO EDITOR. **Nanotecnologia e o Meio Ambiente: Perspectivas e riscos.** Química Nova. 2004. Disponível: <<http://www.scielo.br/pdf/qn/v27n6/22297.pdf>>. Acesso em: 07 fev. 2019.

CEREZO, J. A. L. **Ciencia, Tecnología y Sociedad: el estado de la cuestión en Europa y Estados Unidos.** Revista Iberoamericana de Educación. n. 18, 1998. Disponível em: <<https://rieoei.org/historico/oeivirt/rie18a02.htm>>. Acesso em 25 fev. 2019.

CHASSOT, A. **Alfabetização científica: uma possibilidade para a inclusão social.** Revista Brasileira de Educação. 2003. Disponível: <<http://www.scielo.br/pdf/rbedu/n22/n22a09.pdf>>. Acesso em: 22 fev. 2019.

COLMAN, C. B. **Utilização do Aplicativo QR Code no Ensino de Ciências.** Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Porto Alegre. 2019. Disponível em: <<https://www.lume.ufrgs.br/bitstream/handle/10183/197080/001097436.pdf?sequence=1>>. Acessado em 28 de abr. de 2020.

COSTA, C. A. S. da; LOUREIRO, C. F. B. **Educação ambiental crítica: uma leitura ancorada em Enrique Dussel e Paulo Freire.** Revista Georaguaia. v. 3, n. 2, 2013.

DANTAS, G. Uma sociedade pós-humana? Possibilidades e riscos da nanotecnologia. In NEUTZLING, Inácio; ANDRADE, Paulo Fernando Carneiro de (ORGS.). **Uma sociedade pós-humana: possibilidades e limites das nanotecnologias.** São Leopoldo: Editora Unisinos, 2009. p. 23.

DARTIGUES, A. **O que é fenomenologia.** São Paulo: Ed. Moraes Ltda, 1992.

DELIZOICOV, D. **Concepção problematizadora do ensino de ciências na educação formal: relato e análise de uma prática educacional na Guiné Bissau.** 1982. 227 f. Dissertação (Mestrado) – Universidade de São Paulo, São Paulo, 1982.

DELIZOICOV, D. **Conhecimento, Tensões e Transições**. Tese. São Paulo: FEUSP. 1991.

DELIZOICOV, D.; ANGOTTI, J. A.; PERNAMBUCO, M. M. **Ensino de ciências: fundamentos e métodos**. São Paulo: Cortez, 2002. Disponível em: <<http://portal.mec.gov.br/docman/fevereiro-2017-pdf/58611-doc-orientador-elaboracao-de-propostas-de-redesenho-curricular-prc-pdf/file>>. Acessado em 13 fev. 2019.

DE QUEIROZ, E. D.; PLÁCIDO, P. de O. **Um olhar para a formação de professores a partir da educação ambiental crítica**. XVI ENDIPE - Encontro Nacional de Didática e Práticas de Ensino. UNICAMP. Campinas. 2012.

DULPAS, G. **Uma sociedade pós-humana? Possibilidades e riscos da nanotecnologia**. In NEUTZLING, I.; ANDRADE, P. F. C. de. Uma sociedade pós-humana: possibilidades e limites das nanotecnologias. São Leopoldo: Editora Unisinos, 2009. p. 57.

FAVILA, M. A.; ADAIME, M. Uma análise da contextualização na perspectiva CTSA sob a ótica do professor de Química. Remoa. **Revista do Centro do Ciências Naturais e Exatas**. UFSM. Santa Maria. 2013. Disponível: <<https://periodicos.ufsm.br/remoa/article/viewFile/10994/pdf>>. Acesso em: 07 fev. 2019.

FELTRE, R. **Fundamentos da Química**. Volume Único. 1ª edição. São Paulo: Moderna. 1990.

FELTRE, R. **Química**. Volume Único. Moderna: São Paulo. 1990.

FILHO, R. B. **Uma abordagem para o Ensino Baseado da aprendizagem significativa usando a Teoria das categorias**. Uberlândia. Mato Grosso. 2013. Disponível em: <<https://repositorio.ufu.br/bitstream/123456789/14332/1/AbordagemEnsinoBaseada.pdf>>. Acessado em 26 de fev. 2019.

FITAS, A. J. dos S. **História e Filosofia da Ciência (Coletânea de textos)**. Universidade de Évora. 2011. Disponível: <<https://dspace.uevora.pt/rdpc/bitstream/10174/4200/1/Notas-HFC-ajsFITAS.pdf>>. Acesso em: 07 fev. 2019.

FREIRE, P. **Pedagogia da autonomia: saberes necessários à prática educativa**. São Paulo, SP: Paz e Terra, 1996.

FREIRE, P. **Educação como prática de liberdade**. Paz e Terra. Rio de Janeiro. 1967. Disponível em: <[http://www.dhnet.org.br/direitos/militantes/paulofreire/livro\\_freire\\_educacao\\_pratica\\_liberdade.pdf](http://www.dhnet.org.br/direitos/militantes/paulofreire/livro_freire_educacao_pratica_liberdade.pdf)>. Acessado em 15 fev. 2019.

FREIRE, P. **Pedagogia da indignação: cartas pedagógicas e outros escritos**. São Paulo: UNESP. 2000.

- FREIRE, P. F. **Pedagogia do Oprimido**. Editora: Paz e Terra. São Paulo.1968.
- FREIRE, P. **Pedagogia do Oprimido**. Rio de Janeiro: Paz e Terra, 1983.
- \_\_\_\_\_, P. (2000a). **Pedagogia da Indignação: Cartas Pedagógicas e Outros Escritos**. São Paulo, Editora UNESP.
- \_\_\_\_\_, P. **Educação como Prática da Liberdade**. 29. ed. Rio de Janeiro: Paz e Terra, 2006.
- \_\_\_\_\_, P. **Educação como prática da liberdade**. 34ª ed. Rio de Janeiro: Paz e Terra, 2011a.
- \_\_\_\_\_, P. **Pedagogia da autonomia: saberes necessários à prática educativa**. São Paulo, Ed. Paz e Terra, 2011.
- \_\_\_\_\_, P. **Pedagogia da tolerância**. Organização e notas de Ana Maria Araújo Freire. São Paulo: Editora UNESP, 2004.
- \_\_\_\_\_, P. **Pedagogia do oprimido**. 43. ed. Rio de Janeiro: Editora Paz e Terra, 2005.
- \_\_\_\_\_, P. **Pedagogia do Oprimido**. 60ª ed. Rio de Janeiro: Paz e Terra, 2016.
- \_\_\_\_\_, P. **Pedagogia do Oprimido**. Rio de Janeiro: Paz e Terra, 2007.
- GIL, A. C. *Como elaborar projetos de pesquisa*. 4. ed. São Paulo: Atlas, 2002.
- GILBERT, J. K. Visualization: A metacognitive Skill in science and Science Education. In John K. Gilbert (Eds.) **Visualization in Science Education**. Dordrecht: Springer, p. 9-27, 2007b.
- GIORDAN, M. **Computadores e linguagens nas aulas de ciências**. Ijuí: Unijuí. 2008.
- GT. Grupo de Trabalho. **A Educação em Paulo Freire como processo de humanização**. PUCPR. 2015. Disponível em:< [http://educere.bruc.com.br/arquivo/pdf2015/18184\\_7792.pdf](http://educere.bruc.com.br/arquivo/pdf2015/18184_7792.pdf)>. Acessado em 15 fev. 2019.
- GUIMARÃES, M. **A formação de educadores ambientais**. 4ª edição. Campinas. SP: Papyrus, 2004.
- IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Perfil dos Municípios Brasileiros**. Disponível em:< <https://biblioteca.ibge.gov.br/visualizacao/livros/liv101595.pdf>>. Acessado em 12 de fev. 2019.
- ICE. [Instituto de Corresponsabilidade pela Educação]. **Modelo Pedagógico: Princípios Educativos**. Escola da Escolha. Recife, PE. 2015. Disponível em:< [https://www.fsadu.org.br/c/1234/get\\_doc.php?id=6&c=f268f7392bd03d7d9bf7dc7b8894dc178c8cd1e6](https://www.fsadu.org.br/c/1234/get_doc.php?id=6&c=f268f7392bd03d7d9bf7dc7b8894dc178c8cd1e6)>. Acessado em 05 de mai. 2020.
- JESUS, K. R. E. de; CASTRO, V. L. S. S. de. **Nanotoxicologia aliada à avaliação de**

**riscos ambientais – Uma estratégia para avaliações de segurança das nanotecnologias no Brasil.** Embrapa Instrumentação. São Carlos. 2013. Disponível em: <<https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/87072/1/2013AA17.pdf>>. Acessado em 19 de fev. 2019.

JOHNSON, S. **Surpreendente! a televisão e o videogame nos tornam mais inteligentes.** Rio de Janeiro: Elsevier, 2005.

JUNIOR, J. L. S. **Ciência do futuro e futuro da ciência: redes e políticas de nanociências e nanotecnologia no Brasil.** Rio de Janeiro: EdUERJ. 2013.

