



**UNIVERSIDADE FEDERAL DO MARANHÃO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENSINO DE
CIÊNCIAS E MATEMÁTICA**

CASSANDRA MARIA RIBEIRO COSTA

**NANOCIÊNCIA PARA O ENSINO DE FÍSICA NA EDUCAÇÃO DE JOVENS E
ADULTOS NUMA ABORDAGEM CTS**

**SÃO LUÍS – MA
2019**

CASSANDRA MARIA RIBEIRO COSTA

**NANOCIÊNCIA PARA O ENSINO DE FÍSICA NA EDUCAÇÃO DE JOVENS E
ADULTOS NUMA ABORDAGEM CTS**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ensino de Ciências e Matemática, como parte dos requisitos parcial como para obtenção do título de Mestre.

Orientadora: Profa. Dra. Maria Consuelo Alves Lima.
Co-orientadora: Profa. Dra. Silvete Coradi Guereni.

**SÃO LUÍS – MA
2019**

Ficha gerada por meio do SIGAA/Biblioteca com dados fornecidos pelo(a) autor(a).
Núcleo Integrado de Bibliotecas/UFMA

Costa, Cassandra Maria Ribeiro.

Nanociência para o Ensino de Física na Educação de Jovens e Adultos numa Abordagem CTS / Cassandra Maria Ribeiro Costa. - 2019.

119 f.

Coorientador(a): Silvete Coradi Guereni.

Orientador(a): Maria Consuelo Alves Lima.

Dissertação (Mestrado) - Programa de Pós-graduação em Ensino de Ciências e Matemática/ccet, Universidade Federal do Maranhão, São Luís, 2019.

1. Ciência-tecnologia-sociedade. 2. EJA. 3. Ensino de Física. 4. Nanociência e Nanotecnologia. 5. Unidade de Ensino. I. Guereni, Silvete Coradi. II. Lima, Maria Consuelo Alves. III. Título.

CASSANDRA MARIA RIBEIRO COSTA

**NANOCIÊNCIA PARA O ENSINO DE FÍSICA NA EDUCAÇÃO DE JOVENS E
ADULTOS NUMA ABORDAGEM CTS**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ensino de Ciências e Matemática, como parte dos requisitos parcial como para obtenção do título de Mestre.

Aprovado em: 15/01//2019.

BANCA EXAMINADORA

Profa. Dra. Maria Consuelo Alves Lima (Orientadora)
Universidade Federal do Maranhão - UFMA

Profa. Dra. Maria José Pereira Monteiro de Almeida
Universidade Estadual de Campinas – UNICAMP

Profa. Dra. Clara Virgínia Vieira Carvalho Oliveira Marques
Universidade Federal do Maranhão – UFMA

Dedico este trabalho, com muito carinho, a minha filha Beatriz e ao esposo Eldon, aos meus pais Flor e Raimundo, pelo apoio em todos os momentos dessa trajetória, para a concretização desse sonho.

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus por ter me dado forças para superar todas as dificuldades e permitir que este momento fosse vivido por mim para concretizar a realização de mais um sonho na vida profissional.

À Universidade Federal do Maranhão (UFMA), pela infraestrutura disponibilizada e por ter me dado à oportunidade de realizar este mestrado.

À Fundação de Amparo à Pesquisa e ao Desenvolvimento Científico e Tecnológico do Maranhão (FAPEMA) pela bolsa de estudo concedida para a realização desta pesquisa.

À Coordenação do PPECEM e a todo seu corpo docente por realizarem um trabalho com dedicação, incansavelmente, para que nós alunos possamos contar com um ensino de qualidade.

À Professora Dra. Maria Consuelo Alves Lima pela orientação, paciência, dedicação e esforço para que eu pudesse ter confiança e segurança na realização deste trabalho.

À Professora Dra. Silvete Coradi Guerini pela coorientação, pelos conselhos e ensinamentos que possibilitaram que eu realizasse este trabalho.

Agradeço de forma especial a minha mãe Flor de Maria, a meu pai José Raimundo e à minha avó Maria José pela fé, pelas orações, pela força e por me manter sempre firme na fé. Por também, confiarem em mim, e estarem em todos os momentos ao meu lado dando força para sempre prosseguir e nunca desistir.

Ao meu esposo Eldon Carlos e a minha filha Beatriz Ribeiro por caminharem junto comigo neste sonho, abdicando de tantas vontades e desejos para concretizar os meus que foram essenciais nessa jornada.

Aos meus irmãos Kesiah Rosália, Leandro José, Leanderson e Caroline pelos incentivos constantes.

Aos meus sobrinhos Emilly, Gabriel, Matheus e Anntony pela força e alegria contagiante.

Aos alunos jovens e adultos da escola Centro de Ensino Estado da Guanabara da EJA. Sinto-me extremamente feliz e agradecida pela oportunidade e confiança em dividir seus sonhos, lutas, sensações, obstáculos enfrentados no ensino e por me possibilitar nessa trajetória um momento tão rico e especial junto a vocês.

A todos da minha turma, pelos momentos de descontração, o meu muito obrigado.

*“... a escola não transforma a realidade, mas
pode ajudar a formar os sujeitos capazes de fazer
a transformação da sociedade, do mundo, de si
mesmo...”*

(Paulo Freire)

RESUMO

Este estudo aborda uma temática da ciência contemporânea que foi desenvolvida em aulas de Física, com alunos do terceiro ano do Ensino Médio, da modalidade da Educação de Jovens e Adultos (EJA), numa escola da rede pública do município de São José de Ribamar, no estado do Maranhão. Inicialmente, foi elaborada uma Unidade de Ensino como instrumento metodológico para estudar a temática “partículas nanométricas” com base na abordagem do movimento Ciência Tecnologia e Sociedade (CTS). Desenvolvida em cinco encontros, o estudo teve início com a aplicação de dois questionários com o propósito de traçar o perfil dos sujeitos pesquisados e obter conhecimentos prévios destes sujeitos sobre a temática a ser estudada. Nos encontros seguintes, foram realizadas atividades envolvendo exibições de vídeos e leituras de textos, seguidos por discussões e produções textuais em respostas a questões levantadas para suscitar reflexão sobre a temática em discussão. Concluídas as atividades na escola e analisadas os significados das produções dos alunos, constataram-se que o estudo sobre a Ciência/Física e a Tecnologia na escala nanométrica produziram reflexões nos alunos que apontam para a formação de posicionamento crítico e de responsabilidade social, subsídios que poderão conduzir os envolvidos para uma possível transformação social.

Palavras-chave: Nanociência e Nanotecnologia. Ensino de Física. EJA. Ciência-tecnologia-sociedade. Unidade de Ensino.

ABSTRACT

This study addresses a theme of contemporary science that was developed in physics classes, with third-year high school students, from the modality of Youth and Adult Education (EJA), in a public school in the municipality of São José de Ribamar, in the state of Maranhão. Initially, a Teaching Unit was elaborated as a methodological instrument to study the theme "nanometric particles" based on the approach of the Science Technology and Society (CTS) movement. Developed in five meetings, the study began with the application of two questionnaires with the purpose of tracing the profile of the subjects surveyed and obtaining previous knowledge of these subjects on the theme to be studied. In the following meetings, activities were carried out involving video screenings and readings of texts, followed by discussions and textual productions in answers to questions raised to raise reflection on the theme under discussion. After completing the activities in the school and analyzed the meanings of the students' productions, it was found that the study on Science/Physics and Technology on the nanometric scale produced reflections in students that point to the formation of critical positioning and social responsibility, subsidies that can lead those involved to a possible social transformation.

Keywords: Nanoscience and Nanotechnology. Physics teaching. EJA. Science-technology-society. Teaching Unit.

LISTA DE ABREVIATURAS

BVS	- Biblioteca Virtual em Saúde
CAPES	- Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior
CEAA	- Campanha de Educação de Adolescentes e Adultos
CEB	- Câmara de Educação Básica
CNBB	- Movimento de Educação de Base
CNE	- Conselho Nacional de Educação
CNEA	- Campanha Nacional de Erradicação do Analfabetismo
CNER	- Campanha Nacional de Educação Rural
CONFINTEA	- Conferência Internacional de Educação de Adultos
CTS	- Ciência, Tecnologia e Sociedade
CTSA	- Ciência, Tecnologia, Sociedade e Ambiente
DCNs	- Diretrizes Curriculares Nacionais
EJA	- Educação de Jovens e Adultos
ENEJA	- Encontro Nacional de Educação de Jovens e Adultos
FMC	- Física Moderna e Contemporânea
FNEP	- Fundação Nacional de Ensino Primário
IBGE	- Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
INPE	- Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais
LDBEN	- Lei de Diretrizes e Bases da Educação Nacional
MOBRAL	- Movimento Brasileiro de Alfabetização
MOVA	- Movimento de Alfabetização de Jovens e Adultos
N&N	- Nanociência e Nanotecnologia
ONU	- Organização das Nações Unidas para a Educação, a Ciência e a Cultura
PBA	- Programa Brasil Alfabetizado
PCN	- Parâmetros Curriculares Nacionais
PNE	- Plano Nacional de Educação
PNNA	- Plano Nacional de Alfabetização de Adultos
PPECEM	- Programa de Pós-Graduação em Ensino de Ciências e Matemática
PROEJA	- Programa de Integração da Educação Profissional ao Ensino Médio para Jovens e Adultos
PROJOVEM	- Programa Nacional de Inclusão de Jovens
PUBMED	- Biblioteca Nacional de Medicina dos Estados Unidos (<i>National Library</i>)

of Medicin 's)

- UA - Unidade de Aprendizagem
- UNESCO - Organização das Nações Unidas para a Educação, a Ciência e a Cultura
- SCIELO - Biblioteca Eletrônica Científica Online (Scientific Electronic Library Online)
- SENAC - Serviço Nacional de Aprendizagem Comercial
- SENAI - Serviço Nacional de Aprendizagem Industrial
- STM - *Scanning Tunnrling Microscopy*

LISTA DE FIGURAS

Figura 1	Ilustração do vídeo “Nanotecnologia: o que é isso?.....	56
Figura 2	Ilustração do vídeo “Alerta: Maranhão registra grande quantidade de queimadas”.....	57
Figura 3	Ilustração do vídeo “Nanotecnologia – impacto na saúde e meio ambiente”.....	59

LISTA DE QUADROS

Quadro 1	Ano de publicação, abreviação dos títulos dos periódicos, número de artigos publicados por ano e os correspondentes estratos dos periódicos.....	19
Quadro 2	Instituições de origem dos autores dos artigos e o número de artigos publicados por Instituição.....	19
Quadro 3	Título do periódico, título do artigo, autores, instituição associada e o ano de publicação relativo à categoria “Abordagem de conceitos básicos em Nanociência e Nanotecnologia”.....	20
Quadro 4	Títulos dos periódicos, títulos dos artigos, instituição associada, autores e o ano de publicação relativos à categoria “Pesquisas bibliográficas sobre Nanociência e Nanotecnologia”.....	21
Quadro 5	Títulos dos periódicos, títulos dos artigos, autores, instituição associada e o ano de publicação relativos à categoria “Propostas didáticas no Ensino Médio”.....	23
Quadro 6	Títulos dos periódicos, títulos dos artigos, autores, instituição associada e o ano de publicação relativos à categoria “Propostas didáticas na formação inicial de professores”.....	25
Quadro 7	Títulos dos periódicos, títulos dos artigos, autores, instituição associada, e anos de publicação relativos à categoria “Propostas didáticas na pós-graduação”	28
Quadro 8	Natureza da Ciência, da Tecnologia, da Sociedade, das interrelações entre elas e as concepções esperadas por cada uma delas.....	47
Quadro 9	Estrutura da unidade de ensino com as atividades que foram desenvolvidas na turma do terceiro ano da EJA.....	54
Quadro 10	Atividade I realizada do segundo encontro.....	56
Quadro 11	Atividade II realizada no terceiro encontro.....	58
Quadro 12	Atividade III realizada no quarto encontro.....	59
Quadro 13	Atividade final sobre Nanociência e nanotecnologia realizada no quinto encontro.....	60
Quadro 14	Os 26 indivíduos, distribuídos por idade e sexo, que frequentaram uma turma da II etapa da EJA, na Escola Centro de Ensino Estado da Guanabara, em São José de Ribamar (MA), em 2018.....	62
Quadro 15	Resposta dos alunos da turma da EJA sobre sua ocupação ou profissões.....	63

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	15
2	REVISÃO DA LITERATURA SOBRE NANOCIÊNCIA E NANOTECNOLOGIA NO ENSINO DE CIÊNCIAS	18
2.1	Produções de artigos em periódicos na área de ensino de Ciência	18
2.2	A Nanociência e a Nanotecnologia no Ensino de Ciências	20
3	UM OLHAR SOBRE A EDUCAÇÃO DE JOVENS E ADULTOS NO BRASIL	31
3.1	A Escolarização de Adultos no Brasil	31
3.1.1	A educação de adultos do período colonial ao ano de 1960	31
3.1.2	Paulo Freire e sua experiência com a educação de adultos	33
3.1.3	Do período militar a 1980	35
3.1.4	Mudanças para a Educação de Jovens e Adultos a partir da década de 1990	37
3.2	Concepções, sujeitos e características da Educação de Jovens e Adultos	40
3.2.1	Concepções da Educação de Jovens e Adultos	40
3.2.2	Os sujeitos da Educação de Jovens e Adultos	41
3.2.3	Características da Educação de Jovens e Adultos	42
4	REFERENCIAL TEÓRICO E PROCEDIMENTOS	45
4.1	Abordagem Ciência, Tecnologia e Sociedade no Ensino de Ciências	45
4.2	O educador Paulo Freire	47
4.3	Articulação entre CTS e o ensino de Freire	49
5	PERCURSO DA PESQUISA	51
5.1	Universo da pesquisa	51
5.2	Análise dos dados	52
5.3	A unidade de ensino	53
6	RESULTADOS E DISCUSSÃO	61
6.1	Conhecendo os jovens e adultos da pesquisa	61
6.1.1	Perfil sociocultural	61
6.1.2	Trajetórias escolares e perspectivas	63
6.2	Concepções prévias sobre nanociência e nanotecnologia	67
6.3	Construindo conhecimentos sobre nanopartículas	70
6.4	Analisando significado das produções finais	79
7	CONSIDERAÇÕES FINAIS	85
	REFERÊNCIAS	88

APÊNDICES	96
APÊNDICE A – Artigos em periódicos da Capes: título do periódico, estrato, título, autor e ano de publicação.	97
APÊNDICE B - Artigos selecionados por periódicos, título, autores e ano de publicação..	99
APÊNDICE C – Questionário do Perfil da Turma	100
APÊNDICE D – Questionário sobre Conhecimentos Prévios.....	101
APÊNDICE E– Termo de Consentimento Livre e Esclarecido	102
ANEXOS	104
ANEXO A – Nanomundo	105
ANEXO B - Doentes pelo Fogo	108
ANEXO C – Regulamentação das nanotecnologias para trabalhadores.....	110
ANEXO D – Produções de quatro alunos em resposta a atividade final.....	117

1 INTRODUÇÃO

Pensar na educação de adultos é refletir sobre a historicidade da luta pelo direito à Educação, pelo direito de aprender e por uma educação de qualidade. Historicamente, a Educação de Jovens e Adultos (EJA) estabeleceu o direito à Educação, a partir de 1996, com a Lei de Diretrizes e Bases (LDB) nº 9.394/96, para as pessoas que não tiveram oportunidade de acesso ou que não puderam dar continuidade ao ensino básico no período regular previsto pela legislação nacional. Nesse sentido, o segundo parágrafo do Art. 37 da LDB assegurou aos jovens e adultos, que não puderam efetuar os estudos na idade regular, “oportunidades educacionais apropriadas, considerando as características do alunado, seus interesses, condições de vida e de trabalho” e, no terceiro parágrafo, prevê que “o poder público viabilizará e estimulará o acesso e a permanência do trabalhador na escola, mediante ações integradas e complementares entre si” (BRASIL, 1996).

O público da EJA é heterogêneo, constituído por alunos e alunas de faixas etárias variadas, com experiências de vida enriquecedoras, os quais buscam na escola uma expectativa de vida melhor para si, para a família, para concretizar sonhos. Para muitos desses jovens e adultos chegar à escola é (re) começar enfrentando difíceis desafios, que conseguem superá-los pelo desejo de mudança, por acreditarem que ainda há tempo de a escola fazer diferença em suas vidas.

Uma das vertentes observadas como pertinente para reflexão sobre a EJA diz respeito aos métodos e estratégias utilizadas em sala de aula, que, atualmente, de maneira geral, pautam-se ainda tão somente na transmissão de conteúdo e resolução de exercícios. Embora em qualquer modalidade de educação seja importante considerar a historicidade dos aprendizes, é especialmente importante na EJA, porque os discentes trazem com eles uma longa história de vida, que inclui trajetórias escolares interrompidas por diferentes motivos, que precisam ser consideradas nas metodologias e estratégias de ensino para atender as especificidades desse público (KRUMMENAUER; COSTA; SILVEIRA, 2010; LOPES, 2009).

A escolha da temática deste estudo teve uma relação estreita com a minha formação no curso de graduação em Física, como participante de um grupo de pesquisa sobre estudos de Nanociência e com minha vivência na EJA em escolas públicas, por dois semestres. Nesse período, comecei a compreender que a Educação básica tem como principal função formar cidadãos com pensamentos críticos, para a construção de uma sociedade democrática e inclusiva, como preconizam os Parâmetros Curriculares Nacionais (PCN), que sugerem temas

atuais e relevantes, como é o caso da Nanociência e da Nanotecnologia, que precisam ser trabalhadas no Ensino de Ciências Naturais e Matemática, tanto pelos aspectos sociais quanto também pelas questões ambientais (BRASIL, 2006).

O tema desenvolvido nesta pesquisa oportuniza à escola desenvolver atividades que possibilitem ao aluno ter conhecimento tanto dos potenciais benefícios como de possíveis prejuízos que esse campo de conhecimento poderá trazer, oportunizando a promoção de análises críticas sobre produções científicas e/ou tecnológicas. Nesse sentido, autores como Pereira, Honório e Sannomiya (2010), Leite et al. (2013) e Ellwanger, Mota e Fagan (2014) evidenciam a importância de se inserir a temática Nanotecnologia no ensino de Ciência e ressaltam a necessidade de que os alunos e professores do Ensino básico conheçam tanto as potencialidades como possíveis efeitos danosos da nanotecnologia na sociedade. Na modalidade da EJA, relativa à formação profissional, Reis e Linhares (2010) destacam a importância de se compreender as medidas físicas no estudo das Ciências da Natureza, enfatizando o papel das medidas nos tamanhos de estruturas e, num estudo de caso, propõem uma reflexão sobre o desenvolvimento científico de novas descobertas como as nanociências, que remetem a necessidade de compreensão das dimensões da escala nanométrica.

Santos e Mortimer (2001) compreendem que o desenvolvimento de habilidades e competências nos alunos dar-se-á a partir do auxílio dado pelos docentes, de modo que esses alunos construam conhecimentos que contribuam para a formação de cidadãos críticos, reflexivos, preparados para tomada de decisões, frente às questões que relacionam Ciência-Tecnologia-Sociedade em aspectos políticos, econômicos, ambientais e éticos.

Partindo desse entendimento, minha vivência com a EJA, em escolas públicas, por dois semestres, e o contato com a temática Nanociência/Nanotecnologia na graduação, me influenciaram a desenvolver esta pesquisa, buscando promover uma reflexão crítica sobre a Ciência e a Tecnologia. Somadas essas experiências, a cidade São José de Ribamar, onde resido - situado no extremo leste da Ilha de São Luís, no Maranhão, a cerca de 32 quilômetros da capital maranhense, consta como o terceiro município mais populoso do Estado do Maranhão, com 177.687 mil habitantes (IBGE, 2019) - contribuiu para a proposição da questão norteadora desta pesquisa, considerando que as constantes fumaças sobre a cidade sejam devido à fuligem dos carros e/ou das queimadas, apontadas como um dos mais frequentes problemas ambientais da cidade, provocados pelo aumento do número de veículos nas ruas e da prática em fazer queimadas.

As fumaças, constituídas por partículas com tamanho da ordem da escala nanométricas (10^{-9} metros), exercem grandes impactos sobre a saúde da população, o que

justifica uma atenção maior da sociedade para controlá-las, evitando-se maiores danos para os indivíduos e o meio ambiente (SILVA; VIANA; MOHALLEM, 2009).

Partindo dessa problemática, propus a questão norteadora desta pesquisa: “Como os jovens e adultos, que frequentam a EJA, produzem significados sobre conhecimentos de Ciência/Física e de Tecnologia na escala nanométrica, partindo de uma problemática local?”.

Durante esse estudo foram analisadas as concepções prévias de jovens e adultos sobre conhecimentos de Física e de Tecnologia na escala nanométrica, a partir da aplicação de uma unidade de ensino construída numa perspectiva CTS. Neste trabalho, buscou-se: (i) compreender os conhecimentos prévios dos alunos relacionados à Nanociência e à Nanotecnologia; (ii) construir uma unidade de ensino com conceitos da Nanociência/Nanotecnologia e a aplicá-la em sala de aula, envolvendo uma problemática local; e (iii) analisar a produção de conhecimento dos alunos e alunas da EJA, após a aplicação da unidade de ensino.

No Capítulo dois, apresentamos uma revisão bibliográfica sobre Nanociência e Nanotecnologia no Ensino de Ciências, objetivando conhecer como vem sendo discutida essa temática ao longo dos últimos dez anos (2008 – 2017) em artigos de periódicos nacionais e internacionais.

No Capítulo três, fizemos uma breve retrospectiva histórica da EJA no Brasil, a partir das primeiras iniciativas da alfabetização de adultos no período colonial e, posteriormente, pontuando campanhas e movimentos que ocorreram ao longo dos anos. Foram expostos conceitos e funções adotados para a educação de adultos, procurando-se entender quem são os sujeitos jovens e adultos que frequentam a EJA.

No Capítulo quarto, descrevemos o apoio teórico-metodológico da pesquisa: a abordagem CTS, em consonância com os ensinamentos de Paulo Freire, fundamental para a análise deste trabalho.

No Capítulo cinco, trazemos o percurso da pesquisa, o universo dos sujeitos pesquisados, os instrumentos para coleta de dados, o tratamento analítico dos dados e a unidade de ensino elaborada.

Os resultados da pesquisa estão apresentados no Capítulo seis: as análises sobre o perfil sociocultural dos jovens e adultos de uma turma da terceira série do Ensino Médio, numa escola da rede estadual do Maranhão, na EJA, e a produção de conhecimento desses jovens e adultos durante e após a aplicação da unidade de ensino.

No Capítulo sete, ocorre a seção Considerações Finais.

2 REVISÃO DA LITERATURA SOBRE NANOCIÊNCIA E NANOTECNOLOGIA NO ENSINO DE CIÊNCIAS

Com o propósito de conhecer-se o que vem sendo discutido sobre a temática Nanociência e Nanotecnologia no ensino de Ciências, nos últimos dez anos, fiz uma revisão bibliográfica no portal de periódicos da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (Capes), na área de Educação, sobre estudos realizados sobre a Nanociência e a Nanotecnologia (N&N) voltados para o ensino de Física, Biologia, Química e/ou Matemática, referente ao período de 2008 a 2017.