KENSKI, V. M. **Tecnologias e ensino presencial e a distância.** 2. ed. Campinas: Papirus. 2004.

LAMOSA, R. de A. C.; LOUREIRO, C. F. B. A educação ambiental e as políticas educacionais: um estudo nas escolas públicas de Teresópolis (RJ). **Educação e Pesquisa.** São Paulo. 2011. Disponível: <<http://www.scielo.br/pdf/ep/v37n2/v37n2a05.pdf>>. Acesso em: 07 fev. 2019.

LIMA, D. de S. **Amazônia Sul Ocidental: nas fronteiras (des)territorializantes do capital.** MDR/UFAC. 2008. Disponível: <<http://observatoriogeograficoamericalatina.org.mx/egal12/Geografiasocioeconomica/Geopolitica/05.pdf>>. Acesso em: 07 fev. 2019.

LIMA, L. H. F; MOURA, F. R. **O professor no Ensino Híbrido.** In: Ensino híbrido: personalização e tecnologia na educação [recurso eletrônico] / Organizadores, Lilian Bacich, Adolfo Tanzi Neto, Fernando de Mello Trevisani. – Porto Alegre: Penso, 2015. e-PUB.

LOPES, M. G. **Jogos na educação: Criar, fazer, jogar.** 6ª Edição. São Paulo. Editora Cortez: 2005.

LOPES, M. L.; FLORCZAK, M. A. **Divulgação Científica no ensino de Ciências.** Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Campus Curitiba. 2009. Disponível: <<http://www.diaadiaeducacao.pr.gov.br/portals/pde/arquivos/2492-6.pdf>>. Acesso em: 07 fev. 2019.

LOUREIRO, C. F. B. **Trajetórias e fundamentos da educação ambiental.** 3ª edição. São Paulo: Cortez, 2009.

MARTINS, L. A. P. História da Ciência: Objetos, métodos e problemas. **Ciência & Educação.** 2005. Disponível: <<http://www.scielo.br/pdf/ciedu/v11n2/10.pdf>>. Acesso em: 07 fev. 2019.

MARTIOLI, A. C. S.; PINHEIRO, F. **Nanotecnologia: Uma breve discussão sobre os impactos da nanotecnologia à saúde humana e ao meio ambiente.** Centro de Pós Graduação Oswaldo Cruz. 2013. Disponível: <[http://revista.oswaldocruz.br/Content/pdf/Edicao\\_08\\_Andrezza\\_Martioli.pdf](http://revista.oswaldocruz.br/Content/pdf/Edicao_08_Andrezza_Martioli.pdf)>. Acesso em: 07 fev. 2019.

MELLER, C. B. **Educação Ambiental como possibilidade para superação da fragmentação do trabalho escolar**. (Dissertação de Mestrado) Ijuí: UNIJUÍ, 124p. 1997.

MINISTERIO DA EDUCAÇÃO. **Programa Ensino Médio Inovador Documento Orientador: Elaboração de Propostas de Redesenho Curricular**. 2016/2017.

MORAN, JOSÉ. Educação Híbrida: Um conceito chave para a educação, hoje. In: Ensino híbrido: personalização e tecnologia na educação [recurso eletrônico] / Organizadores, Lilian Bacich, Adolfo Tanzi Neto, Fernando de Mello Trevisani. – Porto Alegre: Penso, 2015. e-PUB.

MOREIRA, M. A. **Aprendizagem significativa: da visão clássica à visão crítica**. UFRGS, p. 1–15, 2006. Disponível em: <<http://moreira.if.ufrgs.br/visaoclasicavisao critica.pdf>>. Acesso em: 06 fevereiro 2019.

MORAIS, P. C. et al. **Preparation and Characterization of ultra-stable biocompatible magnetic fluids using citrate-coated cobalto ferrite nanoparticles**. Thin Sol. Films, V. 515, p. 266-270, 2006.

MORAIS, P. C.; SILVA, A. F.; LEITE, E. S.; GARG, V. K.; OLIVEIRA, A. C.; VIALI, W. R.; SARTOTATTO, P. P. C. Tailoring magnetic nanoparticle for transformers application. **J. Nanosci. Nanotech**, 2009.

MOREIRA, M. A. **Teorias da Aprendizagem**. São Paulo: EPU. 1999. Disponível em: <[https://edisciplinas.usp.br/pluginfile.php/2012307/mod\\_resource/content/1/Teorias%20de%20Aprendizagem%20Marco%20Antnio%20Moreira.pdf](https://edisciplinas.usp.br/pluginfile.php/2012307/mod_resource/content/1/Teorias%20de%20Aprendizagem%20Marco%20Antnio%20Moreira.pdf)>. Acessado em 26 de fev. 2019.

MOURA, M. A. **Educação científica e cidadania: abordagens teóricas e metodológicas para a formação de pesquisadores juvenis**. Belo Horizonte: UFMG. PROEX, 2012. Disponível: <<https://www.ufmg.br/proex/cpinfo/educacao/docs/livro.pdf>>. Acesso em: 07 fev. 2019.

NASCIMENTO, T. G. **Leituras de divulgação científica na formação inicial de licenciandos de ciências**. Florianópolis: UFSC/CFM/CED. 2008. Disponível em: <<http://www.fiocruz.br/brasileana/media/TatianaNascimentoTese.pdf>>. Acesso em: 07 fev. 2019.

NEUTZLING, I.; ANDRADE, P. F. C. de. Uma sociedade pós-humana: **possibilidades e limites das nanotecnologias**. São Leopoldo: Editora Unisinos, 2009.

NICHELE, A. G.; SCHLEMMER, E. Aplicativos para o ensino e aprendizagem de Química. **RENOTE. Revista Novas Tecnologias na Educação**, v. 12, p. 1-9, 2014. Disponível em: < <http://seer.ufrgs.br/index.php/renote/article/view/53497>> Acessado em 28 de abr. 2020.

NICHELE, A. G.; SCHLEMMER, E. & RAMOS, A. de F. **QR Codes na Educação em Química**. Novas Tecnologias na Educação. CINTED-UFRGS. 2015. Disponível

em:<<https://pdfs.semanticscholar.org/b0dd/4558b23f8745cb61c156407ff69250960883.pdf>>. Acessado em 28 de abr. de 2020.

NOGUEIRA, M. G. C. et al. **Linguagens e Identidades da/na Amazônia Sul-Occidental: Narrativas, Naturezas e Memórias**. Rio Branco. Acre: Nepan. 2018. Disponível:<[http://www.mel.unir.br/uploads/56565656/arquivos/Linguagens\\_e\\_Identidades\\_dana\\_Amaz\\_nia\\_Sul\\_Occidental\\_Narrativas\\_\\_Naturezas\\_e\\_Mem\\_rias\\_2138790726.pdf](http://www.mel.unir.br/uploads/56565656/arquivos/Linguagens_e_Identidades_dana_Amaz_nia_Sul_Occidental_Narrativas__Naturezas_e_Mem_rias_2138790726.pdf)>. Acesso em: 07 fev. 2019.

NOVO, M. S. **Nanociências, Nanotecnologias: Uma visão desde seu nascimento até apresentação das temáticas à sociedade**. UFRG. Rio Grande. 2013. Disponível:<<http://repositorio.furg.br/bitstream/handle/1/4816/Magda%20Suzana%20Novo.pdf?sequence=1>>. Acesso em: 07 fev. 2019.

OSTERMANN, F. **Teorias de Aprendizagem**. Porto Alegre: Evangraf. UFRGS. 2011. Disponível em:<[http://www.ufrgs.br/sead/servicos-ead/publicacoes-1/pdf/Teorias\\_de\\_Aprendizagem.pdf](http://www.ufrgs.br/sead/servicos-ead/publicacoes-1/pdf/Teorias_de_Aprendizagem.pdf)>. Acessado em 26 de fev. 2019.

PASCHOALINO, M. P.; MARCONE, G. P. S.; JARDIM, W. F. Os Nanomateriais e a Questão Ambiental. **Quim. Nova**, Vol. 33. 2010. Disponível em:<[http://quimicanova.sbq.org.br/imagebank/pdf/Vol33No2\\_421\\_32-RV09047.pdf](http://quimicanova.sbq.org.br/imagebank/pdf/Vol33No2_421_32-RV09047.pdf)>. Acessado em 19 de fev. 2019.

PERALTA, J; RUIZ, J. Educação popular ambiental. Para uma pedagogia da apropriação do ambiente. In: LEFF, E. (Coord.). *A complexidade ambiental*. São Paulo: Cortez, 2004. p. 241-280.

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

PINHEIRO, M. **Fundamentos de Neuropsicologia - O Desenvolvimento Cerebral da Criança**. Vita et Sanitas, Trindade/Go, v. 1, n. 01, 2007. Disponível em <[file:///C:/Users/profb/Downloads/desenvolvimentos\\_cerebral%20\(1\).pdf](file:///C:/Users/profb/Downloads/desenvolvimentos_cerebral%20(1).pdf)> Acesso 09/07/2018.

PINTO, A. C. M.; FELCHER, C. D. O. & FERREIRA, A. L. A. **Considerações sobre O Uso do Aplicativo Qr Code no Ensino da Matemática: Reflexões sobre o papel do Professor**. Universidade Federal de Petrópolis. 2016. Disponível em:<[http://www.sbem.com.br/enem2016/anais/pdf/8323\\_4386\\_ID.pdf](http://www.sbem.com.br/enem2016/anais/pdf/8323_4386_ID.pdf)>. Acessado em 28 de abr. 2020.

PYRRHO M.;SCHRAMM F. R. A moralidade da nanotecnologia. *Cad. Saúde Pública*, Rio de Janeiro, 28(11):2023-2033, nov, 2012. Disponível em: <[https://www.scielo.br/scielo.php?pid=S0102-311X2012001100002&script=sci\\_arttext&tlng=pt](https://www.scielo.br/scielo.php?pid=S0102-311X2012001100002&script=sci_arttext&tlng=pt)> Acessado em 10 de jun. 2019.

PRASS, A. R. Teorias da Aprendizagem. **ScriniaLibris**. 2012. Disponível em:<[http://www.fisica.net/monografias/Teorias\\_de\\_Aprendizagem.pdf](http://www.fisica.net/monografias/Teorias_de_Aprendizagem.pdf)>. Acessado em 26 de fev. 2019.

PRESTES, M. E.; CALDEIRA, A. M. Introdução. A importância da história da ciência na educação científica. **Filosofia e História da Biologia**. 2009. Disponível:<<http://www.abfhib.org/FHB/FHB-04/FHB-v04-0-Maria-Elice-Prestes-Ana-Maria-Caldeira.pdf>>. Acesso em: 07 fev. 2019.

PULCINI, El. Riscos Sociais, patologias do sujeito e responsabilidade na era da técnica. In NEUTZLING, Inácio; ANDRADE, Paulo Fernando Carneiro de (ORGS.). **Uma sociedade pós-humana: possibilidades e limites das nanotecnologias**. São Leopoldo: Editora Unisinos, 2009. p. 23.

RAMSEY, J. **The science education reform movement**: implications for social responsibility. *Science Education*, v. 77, n. 2, p. 235-258, 1993.

REIS, A. T. V. **A importância das TICs e da Educação como processo de comunicacional dialógico no ensino superior: Um Estudo da Universidade Estadual de Mato Grosso do Sul**. Universidade Metodista de São Paulo. 2016. Disponível em:<<http://tede.metodista.br/jspui/bitstream/tede/1465/2/Ana%20tereza%20Vendramini%20Reis%20final.pdf>>. Acessado em 28 de abr. 2020.

RIBAS, A. C. [et al.]. **O Uso do Aplicativo Qr Code como recurso pedagógico no processo de Ensino e Aprendizagem**. Ensaios pedagógicos. Faculdade Padre João Bagozzi. 2017. Disponível em:<<http://www.opet.com.br/faculdade/revista-pedagogia/pdf/n14/n14-artigo-2-O-USO-DO-APLICATIVO-QR-CODE.pdf>>. Acessado em 28 de abr. 2020.

RICARDO, E. C. **Educação CTSA: Obstáculos e possibilidades para sua implementação no contexto escolar**. 2007. Disponível em:<<http://200.133.218.118:3535/ojs/index.php/cienciaeensino/article/viewFile/160/113>>. Acessado em 17 fev. 2019.

ROCHA, I G. da et al.. **O Ensino de Química e a abordagem CTSA: Uma análise das concepções prévias dos estudantes**. II CONEDU. Congresso Nacional de Educação. 2011. Disponível em: [http://www.editorarealize.com.br/revistas/conedu/trabalhos/TRABALHO\\_EV045\\_MD1\\_SA18\\_ID667\\_09092015132045.pdf](http://www.editorarealize.com.br/revistas/conedu/trabalhos/TRABALHO_EV045_MD1_SA18_ID667_09092015132045.pdf)> Acesso em: 07 fev. 2019.

RONCA, A. C.C. **Teoria de Ensino: A construção de David Ausubel**. Pontifícia Universidade Católica de São Paulo. 1994. Disponível em:<<http://pepsic.bvsalud.org/pdf/tp/v2n3/v2n3a09.pdf>>. Acessado em 26 de fev. 2019.

ROZÁRIO, M. N. V. **Escola e Ensino-aprendizagem: Questionamentos, Teorias, Estudos e Práticas**. São José dos Pinhais. 2008. Disponível em:<<http://www.diaadiaeducacao.pr.gov.br/portals/pde/arquivos/395-4.pdf>>. Acessado em 17 de fev. 2019.

SALGADO, C. B.; LIMA, D. de S.; CAVALCANTE, C. R. da S. 2014. Análise da paisagem na Amazônia Sul-ocidental: As transformações socioambientais no município de Acrelândia-AC. **IIV Congresso Brasileiro de Geógrafos. Vitória. Espírito Santo.** 2014.

Disponível:<[http://www.cbg2014.agb.org.br/resources/anais/1/1407204224\\_ARQUIVO\\_EDP\\_CRISTIANE\\_SALGADO\\_FINAL.pdf](http://www.cbg2014.agb.org.br/resources/anais/1/1407204224_ARQUIVO_EDP_CRISTIANE_SALGADO_FINAL.pdf)>. Acesso em: 07 fev. 2019.

SALGADO, D. de S.; LIMA, C. B. A Amazônia Sul-Occidental e a Estrada do Pacífico na contramão da integração regional. **XVIII Encontro Nacional de Geógrafos. A Construção do Brasil: geografia, ação política e democracia.** Brasília. DF. 2016. Disponível:<[http://www.eng2016.agb.org.br/resources/anais/7/1468292282\\_ARQUIVO\\_ArtigoENG2016\\_Dermeson\\_CristianeSalgado.pdf](http://www.eng2016.agb.org.br/resources/anais/7/1468292282_ARQUIVO_ArtigoENG2016_Dermeson_CristianeSalgado.pdf)>. Acesso em: 07 fev. 2019.

SANTOS, P. C. do. **Nanopartículas: Toxicidade biológica.** João Pessoa: 2014. Disponível:<<https://repositorio.ufpb.br/jspui/bitstream/123456789/898/1/PCS24022015.pdf>>. Acesso em: 07 fev. 2019.

SANTOS, R. A. dos. **O Desenvolvimento de Sequências de Ensino Investigativas como forma de promover a alfabetização científica dos alunos dos anos iniciais do ensino fundamental.** Ilhéus, BA: UESC, 2016. Disponível em:<<http://www.biblioteca.uesc.br/biblioteca/bdtd/201420650D.pdf>>. Acesso em: 07 fev. 2019.

SANTOS, W. L. P. **O Ensino de Química para Formar o Cidadão: Principais Características e Condições para a sua Implantação na Escola Secundária Brasileira.** Dissertação. Campinas: Faculdade de Educação/UNICAMP, 1992.

SANTOS, W. L. P. dos; [et al.]. **Química e Sociedade.** Volume único. 1 ed. São Paulo: Nova Geração, 2005.

SANTOS, W. L. P. Contextualização no ensino de ciências por meio de temas cts em uma perspectiva crítica. **Ciência & Ensino**, vol. 1, novembro de 2007. Disponível em: <<http://files.gpecea-usp.webnode.com.br/200000358-0e00c0e7d9/AULA%206-%20TEXTO%2014-%20CONTEXTUALIZACAO%20NO%20ENSINO%20DE%20CIENCIAS%20POR%20MEI.pdf>> Acesso em 20 de mar. 2019.

SARTRE, J. P. **O existencialismo é um humanismo.** In: Os pensadores – Sartre. São Paulo: Nova Cultural, 1988.

SAUER, E. Ensino de conceitos químicos em um enfoque CTS a partir de saberes populares. **Ciência Educação.** Bauru. 2016. Disponível:<<http://www.scielo.br/pdf/ciedu/v22n3/1516-7313-ciedu-22-03-0727.pdf>>. Acesso em: 07 fev. 2019.

SILVA, E. L. **Contextualização no ensino de química: ideias e proposições de um grupo de professores.** São Paulo: USP, 2007. Dissertação (Mestrado em Ensino de Ciências), Instituto de Física, Instituto de Química, Instituto de Biociências e Faculdade de Educação da Universidade de São Paulo, 2007. Disponível

em: <[http://www.if.usp.br/cpgi/DissertacoesPDF/Erivanildo\\_Lopes\\_da\\_Silva.pdf](http://www.if.usp.br/cpgi/DissertacoesPDF/Erivanildo_Lopes_da_Silva.pdf)  
página 10>. Acesso em: 07 fev. 2019.

SILVA, E. do C. **As percepções dos professores sobre o currículo de ciências e suas implicações no planejamento pedagógico.** 2018. Disponível:<[http://www.mctic.gov.br/mctic/export/sites/institucional/publicacao/ciencia/ENCTI/MCTIC\\_ENCTI\\_2016-2022\\_210x240mm\\_14.03.2017.pdf](http://www.mctic.gov.br/mctic/export/sites/institucional/publicacao/ciencia/ENCTI/MCTIC_ENCTI_2016-2022_210x240mm_14.03.2017.pdf)>. Acesso em: 07 fev. 2019.