2.1 Produções de artigos em periódicos na área de ensino de Ciência

Em consulta às produções nacionais e internacionais na área de Ensino de Ciências, em periódicos da Capes e na plataforma da *Scielo*, foram identificamos artigos classificados somente nos estratos¹ A e B, consideram-se a classificação da Capes do quadriênio 2013 - 2016. O número de publicações nos estratos A é menor do que nos estratos B, contudo, nos periódicos internacionais, o número de publicações nos estratos A supera aos B. Essas publicações, referentes ao período de janeiro de 2008 a dezembro de 2017, assinalam um amplo panorama da produção acadêmica envolvendo a temática Nanociência e Nanotecnologia. A busca foi realizada diretamente no portal dos periódicos da Capes e na plataforma da *Scielo*, utilizando-se os descritores "nanociência", "nanotecnologia" e "ensino de ciências", concomitantemente, sendo encontrados 22 artigos e, quando utilizados os descritores "*nanoscience*", "*nanotechnology*" e "*science education*", concomitantemente, foram encontrados seis artigos que não constavam na lista anterior, totalizando 28 produções. O ano de cada publicação, o título do periódico e o número de publicação por ano dessas produções são mostrados no Quadro 1.

No ano de 2011 não houve nenhuma publicação, enquanto nos anos de 2012, 2013 e 2015 foi publicado o maior número de artigos sobre a temática (Quadro 1). Após a leitura de títulos e de resumos dos 28 artigos (Apêndice A), desconsideram-se 14 deles (8 nacionais e 6 internacionais) por apresentarem estudos relacionados a área da Medicina, questões políticas,

¹Estrato é um conjunto de procedimentos utilizados pela CAPES para classificar a qualidade da produção científica dos programas de pós-graduação com base nos artigos publicados em periódicos científicos. A estratificação das produções, adotada pela Capes no quadriênio 2013 – 2016, foi veiculada com os indicativos de qualidade A1; A2; B1; B2; B3; B4; B5; e C, na ordem decrescente, sendo o mais elevado o A1 (CAPES, 2017).

estudos referentes à educação primária e/ou por apenas citarem os termos Nanociência e/ou

Nanotecnologia sem maior discussão sobre a temática, resultando na seleção de 14 produções publicadas em periódicos nacionais. Entre essas publicações selecionadas (Quadro 2), o maior número, quatro artigos, foi encontrado na revista Química Nova na Escola (QNNE); dois na Revista Brasileira de Ensino de Física (RBEF); dois na revista Novas Tecnologias na Educação (NTE); e uma publicação em cada das revistas: Ciências e Ideias (C&I); Ciência & Educação (C&E); Química Nova (QN); Acta Scientiae (AS); Vidya (RV); e Experiências em Ensino de Ciências (EEC). (Quadro 2, Apêndice B).

Quadro 1 – Ano de publicação, abreviação dos títulos dos periódicos, número de artigos publicados por ano e os correspondentes estratos dos periódicos.

2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017
C&C, EEC, QNNE	JSET, C&I, QNNE	C&E, QNNE, SEI	-	RBEF, AS, NTE, QNNE	RBEF, QNNE	RV	CSSE, QNNE	QNNE	JSET, NTE
3	3	3	-	5	4	2	5	1	2

Fonte: Dados obtidos pela autora.

Com o propósito de situar onde estão sendo fomentadas as discussões sobre a N&N no Ensino de Ciências no Brasil, identificar as publicações selecionadas pelas instituições em que seus autores com título de doutor estão vinculados (Quadro 2).

Quadro 2 – Instituições de origem dos autores dos artigos e o número de artigos publicados por Instituição.

USP	CB/ USP	UFRJ	UNIFESO/ IFRJ	UFV/ IFRJ/ UNIFESO /CBPF	UNICAMP	UFMA/ UNICAMP	UFMG	UNIFRA	PUC-RS	IFC/ IFSC
2	1	1	1	1	1	1	1	3	1	1
QNNE; RBEF	QNNE	QNNE	C&I	C&E	QN	RBEF	QNNE	AS; RV; NTE	EEC	NTE

Fonte: Dados obtidos pela autora.

As discussões relativas ao ensino com a temática sobre a N&N estiveram em grande parte no Centro Universitário Franciscano (UNIFRA) associadas a três publicações – Ellwanger, Mota e Fagan (2014), Ellwanger et al. (2012), e Bisognin et al. (2012) -, na Universidade de São Paulo (USP), associada a dois artigos - Pereira, Honório e Sannomiya (2010) e Tasca et al. (2015). As outras instituições estão associadas a uma única publicação: Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ) - Rebello et al. (2012); Centro Universitário Serra dos Órgãos (UNIFESO) e Instituto Federal do Rio de Janeiro (IFRJ) – Siqueira-Batista et al. (2009); Universidade Federal de Viçosa (UFV), Instituto Federal do Rio de Janeiro

(IFRJ), Centro Universitário Serra dos Órgãos (UNIFESO) e Centro Brasileiro Pesquisas Físicas (CBPF) - Siqueira-Batista et al. (2010); Universidade Estadual de Campinas (UNICAMP) - Melo Jr et al. (2012); Universidade Federal do Maranhão (UFMA) e Universidade Estadual de Campinas (UNICAMP) - Lima e Almeida (2012); Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG) – Silva, Vianna e Mohallem (2009); Pontifícia Universidade Católica (PUC-RS) – Pereira, Basso e Borges (2008); Instituto Federal Catarinense (IFC) e Instituto Federal de Santa Catarina (IFSC) – Clebsch e Watanabe (2017).; A liderança da UNIFRA seguida da USP pode ser justificada pela grande produtividade dessas Instituições em linhas de pesquisa relacionadas à N&N em seus Programas de Pós-graduação (*stricto sensu*) de Física e de Química.

2.2 A Nanociência e a Nanotecnologia no Ensino de Ciências

Após serem identificados os 14 artigos publicados nos periódicos da Capes, associados à área de Ensino de Ciências e Matemática, e a partir dos objetivos estabelecidos pelos seus autores, agrupei os artigos em cinco categorias: (1) Abordagem de conceitos básicos em Nanociência e Nanotecnologia; (2) Pesquisa bibliográfica em Nanociência e Nanotecnologia; (3) Proposta didática no Ensino Médio; (4) Proposta didática na formação inicial de professores; (5) Proposta didática na pós-graduação.

Situando cada produção da revisão bibliográfica nas categorias estabelecidas, dispus, na categoria “Abordagem de conceitos básicos em Nanociência e Nanotecnologia”, de um único trabalho, que discute conceitos básicos da Nanociência a partir do comportamento das nanopartículas, em vista a divulgação científica (Quadro3).

Quadro 3 - Título do periódico, título do artigo, autores, instituição associada e o ano de publicação relativo à categoria “Abordagem de conceitos básicos em Nanociência e Nanotecnologia”.

PERIÓDICO	TÍTULO ARTIGO/AUTORES	INSTITUIÇÃO	ANO
Revista Química Nova na Escola	Afinal, o que é Nanociência e Nanotecnologia? Uma Abordagem para o Ensino Médio/ Silva, Viana e Mohallem	UFMG	2009

Fonte: Dados da pesquisa.

Com o objetivo de abordar conceitos básicos relativos a Nanociência e Nanotecnologia, Silva, Viana e Mohallem (2009) produziram um texto sobre a história de uma personagem que discute situações do cotidiano do aluno e destacam a temática em questões que podem ser abordadas de forma interdisciplinar, em que os conhecimentos se complementem nas áreas de ensino como a Química, Física, Biologia e Matemática. Entre

outras situações, os autores abordam questões acerca da fumaça de cor preta, liberada no ar atmosférico por ônibus e caminhões, constituídas por partículas muito pequenas. Para se compreender como se comportam as partículas em diferentes situações, são apresentados materiais de uso do dia a dia que podem ser utilizados para diferenciar o tamanho das partículas de diferentes substâncias, classificando-as em nanopartículas e partículas, a partir da comparação do comportamento entre elas. Para classificar os tipos de partículas foram comparados comportamentos macroscópicos entre o achocolatado, o talco, o amido de milho, a fuligem² e o açúcar refinado. O comportamento desses materiais foi analisado depois de colocados num tubo de ensaio e agitados e, então, classificando-os em nanopartículas ou partículas. Intuem que o tema N&N pode ser discutido com os alunos secundaristas, considerando-se que eles já conhecem conceitos de átomos e moléculas, a escala métrica e área superficial. Os autores fazem críticas às empresas por investirem milhões em Nanotecnologia pensando nos benefícios que elas podem adquirir, mas, em contrapartida, essas inovações tecnológicas poderão apresentar impactos negativos na sociedade com repercussão em vários setores como econômico, social e político.

Considerando-se que pouco se tem abordado essa temática nas salas de aulas do Ensino Médio a respeito da N&N, os autores se sentiram motivados a criar o texto como personagem fictício para discutir conceitos sobre essa temática e auxiliar professores e alunos a se inteirarem do mundo da Nanotecnologia.

Na categoria “Pesquisas bibliográficas na Nanociência e Nanotecnologia” reuni três trabalhos que analisam documentos já publicados e/ou ferramentas didáticas disponíveis em páginas da internet (Quadro 4).

Quadro 4 - Títulos dos periódicos, títulos dos artigos/autores, instituição associada, e o ano de publicação relativos à categoria “Pesquisas bibliográficas sobre Nanociência e Nanotecnologia”.

PERIÓDICO	TÍTULO ARTIGO/AUTORES	INSTITUIÇÃO	ANO
Ciências e Ideias (C&I)	Nanotecnologia e Ensino de Ciências à luz do enfoque CTS: uma viagem a Lilliput/Siqueira-Batista et al.	UNIFESO; UFRJ	2009
Ciência & Educação (C&E)	Nanociência e Nanotecnologia como temáticas para discussão de Ciência, Tecnologia, Sociedade e Ambiente/Siqueira-Batista et al.	UFV; IFRJ; UNIFESO; CBPF	2010
Química Nova na Escola (QNNE).	Nanotecnologia: desenvolvimento de materiais didáticos para uma abordagem no ensino fundamental/Pereira, Honório e Sannomiya.	USP	2010

Fonte: Dados da pesquisa.

² Segundo Silva, Viana e Mohallem (2009, p. 174), fuligem “são aglomerados de Nanopartículas à base de carbono geradas a partir da queima de combustíveis”.

Siqueira-Batista et al. (2009, 2010) realizaram levantamento bibliográfico sobre a Nanotecnologia na perspectiva do enfoque de Ciência, Tecnologia e Sociedade (CTS) enfatizando a interdisciplinaridade. A pesquisa foi realizada a partir de buscas nos acervos da Biblioteca Virtual em Saúde (BVS), da Biblioteca Nacional de Medicina dos Estados Unidos (PUBMED - *National Library of Medicin's*) da Scielo, em livros e capítulos de livros relacionados à N&N. Os descritores utilizados na busca dos artigos foram “nanotecnologia”, no Scielo, e “*nanotechnology*” mais “*education*”, no PUBMED. A busca abrangeu o período até 31 de março de 2010, resultando em 24 artigos no Scielo e 257 artigos no PUBMED, que foram classificados em quatro eixos temáticos: (1) nanomateriais; (2) nanobiotecnologia e saúde; (3) nanotecnologia e meio ambiente e (4) nanotecnologia, ética e política. Na produção analisada, os autores intencionavam dialogar sobre conteúdo específicos entre diferentes áreas como a Biologia, a Filosofia, a Física, a História e a Química pela temática N&N, para estimular discentes na construção de conceitos, contextualizando temáticas contemporâneas. Os autores ressaltam a importância de criar debates na sala de aula para promover a formação de cidadãos responsáveis com a sociedade e o meio ambiente.

Para incluir o tema N&N no ensino da Educação Básica, Pereira, Honório e Sannomiya (2010) exploraram recursos *on-line* em busca de materiais didáticos, com objetivo de obter ferramentas educacionais para professores do Ensino Fundamental e do Ensino Médio, bem como contribuir para o entendimento de conceitos da Química relacionados ao cotidiano do aluno. Os autores mostram que há uma variedade de endereços na Internet e materiais didáticos desenvolvidos em vários países e trazem como exemplos: o filme *A Fantastic Journey for Nana and Nono*; o museu exploratório *Sciense Museum*, em Londres; *Nano Truck*, na Alemanha; a empresa *PlayGen*, no Reino Unido; o *Nanonet*, no Japão; o vídeo musical *NanoSong*, na Califórnia; e o *NanoAventura*, um Museu Exploratório de Ciências desenvolvido pela Universidade Estadual de Campinas (UNICAMP), no Brasil, isto é, uma iniciativa de desenvolvimento científico e tecnológico que propõe a imersão do público de todas as idades num mundo com conceitos nanométricos. Os autores concluem que há uma grande deficiência de materiais didáticos disponíveis para o ensino de Nanotecnologia no Brasil, e ressaltam a importância de aguçar o interesse dos alunos sobre essa temática de relevância para educação e para a sociedade em geral.

Na terceira categoria, “Propostas didáticas no Ensino Médio”, agrupamos quatro trabalhos que descrevem propostas de ensino a respeito da N&N com aplicação e análise de trabalhos desenvolvidos no Ensino Médio (Quadro 5).

Quadro 5 - Títulos dos periódicos, títulos dos artigos/autores, instituição associada e o ano de publicação relativos à categoria “Propostas didáticas no Ensino Médio”.

PERIÓDICO	TÍTULO ARTIGO/AUTORES	INSTITUIÇÃO	ANO
Química Nova na Escola	Nanotecnologia, um tema para o ensino médio utilizando a abordagem CTSA /Rebello et al.	UFRJ	2012
Revista Brasileira de Ensino de Física	Uso do método cooperativo de aprendizagem Jigsaw adaptado ao ensino de Nanociência e Nanotecnologia/ LEITE et al.	USP	2013
Revista Vidya	Abordagem de Nanociência no Ensino Médio/Ellwanger, Mota e Fagan.	UNIFRA	2014
Química Nova na Escola	Desenvolvendo habilidades e conceitos de Nanotecnologia no ensino médio por meio de experimento didático envolvendo preparação e aplicação de nanopartículas superparamagnéticas /Tasca et al.	CB; USP	2015

Fonte: Dados da pesquisa.

Rebello et al. (2012) exploraram o tema N&N utilizando a abordagem Ciência, Tecnologia, Sociedade e Ambiente (CTSA), a partir de uma proposta para preparação de nanopartículas do minério magnetita, no Ensino Médio. Os autores entendem que é oportuna a discussão dessa temática na sala de aula fazendo uso de atividades que possibilitem ao aluno identificar benefícios, mas também possíveis prejuízos que as novas tecnologias podem trazer para a sociedade. O acúmulo de nanopartículas no ar pode oferecer riscos, se acumulados no meio ambiente e nos organismos vivos, como nos casos de partículas resultante de atividades humana nas descargas de veículos, fumaça de cigarro e emissões industriais na atmosfera. A síntese da magnetita foi realizada pelos próprios alunos, subsidiando argumentos para os alunos participarem de discussão entre eles e para participarem de um debate envolvendo questões acerca dos impactos ambientais e sociais que as novas tecnologias podem fomentar, promovendo um importante instrumento de reflexão para formação cidadã.

Leite et al. (2013) relatam atividades desenvolvidas em uma turma de 80 alunos do Ensino Médio durante um minicurso acerca de N&N ofertado a esse público, com duração de quatro aulas. As atividades foram desenvolvidas a partir de discussões sobre definição de tamanho de objetos e a realização de medidas desses objetos em escalas distintas, inserindo conceitos de escalas macro, micro e nano, ressaltando a importância de seguir uma sequência lógica dos conteúdos de ensino, e dando ênfase a necessidade de conhecimento sobre a notação científica. Os autores utilizaram como metodologia a variação do método cooperativo de Jigsaw³ baseado no uso de texto de divulgação científica como recurso didático para

³ A variação do Método Cooperativo de Aprendizagem Jigsaw “prevê, originalmente, a subdivisão de um assunto central escolhido em subtópicos, com o intuito de, por meio do estudo, observar e discutir essas fragmentações, e posteriormente, chegar a uma conclusão referente ao assunto central. A variação desse método baseia-se no uso de um texto de divulgação científica como material didático” (LEITE et al., 2013, p. 3).

motivar a discussão em sala de aula, visto que na prática esse recurso auxiliará na complementação dos materiais didáticos, contribuindo para a inserção da linguagem científica no cotidiano dos alunos e o incentivo à leitura. A análise dos dados foi efetuada pelo uso da Análise de Conteúdo⁴, indicando que as atividades e o método utilizados durante a aplicação do módulo didático promoveram uma base conceitual enriquecedora e desenvolveram, nos alunos, um posicionamento crítico sobre N&N.

Ellwanger, Mota e Fagan (2014) relatam uma experiência produzida, a partir do uso de um módulo didático sobre tópicos de N&N, e aplicado numa turma de terceiro ano de Ensino Médio. O desenvolvimento da proposta em sala de aula foi realizado em duas versões: uma versão preliminar em 2008 e a versão reformulada em 2009, ambas constituídas em cinco etapas: (1) Concepções prévias: questões sobre nanociência; motivação: aplicações práticas N&N; (2) Desenvolvendo o tema: compreensão da nanoescala; (3) Propriedades de nanoestruturas: exemplos práticos e os fenômenos físicos envolvidos; (4) Conhecendo o tema na literatura: texto de divulgação científica; e (5) Avaliação: produção textual, depoimentos e questões. Os autores, embasados nos pressupostos da aprendizagem significativa de Ausubel⁵ e Brunhíriamos⁶, apresentam, como resultados da pesquisa, demonstrações computacionais que auxiliaram os alunos a compreenderem a escala nanométrica pela observação do aumento da área superficial de um cubo e a revelação da importância do uso de textos de divulgação científica para o estudo. Para haver uma discussão interativa e dialógica em sala de aula, sugerem que os textos de divulgação científica sejam bem escolhidos e lidos antecipadamente em casa pelos alunos.

Na perspectiva de que estudantes desenvolvam habilidades e conhecimentos conceituais sobre Nanotecnologia, Tasca et al. (2015) realizaram atividades experimentais no Ensino Médio mostrando como o desenvolvimento da Nanotecnologia tem impulsionado a criação de novos materiais, e ressaltando as propriedades de materiais associando à nanoescala. Durante as atividades, o uso da experimentação foi feito com o viés investigativo, apresentando tipos diferentes de nanomateriais magnéticos, justificando a importância de se compreender fenômenos observados na escala nanométrica - assim como as diferentes propriedades apresentadas pelas nanopartículas magnéticas - pelo grande potencial para

⁴ A análise de conteúdo permite avaliar diferentes tipos de textos, baseando-se em descrições sistemáticas, o que resulta em uma compreensão de significados

⁵ O pressuposto de Ausubel “apresenta como central o conceito de conhecimento prévio, ou seja, o que o aluno já conhece a respeito do assunto que está sendo estudado” (ELLWANGER; MOTA; FAGAN, 2014, p. 96).

⁶ A partir das ideias de Bruner, “sugere uma possibilidade de revisitar o mesmo assunto em diferentes níveis de profundidade e complexidade, podendo ser ampliado e adequado de acordo com os alunos que estão construindo aquele conhecimento”

aplicações na tecnologia, o que tem despertado interesse de diversos pesquisadores do mundo. A preparação de um nanomaterial tem sido realizada por diversos métodos, e a escolha do método dependerá do objetivo para seu uso. No experimento didático apresentado, os autores exploram os conceitos e as propriedades em nanoescala dos materiais magnéticos, partindo da problemática de derramamento de óleo no meio ambiente. Esse problema, geralmente provocado por empresas dos setores de petróleo e gás, gera grandes impactos para a sociedade e é discutido levando em consideração as possíveis contribuições que as nanopartículas magnéticas poderão oferecer na resolução do problema quando se pensa em sua aplicação na Nanotecnologia.

Na quarta categoria, “Propostas didáticas na formação inicial de professores”, foram agrupados quatro artigos sobre unidade de ensino e/ou sequências didáticas propostas sobre a temática N&N nas licenciaturas em Física, Química, Biologia e Matemática (Quadro 6).

Quadro 6 - Títulos dos periódicos, títulos dos artigos/autores, instituição associada e o ano de publicação relativos à categoria “Propostas didáticas na formação inicial de professores”.

PERIÓDICO	TÍTULO ARTIGO/AUTORES	INSTITUIÇÃO	ANO
Experiências em Ensino de Ciências	Unidade de aprendizagem sobre Citologia e Nanotecnologia: um novo olhar ao século XXI/Pereira, Basso e Borges.	PUC-RS	2008
Revista Brasileira de Ensino de Física	Articulação de textos de Nanociência e Nanotecnologia para a formação inicial de professores de Física/Lima e Almeida.	UFMA/UNICAMP	2012
Revista Química Nova na Escola	Preparação de nanopartículas de prata e ouro: um método simples para a Introdução da Nanociência em laboratório de ensino/ Mello Jr et al.	UNICAMP	
Revista Novas Tecnologias na Educação.	Abordagem da Nanociência e Nanotecnologia a partir da escala/Clebsch e Watanabe.	UDSC/IFSC	2017

Fonte: Dados da pesquisa.

Pereira, Basso e Borges (2008) propõem atividades que envolvem ensino e aprendizagem de Biologia a partir de uma Unidade de Aprendizagem (UA)⁷ denominada Nanotecnologia e Citologia a ser desenvolvida no Ensino Médio. Conjecturando a carência de atualização contínua na formação de professores, os autores afirmam que a UA poderá contribuir para superar o ensino tradicional, propondo ao aluno a construção de seus próprios significados, valorizando os conhecimentos prévios dos sujeitos envolvidos no processo de

⁷ A Unidade de Aprendizagem é uma forma de abordagem para se trabalhar com alunos, tendo o objetivo de levantar questionamentos referentes a um tema proposto, levando-se em consideração conhecimentos já existentes, que são pontos relevantes, uma vez que a cada fala e através desta fala é possível fazer reflexões, discussões e, portanto, buscar respostas e aprofundar conhecimentos iniciais (MORAES; GOMES, 2007, p.276).

ensino e aprendizagem. Embasados nos pressupostos da aprendizagem significativa de Ausubel, os autores desenvolveram a UA em sete encontros: (1) Apresentação da metodologia da UA, identificação das ideias prévias dos alunos, a construção de um organograma estabelecido em categorias pelos licenciados e formação dos grupos; (2) Exposição do documentário da Discovery Channel sobre nanotecnologia seguida por reflexões; (3) Planejamento dos trabalhos em grupos, com orientação; (4) Elaboração de relações do estágio com a UA; (5) Finalização do planejamento e elaboração dos trabalhos; (6) Apresentação dos trabalhos desenvolvidos pelos grupos e (7) Continuação das apresentações do encontro anterior.

Os autores avaliam que a UA causou grandes impactos nos licenciados, despertando entusiasmos para desenvolverem, no Ensino Médio, o ensino de Nanotecnologia e Citologia de forma simples. A execução da UA, no direcionamento dos licenciandos para pensar, argumentar e problematizar como necessidade para o desenvolvimento de uma aprendizagem consistente, é atribuído papel fundamental para o licenciando refletir sobre a própria formação e o ensino escolar, acrescentando formação significativa na sua vivência acadêmica.

Lima e Almeida (2012) expõem, com base na literatura, que as pesquisas na área de ensino de Física vêm confirmando a necessidade de serem estudados conceitos da Física Moderna e Contemporânea (FMC) na Educação Básica e que as pesquisas com materiais em escala nanométrica, as denominadas Nanociência e Nanotecnologia, vêm ganhando proporções de destaque nas pesquisas atuais com inserção de aplicações em diferentes campos da vida cotidiana.