\_\_\_\_\_. **O-SISA – ACRE. O Sistema de Incentivos por Serviços Ambientais do Estado do Acre,** Brasil, 2013. Disponível em: <<http://imc.ac.gov.br/wp-content/uploads/2016/09/O-SISA-Acre.pdf>> Acesso em 22 fev. 2019.

SOLER, R. **Brincando e Aprendendo com os Jogos Cooperativos.** Rio de Janeiro: Editora Sprint, 2005.

SOUZA, F. N. de & Mol, G. S. (2013). **Livro didático digital de química: princípios para a construção em tablets em IX Congresso internacional sobre investigação em didática de las ciencias.** Girona, disponível em CD-ROM.

SOUZA, J. V. F. de. **Educação do campo e da floresta: Um olhar sobre a formação Docente no Programa Asas da Florestania no Alto Juruá/AC.** UFAM. Manaus. 2013. Disponível:<<https://tede.ufam.edu.br/bitstream/tede/3174/1/Jose%20Valderi%20Farias%20de%20Souza.pdf>>. Acesso em: 12 fev. 2019.

SOUZA, P. C. M. de; ROÇA, G. **Educação Ambiental Crítica no Cotidiano Escolar: Uma Experiência na Formação Inicial de Professores.** Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio de Janeiro. IFRJ. Rio de Janeiro. 2011. Disponível:<<http://www.nutes.ufrj.br/abrapec/viiienpec/resumos/R1335-1.pdf>>. Acesso em: 07 fev. 2019.

STRIEDER, R. B. **Abordagens CTS na educação científica no Brasil: sentidos e perspectivas.** São Paulo. 2012. Disponível:<[https://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/81/81131/tde-13062012-112417/publico/Roseline\\_Beatriz\\_Strieder.pdf](https://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/81/81131/tde-13062012-112417/publico/Roseline_Beatriz_Strieder.pdf)>. Acesso em: 07 fev. 2019.

TAROUCO, L. M. R.; MORO, E. L. da S. & ESTABEL, L. B. **O Professor e os alunos como protagonistas na educação aberta e a distância mediada por computador.** Educar, Curitiba. Editora UFPR. 2003. Disponível em:<<http://www.scielo.br/pdf/er/n21/n21a04.pdf>>. Acessado em 28 de abr. 2020.

THIOLLENT, M. C. S. **Metodologia da pesquisa-ação.** São Paulo: Cortez, 1988.

TOMAZELL, M. G. C. **O Movimento Ciência, Tecnologia, Sociedade - Ambiente na Educação em Ciências.** UNIMEP. Piracicaba. 2009. Disponível em:<<http://cac-php.unioeste.br/eventos/cta/gts/04.pdf>>. Acesso em 17 fev. 2019.

TORRES, J. R. et al. **Educação ambiental crítico-transformadora e abordagem temática freireana.** Tese (doutorado) - Universidade Federal de Santa Catarina, Programa de Pós-Graduação em Educação Científica e Tecnológica. Florianópolis, 2010.

TOZONI-REIS, M. Temas ambientais como “temas geradores”: **contribuições para uma metodologia ambiental, crítica, transformadora e emancipatória**. Educar, Curitiba, n. 27, 2006. p. 93-110.

VASCONCELLOS, E. S. de; SANTOS, W. L. P. dos. Educação Ambiental por meio de tema CTSA: Relato e análise de experiência em sala de aula. **XIV Encontro Nacional de Ensino de Química (XIV ENEQ)**. 2008. Disponível:<<http://www.quimica.ufpr.br/eduquim/eneq2008/resumos/R0918-1.pdf>>. Acesso em: 07 fev. 2019.

VAZ, C. R.; FAGUNDES, A. B.; PINHEIRO, N. A. M. O Surgimento da Ciência, Tecnologia e Sociedade (CTS) na Educação: Uma Revisão. UTFPR. PPGECT. **I Simpósio Nacional de Ensino de Ciência e Tecnologia**. 2009. Disponível em:<[http://www.sinect.com.br/anais2009/artigos/1%20CTS/CTS\\_Artigo8.pdf](http://www.sinect.com.br/anais2009/artigos/1%20CTS/CTS_Artigo8.pdf)>. Acessado em 18 de fev. 2019.

VIANNA, E. S. **O Despertar para a autonomia, protagonismo e alteridade sob a concepção da pedagogia salesiana e de Paulo Freire: um estudo de caso na Escola Salesiana São José-Campinas-SP**. Centro Universitário Salesiano de São Paulo, 2016. Disponível em:<[https://unisal.br/wp-content/uploads/2017/04/Disserta%C3%A7%C3%A3o\\_ELISETE-SOAVE-VIANNA.pdf](https://unisal.br/wp-content/uploads/2017/04/Disserta%C3%A7%C3%A3o_ELISETE-SOAVE-VIANNA.pdf)>. Acessado em 28 de abr. 2020.

XAVIER, P. M. A.; FLÔR, C. C. C. Saberes populares e educação científica: **Um olhar a partir da literatura na área de ensino de ciências**. Revista Ensaio. Belo Horizonte. maio-ago. 2015. Disponível:<<http://www.scielo.br/pdf/epec/v17n2/1983-2117-epec-17-02-00308.pdf>>. Acesso em: 07 fev. 2019.

ZANOTTO, R. L.; SILVEIRA, R. M. C. F. **Ensino de conceitos químicos em um enfoque CTS a partir de saberes populares**. Ciênc. Educ. Bauru. v. 22. 2016. Disponível:<<http://www.scielo.br/pdf/ciedu/v22n3/1516-7313-ciedu-22-03-0727.pdf>>. Acesso em: 19 fev. 2019.

KIRNER, C. E KIRNER, T. G. (2008) “Simulation and Modeling: **current technologies and applications**”. [S.I.]: ed. IGI Global, p.391-419.

KIRNER, C. E TORI, R. (2004) “Introdução à Realidade Virtual, Realidade Misturada e Hiper-Realidade”. In Kirner, C. Tori, R.; Realidade Virtual: Conceitos, Tecnologias e Tendências. 1º ed. São Paulo: Editora SENAC. v.1, p.3-20.

[https://zenodo.org/record/59446#.Xh-3Q\\_nR\\_IU](https://zenodo.org/record/59446#.Xh-3Q_nR_IU) - Realidade Aumentada no Ensino da Química: Elaboração e Avaliação de um Novo Recurso Didático

<file:///C:/Users/profb/Downloads/223-1016-1-PB.pdf> - Modelagem e simulação computacional e as potencialidades da realidade virtual associadas ao ensino da nanociência e nanotecnologia

GOMES, J., GOMES, C. & OLIVEIRA, L. (2017). Augmented reality in formal learning environments: Intervention in a visual education textbook. In Information Systems and Technologies (CISTI), 12th Iberian Conference, 1041-1046.

SERIO, n. D.; IBÁÑEZ, M. B.; KLOOS, C. D. Impact of an augmented reality system on students' motivation for a visual art course. *Computers & Education*, v. 68, p. 586–596, out. 2013. ISSN 03601315.

Anami, B. M. (2013) “Boas Práticas de Realidade Aumentada Aplicada à Educação”. Londrina – PR. Pages 1 – 51. <http://www.uel.br/cce/dc/wp-content/uploads/TCC-BeatrizAnami-BCC-UEL-2013.pdf>

MILGRAM, P. et al. Augmented reality: A class of displays on the reality-virtuality continuum. *Telemanipulator and Telepresence Technologies*, v. 2351, p. 282–292, 1994.

KLOPFER, E. *Augmented learning: Research and design of mobile educational games*. [S.l.]: The MIT Press, 2008.

WU, H.-K. et al. Current status, opportunities and challenges of augmented reality in education. *Computers & Education*, Elsevier Ltd, v. 62, p. 41–49, mar. 2013. ISSN 03601315.