Considerando-se a importância da temática Nanociência e Nanotecnologia para a formação inicial de licenciados em Física, as autoras propõem uma unidade de ensino a partir da articulação de textos envolvendo conteúdo desta temática, numa sala de aula, com 15 licenciados de Física. O desenvolvimento dessa atividade foi dividido em três etapas: (1) aplicação de questionário com o intuito de obter informações sobre a formação dos alunos, experiências vivenciadas na universidade e sobre conhecimentos em nanotecnologia; (2) escolha de textos a serem estudados em casa por grupos de alunos que, em seguida, apresentaram resumos escritos desses textos. Esta etapa foi concluída com a apresentação dos grupos, em forma de seminários, na sala de aula; e (3) finalizando, os alunos responderam a quatro questões contidas num questionário. Para as autoras, conhecimentos da Nanociência e Nanotecnologia desenvolvidos para a formação inicial de professor são importantes para que, no futuro, ele possa desenvolver com seus alunos conceitos da Física Moderna e Contemporânea numa concepção multidisciplinar, na Educação Básica, na perspectiva de

formar cidadãos que compreendem tais questões e possam refletir e tomar decisões quanto às inovações decorrentes de novas tecnologias.

Mello Jr et al. (2012) pontuam que há um crescente desenvolvimento do ramo da Nanociência, desde a compreensão das mudanças nas propriedades físicas até a redução na escala nanométrica, e que a abordagem desse ramo de conhecimento tem crescido nos cursos de graduação no Brasil, principalmente na área de Química.

Os autores descrevem aulas experimentais sobre a preparação de nanopartículas de prata e de ouro, a partir da redução dos íons Ag^+ e Au^+ , executadas no laboratório de Ensino de Química, num período de seis horas, como proposta alternativa para inserção de conceitos de Nanociência para alunos de graduação do último ano de curso. Os experimentos promoveram a visualizaram do aumento no tamanho das nanopartículas, pela coloração da solução coloidal tanto em nanopartículas de prata como de ouro, em diferentes fases de agregação, quando adicionado sal na solução coloidal dessas partículas. No coloidal de nanopartículas de prata foi adicionado o sal cloreto de sódio, provocando “uma mudança na força iônica do meio reacional, minimizando as forças eletrostáticas repulsivas criadas pela camada de íons boroidreto e, conseqüentemente, possibilitando a agregação das nanopartículas” (MELLO JR, 2012, p. 1873). As diferentes colorações apresentadas - amarelo claro, cor de laranja, violeta, e cinza -, representavam as diferentes fases de suspensão coloidal das nanopartículas de prata, comparada com a solução inicial. Os pesquisadores consideram que a inserção de conceitos sobre a N&N foi satisfatória e a atribuem aos resultados alcançados devido a dois fatos: os participantes das atividades cursavam o último ano da graduação e a investigação sobre as cores das nanopartículas, que juntamente com o método de síntese utilizado no experimento, agregaram conhecimentos sobre N&N aos participantes.

Clebsch e Watanabe (2017), motivados pela escassez de materiais didáticos sobre N&N para a Educação Básica, analisaram os resultados da aplicação de um objeto educacional sobre N&N, discutindo o assunto numa linguagem facilitadora para o entendimento dos estudantes, com uso de uma hipermídia (vídeo/blog) elaborada especificamente para o estudo. Inserida numa sequência de atividades, a hipermídia é apontada como recurso didático que possibilitará a aproximação do aluno com a escala nanométrica. Como alternativa, utilizaram um *blog*, por apresentar uma estrutura em ordem inversa da sala de aula, e um vídeo para explorar os recursos audiovisuais.

Os editores escolheram o *software Windows Live Movie Maker* pela sua funcionalidade e facilidade de manuseio, por permitir que o aluno adicione efeitos contendo

imagens, áudios e textos personalizados, sem necessariamente o aluno possuir habilidade em edição de vídeos; por poder ser utilizado sem a necessidade de um computador potente; e por ser gratuito. Esses autores elaboraram um vídeo de quatro minutos num *software* que explora a experimentação sobre a escala nanométrica e, segundo os autores, o vídeo e o *blog* trazem elementos sobre a temática em questões que instigam a reflexão e ao debate sobre N&N. Por fim, as atividades foram publicadas no *youtube*⁸ e no *blogspot*⁹ e apresentadas para dois públicos: os licenciados em Física, objetivando as possibilidades desse recurso na Educação Básica e para estudantes do curso técnico em Química, com o intuito de abordar conceitos de N&N no currículo. A análise feita pelos autores nos tópicos do *blog* indica haver maior número de comentários sobre o vídeo, ensejando concluir que ele teve maior impacto sobre os alunos, evidenciando positivamente a utilização do recurso como material de divulgação científica.

Na categoria “Propostas didáticas na pós-graduação”, foram agrupados trabalhos que relatam pesquisas desenvolvidas em Mestrado e/ou Especialização, enquadrando-se dois trabalhos (Quadro 7).

Quadro 7 - Títulos dos periódicos, títulos dos artigos/autores, instituição associada e anos de publicação relativos à categoria “Propostas didáticas na pós-graduação”.

PERIÓDICO	TÍTULO ARTIGO/AUTORES	INSTITUIÇÃO	ANO
Acta Scientiae	Ensino e aprendizagem de conceitos matemáticos relacionados à Nanociência por meio da modelagem matemática / Bisognin et al..	UNIFRA	2012
Novas Tecnologias na Educação	O ensino de Nanociências por meio de objetos de aprendizagem / Ellwanger et al..	UNIFRA	2012

Fonte: Dados da pesquisa.

Com o objetivo de contribuir para a Educação científica, Bisognin et al. (2012) desenvolveram atividades de modelagem associadas a conceitos da N&N em um curso de mestrado em ensino de Física e Matemática, com o propósito de possibilitar a construção de novos conceitos matemáticos e permitir, não só a compreensão da temática proposta, mas possibilitar a interação com outras áreas de conhecimento.

Participaram da pesquisa 15 professores da Educação Básica e alunos do mestrado em Ensino de Física e Matemática. Os dados da pesquisa foram coletados com anotações em papel e/ou fazendo uso de vídeos, gravações de áudio e entrevistas, sobre atividades desenvolvidas na disciplina Tópicos de Física Moderna. Inicialmente, os participantes da

⁸ Disponível em: <https://www.youtube.com/watch?v=6ST4pskEuOg>

⁹ Disponível em: <http://nanocienciaetecnologia.blogspot.com/>

pesquisa foram distribuídos em três grupos, para discussão geral de textos sobre N&N e para análise e problematização da temática com a modelagem Matemática. A análise foi feita sobre as produções dos alunos (comentários dos alunos, apresentações orais) distribuídos em dois eixos temáticos: a reação dos alunos frente à Nanociência e a relação do processo de modelagem com a Nanociência. Os resultados da pesquisa indicaram que os mestrandos não dominavam o tema, o que tornou desafiador o desenvolvimento das atividades, contudo, por outro lado, despertou o interesse para o estudo, o que, com o uso da modelagem Matemática, contribuiu para a compreensão de conceitos matemáticos e da Nanociência.

Com o intuito de popularizar o conhecimento a respeito da Nanociência numa linguagem de fácil compreensão para a população, Ellwanger et al. (2012) apresentam uma proposta diferenciada com o intuito de levar ao público informações de forma clara e objetiva. Nesse trabalho, os autores expõem os resultados de uma transposição didática¹⁰ desenvolvida por alunos do mestrado profissionalizante em Ensino de Física e Matemática. Os autores propõem o uso de recursos tecnológicos para auxiliar o professor no desenvolvimento das atividades, com o uso de demonstrações computacionais, vídeos, animações e hipertextos para os alunos compreenderem o aumento da área superficial de um cubo e os conceitos de reflexão e dispersão. Esses conceitos estão diretamente relacionados às propriedades específicas dos materiais em escala nanométrica, a exemplo das cores presentes nos vitrais das igrejas medievais, cujos efeitos da mudança de cor devem-se à especificidade dos distintos tamanhos das partículas dos materiais nanométricos.

Considerando-se que grande parte do público não tinha conhecimentos prévios para compreender conceitos de nanociência, os autores apontam a transposição didática como um instrumento que possibilita adequar os conceitos de Nanociência a uma linguagem mais acessível para atingir o público em geral, enfatizando o uso de recursos tecnológicos, orientando professores e alunos na Educação Básica em suas práticas educacionais, tornando o ensino mais atualizado e atrativo.

A categorização dos trabalhos mostra que a maioria dos autores faz discussões sobre impactos ambientais e sociais relacionando N&N a conceitos ligados ao cotidiano dos alunos, com o intuito de desenvolver uma educação científica e tecnológica. Um dos focos das pesquisas positiva preocupação com os produtos da N&N, especialmente com os possíveis

¹⁰ A expressão significativa ‘transposição didática’ teve sua origem na França em 1975 pelo sociólogo Michel Verret. A transposição didática é “um conteúdo do saber tendo sido designado como saber a ensinar quando sofre, a partir daí um conjunto de transformações adaptativas que o levam a tomar lugar entre os objetos de ensino. O trabalho em tornar um objeto do saber a ensinar em objeto do saber ensinado” (CHEVALLARD, 1991, p.45 apud SIQUEIRA; PIETROCOLA, p.2, 2006).

riscos que as nanopartículas podem causar no meio ambiente. Entre os possíveis riscos, está à poluição por partículas que pode apresentar um grande perigo, uma vez que, acumuladas nanopartículas no ambiente podem causar danos à saúde humana e a toda espécie de organismo vivo.

Como ressaltam Rebello et al. (2012) e Silva, Viana e Mohallem (2009), muitas das vezes as nanopartículas de poluentes, como por exemplo, descargas de veículos, fumaça de cigarro, emissões industriais na atmosfera, fuligem, fumaça dos automóveis e queimada são jogados no ar sem ao menos nos dar conta do que elas poderão nos ocasionar. Apesar dos grandes avanços da Nanociência e da Nanotecnologia e suas aplicações, a preocupação com os riscos que esses materiais podem causar à coletividade não são questionados pela população brasileira e poucas vezes são ouvidas as vozes dos poucos estudiosos sobre o assunto.

No contexto apresentado, o conhecimento da N&N, como alfabetização científica para a população é uma necessidade imprescindível para sobrevivência da própria população, precisando, portanto, ser inserida na Educação Básica, para desenvolver nos alunos formação crítica frente aos avanços científicos e tecnológicos. Há décadas alguns estudiosos têm esse entendimento, a exemplo de Sagan (1996, p. 21), que alertou para a importância de se tornar os métodos e as descobertas acessíveis aos não cientistas, considerando que “as consequências do analfabetismo científico são muito mais perigosas em nossa época do que em qualquer outro período anterior”. Uma máxima, que a cada dia se torna mais verdadeira, e quanto à saída para esse problema está na valorização da educação para toda a população.

A produção, embora escassa, mostra tentativas de inserção da Nanociência e Nanotecnologia na formação inicial e/ou continuada de professores direcionada a Educação Básica e justifica a necessidade de mais pesquisas na área da N&N de ensino.

Considerando que os sujeitos desta pesquisa são alunos de uma turma da Educação de Jovens e Adultos, é apresentado, no próximo Capítulo, um panorama dessa modalidade de Educação no Brasil.

3 UM OLHAR SOBRE A EDUCAÇÃO DE JOVENS E ADULTOS NO BRASIL

Apresenta-se uma breve retrospectiva histórica da Educação de Jovens e Adultos (EJA) no Brasil, a partir das primeiras iniciativas de alfabetização de adultos, seguidas por campanhas e movimentos que constituem a história dessa educação no país, procurando oferecer subsídios para a compreensão de: conceitos da EJA, quem são esses jovens e adultos e as características que amparam essa modalidade de ensino, contribuindo para compreensão do universo cultural destinado aos jovens e adultos.

O estudo foi desenvolvido a partir de obras de autores considerados referenciais na área, como Friedrich et al. (2010), Haddad e Di Pierro (2000), Lopes e Sousa (2005), Paiva (1987), Freire (2018) e Strelhow (2010).

3.1 A Escolarização de Adultos no Brasil

Inicialmente situa-se a escolarização de adultos no Brasil pela história da Educação do Período Colonial, avançando até o ano de 1960. Traz-se brevemente a experiência da educação de adultos de Paulo Freire, no ano de 1958; colheu-se a intervenção na educação de adultos no período militar até o ano de 1980 e apresentamos as mudanças ocorridas na década de 1990, e a posteriori, para a educação de Jovens e Adultos.

3.1.1 A educação de adultos do período colonial ao ano de 1960

Ao longo de várias décadas, a educação de adultos enfrentou uma trajetória de luta pelo direito à Educação no Brasil. Segundo Haddad e Di Pierro (2000), os primeiros registros de alfabetização de adultos no Brasil mostraram que a educação brasileira vem se institucionalizando a partir da catequização dos indígenas, no Período Colonial. Nesse Período, os religiosos exerciam a missão educativa, em grande parte com os adultos, buscando difundir o Evangelho, mas também transmitindo e ensinando normas de comportamentos e ofícios necessários para o funcionamento da economia colonial. Esse método de educação missionária dos jesuítas foi inicialmente aplicado junto aos indígenas e, posteriormente, aos escravos negros, sendo mais tarde difundindo nas escolas para os colonizadores e seus filhos.

Com a chegada da família real ao Brasil, houve a necessidade de formar mão de obra para atender a aristocracia portuguesa, fato fundamental para a implantação do processo de

escolarização de adultos com o objetivo de “servirem como serviçais da corte e para cumprir as tarefas exigidas pelo Estado” (FRIEDRICH et al., 2010, p. 394).

Com a expulsão dos jesuítas do Brasil, em 1759, houve uma desestruturação do sistema de ensino e, desde então, relatos sobre iniciativas de ações educativas para adultos foram encontradas somente a partir do período Imperial. Anos depois, em 1824, sob forte influência da Europa, foi promulgada a primeira Constituição Brasileira, ato que deu significado mais amplo para a Educação garantindo "instrução primária e gratuita para todos os cidadãos" (BRASIL, 2000, p. 13), o que incluía os adultos. Essa Constituição foi fonte de inspiração para outras constituições que incluíram o direito a Educação Básica para todos, mas esse direito não passou da intenção legal, pois na época, a Educação era voltada exclusivamente para a elite - brancos e masculinos – e o intuito era fortalecer e manter os políticos no poder, omitindo o direito a educação para os negros, os indígenas e para uma grande parcela das mulheres (HADDAD; DI PIERRO, 2000).

Com a Constituição Brasileira promulgada em 16 de julho de 1934¹¹, foi elaborado o Plano Nacional de Educação (PNE) que, segundo Lopes e Sousa (2005, p. 3), “indicava pela primeira vez a educação de adultos como dever do Estado, incluindo em suas normas a oferta do ensino primário integral, gratuito e de frequência obrigatória, extensiva para adultos” como direito constitucional. Essa Constituição atribuiu ao governo federal o dever de supervisionar as esferas de competência da União, dos Estados e dos Municípios, o que contribuiu para, a partir de 1940, surgirem novos olhares para os jovens e adultos excluídos da escola, passando a serem vistos como uma “vergonha nacional”, manifestando-se iniciativas e ações governamentais que proporcionaram benefícios à educação das camadas populares. Em 1942, foi regulamentado o Fundo Nacional de Ensino Primário (FNEP), criado por Anísio Spíndola Teixeira¹², com o propósito de garantir recursos permanentes para o ensino primário.

No fim da década de 1950, foi realizada a I Campanha Nacional de Alfabetização, impulsionada por pressão internacional da Organização das Nações Unidas (ONU) e das Nações Unidas para a Educação, a Ciência e a Cultura (UNESCO). Haddad e Di Pierro (2000, p. 111) afirmam que a UNESCO "denunciava ao mundo as profundas desigualdades entre os países e alertava para o papel que deveria desempenhar a educação, em especial a educação de adultos". De acordo com Strelhow (2010, p. 53), “os programas de educação instalados estavam preocupados mais na quantidade de pessoas formadas do que a qualidade”, enquanto Lopes e Sousa (2005) destacam que estes movimentos exerceram um ponto positivo na

¹¹ Prelúdio da instalação do Estado Novo.

¹² Considerado o principal idealizador de grandes mudanças na História da Educação Brasileira no século XX.

educação e em todo o processo, ocorrendo o reconhecimento de várias atividades que estavam sendo desenvolvidas no país.

Em 1947, ocorreu a primeira iniciativa governamental brasileira promovida pelo Ministério da Educação e Saúde: o lançamento da Campanha de Educação de Adolescentes e Adultos (CEAA), declarando a Educação de adultos como peça primordial a ascensão dos níveis da Educação em seu conjunto, período em que se começou a pensar sobre o material didático específico para a educação de adultos. Segundo Haddad e Di Pierro (2000), essa jornada tornou-se bastante significativa e importante para a educação de adultos, especialmente, por gerar uma infraestrutura necessária para atendimento da demanda tanto para os Estados quanto para os Municípios. Outras campanhas participaram dessa trajetória, entretanto, muitas delas foram extintas depois de alguns anos.

No final da década de 1940 e início de 1960, foram idealizados alguns fatores que contribuíram para a estruturação da educação de jovens e adultos, entre eles, destacam-se: (a) o I Congresso Nacional de Educação de Adultos (1947); (b) a Campanha Nacional de Educação Rural (CNER), voltada para as populações que vivem em meio rural (1952); (c) a Campanha Nacional de Erradicação do Analfabetismo (CNEA) (1958), criada com o intuito de diminuir os índices de analfabetismo, extinta por questões financeiras, em 1963; (d) o Movimento de Educação de Base (CNBB); e (e) o Movimento de Cultura Popular de Recife (1961). Esses dois últimos movimentos objetivavam reconhecer e valorizar os conhecimentos e a cultura vivenciada pela população, no entanto, tiveram período curto. Esses Movimentos e as Campanhas reconhecem e valorizam os conhecimentos e a cultura vivenciados pela população, considerando-se os analfabetos como produtores de conhecimentos (FRIEDRICH et al., 2010; STRELHOW, 2010).

3.1.2 Paulo Freire e sua experiência com a educação de adultos

Em 1958, por ocasião do fracasso da Campanha de Educação de Adolescentes e Adultos (CEAA), foi realizado, no Rio de Janeiro, o II Congresso Nacional de Educação de Adultos com a proposta de avaliar e buscar soluções para a educação desse público. A campanha resultou em um Programa fixo sobre a Educação de Adultos, culminando com a criação do Plano Nacional de Alfabetização de Adultos (PNNA), em 1962, liderado por Paulo

Freire¹³, o educador de maior referência sobre a educação de adultos (HADDAD; DI PIERRO, 2000).

Ainda em 1958, Juscelino Kubitschek de Oliveira, então presidente da República, intimou vários representantes dos Estados para debaterem suas experiências no Congresso de Educação de Adultos. Segundo Paiva (1987), essa preocupação expressou a intenção de busca por novos métodos para a alfabetização e a educação dos adultos. Entre outras manifestações dos grupos, estava o fato de que consideravam que os sujeitos trabalhadores “[...] não podiam ficar à mercê de uma minoria que constitui o governo e decide os destinos da pátria, clamavam pela erradicação do analfabetismo a fim de que se pudesse ter no Brasil uma verdadeira democracia” (PAIVA, 1987, p. 209).

Nesse debate, Freire e seu grupo se sobressaíram por se constituírem num movimento direcionado à educação de adultos, apresentando fortes críticas ao abandono das escolas, à qualificação do educador e principalmente aos materiais didáticos. Nessa perspectiva, segundo Guarato (2001, p. 26), o grupo conseguiu expor uma nova imagem do aluno, que deixou de ser acolhido como marginal e/ou incapaz, para ser considerado “[...] um indivíduo participante e produtivo, capaz de transformar-se a si e à sociedade como um todo, pela busca de autonomia e liberdade”. Para Paiva (1987), Freire reconheceu que chegara o momento de a sociedade tradicional brasileira, fechada, passar a ser democrática, e que “o povo emergia nesse processo, inserindo-se nele criticamente, querendo participar e decidir, abandonando a condição de objeto e passando a ser sujeito da história” (PAIVA, 1987, p. 252).

Haddad e Di Pierro (2000) apontam outra questão relevante nesse Congresso: o posicionamento de grande responsabilidade dos educadores para mudar características específicas e criar um ambiente propício para essa educação de adultos. Neste período, o educador Paulo Freire "propôs uma educação baseada no diálogo, que considerasse as características socioculturais das classes populares, estimulando sua participação consciente na realidade social" (LOPES; SOUSA, 2005, p. 5-6). O método de Freire fundamentava-se numa educação libertadora, que estabelecesse um elo entre os conteúdos e a vida dos alunos, possibilitando a tomada de consciência, e como resultado tornando-se crítico.

¹³ “Paulo Reglus Neves Freire nasceu em Recife em setembro de 1921 e morreu em São Paulo. Formou-se em Direito em 1946. No período de 1947 a 1957 atuou como diretor do setor de Educação e Cultura no SESI de Pernambuco. Em 1960 participou da criação do Movimento de Cultura Popular (MCP) do Recife” (FREITAS; BICCAS, 2009, p. 226). Foi relator da comissão regional de Pernambuco e autor do relatório: “A educação de adultos e as populações marginais: o problema dos mocambos, chamando a atenção para as causas sociais do analfabetismo e condicionando sua eliminação ao desenvolvimento da sociedade” (PAIVA, 2003, p. 237).

Os anos de 1959 a 1964, segundo Haddad e Di Pierro (2000), foram momentos de luzes para a educação de adultos, quando ocorreram fatos, campanhas e programas que promoveram um salto muito importante para o campo da educação de jovens e adultos, sendo que

Nesses anos, as características próprias da educação de adultos passaram a ser reconhecidas, conduzindo à exigência de um tratamento específico nos planos pedagógicos e didáticos. À medida que a tradicional relevância do exercício do direito de todo cidadão de ter acesso aos conhecimentos universais uniu-se à ação conscientizadora e organizativa de grupos e atores sociais, a educação passou a ser reconhecida também como um poderoso instrumento de ação política. Finalmente foi-lhe atribuída uma forte missão de resgate e valorização do saber popular, tornando a educação de adultos o motor de um movimento amplo de valorização da cultura popular (HADDAD; DI PIERRO, 2000, p. 113).

Nesse período, a educação de adultos tornou-se a causa de mudanças mais abrangentes na sociedade, onde passou a ganhar força, principalmente, sob a influência das ideias de Paulo Freire não só sobre o método da alfabetização, mas também por esses momentos serem vistos como uma oportunidade de valorizar a participação dos adultos na política brasileira.

3.1.3 Do período militar a 1980

O golpe militar de 1964 teve grande referência na História do Brasil também pela repercussão na escolarização de adultos. Segundo Lopes e Sousa (2005, p. 6), durante o golpe militar "todos os movimentos de alfabetização que se vincularam à ideia de fortalecimento de uma cultura popular foram reprimidos" e os líderes desses movimentos foram perseguidos e aprisionados. Entre os líderes, o educador Paulo Freire foi preso e exilado, porque seu método de ensino era visto uma ameaça ao governo, mas o exílio não o impediu que continuasse a desenvolver seus ideais.

No sentido de atender aos interesses impostos pelo regime militar, a busca para se obter respostas acerca do direito de cidadania pela educação de adultos teve outro rumo. Nesse período, houve o lançamento do Movimento Brasileiro de Alfabetização (MOBRAL), pela Lei nº. 5.379, de 15 de dezembro de 1967, com o pressuposto de acabar com o analfabetismo no país, mas, de fato, esse Programa foi utilizado pelo regime militar para controlar as pessoas (XAVIER; RIBEIRO; NORONHA, 1994).

Esse Movimento foi proposto com o objetivo de estabelecer uma alfabetização funcional, pois ler e escrever não eram preocupações da época. Esse movimento, conforme Tamarozzi e Costa (2009, p. 17), "se caracterizou como principal ação do Governo Federal na

área de alfabetização de adultos a partir dos anos de 1970, onde ganhou forças e converteu-se no maior movimento de alfabetização já existente no país". Apesar de 17 anos de existência e estar presente em vários campos de atuação, esse movimento gerou muitas críticas.

No final da década de 1970, o Mobral ampliou-se para outros campos de trabalho como da educação comunitária e da educação de crianças, passando por um processo permanente de metamorfose na tentativa de sobreviver aos fracassos dos objetivos iniciais de superar o analfabetismo no Brasil (HADDAD; DI PIERRO, 2000). O projeto educacional do regime militar foi consolidado na Lei de Diretrizes e Bases da Educação Nacional, nº 5.692, em 11 de agosto de 1971, regulamentando o Ensino Supletivo, cujos fundamentos e características são mais bem especificadas no Parecer do Conselho Federal de Educação nº. 699, publicado em 28 de julho de 1972, e pelo documento Política para o Ensino Supletivo, de 20 de setembro de 1972.

Lopes e Sousa (2005) afirmam que o Ensino supletivo se tornou um marco para a educação de adultos do Brasil, porque

[...] a educação de adultos adquiriu pela primeira vez na sua história um estatuto legal, sendo organizada em capítulo exclusivo da Lei nº 5.692/71, intitulado ensino supletivo. O artigo desta legislação estabelecida com função do supletivo suprir a escolarização regular para adolescentes e adultos que não a tenham conseguido ou concluído na idade própria (VIEIRA, 2004, p.40 apud LOPES; SOUSA, 2005, p. 6).

Para cumprir os objetivos do Ensino Supletivo, segundo Haddad e Di Pierro (2000), foram estabelecidas quatro funções: (a) A suplência, que teve como objetivo suprir a necessidade de jovens e adultos a regularizarem-se seus estudos; (b) O suprimento, com o intuito de proporcionar aqueles que retornavam a escola estudos de aperfeiçoamento; (c) A aprendizagem, sobre a responsabilidade do Serviço Nacional de Aprendizagem Industrial (SENAI) e do Serviço Nacional de Aprendizagem Comercial (SENAC), que correspondia à formação do educador; (d) A qualificação, tendo como objetivo primordial a formação de recursos humanos para o trabalho.

No ano de 1985, o Mobral foi extinto, dando lugar à Fundação Educar. Essa fundação, de acordo com Souza Júnior (2012, p. 49), tinha o objetivo de “[...] fomentar a execução de programas de alfabetização da Educação Básica destinada aos que não tiveram acesso à escola ou que dela foram excluídos prematuramente”, e o diferencial do Educar em relação ao Mobral “[...] é que os programas de alfabetização de jovens e adultos foram executados, de forma regionalizada e participativa, a partir das demandas encaminhadas a Fundação pelos Estados, Distrito Federal, Territórios, Municípios e demais entidades”. Friedrich et al. (2010)

afirmam que a Fundação Educar tinha as mesmas atribuições do Mobral, mas, sem a ajuda de recursos financeiros para a sua manutenção, foi extinta pelo governo do presidente Fernando Collor de Melo, em 1990. Para Haddad e Di Pierro (2000, p. 121), a Educar foi responsável pelo processo de “descentralização da escolarização básica de jovens e adultos, pois embora não tenha sido negociada entre as esferas do governo, representou a transferência direta de responsabilidade pública dos programas de alfabetização e pós-alfabetização da União para os municípios”.

3.1.4 Mudanças para a Educação de Jovens e Adultos a partir da década de 1990

Segundo Tamarozzi e Costa (2009), a década de 1990 foi o período em que a Educação destinada aos jovens e adultos tomou um novo rumo, no sentido de eliminar o analfabetismo no país.

Gadotti e Romão (2007) asseguram que esse momento de mudança foi resultante de lutas implementadas no âmbito nacional e internacional na educação, representando um período de transformação para a Educação de Jovens e Adultos (EJA) que fora iniciado com a promulgação da Constituição de 05 de outubro de 1988. Em suas diretrizes destinadas à Educação, a Constituição atribuiu deveres ao Estado com a EJA, previstos no artigo 208:

O dever do Estado com a educação será efetivado mediante a garantia de: I – educação básica obrigatória e gratuita dos 4 (quatro) aos 17 (dezessete) anos de idade, assegurada inclusive sua oferta gratuita para todos os que a ela não tiveram acesso na idade própria; VI - oferta de ensino noturno regular, adequado às condições do educando; VII - atendimento ao educando, em todas as etapas da educação básica, por meio de programas suplementares de material-escolar, transporte, alimentação e assistência à saúde (BRASIL, 1988).

Essa proposição afirmava, pela primeira vez na História da Educação do Brasil, a obrigatoriedade e gratuidade do Ensino Fundamental para todos os jovens e adultos. Esse princípio, sendo posto em prática pelo Estado, tornava-se evidente que haveria melhoria na realidade da educação no país.

Para Gadotti (2005, p. 1), somente a Educação como um direito de todos poderá assegurar a “condição necessária para se usufruir de todos os outros direitos constituídos numa sociedade democrática [e] negar o acesso a esse direito constituído por lei, é negar o acesso aos direitos humanos fundamentais” e para o desenvolvimento da criticidade do aluno.

No contexto internacional, a Organização das Nações Unidas (ONU) reunida em 1990, na Tailândia, declarou esse ano em curso como Ano Internacional de

Alfabetização. Um evento inédito que trouxe promessas em relação ao futuro dos jovens e adultos. Foi um momento significativo para a Educação, pelo debate que ocorreu entre patrocinadores da "Educação para Todos" (DI PIERRO; JÓIA; RIBEIRO, 2001). Nesse viés de intenções, ainda em 1989, Paulo Freire criou, junto aos movimentos organizados da época, o Movimento de Alfabetização de Jovens e Adultos (MOVA) na cidade de São Paulo que, como afirma Strelhow (2010, p. 56), "[...] procurava trabalhar a alfabetização a partir do contexto socioeconômicos das pessoas alfabetizadas, tornando-as coparticipantes de seu processo de aprendizagem".

A partir da promulgação da nova Lei de Diretrizes e Bases da Educação Nacional (LDBEN) - Lei nº 9394, de 20 de dezembro de 1996 -, o Ensino Supletivo é extinto e se institucionaliza a EJA como uma modalidade da educação básica (FRIEDRICH et al., 2010). Di Pierro, Jóia e Ribeiro (2001, p. 67) afirmam que essa mesma LDB/1996 que “[...] manteve a ênfase nos exames e, ao rebaixar a idade mínima para o acesso a essa forma de certificação de 18 para 15 anos no ensino fundamental e de 21 para 18 no ensino médio”, trouxe uma seção específica destinada à Educação de Jovens e Adultos com alguns princípios, em que destacamos o Art. 37,

A Educação de Jovens e Adultos será destinada àqueles que não tiveram acesso ou continuidade de estudos no ensino fundamental e médio na idade própria. § 1º. Os sistemas de ensino assegurarão gratuitamente aos jovens e aos adultos, que não puderam efetuar os estudos na idade regular, oportunidades educacionais apropriadas, consideradas as características do alunado, seus interesses, condições de vida e de trabalho, mediante cursos e exames. (BRASIL, 1996, p. 15).

Em 1997, a UNESCO realizou a V Conferência Internacional de Educação de Adultos (V CONFINTEA), em Hamburgo (Alemanha), a qual resultou na aprovação da “Declaração de Hamburgo”, um documento que oficializou o direito à Educação Básica para jovens e adultos de todas as idades. Essa declaração, segundo Tamarozzi e Costa (2009), ressalta vários compromissos que deveriam ser assumidos pelos países signatários, constituindo-se em marcos orientadores da EJA para esses países. Durante a V CONFINTEA, os representantes de governos e organizações que participaram na época, trouxe diversos debates para a EJA. Entre esses debates surgiu a ideia da inclusão do jovem nas discussões da Educação de Adultos o projeto ideia de uma *educação continuada*, ao longo da vida do jovem, na Educação. Os autores ainda acrescentam que, nessa Conferência, pela primeira vez, de fato, oficializou-se o termo EJA - incluindo o jovem.

Pela Declaração de Hamburgo:

A educação de adultos torna-se mais que um direito: é a chave para o século XXI; é tanta consequência do exercício da cidadania como plena participação na sociedade. Além do mais, é um poderoso argumento em favor do desenvolvimento ecológico sustentável, da democracia, da justiça, da igualdade entre sexos, do desenvolvimento socioeconômico e científico, além de um requisito fundamental para a construção de um mundo onde a violência cede lugar ao diálogo e à cultura de paz baseada na justiça. (UNESCO, 1997, p. 1).

O direito à Educação é o alicerce para a sociedade exercer participação efetiva em diferentes aspectos políticos, econômicos e de questões sociais. Tamarozzi e Costa (2009) afirmam que, após a Declaração de Hamburgo, foi possível verificar que a participação do Brasil mobilizou diversos países, e esse movimento foi iniciado com a articulação do Fórum de Educação de Jovens e Adultos, criado em 1996, no Rio de Janeiro, após a convocação da UNESCO para organização de reuniões locais preparatórias para a V CONFINTEA.

Com o passar do tempo, outros fóruns foram sendo criados nos Estados, espalhando-se em diversos lugares do país, totalizando, em 2018, 26 fóruns estaduais¹⁴, um no Distrito Federal, e 52 fóruns regionais. O do Rio de Janeiro foi o pioneiro na experiência do fórum, fonte inspiradora para outros fóruns, que impulsionou a ideia de um Encontro Nacional de Educação de Jovens e Adultos (ENEJA)¹⁵, realizado, anualmente, desde 1999. O último ENEJA foi realizado na cidade de Petrolina, no estado de Pernambuco, em 2017.

O fórum de EJA no Brasil surgiu de forma gradual e através de movimentos de pessoas atuantes nas instituições de cada Estado. Segundo Martins (2007, p. 40), o fórum objetivava “[...] conhecer e sistematizar experiências e produções na área, promovendo assim, uma formação continuada e intervir em políticas públicas de direito à educação para todos”. De acordo com esse autor, o fórum era um ambiente propício para debates sobre a EJA, uma vez que eram abertas para educadores, entidades, universidades, dentre outros, que trouxessem contribuições e ideias com a finalidade de desenvolver propostas e trocar experiências.

No governo de Luís Inácio Lula da Silva (2003 - 2006) foram lançadas iniciativas para as políticas públicas de EJA, criando-se o Programa Brasil Alfabetizado (PBA), envolvendo três programas: o Projeto Escola de Fábrica; o Programa Nacional de Inclusão de Jovens (PROJOVEM); e o Programa de Integração da Educação Profissional ao Ensino

¹⁴ Fóruns estaduais: <http://www.forumeja.org.br/>

¹⁵ ENEJA é um espaço para “criar instrumentos de pressão política, que influenciem nas políticas públicas de educação de jovens e adultos nos âmbitos, municipal, estadual e federal” (ENEJA II, 2000, p. 03).

Médio para Jovens e Adultos (PROEJA) (FRIEDRICH et al., 2010). O objetivo do PBA era solucionar o problema do analfabetismo de jovens entre 15 ou mais anos, adultos e idosos e contribuir para a propagação do Ensino Fundamental e Médio no país.

O quadro apresentado expõe muitas lutas em busca o direito à Educação Básica, sobretudo a busca em erradicar o analfabetismo no país e a diversidade entre os sujeitos, porém, a EJA ainda tem um caminho muito longo a ser trilhado e com muitos desafios. É preciso ir além de se ter um direito, mas valorizar a importância de conhecer os conceitos e os sujeitos da EJA, a necessidade da formação de professores específica e a formação continuada para a modalidade EJA.

3.2 Concepções, sujeitos e características da Educação de Jovens e Adultos

Nesta seção são abordadas concepções sobre conceitos de Educação de Jovens e Adultos (EJA), características desses jovens e adultos que frequentam essa modalidade de ensino e suas características.

3.2.1 Concepções da Educação de Jovens e Adultos

Ao longo da história da escolarização de jovens e adultos, tem-se observado vários movimentos sociais e políticos que contribuíram na tentativa de erradicar o analfabetismo no país. É a partir da realidade de lutas por uma educação para todos, e principalmente pela extensão da educação de adultos, que surgem dúvidas quanto a esta educação, referindo-a muitas vezes como algo que ela não é, e, por isto, faz-se necessário compreender algumas definições da educação de adultos.

Gadotti (2007, p. 30) afirma que “[...] os termos educação de adultos, educação popular, educação não formal e educação comunitária são usados como sinônimos, mas não são”. Há indícios de que a expressão “educação de adultos” popularizou-se principalmente por organizações internacionais, como a UNESCO. Nos Estados Unidos, a educação não-formal referia-se à educação de adultos que tinha ligações a projetos (programas) de educação comunitária, enquanto na América Latina, a educação não-formal está vinculada a órgãos não-governamentais em geral, organizados em regiões onde o Estado se omitiu.

Para Friedrich et al. (2010), o conceito de EJA em alguns momentos também pode ser confundido com a educação inclusiva, mas o ensino inclusivo tem um sentido muito mais amplo. Para Cortada (2013, p. 7), a importância da compreensão da EJA no cenário

educacional é "como instrumento de inclusão da fração da sociedade cujas oportunidades foram subtraídas por efeito da situação política, econômica, social ou cultural do país". Freire (2001, p. 16) salienta que o conceito de educação de adultos vai ao encontro da educação popular e, para tal, é definida "à medida que começa a fazer algumas exigências à sensibilidade e à competência científica dos educadores e das educadoras" e, entre algumas exigências, está em os educadores compreenderem de forma crítica o que ocorre no cotidiano dos educandos, em razão de que é necessário refletir sobre o cotidiano do meio popular e não só pensar nos procedimentos didáticos.

3.2.2 Os sujeitos da Educação de Jovens e Adultos

Como ser educador na EJA sem antes conhecer os educandos? Como perceber o processo de ensino-aprendizagem sem ao menos investigar o perfil sociocultural do sujeito da EJA, do aluno? Cumpriu partir desses questionamentos por compreender que ele é um dos pontos principais para o desenvolvimento de pesquisas na Educação de Jovens e Adultos, por ser a condição que nos permite está o mais próximo possível da realidade vivenciada por esses educandos.

A LDB 9394/1996, nos Art. 37 e 38, especifica inicialmente o público da EJA como sujeitos que não tiveram acesso e/ou continuidade no Ensino Fundamental e Ensino Médio na idade própria, estabelecendo as idades mínimas, 15 e 18 anos, para ingressar nessa modalidade da educação no Ensino Fundamental e no Ensino Médio, respectivamente (BRASIL, 1996).

Para Oliveira (2001), quando nos referimos ao educando jovem e/ou adulto, não nos reportamos a qualquer sujeito vivenciando a etapa de vida jovem ou adulta, mas, sim, a um público particular que busca o direito à Educação que um dia lhe foi negado e que possui características específicas: são sujeitos que foram excluídos do sistema escolar regular possuindo pouca ou nenhuma escolarização; são indivíduos que possuem certas peculiaridades socioculturais; sujeitos que já estão inseridos no mundo do trabalho. Nesse sentido, Paiva afirma que o público da EJA

São homens e mulheres, trabalhadores (as) e desempregados (as) ou em busca do primeiro emprego; filhos, pais e mães; [...] São sujeitos sociais e culturais, marginalizados nas esferas socioeconômicas e educacionais, privados do acesso à cultura letrada e aos bens culturais e sociais, comprometendo uma participação mais ativa não no mundo do trabalho, mas no da política e da cultura (PAIVA, 1983, p.19).

No processo educacional desses jovens e adultos avança-se para entender que identidade, saberes e valores vêm sendo construídos ao longo da sua jornada, sendo fundamental para o desenvolvimento de propostas, que considerem as especificidades desses alunos.

De acordo com Arroyo (2005, p. 29), desde que a educação para os jovens e adultos foi denominada EJA, esses alunos e alunas são tachados como indivíduos pobres, desempregados, que vivem do trabalho informal. Haddad e Di Pierro (2000) compreendem que esses sujeitos carregam consigo marcas profundas de vivências de alunos problemáticos, que não tiveram êxito no ensino médio regular, e que voltam à escola com o intuito de superar as dificuldades obtidas no processo de ensino-aprendizagem, visando a EJA pelo seu caráter de aceleração e recuperação. Esses sujeitos também são indivíduos com defasagem escolar que buscam a conclusão da Educação Básica em uma corrida contra a exclusão social (JALOTO, 2011). Em concordância com essas questões, Oliveira (1996) entende que, apesar do tema Educação de Jovens e Adultos evidenciar que essa modalidade de ensino ainda traz um significado específico quanto à questão da especificidade etária, é primordial refletir sobre a especificidade cultural do aluno, pois o conhecimento do universo vivenciado pelo público jovem e adultos da EJA é determinante para a compreensão de seu processo de aprendizagem.

A EJA deve ser compreendida enquanto processo de formação ao longo da vida, pois

Diante da proposição de se trabalhar com a Educação de Jovens e Adultos – EJA depara-se, de pronto, com uma necessidade real de olhar para esses sujeitos de maneira diferenciada da comumente associada aos estudantes que seguem uma trajetória escolar quando crianças e adolescentes. As pessoas jovens e adultas, ao retornarem aos espaços de educação formal, carregam consigo marcas profundas de vivências constitutivas de suas dificuldades, mas também de esperanças e possibilidades, algo que não deveria ficar fora do processo de construção do saber vivenciado na escola. (SILVA, 2010, p. 66).

É vivenciando a condição de educador da EJA que se compreende a então, da necessidade de se conhecer quem são esses sujeitos jovens e adultos. Compreende-se que o processo de escolarização desses indivíduos também “colocam novos desafios aos educadores, que têm que lidar com universos muito distintos nos planos etários, culturais e das expectativas em relação à escola” (HADDAD; DI PIERRO, 2000, p. 127).

3.2.3 Características da Educação de Jovens e Adultos

O Parecer do Conselho Nacional de Educação/Câmara de Educação Básica

CNE/CEB N° 11/2000 estabeleceu, como principal documento, as Diretrizes Curriculares Nacionais (DCNs) para a Educação de Jovens e Adultos. Esse documento pontua a relevância de se compreender os aspectos da escolarização dos jovens e adultos e apresenta a EJA como uma dívida social que precisa ser reparada para com aqueles que não tiveram acesso ao sistema de ensino regular.

Para Haddad (2007, p. 8) “a EJA é uma conquista da sociedade brasileira”, e dela nascem os frutos desse parecer, atribuindo a EJA três funções distintas, confirmando a tese do direito à educação: (1) Função reparadora; (2) Função equalizadora; e a (3) Função qualificadora (BRASIL, 2000). A primeira função reafirma o direito à Educação que foi negada a uma grande parcela da população. Nesse sentido, a EJA tem a Função Reparadora, que

Significa não só a entrada no circuito dos direitos civis pela restauração de um direito negado: o direito a uma escola de qualidade, mas também, o reconhecimento daquela igualdade ontológica de todo e qualquer ser humano. Desta negação, evidente na história brasileira, resulta uma perda: o acesso a um bem real, social e simbolicamente importante. (BRASIL, 2000, p. 6).

A segunda característica da EJA, a Função Equalizadora, consta como necessidade de dar oportunidade de Educação para todos que precisam retornar aos estudos, como os trabalhadores, as donas de casas e aposentados:

A reentrada no sistema educacional dos que tiveram uma interrupção forçada, seja pela repetência ou pela evasão, seja pelas desiguais oportunidades de permanência ou outras condições adversas, deve ser saudada como uma reparação corretiva, ainda que tardia, de estruturas arcaicas, possibilitando aos indivíduos novas inserções no mundo do trabalho, na vida social, nos espaços da estética e na abertura dos canais de participação. (BRASIL, 2000, p. 9).

A terceira característica, denominada de Função Qualificadora, visa a promessa de qualificação para todos e se apresenta como a atribuição mais relevante à EJA, apresentando-se como

Mais do que uma função, ela é o próprio sentido da EJA. Ela tem como base o caráter incompleto do ser humano cujo potencial de desenvolvimento e de adequação pode se atualizar em quadros escolares ou não escolares. Mais do que nunca, ela é um apelo para a educação permanente e criação de uma sociedade educada para o universalismo, a solidariedade, a igualdade e a diversidade. (BRASIL, 2000, p. 11).

Todas as funções citadas têm o intuito de minimizar a falta de oportunidades ao acesso à Educação Básica, buscando a garantia de favorecer oportunidades de estudo ao longo

da vida desses sujeitos. Hoje, a EJA vem ocupando um lugar mais favorável na História da Educação Brasileira, contudo ainda precisa avançar, especialmente em relação à formação de professores.

No próximo Capítulo, é apresentado o referencial teórico que fundamentou a elaboração das atividades da unidade de ensino e a análise das produções dos participantes deste estudo.

4 REFERENCIAL TEÓRICO E PROCEDIMENTOS

Neste Capítulo, expõe-se o referencial teórico utilizado neste estudo, constituído pela abordagem Ciência, Tecnologia e Sociedade (CTS), e explicitam-se as etapas do procedimento utilizado nesta pesquisa.

4.1 Abordagem Ciência, Tecnologia e Sociedade no Ensino de Ciências

Os estudos do movimento denominado Ciência, Tecnologia e Sociedade (CTS) emergiram como um campo de trabalho heterogêneo, buscando entender de forma crítica o fenômeno científico e tecnológico, tanto do ponto de vista dos seus condicionantes sociais como de suas consequências sociais. Esse movimento teve início por volta da década de 1960, quando a Ciência e a Tecnologia passaram a ser alvos de grandes debates políticos.

Segundo Santos e Mortimer (2001), esses estudos originaram-se principalmente devido às preocupações com as armas nucleares e químicas, cujas implicações sociais e ambientais se agravaram como consequência do crescimento científico e tecnológico. Com esse movimento “cresceram o interesse e o número de estudos sobre as consequências do uso da tecnologia e sobre os aspectos éticos do trabalho dos cientistas” (FABRI; SILVEIRA, 2015, p. 13).

Considerando-se fundamental questionar-se sobre os avanços da Ciência e da Tecnologia, porque nem sempre os resultados das pesquisas científicas trouxeram somente benefícios para a sociedade, mas também “muitas situações catastróficas como a explosão de bombas atômicas, a criação de armas militares, químicas, a poluição, vazamentos de óleo no mar” como apontam Fabri e Silveira (2015, p. 13).

Santos e Mortimer (2001), preocupados com a participação social, mostram-se favoráveis aos questionamentos do movimento CTS por possibilitarem a tomada de consciência dos cidadãos, pois, sem eles, o que sempre prevalecia era a ciência vista como uma atividade neutra e de domínio exclusivo de especialistas.

Segundo Santos e Mortimer (2001, p. 96):

A Ciência não é uma atividade neutra e o seu desenvolvimento está diretamente imbricado com os aspectos sociais, políticos, econômicos, culturais e ambientais. Portanto, a atividade científica não diz respeito exclusivamente aos cientistas e possui fortes implicações para a sociedade. Sendo assim, ela precisa ter um controle social que, em uma perspectiva democrática, implica em envolver uma parcela cada vez maior da população nas tomadas de decisão sobre C&T.

A participação da sociedade em decisões sobre o rumo das pesquisas relacionadas às questões da Ciência e da Tecnologia é apontada como uma necessidade essencial, que implica em envolver uma parcela maior da população em questões científicas e “essa necessidade do controle público da ciência e da tecnologia contribuiu para uma mudança nos objetivos do ensino de ciências, que passou a dar ênfase na preparação dos estudos para atuarem como cidadãos no controle social da ciência” (SANTOS; MORTIMER, 2001, p. 96).

De acordo com Teixeira (2003), o movimento CTS procura abandonar posturas arcaicas que tratam o ensino como algo completamente desvinculado dos problemas sociais, na tentativa de colocar o ensino de ciências numa perspectiva diferenciada, adotando uma abordagem que se identifica com a ideia de educação científica.