## 8. APÊNDICE A QUESTIONÁRIO DIAGNÓSTICO

MESTRANDA: **Antonia Roselucia Corrêa Belmiro**

Idade: \_\_\_ Série: \_\_\_ Data \_\_\_ / \_\_\_ / \_\_\_

### IMAGENS:

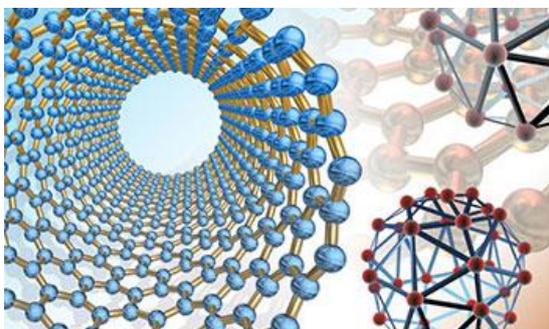


Imagem 1 - Fonte:

[https://serc.carleton.edu/msu\\_nanotech/nano\\_intro.html](https://serc.carleton.edu/msu_nanotech/nano_intro.html)

Acesso em 10/08/2019



Imagem 2 - Fonte: <

<https://exasoluciones.pe/nanotecnologia-para-una-extraccion-limpia-del-oro/>> Acesso em 10/08/2019

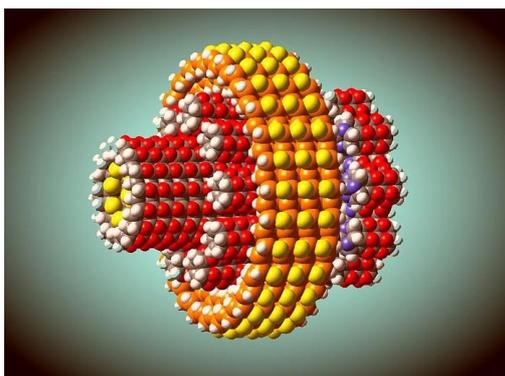


Imagem 3 - Nanotecnologia (Foto: Reprodução/

Wikimedia Commons) – Disponível em: <

<https://www.techtudo.com.br/artigos/noticia/2013/03/saiba-o-que-e-nanotecnologia-e-como-ela-pode-mudar-o-futuro.html>> Acesso em 10/08/2019

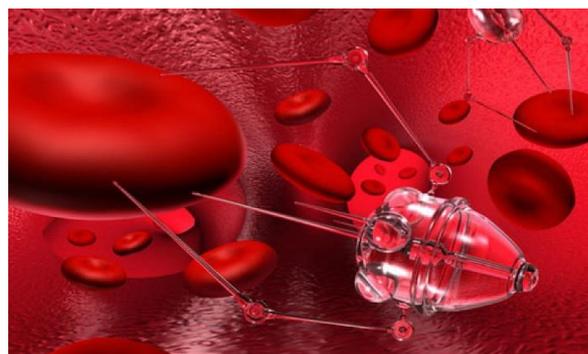


Imagem 4 - Fonte:

<https://envolverde.cartacapital.com.br/nanotecnologia-pode-gerar-altos-riscos-para-saude-diz-oit/>> Acesso em

10/08/2019

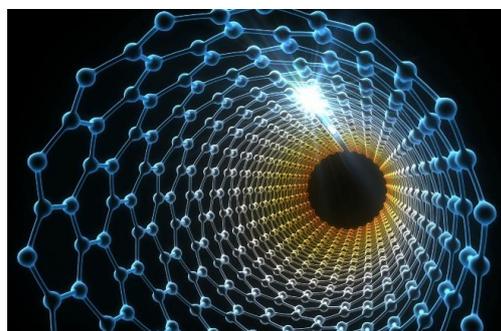


Imagem 5 - Fonte:

<https://www.tecmundo.com.br/nanotecnologia/94994-filme-nanotubos-carbono-forte-kevlar.htm>> Acesso em

10/08/2019



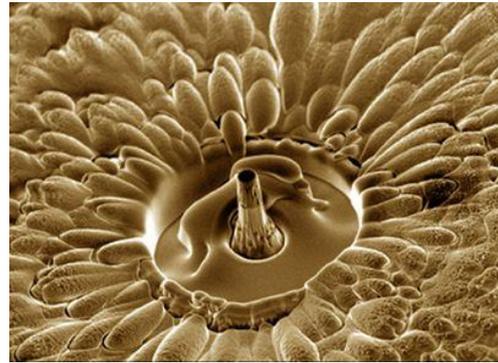
Imagem 6 - Fonte:

<https://eco4u.wordpress.com/2015/06/29/nanotecnologia-e-meio-ambiente-perigos-do-nano-lixo-x-beneficios-da-tecnologia-em-debate/nano->

- Acesso em 10/08/2019



**Imagem 7** – Fonte: Carol Flaitz, Stuck on the Right Side of the Brain. Disponível em: <<https://www.nanotech-now.com/columns/?article=550>> Acesso em 16/08/2019



**Imagem 8** - Fonte: Siddhartha Pathak, Micro-pillar fabricated from a dense CNT brush. Disponível em: <<https://www.nanotech-now.com/columns/?article=550>> Acesso em 16/08/2019

1. Você sabe de que se tratam as imagens acima e abordam qual assunto? Se sim, justifique.

Sim ( ) Não ( )

---



---



---



---

2. As imagens apresentadas acima têm relação com: Se sim, justifique.

Ciência:	sim ( )	não ( )
Tecnologia:	sim ( )	não ( )
Sociedade	sim ( )	não ( )
Meio Ambiente	sim ( )	não ( )

---



---



---

3. Você já se deparou com os termos “nanociência” e “nanotecnologia”? Se sim, onde:

( ) Material impresso (Jornal, livro, revista etc)

( ) TV ou internet;

( ) Escola;

- Filmes;
  - Farmácia;
  - Roupas e calçados;
  - Produtos eletrônicos;
  - produtos alimentícios;
  - Desconheço esses termos;
  - Outros;
- 
- 
- 

4. Você conhece o significado do prefixo “nano”? Se sim, justifique.

Sim ( ) Não ( )

---

---

---

---

5. Você sabe a diferença entre Nanociência e Nanotecnologia? Justifique.

Sim ( ) Não ( )

---

---

---

---

6. Você conhece o que é Modelagem Molecular? Se sim, justifique.

Sim ( ) Não ( )

---

---

---

---

7. Marque os itens que você acredita que a nanociência e a nanotecnologia estejam presente:

- |  |   |
|--|---|
| <input type="checkbox"/> Engenharia    | <input type="checkbox"/> ética e legislação |
| <input type="checkbox"/> Filosofia     | <input type="checkbox"/> economia           |
| <input type="checkbox"/> Medicina      | <input type="checkbox"/> Física             |
| <input type="checkbox"/> Religião      | <input type="checkbox"/> Biologia           |
| <input type="checkbox"/> Meio ambiente | <input type="checkbox"/> Artes              |
| <input type="checkbox"/> Psicologia    | <input type="checkbox"/> Química            |
| <input type="checkbox"/> Informática   | <input type="checkbox"/> Matemática         |

8. Você conhece os benefícios (os prós) e os riscos (os contras) que a nanotecnologia pode trazer para a sociedade? Justifique. Sim ( ) Não ( ).

---

---

---

---

9. Você conhece ou já comprou algum produto fabricado ou industrializado com base no uso da nanotecnologia? Cite qual.

Sim ( ) Não ( )

---

---

---

---

10. Você gostaria e acha pertinente que o tema Nanociência e Nanotecnologia fosse abordado nos livros didáticos e também ser um tema discutido no Ensino Médio?

Sim ( ) Não ( )

---

---

---

---

11. De que forma você gostaria de estudar o tema Nanociência e Nanotecnologia?

---

---

---

*Obrigada pela colaboração!*

## 9. APÊNDICE B

**MESTRANDA: Antonia Roselucia Corrêa Belmiro**

**Idade: \_\_\_ Série: \_\_\_ Data \_\_\_ / \_\_\_ / \_\_\_**

### **ATIVIDADE PARA OS PARTICIPANTES – AULA INVERTIDA**

#### **Grupo 1**

*Objetivo: ser capaz de expor aplicações da química e o desenvolvimento tecnológico relacionado à temática N&N;*

#### **Grupo 2**

*Objetivo: fazer a relação entre química, tecnologia e sociedade relacionado à temática N&N;*

#### **Grupo 3**

*Objetivo: ser capaz de explicar o que é química verde, sustentabilidade e a experimentação com o uso da N&N;*

#### **Grupo 4**

*Objetivo: trazer exemplos de acidentes ambientais relatando as vantagens e desvantagem do uso da N&N para intervir os impactos ambientais.*

#### **Grupo 5**

*Objetivo: ser capaz de explicar a alotropia do Carbono e sua relação da temática N&N;  
Referência: Vídeos de canais do YouTube; Textos do professor; Artigos científicos e sites de notícias.*

1. Qual foi o instrumento de pesquisa que seu grupo utilizou para trabalhar com a temática N&N?

---

---

2. Na sala de informática coloque abaixo os sites, vídeos e artigos que você pesquisou para fazer a sua aula?

---

---

***Obrigada pela colaboração!***

**10. APÊNDICE C**  
**MESTRANDA: Antonia Roselucia Corrêa Belmiro**

**Idade: \_\_\_ Série: \_\_\_ Data \_\_\_ / \_\_\_ / \_\_\_**

**QUESTIONÁRIO – AVALIAÇÃO DO PRODUTO EDUCACIONAL/NANORA**

**1. Como você avalia o aplicativo NANORA?**

- a) Satisfatório.
- b) Significativo.
- c) Que chama atenção.
- d) Insatisfatório.

**2. Qual a melhor forma de aprender Nanociência e Nanotecnologia?**

- a) Utilizando kits moleculares.
- b) Utilizando o livro didático.
- c) Com o produto NANORA.
- d) Outros.

**3. Como você avaliaria o aplicativo NANORA comparando-o com outros meios para aprender Nanociência e Nanotecnologia?**

- a) Extremamente importante.
- b) Muito importante.
- c) Nem satisfeito, nem insatisfeito.
- d) Insatisfeito.