Para Auler (2007), a abordagem CTS constitui-se na promoção do interesse dos estudantes em relacionar Ciência, Tecnologia e Sociedade na discussão das implicações sociais e éticas e da Tecnologia, na aquisição de uma compreensão da natureza da ciência e do trabalho científico e na formação de alunos-cidadãos científicos e tecnologicamente alfabetizados, capazes de tomar decisões por si mesmo.

A educação em CTS, vista com o objetivo de formar um indivíduo cidadão, crítico e consciente de seu papel que faz a história do seu tempo, construindo novas tecnologias e conhecimentos científicos, para compreender e resolver problemas sociais, enfatiza a importância do cidadão almejar outro modelo de desenvolvimento, que busque satisfazer as necessidades básicas de uma determinada população e não apenas gerar lucro econômico e buscar uma cultura de participação (STRIEDER; KAWAMURA, 2017).

Na perspectiva de formar cidadãos que possam compreender como a tecnologia tem influenciado o comportamento humano, e para que se possam desenvolver atitudes em prol de um desenvolvimento tecnológico sustentável, Layton (1986 apud SANTOS; MORTIMER, 2002) sugere criar discussão, como fator essencial para promover a compreensão de valores envolvidos nas decisões sobre a Ciência e a Tecnologia. Nessa perspectiva, Firme e Amaral (2008) mostram a concepção da natureza da Ciência, da Tecnologia e da Sociedade e das interrelações entre a tríade CTS, contribuindo para compreensão da concepção esperada para cada ente e para a interrelações entre eles, como apresentadas no Quadro 8.

Quadro 8 - Natureza da Ciência, da Tecnologia, da Sociedade, das interrelações entre elas e as concepções esperadas por cada uma delas.

ASPECTO DA PERSPECTIVA CTS	CONCEPÇÃO ESPERADA
Natureza da Ciência	Compreendida como construção humana e inserida num contexto sociocultural, que gera conhecimentos condicionados por interesses diversos.
Natureza da Tecnologia	Compreendida a partir da aplicação de conhecimentos (científicos ou não) para satisfazer as necessidades humanas, e que contribui para a construção de novos conhecimentos.
Natureza da Sociedade	Compreendida como um sistema estruturado de relações sociais, no qual se compartilha uma cultura científico-tecnológica e que deve tomar parte na constituição e aplicação do conhecimento científico e tecnológico.
As inter-relações Ciência-Tecnologia- Sociedade	A Ciência e a Tecnologia são compreendidas como domínios distintos que se influenciam mutuamente na construção de conhecimentos, e que tanto promovem modificações nas formas de vida da Sociedade, como podem ser influenciadas por esta Sociedade através de políticas públicas.

Fonte: Firme e Amaral (2008, p. 385).

A compreensão dessas inter-relações constitui-se ponto central numa abordagem CTS no Ensino de Ciências, e os aspectos desta perspectiva são colocados como um grande desafio no desenvolvimento de estratégias didáticas para uma prática docente orientada para o ensino. Considera-se que, para o desenvolvimento de estratégias no ensino, a abordagem CTS dispõe de estratégias como palestras, experimentos, debates e resolução de problemas que facilitam o processo de ensino e aprendizagem (FIRME; AMARAL, 2008).

O ato de educar, numa abordagem CTS, especialmente nas turmas da Educação de Jovens e Adultos, exige do docente muita pesquisa. Essa abordagem fundamentalmente possibilita uma formação com maior inserção dos alunos na sociedade, no sentido de torná-los aptos e sujeitos a participarem ativamente sobre os aspectos sociais, políticos e econômicos gerando um processo de tomada de decisão consciente e negociável relacionado, principalmente, a assuntos que envolvem questões científicas e tecnológicas (VON LINSINGEN, 2007).

4.2 O educador Paulo Freire

Paulo Freire (1921-1997) foi um dos educadores que mais contribuiu para a EJA. Sua proposta de ensino sempre esteve vinculada à alfabetização de adultos, baseada no diálogo. Leva em consideração as vivências dos educandos, visando uma educação emancipatória que vai além de aprender as técnicas de leitura e escrever; propõe fundamentalmente ensinar a fazer uma leitura do mundo de forma consciente. A proposta de

ensino de Freire busca uma prática libertadora para sujeitos reprimidos e dominados, uma forma de alfabetizar através do “círculo de cultura”¹⁶, que, em apenas quarenta e cinco dias, alfabetizou trezentos trabalhadores rurais (FREIRE, 2014). Nesse círculo de cultura, em vez de professores serem os mediadores dos debates na sala de aula, havia coordenadores que, através de temas, geravam discussões e diálogos entre alunos, o que tornava o ensino e a aprendizagem mais humanizados (ARAÚJO, 2016). Na proposta freiriana estão “todos juntos, em círculo, e em colaboração, re-elaboram o mundo e, ao reconstruí-lo, apercebem de que, embora construído também por eles, esse mundo não é verdadeiramente para eles (FREIRE, 2014, p. 18).

Para conhecer o mundo em que os educandos vivenciam suas experiências, seus anseios, Freire (2011, p.146) sugere que educadores convidem “os educandos a conhecer, a desvelar a realidade, de modo crítico”; afirma que as palavras geradoras devem estar ligadas ao contexto cultural e ao cotidiano dos educandos. É necessário, pois, que a palavra geradora contemple, como aponta Lyra (2013, p. 38), “a dialogicidade no sentido de granjear uma educação libertadora, que proporcione a conscientização do indivíduo”. Essa conscientização da realidade dos sujeitos envolvidos no processo é um passo importante para transformá-los, tornando-os seres críticos e participativos na sociedade. Essa proposta conscientizadora vai além da educação tradicional que Freire denominou de “educação bancária” - porque os educandos são considerados como conta bancária, que estão lá apenas para serem depositadas informações.

O ensino transmitido através dessa educação, onde o professor é o detentor de todo o “saber” e o aluno mero receptor, é fundamentada numa ideologia que oprime cada vez mais os educandos e as educandas e que, de certa forma, precisa ser superada no sentido de buscar a liberdade da cultura silenciada. Para alcançar a libertação, superando a cultura, que impede os sujeitos de dar voz a sua voz, é preciso reconhecer a bagagem que os jovens e adultos trazem consigo, momentos que foram vivenciados ao longo das suas vidas. É impossível conduzir os educandos e as educandas ao saber a ser ensinado sem antes traçar o perfil dos alunos e alunas da turma, visto que esse é um dos pontos de partidas fundamentais para que o (a) professor (a) e aluno (a) possam construir juntos seus saberes.

¹⁶ Refere-se a grupos de estudos. Segundo Freire (2018, p. 24) “o círculo de cultura – revive a vida em profundidade crítica. A consciência emerge do mundo vivido, objetiva-o, problematiza-o, compreende-o como projeto humano”.

4.3 Articulação entre CTS e o ensino de Freire

A articulação entre a abordagem Ciência, Tecnologia e Sociedade (CTS) e os pressupostos de Paulo Freire, sistematizado por Auler e Delizoicov (2006), constitui-se numa perspectiva em que o aluno busque efetivamente a participação da comunidade escolar e tome decisões relativas a temas sociais que envolvam CTS.

Santos e Mortimer (2002) destacam que o estudo com propostas de temas em sala de aula permitirá introduzir problemas da sociedade que possam ser discutidos pelos educandos, com vista a proposição de soluções, fomentando o desenvolvimento da capacidade de tomar decisões conscientes. Por sua vez, Nascimento e Von Linsingen (2006) entendem que a articulação entre as duas abordagens no contexto educacional poderá proporcionar uma base sólida e coerente, assim como, oportunizar trabalhos com temáticas sociais, políticas e econômicas no âmbito do ensino das ciências e tecnologia. Nessa visão,

tanto o enfoque CTS quanto o método de investigação temática proposto por Freire rompem com o tradicionalismo curricular do ensino de ciências uma vez que a seleção de conteúdos se dá a partir da identificação de temas que contemplem situações cotidianas dos educandos. Este tipo de abordagem temática é comum ao método freiriano, [...] e às abordagens CTS (NASCIMENTO; VON LINSINGEN, 2006, p. 108).

Enquanto Freire baseia o ensino prioritariamente no contexto sociocultural em que o aluno vive, propiciando-o a fazer uma leitura crítica do mundo, a abordagem CTS busca efetivar a formação de cidadãos críticos, ampliando os horizontes do aluno para exercer sua cidadania, com a valorização de seus conhecimentos prévios.

Nascimento e Von Linsingen (2006) apontam três pontos de convergência entre a abordagem CTS e a abordagem temática freiriana. (i) a abordagem temática e a seleção de conteúdos e materiais didáticos; (ii) a perspectiva interdisciplinar do trabalho pedagógico e o papel da formação do professor; (iii) o papel do educador no processo de ensino e aprendizagem e na formação para o exercício da cidadania.

A articulação entre a abordagem CTS e a freiriana, segundo Carletto, Von Linsingen e Delizoicov (2006, p. 9), tem como objetivo a “formação de cidadãos críticos, detentores de um entendimento mais coerente acerca da ciência e da tecnologia, capazes de intervir ética e democraticamente no mundo”, enquanto Santos (2008, p.122) traz a discussão do currículo para refletir sobre valores e refletir criticamente, afirmando que

uma educação com enfoque CTS na perspectiva freiriana buscaria incorporar ao currículo discussões de valores e reflexões críticas que possibilitem desvelar a condição humana. Não se trata de uma educação contra o uso da tecnologia e nem uma educação para o uso, mas uma educação em que os alunos possam refletir sobre a sua condição no mundo frente aos desafios postos pela Ciência e Tecnologia.

No campo da educação científica relativo à articulação entre a abordagem CTS e o método de Paulo Freire, Roso et al. (2015) apontam a necessidade de superar-se a ideia linear de que o aluno deve primeiro adquirir uma educação científica para depois participar das tomadas de decisões. O que vai ao encontro de Nascimento e Von Linsingen (2006), que consideram que as propostas de Freire e das abordagens CTS demandam um novo perfil de docentes da educação, educandos que sejam capacitados de atuarem nas salas de aulas.

Partindo da ideia de que a articulação da abordagem CTS com o método de ensino de Paulo Freire “rompe com o tradicionalismo curricular do ensino de ciências uma vez que a seleção de conteúdos se dá a partir da identificação de temas que contemplem situações cotidianas dos educandos” (NASCIMENTO; VON LINSINGEN, 2006, p.9), propusemos a temática Nanotecnologia para nortear a elaboração de uma unidade de ensino que foi aplicada na disciplina de Física, com alunos da EJA.

Conhecido o referencial teórico a ser utilizado no desenvolvimento do presente estudo, descreve-se, a seguir, o percurso metodológico da pesquisa.

5 PERCURSO DA PESQUISA

Os alunos e as alunas que ingressam no Ensino Médio da Educação de Jovens e Adultos convivem no cotidiano com produtos da Nanotecnologia, embora a maioria desconheça a existência deles e de possíveis implicações das partículas nanométricas em suas vidas. Motivada por essa constatação, surgiu a pergunta que norteou este trabalho: Como os jovens e adultos que frequentam a EJA produzem significados sobre conhecimentos de Ciência/Física e Tecnologia na escala nanométrica?

No sentido de encontrar soluções para o problema proposto, foi utilizada uma abordagem metodológica de caráter qualitativo que indica o percurso da pesquisa, caracterizando-se por envolver dados descritivos obtidos do contato direto com o universo pesquisado. Considera-se a abordagem qualitativa, como definida por Bogdan e Biklen (1994), em cinco características que se evidenciam essenciais para o tipo de estudo: (1) a fonte direta é o ambiente natural, sendo o investigador o principal instrumento da pesquisa; (2) o tipo de pesquisa é descritiva; (3) os pesquisadores têm como foco mais o processo do que o produto; (4) análise dos dados tendem ser de forma indutiva; (5) o significado é de importância vital nesta pesquisa. Entretanto, nem sempre é possível seguir simultaneamente todas essas características.

Tomando por base características da abordagem qualitativa, iniciamos este trabalho, nos debruçando sobre o universo da pesquisa.

5.1 Universo da pesquisa

Analisamos as concepções de jovens e adultos sobre conhecimentos de Ciência/Física e de Tecnologia na escala nanométrica, a partir de suas produções obtidas após a aplicação de uma unidade de ensino construída com a temática “Partículas Nanométricas” articulada com a abordagem CTS. A unidade de ensino foi aplicada a alunos do terceiro ano do Ensino Médio do período noturno, numa turma da EJA, no ano de 2018, na escola pública Centro de Ensino Estado da Guanabara, localizada na região metropolitana de São Luís, no município de São José de Ribamar, no Estado do Maranhão. A escolha da escola e da turma se deu pela disponibilidade do professor em titular ceder a turma para o desenvolvimento das atividades deste trabalho, pela turma ter um número maior de alunos frequentando a sala de aula, entre as turmas ministradas pelo professor naquela escola. Assim, durante aplicação da unidade de ensino, como pesquisadora assumi a regência de aula na turma da EJA. No início

foram 26 alunos participantes da pesquisa.

Para a coleta dos dados foram utilizados dois questionários no início dos trabalhos, gravação de aulas, leituras de textos e um questionário final com produção de textos pelos alunos. A investigação se iniciou com a aplicação de um questionário sobre os aspectos socioculturais, para caracterizar o perfil da turma (Apêndice C) e o segundo questionário buscou informações sobre os conhecimentos prévios dos alunos (Apêndice D), contendo dez e nove perguntas, respectivamente. O questionário final teve por objetivo compreender o conhecimento produzido pelos alunos e alunas, após aplicação da unidade de ensino.

5.2 Análise dos dados

A análise dos dados foi efetuada durante o desenvolvimento das atividades e após leitura e releituras do material coletado. O perfil dos sujeitos da pesquisa e os conhecimentos prévios desses sujeitos, sobre a temática a ser estudada, foram analisados a partir das respostas aos Questionários aplicados. Nas atividades seguintes, construíram-se conhecimentos com os sujeitos, com a aplicação da unidade de ensino, e, para finalizar, foi analisada a produção do conhecimento dos jovens e adultos após a aplicação da atividade da proposta didática. Na análise das respostas dos alunos aos questionários e às atividades realizadas, foram utilizados os identificadores A1, A2, A3... A26 para associar as respostas de cada participante da pesquisa de forma sigilosa.

No primeiro momento, houve, como referenciais estudos de pesquisadores que analisam o perfil sociocultural de jovens e adultos, em busca de compreensão dos relatos de experiências dos alunos e das alunas da modalidade EJA do Ensino Médio, especificamente, na disciplina de Física, como Araújo (2016), Lopes (2009), Krummenauer, Costa e Silveira (2010), e Krummenauer e Wannmacher (2017). Enquanto para a compreensão das concepções prévias dos alunos, colheram-se ideias de pesquisadores, principalmente, de Angotti e Auth (2001) e Strieder (2008).

Durante a aplicação da unidade de ensino, desenvolvida em cinco encontros com atividades realizadas em sala de aula, busquei, nos argumentos de discussão dos alunos, elementos que pudessem ser associados a abordagem CTS, como a compreensão do tema “partículas nanométricas”, desenvolvimento do posicionamento crítico, tomada decisão e responsabilidade social, tendo como base autores como Auler e Bazzo (2001), Auler e Delizoicov (2006), Auler (2007) e Strieder (2008).

5.3 A unidade de ensino

Desenvolvemos a unidade de ensino para alunos do Ensino Médio da EJA, explorando fenômenos presentes na vida dos alunos associados à Ciência e a Tecnologia, com o propósito de promover conhecimento para compreensão dos impactos das ações tecnológicas sobre suas vidas e da sociedade em geral.

A unidade de ensino foi estruturada em torno da temática “Partículas Nanométricas”, a partir dos temas geradores: “fuligem de carros” e “fumaça de queimadas”. Baseada em pressupostos do movimento CTS, a aplicação da unidade de ensino teve como principal objetivo contribuir na formação de cidadãos para o exercício de direitos e deveres em sociedade.

Partimos do entendimento de que uma unidade de ensino é constituída por atividades planejadas que devem ter uma ordem e uma estrutura a serem articuladas para a realização de certos objetos educacionais, buscando explorar conhecimentos dos educandos. Ela precisa ter princípio e fim, que devem ser conhecidos tanto pelos professores como pelos alunos, sendo etapas fundamentais para desenvolver um aprendizado significativo do saber a ser ensinado (ZABALA, 1998).

Com base nas ideias preestabelecidas, a unidade de ensino foi desenvolvida contemplando o número de encontros, com tempo definido; objetivos; descrição das atividades; metodologia; e os materiais a serem utilizados em cada atividade, descritos no Quadro 9.

Tendo em vista estudar problemas locais, na perspectiva CTS, o material de apoio utilizado na unidade de ensino - tipo de pergunta nos questionários, os textos para leituras dos alunos e os vídeos exibidos nas aulas – foram escolhidos com a intenção de explorar um problema local constatado na região urbana onde a escola está situada, considerando-se que a pesquisadora, proponente da unidade de ensino, residia na mesma região em que a escola está situada, e tinha conhecimentos da problemática das fumaças (de fuligem de carros e de queimadas) envolvida na região.

Quadro 9 - Estrutura da unidade de ensino com as atividades que foram desenvolvidas na turma do terceiro ano da EJA.

NANOCIÊNCIA E NANOTECNOLOGIA E SUAS RELAÇÕES COM A FULIGEM CARROS E A FUMAÇA QUEIMADAS					
ENC.	TEMPO	ATIVIDADE DESENVOLVIDA	OBJETIVO ATIVIDADE	METODOLOGIA	MATERIAL UTILIZADO
1º	80 min (1 aula)	Apresentação da unidade de ensino e aplicação de questionário.	- Informar sobre as atividades a serem realizadas; - Conhecer o perfil sociocultural dos alunos, suas concepções sobre o tema a ser estudado.	- Apresentação da proposta de estudo aplicação de questionário do perfil da turma (Apêndice C) e de conhecimento prévio (Apêndice D).	- Termo de Consentimento; - Questionários.
2º	80 min (2 aulas)	Abordagem de conceitos relativos às nanopartículas e suas dimensões a partir da escala métrica.	- Contextualizar o universo da Nanociência e da Nanotecnologia; - Conhecer a escala métrica.	- Exibição do vídeo “Nanotecnologia: o que é isso?” ¹⁷ ; - Questionamentos sobre o vídeo; - Leitura do texto Nanomundo (Anexo A); - Aplicação da atividade I.	- Vídeo; - Texto impresso; - Gravador de áudio.
3º	80 min (2 aulas)	Discussão sobre a fuligem de carros e as fumaças de queimadas.	- Questionar com os alunos sobre as dimensões das nanopartículas relativo a suas propriedades; - Conhecer efeitos das nanopartículas no corpo humano.	- Exibição de vídeo Alerta: Maranhão registra grande quantidade de queimadas ¹⁸ ; - Leitura e discussão do texto “Doentes pelo fogo” (Anexo B); - Discussão sobre o vídeo; - Aplicação da atividade II.	- Vídeo; - Texto impresso.
4º	40 min (1 aula)	Nanopartículas: benefícios e implicações dos potenciais riscos sobre a saúde humana e o meio ambiente.	- Compreender benefícios e possíveis riscos para a sociedade, ocasionados pelo uso das Nanociências e Nanotecnologia; - Regulamentação.	- Exibição do vídeo ¹⁹ : Nanotecnologia o futuro é agora– impactos na saúde e meio ambiente; - Leitura do texto “Regulamentação das Nanotecnologias” (Anexo C); - Aplicação da atividade III.	- Vídeo; - Texto impresso.
5º	40 min (1 aula)	Aplicação questionário.	- Analisar a produção de significado dos alunos, após a aplicação da sequência de atividades.	- Apresentação do questionário final.	- Questionário final.

Fonte: Dados da pesquisa.

¹⁷ Disponível em: <https://www.youtube.com/watch?v=deoYinazSuw>.

¹⁸ Alerta: Maranhão registra grande quantidade de queimadas. Disponível em: <https://www.youtube.com/watch?v=-Yi5yMvCMOQ>. Acesso em: 14 ago. 2017.

¹⁹ Rede de Pesquisa em Nanotecnologia, Sociedade e Meio Ambiente (RENANOSOMA, 2008). Documentário. Disponível em: <https://www.youtube.com/watch?v=RQCPbVuMqHA>. Acesso em: 23 out. 2017.

São descritos, a seguir, os procedimentos das atividades desenvolvidas nos cinco encontros.

Primeiro Encontro: Apresentação da unidade de ensino, do termo de consentimento livre e esclarecido e aplicação de questionários.

A apresentação da unidade de ensino, para os alunos, foi iniciada com a informação de que, para ela ser desenvolvida em sala de aula, seria necessário o consentimento deles. Para isso, apresentei um Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (Apêndice E), com as informações básicas da proposta o qual, depois de distribuído entre os alunos, foi lido em conjunto em sala de aula e feitos esclarecimentos sobre dúvidas.

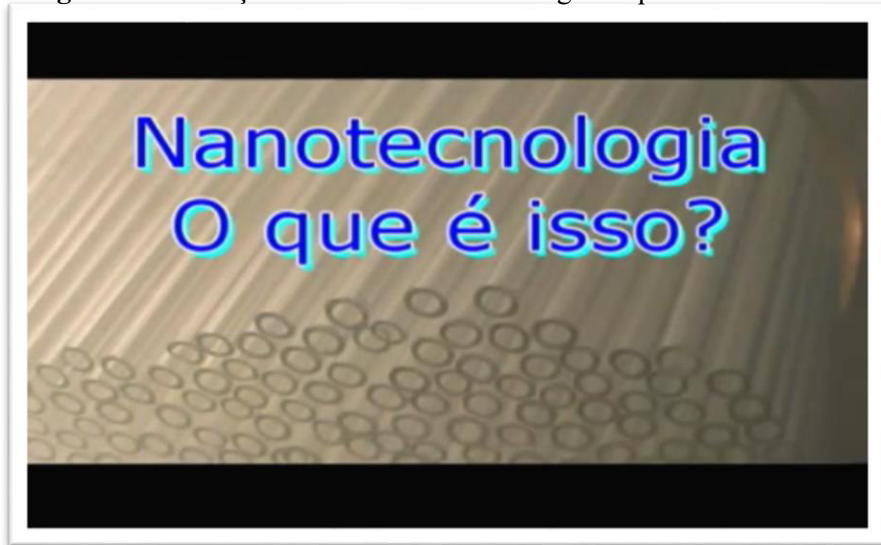
Após o entendimento dos objetivos da unidade de ensino, os alunos foram informados sobre o número de aulas e os tipos de atividades a serem desenvolvidas²⁰. Posteriormente, foram aplicados dois questionários: o primeiro sobre aspectos socioculturais com objetivo de caracterizar o perfil da turma da EJA (Apêndice C); e o segundo, para obter informações sobre possíveis conhecimentos prévios dos alunos, relativos a partículas nanométricas (Apêndice D). As respostas aos questionários foram utilizadas como conhecimento para orientação no desenvolvimento de ações planejadas, reforçar e aprofundar atividades para a aprendizagem, ou esclarecer dúvidas para fomentar novos conhecimentos.

Segundo Encontro: Abordagem de conceitos relativos às nanopartículas e suas dimensões a partir da escala métrica.

Para contextualizar o conceito de partícula nanométrica foi exibido o vídeo “Nanotecnologia: o que é isso?” (AULA DE QUÍMICA, 2014), com o propósito de apresentar ao aluno a Ciência e a Tecnologia em que as nanopartículas estão inseridas (Figura 1). O vídeo trata pontualmente do conceito de nanotecnologia e o princípio básico que a constitui e dá ênfase a diferença entre escala métrica e escala nanométrica, fazendo comparação entre os tamanhos de objetos nas duas escalas. Também especifica que, para visualizar partículas muitas pequenas, é preciso de um microscópio que aumente milhares de vezes através de suas lentes.