**4. Quais impressões você tem deste site (<https://quimicaumentada.com.br/>) para aprender Nanociência e Nanotecnologia?**



( ) Positivas



( ) Negativas.

**5. Qual dos seguintes dispositivos você utilizou para acessar o aplicativo NANORA?**

- a) Celular smartphone.
- b) Ipad/tablet.
- c) Notebook e Celular smartphone.

**6. Você teve facilidade em utilizar o aplicativo NANORA no seu Celular?**



Extremamente



Moderadamente fácil



Nada fácil

**7. O quanto você está familiarizado com o "produto" NANORA, utilizando a realidade aumentada para visualização de nanotubos, fulerenos e grafeno?**

- a) Estou muito familiarizado pois já utilizo com frequência dispositivo portátil (Smart phone, Tablet, etc.)
- b) Senti dificuldade na utilização do NANORA, pois não tenho acesso à internet com frequência.
- c) Senti uma leve dificuldade na utilização do aplicativo NANORA, mas consegui compreender devido a orientação da professora.
- d) Não tive nenhuma dificuldade, estou familiarizado com o aplicativo NANORA e tive orientação da professora.

**8. A exposição aos nanomateriais pelos organismos são bastante complexas e muitas delas desconhecidas. Qual alternativa vai de encontro com o que você pensa em relação aos riscos dos produtos da Nanotecnologia?**

- a) O pequeno tamanho das nanopartículas podem trazer riscos à saúde humana e ao meio ambiente, no entanto acredito que as aplicações superam os riscos.
- b) O pequeno tamanho das nanopartículas podem trazer riscos à saúde humana e ao meio ambiente, ou seja, empresas que produzem esses produtos à base da nanotecnologia precisam de estudos rigorosos para evitar problemas futuros.

- c) O tamanho das nanopartículas não traz riscos à saúde humana e ao meio ambiente, podemos utilizar com tranquilidade os produtos à base da nanotecnologia.
- d) O pequeno tamanho das nanopartículas pode trazer riscos à humanidade e ao meio ambiente, por isso é necessário conhecermos os principais perigos, além de exigir uma legislação mais rigorosa e ética para os consumidores e estudos aprofundados em relação aos produtos da nanotecnologia.

***Obrigada pela colaboração!***

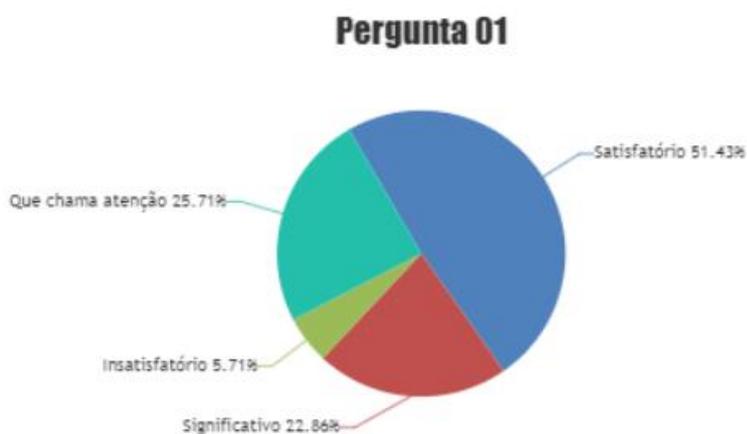
## RESULTADO DO APÊNDICE C

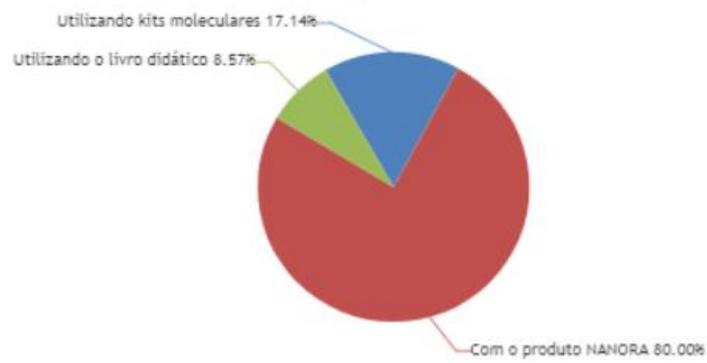
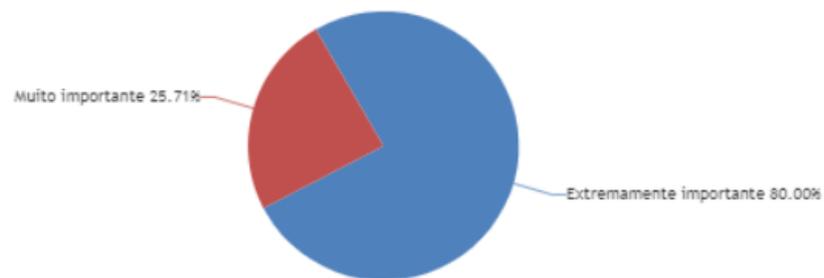
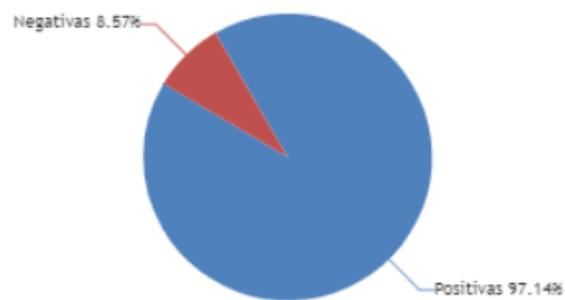
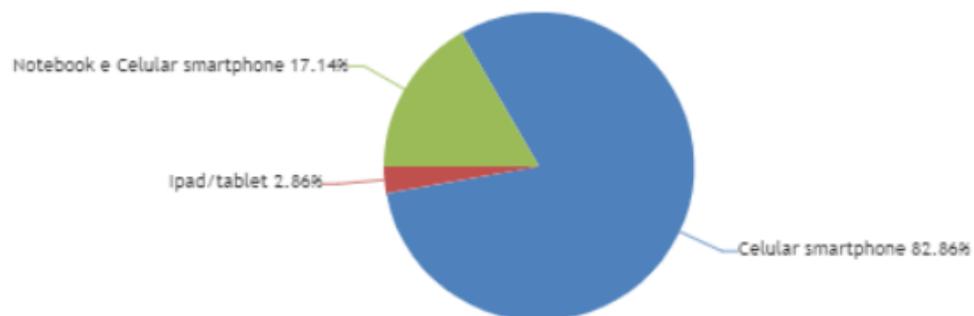
A Tabela 1 apresenta os resultados do questionário do Apêndice C, em uma perspectiva geral demonstrando um resultado satisfatório, com um total de 35 respostas. Chama-se a atenção para a Pergunta 2, que diz: “Qual a melhor forma de aprender Nanociência e Nanotecnologia?”, a qual obteve 80% de indicação do produto NANORA. Além disso, o mesmo foi avaliado como extremamente importante (80%) para essa abordagem e seu uso considerado de extrema facilidade (80%).

Tabela 2. Resultado do Questionário (Apêndice C)

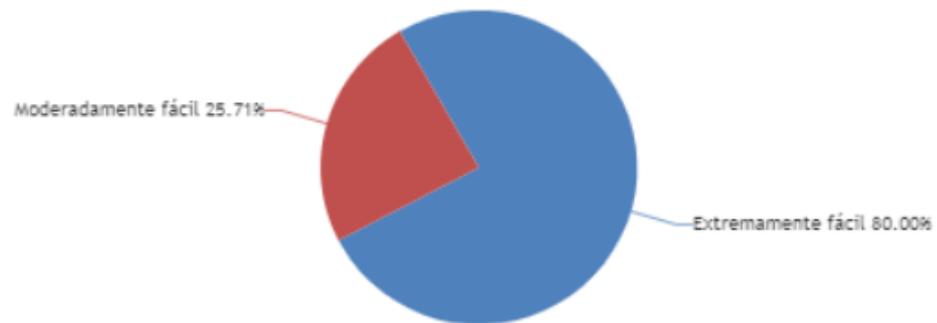
Perguntas	Alternativas			
<b>Perg 1</b>	Satisfatório – 51,4%	Que chama atenção – 25,7%	Significativo – 22,8%	Insatisfatório – 5,7%
<b>Perg 2</b>	Com o produto NANORA – 80%	Utilizando Kits Moleculares – 17,1%	Utilizando o livro didático – 8,5%	
<b>Perg 3</b>	Extremamente importante – 80%	Muito importante – 25,7%		
<b>Perg 4</b>	Positivas – 97,1%	Negativas – 8,5%		
<b>Perg 5</b>	Celular Smartphone – 82,8%	Notebook e celular smartphone – 17,1%	Ipad/tablet – 2,7%	
<b>Perg 6</b>	Extremamente fácil – 80%	Moderadamente fácil – 25,7%		
<b>Perg 7</b>	Nenhuma dificuldade – 45,7%	Muito familiarizado – 45,7%	Leve dificuldade – 11,4%	Senti dificuldade – 8,5%
<b>Perg 8</b>	Evitar problemas futuros – 74,3%	Aplicações superam os riscos – 37,1%		

Fonte: Autora (2020).