²⁰ A estrutura da unidade de ensino foi entregue a todos os alunos para se certificarem do que estava planejado para cada aula (Quadro 9).

Figura 1 - Ilustração do vídeo “Nanotecnologia: o que é isso?”



Fonte: Aula de Química (2014).

Para aprofundar a temática, foi proposta a leitura do texto Nanomundo (Anexo A), que aborda conceitos e aplicações das partículas constituintes da matéria na escala nanométrica, apresenta questões sobre o nascimento da Nanotecnologia e alerta para o cuidado com o uso dos produtos desenvolvidos a partir de ciências e tecnologias atuais. O texto foi escolhido por acreditar-se na relevância de os alunos precisarem aprofundar-se sobre a Nanotecnologia e as partículas minúsculas, que envolvem conceitos da ordem nanométrica, e da necessidade de os indivíduos conhecerem sobre microscópios especiais que criam imagens para visualização de corpos com tamanho da ordem ou menor que 100 bilionésimo do metro²¹, como os vírus e as bactérias.

Após a exibição do vídeo e da leitura do texto, foram feitas perguntas aos alunos, no sentido de investigar o entendimento deles sobre as informações trazidas pelo vídeo e pelo texto (Quadro 10).

Quadro 10 - Atividade I realizada do segundo encontro.

ATIVIDADE I
1) Diga o que você compreendeu sobre o vídeo “Nanotecnologia: o que é isso”? 2) Qual é a escala usada para medir uma nanopartícula? Se uma nanopartícula tem 1,0 nm (nanômetro) de diâmetro, como seria escrito o seu tamanho na escala métrica? 3) Qual equipamento pode ser usado para visualização dos materiais nanométricos? 4) Pode identificar alguns produtos do dia a dia que são feitos com o auxílio da Nanotecnologia? 5) Que benefícios à Nanotecnologia poderia trazer para a sua vida?

Fonte: Elaborado pela autora.

²¹ “O tamanho da unidade básica da escala nanométrica, um nanômetro, equivale a um bilionésimo do metro (1 nm = 1 m/1.000.000.000) e pode ser pensado como a soma dos diâmetros de cerca de dez átomos distribuídos em uma linha” (LIMA; ALMEIDA, 2012).

A Atividade I foi realizada pelos alunos, inicialmente, oral e registrada em áudio. Em seguida, a mesma atividade foi respondida por escrito.

Terceiro Encontro: Discussão sobre fuligem de carros e fumaça de queimadas.

Esse encontro foi iniciado com a exibição do vídeo “Alerta: Maranhão registra grande quantidade de queimadas” (TVASSEMBLEIA MARANHAO, 2017). Esse vídeo trata das queimadas no estado do Maranhão, apresentando o município de Grajaú como líder em focos de queimadas, com 1.134 focos. A vegetação seca, os ventos fortes e a ação do homem, como o ato de jogar ponta de cigarro no mato, favorece o surgimento das queimadas, evidenciadas nas estradas das rodovias, dificultando o tráfego dos motoristas, prejudicando quem mora próximo às queimadas, causando danos a população (Figura 2).

Figura 2 – Ilustração do vídeo “Alerta: Maranhão registra grande quantidade de queimadas”.



Fonte: Tv Assembleia Maranhão (2017).

Após a exibição do vídeo, foi feita a distribuição do texto “Doentes pelo fogo” (Anexo B), que alerta para a importância de compreendermos fatores que provocam as queimadas e o seu profundo impacto sobre a sociedade. Impactos sobretudo sobre a saúde da população, devido a fumaça das queimadas e da fuligem dos carros, que podem resultar em consequências graves para a saúde da população, principalmente a população de baixa renda, idosos e crianças, com problemas respiratórios de asma e bronquite. O texto põe em destaque a necessidade de se combater as queimadas provocadas pela queima de lixo e de entulho em terrenos baldios, para minimizar os efeitos maléficos da fumaça sobre a população.

A aula foi conduzida em quatro passos: 1) exibição do vídeo; 2) leitura silenciosa do texto; 3) discussão sobre o texto lido; 4) registro dos alunos sobre as respostas aos questionamentos que fizemos. Nesta última etapa, os alunos receberam a Atividade II (Quadro 11) numa folha impressa, para fazerem registros de suas respostas.

Quadro 11 - Atividade II realizada no terceiro encontro.

ATIVIDADE II
<p>1) Qual ponto (quais pontos) você destaca como importante (s)? Justifique.</p> <p>2) Em sua cidade existem queimadas? Se sim, o que você acha que pode ser feito para amenizar os problemas causados por ela?</p>

Fonte: Elaborado pela autora.

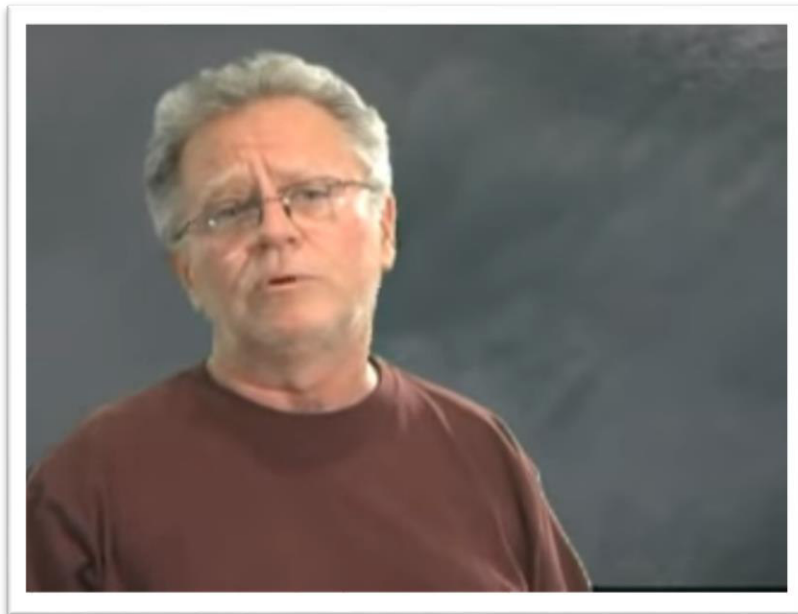
Em seguida, as respostas dos alunos foram analisadas para acompanhamento sobre o entendimento da temática discutida.

Quarto Encontro: Nanopartícula: medidas de precauções e possíveis riscos sobre a saúde humana e o meio ambiente

Nesse encontro, exibiu-se o vídeo “Nanotecnologia – impacto na saúde e meio ambiente” (RENANOSOMA, 2008), no qual alguns pesquisadores discutem possíveis impactos da Nanotecnologia, mostram, de forma crítica, o desconhecimento da população sobre as consequências dessa nova tecnologia do ponto vista da saúde, ambiental, econômico e de emprego. Esse documentário mostra preocupação com os riscos dos produtos construídos com nanopartículas, considerando que os produtos não são avaliados por instituições públicas, antes de serem postos no mercado para consumo pela população. (Figura 3).

Após a exposição desse vídeo, foi entregue aos alunos o texto “Regulamentação das Nanotecnologias” (IIEP, 2015), Anexo C, que retrata a importância de a população estar informada sobre cuidados fundamentais com produtos da Nanotecnologia. Ele alerta principalmente para a forma como são tratadas as nanopartículas, como se fossem produtos inofensivos a saúde humana. Após a leitura, os alunos foram incentivados a expor dúvidas sobre o texto, com o intuito de enfatizar as medidas de precauções e possíveis riscos que a tecnologia poderá trazer para a sociedade, fazendo relações com problemas ambientais e sociais vivenciados pelos educandos da EJA.

Figura 3 - Ilustração do vídeo “Nanotecnologia – impacto na saúde e meio ambiente”.



Fonte: Renanosoma (2008).

Tendo em vista analisar o entendimento dos alunos sobre impactos e regulamentação das nanotecnologias, propus a realização de uma atividade constituída por quatro perguntas baseada no conteúdo do vídeo, mostrada no quadro 12.

Quadro 12 – Atividade III realizada no quarto encontro

ATIVIDADE III
<p>A Nanociência e a Nanotecnologia constituem um campo de estudo que promete aplicações em diferentes setores. Elas se encontram presentes no mercado em produtos como cosméticos, alimentos, medicamentos, protetores solares, celulares e computadores. Elas apresentam muitas vantagens, mas elas podem apresentar também riscos para a saúde humana e ao meio ambiente. Frente aos avanços tecnológicos e quanto ao uso desses produtos, responda:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1) Qual a importância da Nanociência e/ou Nanotecnologia nos dias atuais? 2) Será que a Nanociência e a Nanotecnologia têm mudado a forma em que a sociedade vive? Se sua resposta for sim, diga de que forma têm ocorrido tais mudanças? 3) Você conhece alguma/s implicação/ções na saúde da população que poderá/ão ser resultado/s do desenvolvimento da Nanociência e/ou Nanotecnologia? Justifique. 4) Que medidas de precauções podem ou devem ser tomadas diante de atividades que ameacem a saúde humana e/ou o meio ambiente?

Fonte: Elaborado pela autora.

Quinto Encontro: Aplicação da atividade final

Neste último encontro, os alunos realizaram uma avaliação final, quando foi solicitado que escrevessem uma mensagem ou carta a um amigo explicitando o que aprenderem nas aulas de Física, e que deveriam relacioná-la à temática estudada com questões sociais discutidas na sala de aula: fuligem dos carros e fumaça das queimadas. Essa atividade, descrita no Quadro 13, teve como propósito verificar a produção de significado dos indivíduos a partir de todas as atividades desenvolvidas em sala de aula. Essa atividade final teve o propósito de levando-os a refletirem sobre a necessidade de se fazer associações de possíveis impactos da Ciência e da Tecnologia sobre a sociedade e da necessidade de a população posicionar-se para tomada de decisões sobre o uso ou não de produtos da Ciência e da Tecnologia.

Quadro 13 - Atividade final sobre Nanociência e Nanotecnologia realizada no quinto encontro.

ATIVIDADE FINAL
<p>Em nosso cotidiano, estamos rodeados por todo tipo de partículas. Entre essas partículas há as partículas invisíveis, como as que estão em dois ambientes específicos: nas fuligens emitidas pelos carros e nas fumaças como as produzidas pelas queimadas. Pensando nos conceitos da nanociência e da nanotecnologia, se o seu melhor amigo lhe perguntasse: (1) o que são nanopartículas? (2) A população precisa ter conhecimento sobre a Ciência e as Tecnologias Modernas? Ela precisa ter conhecimento sobre nanopartículas? (3) Há algum efeito das nanopartículas liberadas no ar pelas queimadas e pela fuligem dos carros sobre a saúde do ser humano ou do meio ambiente? (4) A tecnologia irá resolver todos os problemas da sociedade como, por exemplo, a fome, a pobreza, e o desemprego?</p> <p>Redija uma mensagem (carta) para seu amigo em que nela você responde os quatro questionamentos, descritas no parágrafo anterior, imaginando que são perguntas de seu amigo.</p>

Fonte: Elaborado pela autora.

Tendo em vista obter as respostas dos alunos relativas às perguntas propostas nas atividades realizadas durante os encontros, do segundo ao quinto, não houve qualquer recomendação aos alunos no sentido de eles acessarem ou não o material de apoio utilizado durante as aulas.

Apresentamos, a seguir, as análises dos dados coletados e os resultados da discussão da proposta didática desenvolvida com os alunos da EJA.

6 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Tendo por base as respostas aos primeiros questionários (Apêndice C e D) aplicados aos alunos numa turma da EJA, no Centro de Ensino Estado da Guanabara, procurei conhecer esses sujeitos pesquisados e seus conhecimentos prévios sobre Nanotecnologia. A pesquisa se iniciou com 26 alunos, mas, analisamos a produção dos alunos apenas enquanto vinham participando de todas as atividades realizadas anteriormente (sem faltar as aulas). Motivo que nos levou a considerar, na última etapa, somente quatro alunos, por terem sido os únicos sujeitos que participaram de todas as etapas das atividades propostas. Posteriormente, após a aplicação da unidade de ensino com a temática “Partículas Nanométricas”, investigamos o desenvolvimento do conhecimento construído por esses alunos sobre a temática, a partir de textos produzidos por eles, envolvendo a questão das fumaças produzidas na região, um problema ambiental local.

6.1 Conhecendo os jovens e adultos da pesquisa

A EJA, na escola do Centro de Ensino Estado da Guanabara, está dividida em duas etapas: o primeiro e o segundo ano do Ensino Médio constituem-se a Etapa I, e o terceiro ano do Ensino Médio corresponde a Etapa II. Durante o ano de 2018, os alunos matriculados nessa escola, na modalidade da EJA, formaram cinco turmas, sendo três da Etapa I e duas turmas da Etapa II.

6.1.1 Perfil sociocultural

Este estudo, desenvolvido em uma turma da II Etapa da EJA, buscou conhecer, a partir de um Questionário (Apêndice C) contendo perguntas abertas e fechadas, informações sobre sexo, idade, estado civil, profissão, filhos, quanto a frequência no ensino regular, quando paralisaram os estudos, os motivos que os levaram a estudar em turmas da EJA, o que mudou na vida após frequentar a escola atual, e possíveis dificuldades com a disciplina de Física.

Um (a) professor (a), quando reflete a respeito do público da EJA, contribui para a qualidade do ensino, por ter a oportunidade de conhecer, a partir do perfil sociocultural desses sujeitos, suas necessidades e singularidades, possibilitando-lhes a participação ativa no processo de aprendizagem.

No primeiro encontro, com duração de 80 minutos, estiveram presentes, em sala de aula, 26 alunos, embora na lista de frequência tivesse registro de 46 alunos matriculados no ano de 2018. Todos os participantes assinaram o termo de compromisso (Apêndice E), um documento que tem o intuito de assegurar sigilo aos nomes dos participantes da pesquisa, e de que as informações concedidas por eles sejam utilizadas exclusivamente para fins acadêmicos e científicos, assim como conceder o uso dos dados coletados para a dissertação de mestrado da pesquisadora, autora desta pesquisa.

Em relação ao gênero dos participantes da pesquisa, constatamos que 15 (58%) são indivíduos que se declararam do sexo feminino e 11 (42%) do sexo masculino. Os indivíduos mais novos (quatro) estavam com 18 anos de idade e o mais velho (um) com 36 anos de idade, como mostra o Quadro 14. Enquanto a maioria das mulheres, 12 do total de 15 delas, estavam com idade igual ou acima dos 21 anos, enquanto a maioria dos homens, 10 do total de 11, estava com idade igual ou menor que 21 anos. Enquanto o aluno mais velho tinha 24 anos, a aluna mais velha tinha 36 anos. A presença do sexo feminino na turma em estudo foi constatada em quase todas as idades.

Quadro 14 – Distribuição da idade e do sexo dos 26 indivíduos que frequentavam uma turma da II etapa da EJA, na Escola Centro de Ensino Estado da Guanabara, em São José de Ribamar (MA), em 2018.

IDADE (anos)	18	19	20	21	22	23	24	25	30	31	33	36
SEXO												
Feminino	1	1	1	1	3	2	-	1	2	1	1	1
Masculino	3	4	2	1	-	-	1	-	-	-	-	-

Fonte: Dados obtidos pela autora.

Público como dessa turma da EJA, constituído pela grande maioria de alunos e alunas jovens, foi encontrado em outras turmas, como constatado por Araújo (2016). Esse fenômeno denominado de juvenilização tem aumentado a cada dia, e teve o respaldo inicial na LDB nº 9396/96, quando foi estabelecida a idade mínima de 18 (dezoito) anos para ingresso no Ensino Médio da EJA (BRASIL, 1996).

Segundo Ferrari e Amaral (2005), a inserção de jovens nas turmas da EJA traz, entre outras consequências, a dificuldade de o professor atender uma diversidade grande de alunos nesta modalidade de ensino, com níveis e ritmos diferentes. Com a demanda de jovens na EJA, surgem novas questões, exigindo dos docentes uma formação que contemple essas peculiaridades atuais da EJA, o que exige constantes pesquisas na área do ensino e da educação.

Quanto ao estado civil dos participantes, constatamos 26 indivíduos, sendo 17 (65%) solteiros e 9 (35%) casados. Entre os casados, 15 (58 %) são homens e 11 (42 %) são mulheres. Em relação ao número de participantes com ou sem filho (s), constatamos que 50% declaram ter filho (s). Entre esses alunos, somente uma era homem e 12 eram mulheres, e entre as mulheres com filhos, 50% eram solteiras. O número de filhos por sujeito pesquisado variou de 1 a 7 filhos.

Em relação à ocupação/profissão exercida pelos estudantes, na ocasião em que o questionário foi aplicado, constatamos que a maioria, 42% dos indivíduos, era de estudantes; 27% exerciam a ocupação/profissão de vendedor (a); 15% declaram ser donas de casa; 8% autônomos; e 8% exerciam outras profissões (bombeira civil e padeiro), como mostra o Quadro 15.

Quadro 15 - Resposta dos alunos da turma da EJA sobre sua ocupação ou profissões.

SEXO \ OCUPAÇÃO	Estudante	Vendedor	Dona de casa	Autônomo	Outros
Feminino	5	4	4	1	1
Masculino	6	3	-	1	1
TOTAL (%)	11 (42%)	7 (27%)	4 (15%)	2 (8%)	2 (8%)

Fonte: Dados obtidos pela autora.

Partindo do fato de que a escola precisa potencializar as competências que os alunos da EJA desenvolvem no seu cotidiano, exige-se do docente a necessidade de dialogar com a vida cotidiana do aluno, assim como sobre suas expectativas em relação ao mundo do trabalho. A investigação sobre a trajetória escolar e o percurso desses alunos até chegar na EJA é essencial para se conhecer motivos, frustrações, anseios e suas expectativas para com essa modalidade de ensino.

6.1.2 Trajetórias escolares e perspectivas

Do total dos participantes que responderam ao primeiro questionário, 13 indivíduos (50%) já haviam frequentado a escola regular. Alguns deles foram transferidos para a modalidade EJA por decisões próprias; e outros, por terem idade fora da faixa permitida para frequentar o ensino regular.

Os indivíduos jovens, de modo geral, quando encaminhados para a EJA, não se sentem parte integrante dessa modalidade de ensino. Dirigem-se à EJA para fugir do estigma de estar atrasado nos estudos, por ter idade avançada e/ou com intenção de concluir os estudos de forma mais acelerada. Motivos que exigem necessidade de implementação de práticas

pedagógicas que de fato favoreçam o ensino para todos, para os jovens e os adultos (HADDAD; DI PIERRO, 2000).

Entre os sujeitos da pesquisa, 50% deles permaneceram algum tempo fora da escola. E os motivos de interrupção e/ou não conclusão dos estudos na escolar regular foram associados principalmente a fatores familiares como gravidez, filhos e casamento, representando 61%; atribuições de trabalho, 23%; e reprovações de ano letivo, 16%. Constatamos que todos os sujeitos, que associaram a interrupção dos estudos a fatores familiares, são do sexo feminino.

As respostas dos indivíduos revelam que questões financeiras estão associadas à maioria dos casos de abandono ao estudo. Para muitos estudantes seria impossível conciliar estudo e trabalho; alguns precisaram optar por cuidar dos filhos e outros precisavam trabalhar para a manutenção do sustento familiar, como relevam as respostas²² :

“Por conta da gravidez e depois da gravidez o cuidado com os filhos” (A1).

“Porque eu tinha que trabalhar para ajudar em casa” (A2).

“Tive que trabalhar desde cedo ajudando os meus pais e também parei por causa da gravidez” (A4).

“Porque eu tive minha filha e fiquei com dor no coração de deixar ela sozinha” (A9).

“Porque eu engravidei” (A10).

“Porque casei e tive filho” (A12).

“Porque precisei trabalhar para ajudar a minha família que na época o meu pai (padrasto) faleceu” (A14).

“Por ficar reprovada” (A15).

Para esses jovens e adultos, ter de voltar à escola após reprovados, inferiorizados pela dificuldade em compreender os conteúdos em sala de aula, os colocou em choque e em desencontro com os saberes de suas vivências, pondo em jogo valores e contra valores que exigem ser trabalhados. Na diversidade presente na educação da EJA, cumpre reconhecer que os sujeitos também são produtores de saberes e trabalhar para que esses indivíduos se reconheçam como produtores de saberes é importante para garantindo-lhes o direito ao conhecimento (ARROYO, 2017).

Seja a EJA uma forma de proporcionar a via mais rápida para a conclusão do Ensino Médio, seja pelos indivíduos se sentirem com idade avançada para a escola regular ou por quaisquer outros motivos, os indivíduos regressam à escola no sentido de recuperar o tempo perdido, para conseguir reaver os anos que ficaram afastados nos estudos. Entretanto, não se pode deixar de atribuir que estes jovens e adultos da EJA estejam ali para superar o tempo perdido, faz-se necessário, então, superar a concepção compensatória como principal função da educação para os jovens e adultos que é recuperar o tempo que perdeu quando afastado da

²² Mantive a ortografia utilizada pelos participantes da pesquisa em todos as suas produções.

escola, mas formar cidadãos mais críticos e participativos na sociedade (DI PIERRO; JÓIA; RIBEIRO, 2001). E, como afirma Álvares (2006, p. 49), esses alunos “não voltam à escola para recuperar um tempo perdido e distante, voltam para satisfazer necessidades atuais de vida” e concretizar os sonhos que foram oprimidos no passado.

Quando questionados: “Que motivo o (a) fez retornar à escola?”, os indivíduos pesquisados revelaram que se dispor a frequentar os bancos escolares não foi uma decisão fácil. Antes de irem para a escola, tiveram que enfrentar vários obstáculos, mas prevaleceu à vontade de vivenciar o direito à educação, por perceberem que entre os múltiplos fatores que os motivaram a frequentar a escola, prevalecia à necessidade de ter maior escolarização para obter um trabalho com maior remuneração e uma melhor qualidade de vida. Grande parte desses alunos exerce funções como vendedor, padeiro, dona de casa, profissões pouco valorizadas na sociedade. Isto pode justificar os motivos que deram para retornar à escola como “conseguir um bom emprego” (27%), ter “futuro melhor” (23%), e pela “vontade de obter mais conhecimentos” (27%). Mas, há os estudantes que nunca interromperam os estudos (23%), nunca pararam de frequentar a escola, mas precisaram mudar para a EJA. O retorno desses alunos à escola ou a transferência para a EJA, em geral, está associado a mais de uma motivação:

“Por eu ter encontrado dificuldades no meio profissional e por não ter concluído o Ensino Médio” (A1).

“Porque preciso do certificado de Ensino Médio para trabalhar em algumas empresas” (A2).

“Para arranjar um emprego bom e também para ter orgulho de me formar” (A3).

“Retornei por minha filha e por meu sonho de fazer a faculdade em Radiologia” (A5).

“Foi porque percebi que a vida sem estudo ou sem conhecimento não somos nada” (A6).

“Ter um futuro melhor” (A7).

“Para ter um futuro melhor para mim e minha família. Para ser alguém na vida” (A8).

“A necessidade de terminar o Ensino Médio, e a vontade de ter um ensino superior” (A12).

Para Arroyo (2004, p.118), os “jovens e adultos que trabalham durante o dia e à noite frequentam a EJA dão valor à escola, ao estudo, a ponto de se sacrificar por anos, todas as noites, depois de um dia exaustivo de trabalho”. Ao se aterem a diferentes motivos para reingressarem à escola, esses alunos se submetem a várias renúncias como a convivência com a família e o descanso depois de um dia de trabalho. Por isso, não podemos deixá-los desistir do direito ao conhecimento, à educação. A ida dos alunos para a EJA significa, segundo Oliveira (1996), um momento decisivo para restabelecer os vínculos com o conhecimento escolar.