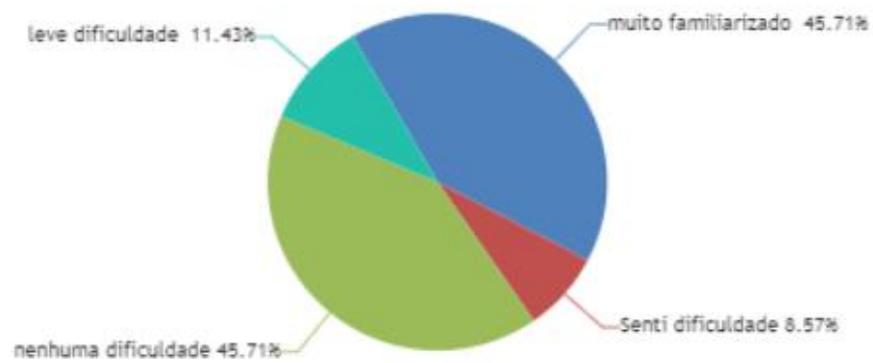


**Pergunta 02****Pergunta 03****Pergunta 04****Pergunta 05**

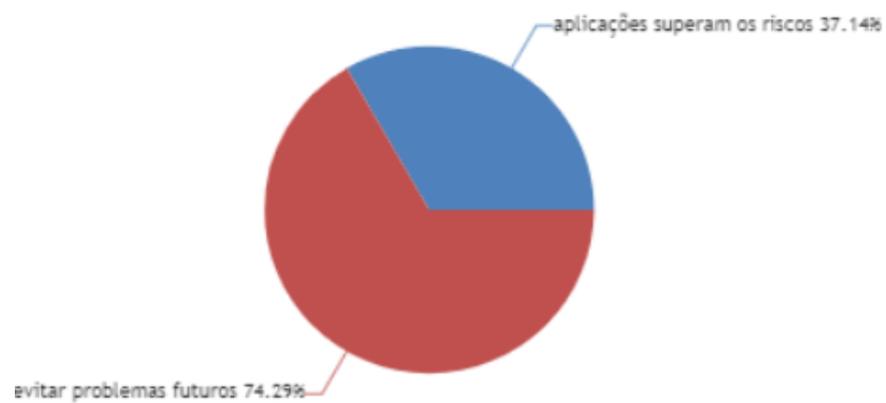
### Pergunta 06



### Pergunta 07



### Pergunta 08



## 11. ANEXO I – REFERÊNCIAS DAS IMAGENS UTILIZADAS NO QUESTIONÁRIO 1

CONTEÚDO DA IMAGEM	FONTE DA IMAGEM
<p><b>IMAGEM 1</b> – Representação de nanotubos de carbono e fulerenos. O site retrata sobre - Introdução à nanociência: alguns <b>princípios básicos</b>. Conteúdo disponível em: <a href="https://serc.carleton.edu/msu_nanotech/nano_intro.html">https://serc.carleton.edu/msu_nanotech/nano_intro.html</a>&gt; Acesso em 10/08/2019</p>	<p>Imagem do Instituto Nacional de Ciências da Saúde Ambiental. Disponível &lt;<a href="https://www.niehs.nih.gov/health/topics/agents/sy-nano/index.cfm">https://www.niehs.nih.gov/health/topics/agents/sy-nano/index.cfm</a>&gt; Acesso em 10/08/2019</p>
<p><b>IMAGEM 2</b> - Dispositivos na escala molecular - O projecto ‘Sistema de Micromanipulação Automática com Sensores de Força. Conteúdo disponível em: &lt;<a href="https://pontofinalmacau.wordpress.com/2018/09/04/um-patenteou-sistema-de-nanotecnologia-para-engenharia-genetica/">https://pontofinalmacau.wordpress.com/2018/09/04/um-patenteou-sistema-de-nanotecnologia-para-engenharia-genetica/</a>&gt; Acesso em 10/08/2019</p>	<p>Imagem do Nanomateriales. Disponível em: &lt;<a href="https://prevencionar.com.co/media/sites/2/2018/02/Nanotecnolog%C3%ADa-1.jpg">https://prevencionar.com.co/media/sites/2/2018/02/Nanotecnolog%C3%ADa-1.jpg</a>&gt;</p>
<p><b>IMAGEM 3</b> - Saiba o que é nanotecnologia e como ela pode mudar o futuro. Nanomoléculas que podem desempenhar como sistemas computacionais.</p> <p><b>Disponível em:</b> &lt;<a href="https://www.techtudo.com.br/artigos/noticia/2013/03/saiba-o-que-e-nanotecnologia-e-como-ela-pode-mudar-o-futuro.html">https://www.techtudo.com.br/artigos/noticia/2013/03/saiba-o-que-e-nanotecnologia-e-como-ela-pode-mudar-o-futuro.html</a>&gt; Acesso em 10/08/2019</p>	<p>Imagem <b>Nanotecnologia (Foto: Reprodução/Wikimedia Commons) – Disponível em:</b> &lt;<a href="https://www.techtudo.com.br/artigos/noticia/2013/03/saiba-o-que-e-nanotecnologia-e-como-ela-pode-mudar-o-futuro.html">https://www.techtudo.com.br/artigos/noticia/2013/03/saiba-o-que-e-nanotecnologia-e-como-ela-pode-mudar-o-futuro.html</a>&gt; Acesso em 10/08/2019</p>
<p><b>IMAGEM 4</b> - Nanotecnologia pode gerar altos riscos para a saúde, diz OIT (Segundo a Organização Internacional do Trabalho). “A natureza compacta da maquinaria fabricada graças à nanotecnologia poderia promover o uso de produtos muito pequenos. Por sua vez, isto criaria um tipo de “nano-lixo”, difícil de eliminar, e que poderia originar problemas de saúde.” Disponível em:&lt;<a href="https://envolverde.cartacapital.com.br/nanotecnologia-pode-gerar-altos-riscos-para-saude-diz-oit/">https://envolverde.cartacapital.com.br/nanotecnologia-pode-gerar-altos-riscos-para-saude-diz-oit/</a>&gt; Acesso em 10/08/2019</p>	<p><b>Imagem - Fonte:</b> <a href="https://envolverde.cartacapital.com.br/wp-content/uploads/nanotecnologia.jpg">https://envolverde.cartacapital.com.br/wp-content/uploads/nanotecnologia.jpg</a>&gt; Acesso em 10/08/2019</p>
<p><b>IMAGEM 5</b> – Representação de nanotubos de carbono. O site retrata sobre - Filme de nanotubos de carbono é mais forte do que Kevlar. Disponível em: &lt;<a href="https://www.tecmundo.com.br/nanotecnologia/94994-filme-nanotubos-carbono-forte-kevlar.htm">https://www.tecmundo.com.br/nanotecnologia/94994-filme-nanotubos-carbono-forte-kevlar.htm</a>&gt; Acesso em 10/08/2019</p>	<p>Imagem 5 - Fonte: Electronic Components News: Disponível em: &lt;<a href="https://www.tecmundo.com.br/nanotecnologia/94994-filme-nanotubos-carbono-forte-kevlar.htm">https://www.tecmundo.com.br/nanotecnologia/94994-filme-nanotubos-carbono-forte-kevlar.htm</a>&gt; Acesso em 10/08/2019</p>
<p><b>IMAGEM 6</b> - Nanotecnologia e meio ambiente: perigos do “nano-lixo” x benefícios da tecnologia em debate. A imagem menciona sobre “Pesquisas mostram que a nanotecnologia já está presente em mais de mil produtos de consumo em todo o mundo, como cosméticos, tecidos e aparelhos eletrônicos.” Fonte: disponível em: &lt;<a href="https://eco4u.wordpress.com/2015/06/29/nanotecnologia">https://eco4u.wordpress.com/2015/06/29/nanotecnologia</a></p>	<p>Imagem - Fonte: &lt;<a href="https://eco4u.files.wordpress.com/2010/11/nano.jpg">https://eco4u.files.wordpress.com/2010/11/nano.jpg</a>&gt; <a href="https://eco4u.wordpress.com/2015/06/29/nanotecnologia-e-meio-ambiente-perigos-do-nano-lixo-x-beneficios-da-tecnologia-em-debate/nano/">https://eco4u.wordpress.com/2015/06/29/nanotecnologia-e-meio-ambiente-perigos-do-nano-lixo-x-beneficios-da-tecnologia-em-debate/nano/</a>&gt; Acesso em 10/08/2019</p>