No cenário atual, a EJA, como modalidade de ensino e aprendizagem, tem sido uma oportunidade de mudança de vida para os alunos que não tiveram acesso à escolar no passado, ou que abandonaram essa oportunidade. Para os sujeitos desta pesquisa, mudanças em suas vidas os levaram a ter “vontade de aprender mais” (54%), a perceber oportunidade de “auxiliar os filhos nas atividades escolares” (19%) e sentir “motivação para concluir os estudos” (11,5%), mas alguns estudantes consideravam que a “rotina ficou cansativa” (11,5%), que se sentiam “oprimido pela família para voltar a estudar” (4%). Esses indivíduos, que buscam na escola oportunidades para viverem dias melhores, se manifestam de diferentes maneiras:

- “A escola e os professores acreditaram em mim, e me deram estímulo a buscar meus objetivos” (A10).
- “A vontade de alcançar voos maiores e de conquistar algumas coisas que já tinham se apagado dentro de mim” (A12).
- “Sim, pois consegui entender mais minha profissão e até mesmo ajudar meus filhos nos deveres de casa” (A14).
- “As experiências junto com os adultos me fizeram aprender mais” (A17).

Perguntados “Você sente alguma dificuldade de aprendizagem na disciplina de Física?”, as respostas dos alunos revelaram que 77% encontraram dificuldades na disciplina. A Física é visto por muitos alunos como uma disciplina de difícil compreensão. Para Araújo (2016) muitos alunos da EJA encaram este componente curricular como sinônimo de dificuldades e frustrações, por não conseguirem dominar os conteúdos e/ou por não entenderem a importância deles em seu cotidiano, dificuldade com fórmulas a serem decoradas, ocasionando desmotivação e falta de interesse. Dos 20 alunos (77%) que afirmaram apresentar dificuldades durante o processo de aprendizagem na disciplina de Física, a maioria associa a dificuldade aos cálculos, ilustrada pelas manifestações de cinco alunos:

- “Porque não sou muito boa em cálculos e não entendo muito dessa matéria” (A1);
- “Por envolver muitos cálculos” (A2);
- “Tenho dificuldades quanto aos cálculos” (A6);
- “Não entendo muito os cálculos, pois tenho um pouco de dificuldades na Física e Matemática” (A8);
- “Não aprendo os cálculos rápidos” (A9);

As dificuldades na aprendizagem da disciplina de Física, associadas a cálculos, vêm sendo constatadas por diferentes pesquisas. Krummenauer e Wannmacher (2017, p.194) ressaltam a necessidade da Física ser compreendida como uma Ciência que estuda os

fenômenos da natureza. Para tanto, faz-se necessário que o professor torne “a ciência mais próxima da realidade do aluno, apresentando a Física viva e presente na vida cotidiana” apresentando ao aluno um conteúdo que de fato ele sinta ser útil para a sua vida.

Lopes (2009), investigando sobre dificuldades no ensino de Física, aponta problemas no ensino regular que perpassam na educação para jovens e adultos, como predominância de aulas expositivas sem a participação dos alunos e, principalmente, o foco na aprendizagem nas resoluções de exercícios e não na aplicação dos conhecimentos físicos para o entendimento e compreensão de fenômenos da vida real. Mas há alguns alunos interessados na disciplina de Física. Seis (23%), dos vinte alunos, não tiveram dificuldades com a disciplina.

Krummenauer, Costa e Silveira (2010, p.2) referem que “em virtude de longos períodos afastados dos bancos escolares, os alunos acabam por apresentar inúmeras lacunas de conhecimentos e dificuldades de compreensão de muitos conteúdos programáticos”. No entanto, é importante refletir que o aluno da EJA não retornar sem saber nada, ele traz conhecimento do dia a dia. das suas experiências de vida, mesmo que cheias de frustrações.

Em seguida, procuramos conhecer as concepções iniciais dos sujeitos da pesquisa acerca da temática Nanociência e Nanotecnologia.

6.2 Concepções prévias sobre nanociência e nanotecnologia

Os alunos jovens e adultos que chegam às salas de aula da EJA trazem consigo eles conhecimentos sobre os fenômenos do dia a dia e dos problemas sociais e ambientais constituídos a partir de suas vivências no cotidiano. Considerando a importância das concepções prévias no processo de ensino e aprendizagem na EJA, propus aos alunos questões sobre a Nanociência e a Nanotecnologia, como atividade diagnóstica (Apêndice D), buscando conhecer ideias prévias dos alunos relacionadas a essa temática, e considerando a possibilidade de eles estabelecerem relações entre a Ciência, a Tecnologia e problemas vivenciados na região onde moravam, indagamos sobre benefícios e possíveis riscos dos produtos da ciência e das tecnologias para a sociedade.

A investigação de conhecimentos prévios dos alunos, principalmente nas turmas da Educação de Jovens e Adultos, tem mostrado ser uma etapa fundamental antes do início do processo de ensino e aprendizagem. Nas concepções iniciais, os alunos podem expressar suas ideias a respeito de um tema ou conteúdo, revelando elementos que podem ser a base para eles construírem novos conhecimentos, alicerce para uma aprendizagem que de fato tenha

significado para a vida desses estudantes.

Inicialmente, perguntamos, “Você já ouviu falar na palavra Nanotecnologia? O que essa palavra significa para você?”. Constatamos que 54% (14) dos alunos responderam que já haviam ouvido falar sobre o termo, porém alguns não conseguiram expressar um significado para esse significante. Os outros, 46% (12) dos alunos, responderam que nunca ouviram falar e expressaram interesse em conhecer o significado da palavra Nanotecnologia. Entre os alunos que já haviam ouvido falar sobre Nanotecnologia, destacamos:

“São equipamentos do dia a dia, como celulares, computadores...” (A3)
 “São aparelhos tecnológicos desenvolvidos para melhoria da sociedade...” (A12)
 “É o avanço dos recursos tecnológicos” (A17).

As afirmativas desses alunos apresentam indicativos de que acreditam que o desenvolvimento da Nanotecnologia é voltado para criação de produtos mais eficientes e que está mudando a vida das pessoas. Outros alunos se referem à Nanotecnologia como algo pequeno: “é uma coisa muito pequena (A2)”. Referem-se também a dispositivos de aparelhos celulares que contém o número do celular, que é pequeno em relação aos comuns, alguns relacionaram à Nanociência e Nanotecnologia a escala nanométrica, aos átomos e moléculas.

“A tecnologia trabalha em escala nanométrica aplicada a produção de circuitos e dispositivos eletrônicos” (A7).
 “É o estudo de dimensões de átomos e moléculas...” (A15)

O fato de alguns estudantes já terem ouvido ou lido sobre Nanociência e Nanotecnologia pode estar associado ao fato de que alguns deles terem feito ou por fazerem cursos técnicos, na época.

Na segunda questão, perguntamos: “Em que meios de comunicação e/ou locais você obteve contato com a Nanotecnologia?”. A maioria ouviu o termo Nanotecnologia pela televisão (20 alunos), mas também indicaram a Internet (14 alunos), a sala de aula (9 alunos) e Jornal (4 alunos). Cada aluno poderia marcar mais de uma resposta, o que justifica o número de respostas ser maior do que o número de sujeitos da pesquisa. O fato de alunos terem ouvido falar sobre nanotecnologia poderá facilitar a discussão em sala de aula.

Na terceira questão, perguntamos “Do seu ponto de vista, a Ciência e a Tecnologia têm alguma relação com os problemas ambientais no seu bairro? Constatamos que 38,5% (10 alunos) deles acreditam que não há nenhuma relação da Ciência e da Tecnologia com problema ambiental, outros 38,5% (10 alunos) disseram não saber se há relação da ciência e da tecnologia com o ambiente em que vivem, mas 23% (6 alunos) dos indivíduos disseram

possuir relação, embora somente três alunos justificaram essas relações:

“Tem sim, pois a Ciência e a Tecnologia são fundamentais para o desenvolvimento urbano” (A2).

“Sim, tem muitas queimadas e isso incomoda muito” (A5).

“Com a Ciência e a Tecnologia vieram os nossos desmatamentos” (A14).

Na quarta questão, perguntamos aos alunos; “Você identifica possíveis benefícios e possíveis riscos, como resultados do desenvolvimento da Ciência e Tecnologia? Se sim, cite alguns deles”. Constatamos que 8 alunos (31%) não responderam e os 18 alunos (69%) que responderam apontaram somente benefícios das tecnologias. Entre os benefícios, 16 deles relacionaram a questão da saúde da população como o tratamento e a cura de doenças como o câncer, como exemplificado nas respostas de seis alunos:

“Hoje temos, graças à tecnologia, avançando em muitos benefícios como tratamentos de curas através dos estudos dos cientistas” (A1).

“Tratamento do câncer aí melhora a qualidade de vida da população” (A2).

“Transparência na questão dos raios-X, mamografia, etc.” (A4).

“Na Medicina” (A10).

“Novos meios de tratamento na área da saúde” (A12).

“Porque hoje ajuda muitas pessoas a melhorar o risco de morte” (A14).

Na quinta questão, indagamos: “Há algum problema socioambiental que o (a) incomoda onde mora? Se sim, qual?” Constatamos que 20 alunos (77%) responderam que há incômodos e citaram, como exemplo, os problemas como queimadas e poluição sonora. E seis estudantes (23%) não percebem incômodo com questões ambientais.

Na sexta questão, perguntamos; “Marque com um X, se no dia a dia, você convive com alguns problemas socioambientais listados”. Logo abaixo estava disposta uma lista de cinco problemas (fumaça de queimadas, poluição da água, fuligem de automóveis, poluição sonora e lixo) e um espaço em aberto. Como resposta, o problema da fumaça de queimadas foi marcado como o de maior incômodo (32%), seguida pela fuligem dos automóveis (31%), a poluição sonora (24%) e o lixo (13%). Os espaços referentes a poluição da água e a questão em aberto não foram preenchidos.

Com o desenvolvimento da região metropolitana de São Luís - tendo o município de São José de Ribamar como parte dessa região -, o número de carros vem aumentando intensivamente na cidade e, conseqüentemente, o ar a cada dia fica mais poluído pela fumaça dos automóveis, problema apontado pelos alunos, o que tem afeta diretamente a qualidade de vida dos indivíduos. Segundo o Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE, 2017), ao realizar o monitoramento das queimadas em todo o país, problema também evidenciados pelos alunos, é nos mostrado que, numa escala de classificação do Brasil o Estado do

Maranhão é o terceiro em focos de incêndio. Essa ação humana é identificada por grande parte da população como o principal motivo de ocorrências de queimadas no município.

Ao tratar da problemática ambiental Angotti e Auth (2001, p.19) acreditam que, introduzir os problemas ambientais no ensino de Ciências poderá possibilitar aos sujeitos compreenderem de forma mais crítica o ambiente em que vivem. E utilizar a problematização da temática ambiental na educação, tendo por base essas concepções, é uma forma de mostrar aos indivíduos outros horizontes que permitirá o entendimento de “que não lhe cabe o direito de pensar o mundo para si próprio”, mas pensar de forma coletiva. Nesse viés, esses autores propõem uma educação para o meio ambiente, por ser uma das melhores estratégias para solucionar os problemas vivenciados. Strieder (2008) entende a importância do avanço no desenvolvimento da Ciência e da Tecnologia, mas reconhece que esse progresso também está gerando grandes problemas ambientais que tem afetado diretamente a vida da população. Estas questões ambientais mencionadas pelos alunos da EJA nos levam a necessidade de desenvolver um posicionamento reflexivo e crítico.

Baseada nas questões ambientais que os alunos apontaram, foi perguntado: “Baseado nas questões que você apontou acima, elas poderão ter alguma relação com a saúde da população?”. Nas respostas, foi verificado que 65% afirmaram haver alguma relação dos problemas ambientais com a saúde da população, mas 35% asseguraram não haver qualquer correlação com a saúde.

Na oitava questão, perguntamos: “Os problemas ambientais podem ser discutidos em alguma disciplina do Ensino Médio? Se sim, quais?”, mas somente 19 alunos (73%) responderam, indicando mais de uma disciplina. A Biologia foi a mais indicada, citada 15 vezes, em seguida a Física e a Química, citadas 10 vezes cada uma, a Geografia foi citada 5 vezes; e a Sociologia, 3 vezes.

Finalizando o primeiro encontro, perguntamos: “A Tecnologia poderia resolver todos os problemas da população?”. Constatei que 82% dos alunos acreditam que a Nanotecnologia resolverá parte dos problemas, informando que essa nova tecnologia trará “melhoria a saúde da população”. Os outros 18% não acreditam que essa tecnologia resolverá “todos” os problemas do mundo.

6.3 Construindo conhecimentos sobre nanopartículas

Essa etapa, correspondente ao segundo, terceiro e quarto encontros, foi o período utilizado para a aplicação da Unidade de ensino.

No segundo encontro, com apenas 12 alunos presentes, indagamos sobre os estudantes ausentes, e fui informada, pelos alunos presentes que muitas vezes seus colegas não esperavam pelos últimos horários de aulas, que, naqueles dias da semana, correspondiam às aulas da disciplina de Física.

Iniciando os trabalhos, discutimos conceitos relativos as dimensões das nanopartículas a partir do vídeo “Nanotecnologia: o que é isso? (AULA DE QUÍMICA, 2014), para que fosse compreendida a relação de tamanho entre alguns objetos que são medidos pela escala do metro, como a árvore (em metro), a folha (em centímetro), a formiga (em milímetro) e o fio de cabelo (em micrômetro); e para visualizar objetos com tamanhos menores que 200 micrômetros é necessário o uso de equipamentos sofisticados como as lentes de microscópios específicos. Esse vídeo foi exibido por inteiro e depois repetido parando em algumas partes, provocando discussão com os alunos. Em seguida, para aprofundar a temática, propus a leitura do texto Nanomundo (MULTIRIO, 2010), Anexo A, sobre conceitos básicos das partículas constituintes da matéria na escala nanométrica. O vídeo e o texto mostram a importância de se ter conhecimento sobre a Ciência e a Tecnologia desenvolvida na escala nanométrica.

Em seguida, propôs cinco questões. A primeira pergunta: “Diga o que você compreendeu sobre o vídeo?” (Quadro 10), teve como objetivo verificar a compreensão dos alunos, a partir da exibição do vídeo e da leitura do texto complementar, sobre conceitos da nanotecnologia. As respostas dos participantes A19, A20 e A21 destacaram a Nanotecnologia como conhecimento das áreas de Biologia, Física e Química.

“É uma mini partícula que a olho nu não podemos ver, somente com o uso do microscópio” (A8).

“Nanotecnologia foi um grande avanço para melhorar a vida dos seres humanos” (A9).

“É o manuseio de minúsculas partículas que só podem ser vistas através de microscópio” (A12).

“É solução para alguns de nossos problemas, aonde ela veio nos trazer benefícios e descobertas para nossa saúde e meio ambiente” (A14).

“É usada no estudo dos átomos” (A16).

“Para mim Nanotecnologia é um estudo de minúsculas partículas, e que são estudadas pela Física e a Química” (A19).

“Compreendi que a Nanotecnologia se utiliza dos conhecimentos da Química, Física e Biologia para estudar os materiais que não conseguimos enxergar” (A20).

“Eu compreendi que a Nanotecnologia é estudada através da Química, Física e Biologia e oferece novos materiais e produtos concretos” (A21).

Os alunos A8, A12 e A16 enfatizaram a Nanotecnologia como o estudo dos átomos e que, para visualizar materiais manométricos, é preciso o uso de equipamentos sofisticados,

porque não são enxergados a olho nu. Os alunos A9 e A14 remeteram à compreensão da suposta ideia de que a Nanotecnologia, como tecnologia avançada, com suas descobertas e inventividades, trará apenas benefícios para a população. Uma concepção da Ciência e da Tecnologia na perspectiva salvacionista, uma concepção tradicional/linear de progresso, em que se acredita na Ciência e na Tecnologia para solucionar todos os problemas da humanidade, tornando a vida do cidadão mais fácil.

Na segunda pergunta, ao questionarmos: “Qual é a escala usada para medir uma nanopartícula? Se uma nanopartícula tem 1,0 nm (nanômetro) de diâmetro, como seria escrito o seu tamanho na escala métrica?”, os alunos foram unânimes em responder que é a escala nanométrica, que corresponde a 10^{-9} metro. O aluno A6 disse que “é uma escala de medida assim como o metro, só que usada para medir vírus, átomos, coisas que não conseguimos enxergar”.

Questionamos, na terceira pergunta: “Qual equipamento pode ser usado para visualização dos materiais nanométricos?”. Constatamos que a maioria dos alunos compreendeu que o microscópio é o aparelho utilizado para visualizar e fazer medições na escala nanométrica e não deram outras informações. Entretanto, a aluna A20 relatou que já teria utilizado esse aparelho para analisar bactérias e vírus no hospital em que trabalhava. Esse entendimento equivocado da aluna, em nossa interpretação, foi formado a partir de imagens de pessoas num laboratório mostradas no vídeo, que pareciam estar num laboratório comum, que a fez associar com o seu ambiente de trabalho. Entretanto, os microscópicos utilizados para observar estruturas nanométrica são, em geral, encontrados somente em grandes laboratórios de pesquisa, produto da iniciativa pública e/ou privada. Segundo Durán et al. (2016, p. 16), a partir de 1981, quando esses instrumentos foram inventados, eles “vêm promovendo os ‘olhos’ e os ‘dedos’ necessários para medir e manipular materiais em escala nanométrica”. O primeiro inventado foi o microscópio de varredura por tunelamento²³ (*Scanning Tunneling Microscopy* - STM) usado principalmente para estudo de superfícies condutoras, mas logo surgiram outros tipos como o microscópio de varredura por sonda (*Scanning Probe Microscopy* - SPM), de campo próximo (*Near Tunneling Microscopy* - NFM) e o de força atômica (*Atomic Force Microscopy* - AFM) que utilizam outras propriedades física para estudar estruturas nanométricas (DURÁN et al., 2016). Quanto ao fato do vídeo não trazer informações específicas do tipo de microscópio utilizado e não se ter promovido discussão sobre esses instrumentos de pesquisa durante a aplicação da unidade de

²³ O microscópio de varredura por tunelamento foi inventado, em 1981, por Gerd Binnig e Heinrich Röhrer, e ganharam o prêmio Nobel de Física, de 1986, por essa invenção (DURÁN; MATTOSO; MORAIS, 2006).

ensino, só percebi a interpretação equivocada da aluna durante a análise dos dados coletados, quando não tinha mais nenhum acesso à sala de aula para fazer os esclarecimentos necessários sobre o tipo de microscópio utilizado nas pesquisas em estruturas em escala nanométricas.

Quando perguntamos: “Pode identificar alguns produtos do dia a dia que são feitos com o auxílio da Nanotecnologia?”, os alunos apontaram diversos produtos de materiais que exploram propriedades características da nanoescala:

- “Temos vários produtos na nossa casa como celulares, computadores, nos remédios, materiais esportivos” (A6).
- “Celular, produtos de estética, televisão, filtro solares, secadores de cabelo” (A8).
- “Produtos de cosméticos, celulares, televisão” (A9).
- “Produtos de beleza, telefone, televisões, secadores de cabelo” (A12).
- “Produtos de cabelo e pele, aparelhos eletrônicos” (A14).
- “Em produtos de cabelo, celulares, chips, cartões de crédito e em medicamentos” (A16).
- “Materiais do esporte, celulares, pneus são mais resistentes, tecidos” (A19).
- “Celular e produtos de estética” (A20).
- “Produtos de cosméticos, celulares, óculos” (A21).

As respostas dos alunos estavam de acordo com as informações contidas no vídeo. O uso de produtos tecnológicos, ao longo dos anos, tem habilitado a população utilizar com frequência ferramentas tecnológicas, como os vídeos, convertendo o uso dos meios de comunicação, cada vez mais frequentes e aumentando a escala de poder das informações sobre a população. Esta proposta de comunicação usada para facilitar a vida dos indivíduos em grande proporção, pode também aliená-los na mesma proporção. A concepção de que o uso da Tecnologia é sempre bom precisa ser analisada criticamente, nos perguntando se todos estes produtos disponíveis no mercado para o consumidor vieram para melhorar a vida da população. Os cidadãos necessitam, diante do progresso da Ciência e da Tecnologia, desenvolver um olhar questionador e ponderado. Na perspectiva da abordagem CTS, entende-se que

As pessoas precisam ter acesso à Ciência e Tecnologia, não somente no sentido de entender e utilizar os artefatos e mentefatos como produtos ou conhecimento, mas, também, opinar sobre o uso desses produtos, percebendo que não são neutros, nem definitivos, quem dirá absolutos (PINHEIRO; SILVEIRA; BAZZO, 2007, p.73).

Nessa mesma perspectiva, há a necessidade de informar aos educandos que os produtos da Ciência e da Tecnologia não estão livres de interesses, sendo importante que a escola contribua para que o aluno seja capaz de compreender a maneira que está construindo seus saberes, para que mais na frente possa avançar na direção de sua autonomia.

Questionados sobre: “Que benefícios à Nanotecnologia poderia trazer para a sua

vida?”, alguns alunos mencionaram os avanços da Medicina como “a descobertas de novos medicamentos para tratamento de doenças que até agora não tem cura e para prevenção de outros”(A12), “muitos benefícios à Nanotecnologia está nos fornecendo como, os produtos de cabelo e pele ficaram muito melhor” (A14) e “combate contra o câncer e outros tratamentos” (A16).

Fazendo referência a algumas pesquisas, pode-se dizer que, se por um lado é notável que nos últimos anos a Ciência e a Tecnologia trouxeram grandes contribuições para a humanidade, por outro “não podemos confiar excessivamente nelas, tornando-se cegos pelo conforto que nos proporcionam cotidianamente seus aparatos e dispositivos técnicos” (Bazzo, 1998, p.142). Auler e Delizoicov (2001) ressaltam que não devemos esperar apenas pela solução de problemas técnicos, essa concepção faz com que os cidadãos pensem que a solução dos seus problemas seja de fato solucionada só pelo desenvolvimento científico.

No terceiro encontro, com duração de 80 minutos e a participação de somente 10 alunos²⁴, discutimos a fuligem dos carros e a fumaça de queimadas, promovendo uma breve discussão. Assim, foi iniciada a aula exibindo o vídeo “Alerta: Maranhão registra grande quantidade de queimadas” (TVASSEMBLEIA MARANHAO, 2017) que apresentou o nível de queimadas no Estado do Maranhão e ajudou os alunos a compreender o grande impacto das queimadas sobre a saúde humana. Em seguida, entreguei um texto impresso sobre queimadas e fuligem, “Doentes pelo fogo” (LEAL, 2008). Este texto exemplifica um dos problemas do cotidiano apontados pelos alunos, mostrando algumas causas e consequências para a sociedade, despertando a reflexão sobre problemas vivenciados pelos alunos. O texto permitiu discussão sobre causas e consequências das queimadas e das fuligens dos automóveis relacionando as nanopartículas que são liberadas pelas fumaças e causam grandes danos à saúde da população. No decorrer da leitura silenciosa, observei que alguns alunos destacaram no texto trechos que eles julgavam importantes. Para finalizar o encontro, propomos duas questões para serem respondidas por escrito. Essa atividade teve como objetivo levar que cada aluno, individualmente, tivesse um olhar reflexivo e crítico sobre o texto e o vídeo trabalhados em sala de aula.