<p><a href="#">a-e-meio-ambiente-perigos-do-nano-lixo-x-beneficios-da-tecnologia-em-debate/</a>&gt;.</p>	
<p><b>IMAGEM 7</b> – Carol Flaitz, Stuck on the Right Side of the Brain. <b>Retirada de um artigo</b> “Os artistas TOP10 na edição de 5º aniversário do Concurso Internacional NanoArt International também são apresentados no site NanoArt21 em uma apresentação multimídia. ” Fonte: Disponível em:&lt; <a href="https://www.nanotech-now.com/columns/?article=550">https://www.nanotech-now.com/columns/?article=550</a>&gt; Acesso em 16/08/2019</p>	<p>Imagem – Fonte: &lt;<a href="https://www.nanotech-now.com/columns/?article=550">https://www.nanotech-now.com/columns/?article=550</a>&gt; Acesso em 16/08/2019</p>
<p><b>IMAGEM 8</b> - Siddhartha Pathak, Micro-pillar fabricated from a dense CNT brush. <b>Retirada de um artigo</b> “Os artistas TOP10 na edição de 5º aniversário do Concurso Internacional NanoArt International também são apresentados no site NanoArt21 em uma apresentação multimídia. ” Fonte: Disponível em:&lt; <a href="https://www.nanotech-now.com/columns/?article=550">https://www.nanotech-now.com/columns/?article=550</a>&gt; Acesso em 16/08/2019</p>	<p>Imagem - Fonte: &lt;<a href="https://www.nanotech-now.com/columns/?article=550">https://www.nanotech-now.com/columns/?article=550</a>&gt; Acesso em 16/08/2019</p>

## 12. ANEXO II – TERMOS PARA APLICAÇÃO DO MESTRADO



**Universidade Federal do Acre**

Pró- Reitoria de Pesquisa e Pós-Graduação

Centro de Ciências Biológicas e da Natureza-CCBN

Programa de Pós-Graduação em Ensino de Ciências e Matemática

---

### TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO

Baseado nos termos da Resolução nº 466, de 12 de Dezembro de 2012 e Resolução nº 196/96, de 10 de outubro de 1996 do Conselho Nacional de Saúde, do Ministério da Saúde.

O presente termo em atendimento as resoluções acima citadas, destina-se a esclarecer ao participante da pesquisa intitulada: **A N&N EM UMA ABORDAGEM CTSA PARA O ENSINO DE QUÍMICA EM REALIDADE AUMENTADA**, sob a responsabilidade de Antônia Roselúcia Corrêa Belmiro do curso de Mestrado Profissional em Ensino de Ciências e Matemática / MPECIM – UFAC, os seguintes aspectos:

**Objetivos:** Investigar como a nanotecnologia e a nanociência podem ser abordadas em aulas de química no Ensino Médio.

**Metodologia:** A abordagem metodológica desta pesquisa é de natureza qualitativa, logo, utilizou-se da Pesquisa-Ação, permitindo o desenvolvimento de um planejamento-investigação-ação-reflexão dos próprios pesquisados tornando possível a fase de execução, partindo dos conhecimentos prévios dos estudantes por meio de um questionário semiestruturado, portanto, utilizou-se em uma das etapas a metodologia ativa, Sala de Aula Invertida e por último, aplicação do Produto Educacional.

**Justificativa e Relevância:** Com a inserção de novas tecnologias disponível para sociedade, como a nanotecnologia, oferecendo uma gama de aplicações para a humanidade na miniaturização de materiais, é notório que devemos suprir as necessidades da população, no entanto deve-se fazê-la com cautela. Desse modo, é necessário que a geração atual tenha o letramento científico referente à temática N&N, começando assim com os alunos do ensino básico, logo este trabalho tem como situação-problema entender como a nanotecnologia e a nanociência podem ser abordadas em aulas de química no Ensino Médio.

**Riscos e desconfortos:** Não haverá riscos e desconfortos para os participantes.

**Dano advindo da pesquisa:** Não se vislumbra danos advindos da pesquisa

**Garantia de esclarecimento:** A autoria da pesquisa se compromete está à disposição dos sujeitos participantes da pesquisa no sentido de oferecer quaisquer esclarecimentos sempre que se fizer necessário.

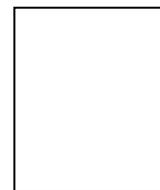
**Participação voluntária:** A participação dos sujeitos no processo de investigação é voluntária e livre de qualquer forma de remuneração, e caso ache conveniente, o seu consentimento em participar da pesquisa poderá ser retirado a qualquer momento.

**Consentimento para participação:**

Eu estou ciente e concordo com a participação no estudo acima mencionado. Afirmando que fui devidamente esclarecido quanto aos objetivos da pesquisa, aos procedimentos aos quais serei submetido e os possíveis riscos envolvidos na minha participação. O responsável pela investigação em curso me garantiu qualquer esclarecimento adicional, ao qual possa solicitar durante o curso do processo investigativo, bem como também o direito de desistir da participação a qualquer momento que me fizer conveniente, sem que a referida desistência acarrete riscos ou prejuízos à minha pessoa e meus familiares, sendo garantido, ainda, o anonimato e o sigilo dos dados referentes à minha identificação. Estou ciente também que a minha participação neste processo investigativo não me trará nenhum benefício econômico.

Eu, \_\_\_\_\_, **aceito livremente participar da pesquisa intitulada A N&N EM UMA ABORDAGEM CTSA PARA O ENSINO DE QUÍMICA EM REALIDADE AUMENTADA. Desenvolvido (a) pelo mestrando (a), Antônia Roselúcia Corrêa Belmiro do Mestrado Profissional em Ensino de Ciências e Matemática - MPECIM, sob a orientação do(a) professor(a) Prof. Dr. Miguel Gustavo Xavier, da Universidade Federal do Acre – UFAC.**

\_\_\_\_\_  
Assinatura do Participante



Polegar  
direito

**TERMO DE RESPONSABILIDADE DO PESQUISADOR**

Eu, **Antônia Roselúcia Corrêa Belmiro**, apresentei todos os esclarecimentos, bem como discuti com os participantes as questões ou itens acima mencionados. Na ocasião expus minha opinião, analisei as angústias de cada um e tenho ciência dos riscos, benefícios e obrigações que envolvem os sujeitos. Assim sendo, me comprometo a zelar pela lisura do processo investigativo, pela identidade individual de cada um, pela ética e ainda pela harmonia do processo investigativo.

Rio Branco, AC, \_\_\_\_ de \_\_\_\_\_ de 2020

---

Assinatura do(a) Pesquisador(a)



**Universidade Federal do Acre**  
 Pró- Reitoria de Pesquisa e Pós-Graduação  
 Centro de Ciências Biológicas e da Natureza-CCBN  
 Programa de Pós-Graduação em Ensino de Ciências e Matemática

**TERMO DE ASSENTIMENTO DO MENOR**

Você está sendo convidado para participar da pesquisa intitulada: A N&N em uma abordagem CTSA para o Ensino de Química em Realidade aumentada, sob a responsabilidade de **Antônia Roselúcia Corrêa Belmiro** do curso de Mestrado Profissional em Ensino de Ciências e Matemática / MPECIM – UFAC. O objetivo **da pesquisa é investigar como a Nanotecnologia e a Nanociência podem ser abordadas em aulas de química no Ensino Médio.**

A sua participação é importante no sentido de participar; ajudar a testar/utilizar (em sala de aula/na escola) investigar como ensinar a Nanotecnologia e Nanociência no Ensino Médio. A pesquisa será divulgada, no máximo, até o mês de **Julho** de 2020. Os resultados vão ser publicados, mas sem sua identificação, pois não falaremos, explicitamente, a outras pessoas das informações pessoais que nos fornecer; nem daremos a estranhos tais informações. Contudo, com sua autorização e a de seus pais, poderemos fazer o uso de algumas imagens. Se você ainda tiver alguma dúvida, você pode nos perguntar ou esclarecer através do número de celular que foi indicado no cartão.

Eu \_\_\_\_\_ aceito participar desta pesquisa. Entendi os riscos, os benefícios e as coisas boas que podem acontecer. Entendi que posso dizer “sim” e participar, mas que, a qualquer momento, posso dizer “não” e desistir que não irá impactar nos estudos do pesquisador. O pesquisador tirou minhas dúvidas e conversou com os meus responsáveis. Recebi uma cópia deste termo de assentimento e li e concordo em participar da pesquisa.

Rio Branco (AC), \_\_\_\_ de \_\_\_\_\_ de 2020

\_\_\_\_\_  
 Assinatura do menor

**TERMO DE RESPONSABILIDADE DO PESQUISADOR**

Eu, **Antônia Roselúcia Corrêa Belmiro**, apresentei todos os esclarecimentos, bem como discuti com os participantes as questões ou itens acima mencionados. Na ocasião expus minha

opinião, analisei as angústias de cada um e tenho ciência dos riscos, benefícios e obrigações que envolvem os colaboradores. Assim sendo, me comprometo a zelar pela lisura do processo investigativo, pelo anonimato da identidade individual de cada um, pela ética e ainda pela harmonia do processo investigativo.

Rio Branco (AC), \_\_\_\_\_ de \_\_\_\_\_ de 2020.

---

ANTÔNIA ROSELÚCIA CORRÊA BELMIRO

Mestrando MPECIM – UFAC

Matrícula: 20182100020