Nas respostas à primeira questão: “Qual ponto (quais pontos) você destaca como importante (s)? Justifique”, pudemos observar que o destaque dos alunos, em relação à fuligem dos automóveis e às queimadas produzidas pela ação humana e pela natureza, foi

²⁴ Nesse encontro, tive um número reduzido de alunos, devido ao confronto da polícia com as facções do tráfico de drogas, que estava ocorrendo na ocasião, no Centro e em outros bairros da cidade de São José de Ribamar, especialmente no período noturno. Com o aumento da violência no município, muitos alunos se sentiram impedido de ir à escola no turno da noite, para minimizar a exposição com a violência.

direcionado para a saúde dos mais afetados: famílias de baixa renda, crianças e idosos, como pode ser visto nas dez respostas emitidas:

“Tudo é muito importante, mas a parte que fala que os de baixa renda sofrem mais, me identifiquei muito. Pois, onde moro é bem assim, quem tem ar condicionado em casa é bem melhor, porque não ficam muito na poeira e sob as fumaças causadas pelas queimadas” (A2).

“No Brasil são permitidos 150ug (10-6g) de material particulado por metro cúbico de ar em um dia, a concentração tolerada pela Organização Mundial da saúde representa um terço desse valor” (A4).

“A poeira e a fuligem produzidas pelas queimadas que prejudicam a saúde humana, principalmente a da população de baixa renda, de idosos e de crianças” (A6).

“90% dos indivíduos analisados apresentavam doenças respiratórias ou oculares!” (A8).

“A maioria das pessoas atingida foi as de baixa renda (pobre)” (A12).

“Foi à poeira e a fuligem produzidas pelas queimadas que prejudicam a saúde humana, principalmente a população de baixa renda, os idosos e crianças. Eu não tinha noção dessa informação” (A14).

“As doenças causadas pelas queimadas” (A15).

“A parte da seca que cresce ainda mais a queimada. Isso é falta de sensibilidade do povo, pois na época dessa (seca), e ainda ficam queimando prejudicando muito a saúde das pessoas. Ficando um ambiente bem agoniado, pois com o calor, seca e mais fumaça tudo piora” (A6).

“O impacto sobre a saúde humana se deve a poeira e a fuligem produzidas pelas queimadas. Os efeitos mais catastróficos são nas famílias mais pobres, além de idosos e crianças. Enquanto, os “ricos” tem ar condicionado, tem um ar mais purificado” (A20).

“A parte que a fuligem produzida pelas queimadas prejudica a saúde humana, principalmente a população de baixa renda, de crianças e idosos. O impacto sobre a saúde deve-se a poeira e a fuligem” (A21).

Durante a aula, vários alunos referiram praticar o ato de fazer queimadas em seus quintais, com frequência. A partir deste ponto, todos os alunos queriam manifestar-se nas aulas. Pareciam assustados, ao se conscientizarem dos prejuízos socioambientais causados pelas partículas de grandezas nanométricas, pois, até então, desconheciam os efeitos prejudiciais à saúde da população, como enfatizou o aluno A14, “Eu não tinha noção dessa informação”. Para esses alunos, a realidade da saúde das pessoas mais pobres é a pior possível, evidenciado a partir da simples condição financeira para aquisição de um ar condicionado. Nesse contexto, “torna-se mais evidente o quanto a exploração desenfreada da natureza e dos avanços científicos e tecnológicos de fato não beneficiarão a todos da população” (ANGOTTI; AUTH, 2001, p.16).

Nas respostas à segunda questão: “Em sua cidade existem queimadas? Se sim, o que você acha que pode ser feito para amenizar os problemas causados pelas queimadas?”, um dos alunos respondeu sim, sem justificativa, e nove alunos responderam:

“Sim. Poderiam colocar os lixos em locais próprios para isso, ao invés de queimar prejudicando as pessoas” (A2).

“Sim. Não sei o que fazer, pois em alguns lugares o calor faz pegar fogo, outras vezes são os donos das terras que estão limpando seus quintais. Podemos criar leis, mas como sabemos as pessoas não cumprem as leis corretamente” (A4).

“Pelo pouco que estou morando aqui em São José de Ribamar, vejo muita poluição por conta dos veículos, e muitos desses veículos estão emitindo gás poluente e tóxico, principalmente as vans. Portanto, o uso correto dos recursos do veículo e a manutenção adequada podem ajudar muito a minimizar a poluição” (A6).

“Sim, evitando as queimadas” (A8).

“Sim, em minha cidade existe, para solucionar, é muito complicado, mas não costumam nada fazer campanhas em meio à sociedade para relembrar as causas e males que a população faz ao fazer queimadas. As pessoas sabem, mas, tem que ficar lembrando” (A12).

“Na minha cidade existe esse tipo de poluição, mas não sei como solucionar” (A15).

“Sim. Poderiam evitar mais queimadas que muitas vezes [são] sem necessidade, prejudicando a população e o meio ambiente também” (A16).

“Podemos conscientizar a população para não jogarem lixo em ruas, mares, praias, lagos, rios, córregos, etc.” (A20).

“Sim, parando com as queimadas” (A21).

As respostas dos alunos mostraram que as nanopartículas de queimadas e de fuligens dos automóveis são frequentes no dia a dia deles, e sugerem, para solucionar esses problemas, evitar colocar lixos em locais inapropriados e não os queimar; fazer manutenção dos automóveis que liberam a fumaça preta (fuligem) e fazer campanhas para levar informações à população.

Tornam-se evidentes os aspectos relevantes nos relatos dos alunos, principalmente porque propõem ações: “poderiam colocar os lixos em locais próprios ao invés de queimar prejudicando as pessoas”, “fazer campanhas em meio à sociedade para relembrar as causas e males que a população faz ao fazer queimadas”, e que “poderíamos conscientizar a população para não jogar lixo nas ruas”. As afirmativas dos educandos vão ao encontro de um dos principais objetivos do ensino CTS, que é “estimular nos alunos a capacidade para tomada de decisão e fará uma ação social responsável” (SANTOS; MORTIMER, 2001, p. 97). Tal fato demonstra que os alunos precisam ser capazes de agir conscientemente sobre sua própria realidade. E, para isso, é importante que eles façam uma leitura crítica e reflexiva do mundo que vivem.

Contudo há também alunos que, apesar de vivenciarem com a problemática socioambiental causadas pelas queimadas e fuligem de carros, reconhecem não saber como agir. O aluno A12 considerou importante refletir e afirmou: “podemos criar leis, mas como sabemos, as pessoas não cumprem as leis corretamente”, o Aluno A22 afirmou: “na minha cidade existe este tipo de poluição, mas não sei como solucionar” (A22). Esta questão nos remete ao que Ribas, Schmid e Roncomi (2010, p.83) discutem: a “ausência de informação restringir formação de opiniões sobre determinado assunto, o que restringe, por sua vez, a tomada de decisões, no sentido de promover melhorias da qualidade de vida para as pessoas”.

A ausência de informações a respeito de problemas vivenciados pelos alunos exige a compreensão de que a tomada de decisão não fique apenas aos olhos dos especialistas e/ou autoridades públicas que, na maioria das vezes, são considerados detentores do conhecimento e se utilizam do discurso que os cidadãos estão mal informados e não se acham capazes de expressar suas opiniões. A omissão desses conhecimentos nos faz compreender que a escola tem o papel fundamental em levar e discutir estas questões da ciência e tecnologia no Ensino de Ciências. A escola, como um espaço de ensino, de aprendizagem e de transformação, torna-se, cada vez mais essencial para que a sociedade possa ter acesso às informações de forma crítica sobre questões da ciência e tecnologia, contribuindo para que a população tenha “condições de avaliar e participar das decisões que venham atingir o meio em que vive” (PINHEIRO; SILVEIRA; BAZZO, 2007, p. 72). Este aprendizado, quando literalmente ligado à concepção crítica do que o aluno formula, faz-se juízo de valor nas situações em que o educando o vivencia.

As decisões que os especialistas, cientistas e governantes tomam sobre a Ciência e a Tecnologia muitas vezes são de forma tecnocrata, ou seja; “trabalham a serviço de grandes grupos econômicos que podem conter informações relevantes de interesse da população” (SANTOS; MORTIMER, 2001, p.102). Nesse contexto, Auler e Bazzo (2001) apontam que é necessário questionar o sistema e ofertar mecanismo para que a população possa ter acesso às informações relevantes sobre as causas e consequências do desenvolvimento da Ciência e da Tecnologia; e, para que as discussões e as participações públicas sejam de fato efetivadas, faz-se "necessário que os cidadãos exijam seus direitos de vez e voz" permitindo assim a participação de todos na tomada de decisão (PINHEIRO; SILVEIRA; BAZZO, 2007, p.73).

No quarto encontro, que durou 80 minutos e com a presença de somente seis alunos²⁵, foram discutidos benefícios e implicações de risco em potencial das nanopartículas sobre a saúde humana e o meio ambiente.

A aula teve início relembrando o que foi trabalhado no encontro anterior. Os educandos reafirmando a importância da busca de informações para tomarem decisões conscientes. Em seguida, foi exibido um documentário sobre a “Nanotecnologia – impactos na saúde e meio ambiente” (RENANOSOMA, 2008), trazendo informações sobre o desconhecimento da população sobre as consequências dessas novas tecnologias do ponto de vista da saúde, do ambiente, e da economia, da empregabilidade entre outros aspectos. Depois

²⁵ A maioria dos alunos foi embora antes dos últimos horários. O professor da disciplina de Física informou que, quando a aula é no último horário, a maioria dos alunos vai embora; poucos alunos ficam para assistir às últimas aulas.

da exibição do documentário, a professora pesquisadora levantou a seguinte indagação: “Será que todos os produtos fabricados e posto no mercado são para beneficiar a humanidade?”. Mais de um aluno emitiu a resposta: “não, professora, a verdade é que eles estão sempre pensando em lucrar”. O aluno A6 complementou “pois é, podemos ver que os produtos estão ficando menos acessível e fazendo muitas promessas”.

Por meio do relato dos alunos, pôde-se perceber que o vídeo exibido na aula potencializou discussões e reflexões sobre os benefícios e os possíveis impactos das tecnologias na sociedade. Após a exibição e discussão do documentário, foi entregue aos alunos o texto “Regulamentação das nanotecnologias” (IIEP, 2015), Anexo C, que trata da necessidade da população está informada sobre cuidados fundamentais com produtos da nanotecnologia. Em seguida, os estudantes foram solicitados a realizar mais uma atividade constituída de quatro perguntas.

Para a pergunta: “Qual a importância da Nanotecnologia nos dias atuais?”, os alunos A2 e A6 responderam:

“A Nanotecnologia é muito importante visto que desenvolveu diversos produtos, aparatos tecnológicos mais avançados para facilitar as nossas vidas, porém trouxe muitos problemas para população” (A2).

“Acredito que a Nanotecnologia apesar de possuir uma grande importância para a sociedade a qual está presente no nosso dia a dia na nossa vida atual, ela também traz enorme impacto para nós” (A6).

Esses alunos parecem compreender que, apesar de todas as melhorias prometidas pela Nanotecnologia, ela também pode trazer diversos impactos negativos para a sociedade.

Na pergunta: “Você conhece algumas implicações na saúde da população que poderão ser resultados da Nanotecnologia?” Os seis alunos informaram que a maioria da população está exposta a essas partículas nanométricas, principalmente, as oriundas das queimadas. A aluna A22 relatou o caso vivenciado pelo marido: “meu marido é bombeiro e só não passa mal nas fumaças porque ele usava vários equipamentos de proteção. A roupa dele então deve conter nanopartículas porque não pega fogo de jeito nenhum”. Enquanto o aluno A12 relatou que a “fuligem dos automóveis uma vez fez a vizinha parar no hospital, ficou com a cara toda preta”. Essas questões bem próximas dos alunos só ficaram conhecidas entre os alunos após serem debatidas na sala de aula.

O progresso da Ciência e da Tecnologia vem, cada dia mais, estimulando o fascínio da população por suas invenções, a ponto de modificar profundamente o estilo de vida dos indivíduos. Entretanto, além dos riscos em potencial que elas trazem, importa refletir sobre as

“certezas” que grande parte da população imputa a elas. Pois, embora

sem dúvida, a Ciência é uma das mais extraordinárias criações do ser humano, entre outros fatores, pela realização e poderes que lhe confere. No entanto, ela não é lugar de certezas absolutas. A Ciência não apresenta verdades imutáveis e não está para além do bem e do mal (PESSINI 1998, apud COMIOTTO, 2010, p.65).

Questionados sobre: “Que medidas de precaução devem ser tomadas diante de atividades que ameacem a saúde humana ou o meio ambiente?” Verificamos que 50% dos alunos mencionaram medidas de precaução diante dos riscos das nanopartículas, conforme observado nas respostas:

“Deve-se ter cuidado com as nanopartículas, tem que se ter um olhar mais crítico porque os trabalhadores e até mesmo as pessoas usam produtos que contém essas nanopartículas e acabam de alguma forma ficando expostas a elas” (A14).
 “Nós temos o direito de ser informados sobre os produtos para saber [se] vamos usar ele ou não, é como o texto fala, os produtos precisar ser rotulados e identificados” (A22).
 “É preciso que produtos que contenham essas nanopartículas sejam avaliados antes de serem consumidos pela população” (A20).

O desenvolvimento da Nanotecnologia se insere em quase todos os setores da sociedade e a análise de seu avanço faz-se necessária constantemente, visto que a sociedade muitas vezes está exposta a altos riscos sem saber da existência deles. Os riscos do desenvolvimento tecnológico para a sociedade trazem muitas inquietações, que se tornam mais preocupantes em situações em que a população está despreparada para agir, para tomar medidas decisivas para sua sobrevivência.

A discussão de questões da Ciência e da Tecnologia no ensino básico é uma necessidade improrrogável, para formar cidadãos que participe ativamente das decisões que afetam a saúde da população.

Apresentamos, a seguir, as análises das produções dos alunos que participaram da unidade de ensino desenvolvidas no terceiro ano do ensino médio da EJA.

6.4 Analisando significado das produções finais

No quinto encontro, estiveram presentes somente seis alunos²⁶, o que levou a pesquisadora questionar sobre a ausência de muitos alunos. Foi informada de que, no horário anterior, a professora não compareceu e, sendo as aulas de Física nos dois últimos horários,

²⁶ Desses seis alunos, dois estiveram presentes apenas no primeiro encontro da aplicação da unidade de ensino, de modo que a produção final desses dois alunos não foi analisada.

alguns alunos foram para casa mais cedo, ficando apenas seis alunos.

Nesta aula procuramos investigar o conhecimento dos alunos da EJA sobre a temática “partículas nanométricas”, trabalhada em sala de aula com a unidade de ensino produzida com base no método de ensino de Freire e da abordagem CTS. Para esta investigação, foi proposto aos alunos, como atividade, escrever uma mensagem ou uma carta a um amigo informando o que aprenderam nas últimas aulas de Física. Para que a última atividade fosse objeto desta pesquisa, estabeleci, como critérios, que todos os indivíduos tivessem: (i) participado de todas as aulas da unidade de ensino; (ii) realizado todas as atividades realizadas nos quatro encontros anteriores (1º, 2º, 3º e 4º). Dos seis alunos, quatro participaram de todos os momentos da unidade de ensino, e dois estiveram presentes apenas no primeiro encontro. A partir dos critérios adotados, somente quatro mensagens/cartas, dos alunos A12, A14, A20 e A22, foram analisadas.

Procurando compreender o significado das produções dos alunos, apoiei-me em três fatores considerados primordiais por Strieder (2008), na abordagem CTS articulada à perspectiva freiriana: (a) Compreensão do tema - parte do pressuposto que para participar é preciso que o aluno compreenda o assunto incluindo também a apropriação dos saberes; (b) Posicionamento crítico - verifica-se se o aluno desenvolveu um posicionamento crítico, assim como a capacidade de refletir, indagar e argumentar sobre o tema estudado; (c) Responsabilidade social – se permitiu refletir nas respostas dos alunos o desenvolvimento do compromisso social na avaliação final.

a) Compreensão do tema

No início das quatro cartas, os alunos apontaram para a importância do conteúdo abordado nas aulas de Física, e que muitos deles consideram importante para a sociedade. Revelaram conhecer saberes que até então desconheciam:

“Aprendi um tema interessante nas aulas de Física, já ouviu sobre a Nanotecnologia?” (A12).

“Caro amigo, como vai? [...] tenho muitas novidades que aprendi na sala de aula... que está presente no nosso dia a dia, a Nanotecnologia” (A14).

“Oi João, rapaz tu nem sabe o que descobri na aula de física... algo que está presente no nosso dia a dia, a Nanotecnologia.[...] descobri nas aulas de Física através do texto doentes pelo fogo que as pessoas que mais sofrem com as nanopartículas suspensas no ar liberadas pelas fumaças das queimadas e também a fuligem dos automóveis, problemas que vivenciamos na nossa cidade, são os mais pobres principalmente os idosos e crianças” (A20).

“Venho através desta carta lhe explicar um pouco sobre nanopartículas? Nunca ouviu falar né? Elas estão presentes nas fumaças das queimadas. Esse assunto que compreendi nas aulas de Física isso é muito interessante se discutir nem eu tinha noção o que é nano” (A22).

Pela mensagem do aluno A20, percebi que o texto utilizado na aula o fez refletir sobre o quanto são agravantes os efeitos que a fuligem das queimadas provoca na população.

Os alunos expressaram a compreensão da temática, revelando o entendimento de conceitos de nanopartícula, de propriedades dos materiais nanométricos e apontaram benefícios desta tecnologia em diferentes produtos disponibilizados no mercado.

“A Nanotecnologia estuda diversos produtos presente no dia a dia das pessoas, das coisas modernas a mais simples. [...] A Nanotecnologia está presente nos remédios, celular, trouxe benefícios na cura de doenças” (A12).

“Nanotecnologia é a construção de estruturas e novos materiais a partir de átomos e também de nanopartículas que são minúsculas partículas, ou seja, porções de materiais de apenas alguns átomos de tamanho e propriedades diferentes” (A14).

“A Nanotecnologia é uma ciência que trabalha numa escala chamada nanométrica e que já existem diversos produtos presentes em nosso cotidiano, como celulares mais modernos, computadores cada vez menores, protetores solares, medicamentos, tecidos, secadores de cabelo e muitos outros” (A20).

“A Nanotecnologia é uma ciência que trabalha em diversas áreas como Química, Física, Biologia e através das propriedades dos materiais constroem novas tecnologias” (A22).

As mensagens dos alunos A12, A14, A20 e A22 expressaram o entendimento de que tiveram sobre conceitos da Nanotecnologia, que podem ser estudados em diversas áreas como na Física, na Química e na Biologia; que compreenderam o conceito científico e algumas das aplicações do tema. Assim, pôde constatar no primeiro encontro, quando investigamos os conhecimentos prévios, os jovens e adultos apenas se referiam a produtos com Nanotecnologia que fazem parte do universo como o celular, mas a partir da construção de conhecimento desses alunos também conseguiram identificar outros produtos como tecidos, protetores solares e pneus.

b) Posicionamento crítico

Quanto ao posicionamento crítico, os alunos revelaram a que a sociedade se submete com o desenvolvimento da Nanotecnologia. Posicionarem-se de forma diferente da visão salvacionista sobre a Ciência e a Tecnologia presente nos conhecimentos prévios. Compreenderam que as tecnologias podem também gerar malefícios.

“Amiga, a população precisa ter conhecimento acerca das tecnologias modernas, a sociedade não pode ignorar os avanços tecnológicos que ocorreram nas últimas décadas, mas tem que ver os malefícios que causam ao meio ambiente e a nós mesmos” (A14).

“A poluição causada pelos carros... [...] muitos que aspiram essa fumaça não sabe, mas está automaticamente morrendo por dentro, sem que tenha a menor ideia do risco que está ocorrendo dentro do seu organismo, pois muitas pessoas morrem ou

não devido à inalação das nanopartículas” (A12).

“A Nanotecnologia trouxe muitos benefícios para nós como os tratamentos na cura de doenças, aparelhos eletrônicos mais potentes, mas ela também trouxe riscos que na maioria das vezes são desconhecidos por nós e a população precisa conhecer” (A20).

“A Nanotecnologia tem grandes potencialidades para resolver diversos problemas da sociedade e com promessas que novos produtos podem melhorar a nossa qualidade de vida, mas por outro lado nas aulas de Física percebi que nem tudo que reluz é ouro. Essa tal Nanotecnologia já trouxe muitos benefícios para nós, mas os riscos que podem afetar nós grande parte da população não sabe” (A22).

A ideia de que a Nanotecnologia traz benefícios para a população é tão importante quanto a necessidade de compreendê-la com os possíveis riscos. Tal ideia é expressa por Auler (2002, p.99) ao afirmar que

Refletir, problematizar essas construções não significa, de forma alguma, uma posição anti-ciência e anti-tecnologia. Pelo contrário, pode contribuir para a construção de uma imagem mais consistente sobre a atividade científico-tecnológica.

Ensejar os alunos a desenvolverem posicionamento crítico frente às questões sociais e ambientais foi um dos pontos importantes da unidade de ensino.

c) Responsabilidade social

Em alguns trechos das mensagens, os alunos demonstraram compreender que problemas vivenciados por eles e discutidos durante a aplicação da unidade de ensino, como possíveis danos causados pelas nanopartículas originárias de queimadas e de fuligens, é importante informar aos amigos, demonstrando um compromisso/responsabilidade social. Fez-se presente também nas mensagens dos alunos a necessidade de ter conhecimento para a tomada de decisão sobre questões da ciência e tecnologia que envolva a sociedade e o meio ambiente.

“Eu aprendi que devemos eliminar a queima de lixo nos quintais, tu não imaginas o quanto aquela fumaça faz de mal a nossa saúde” (A12).

“Deveríamos participar mais das questões que envolvem os problemas da sociedade, como das queimadas, para sabermos como agir e que decisões podem ser tomadas” (A14).

“Cara, você já pensou o que acontece ao respirarmos essas nanopartículas presentes nas queimadas e fuligem? Pois é, essas partículas são tão pequenas, mas tão pequenas que não conseguimos enxergá-las, e ao penetrarem na nossa pele humana acabam produzindo efeitos tóxicos à saúde do ser humano causando doenças pulmonares e respiratórias. É importante à população participar na tomada de decisões sobre essa nova tecnologia” (A20).

“Os possíveis impactos que as nanopartículas têm sobre nossas vidas são muito grandes, principalmente, as que são presentes nas queimadas e fuligem dos carros. Além destes, a quantidade de produtos criados e/ou desenvolvidos usando

nanopartículas para a sociedade consumir são inúmeros, mas nós usamos sem nem sabermos o que são essas nanopartículas e muito menos se esse produto é regulamentado. Por isso, lhe falo amigo que é importante buscar informações principalmente sobre problemas vivenciados onde moramos. Conhecimento é tudo!” (A22).

Nas mensagens dos quatro alunos, observei que expuseram argumentos de uma visão realista dos problemas do cotidiano, compreendendo a importância do compromisso social e entendendo que é necessário estar informado sobre os possíveis impactos que as nanopartículas podem trazer para o ser humano e para o meio ambiente. Isso demonstra que a produção de significado dos alunos, nas aulas de Física, os levou a refletirem e fazer uma leitura crítica da própria realidade, passando a vê-la com um olhar questionador.

A compreensão dos quatro alunos sobre as nanopartículas ocorreu a partir de problemas vivenciados no cotidiano da maioria deles. Para o processo de conscientização acerca da emissão das nanopartículas no ar, produzidas pelas queimadas e fuligens de carros, pode ser compreendido a partir de Freire (2001, p. 30) quando afirma que “quanto mais conscientização, mas se desvela a realidade, mais se penetra na essência fenomênica do objeto, frente ao qual nos encontramos para analisá-los”. Como se pode observar pelas repostas apresentadas pelos alunos, há uma grande preocupação com o excesso de queimadas e das fuligens no ar, que geram serias consequências e isto exige que medidas de prevenção sejam repensadas em caráter de urgência.

É perceptível também, em trechos das mensagens dos alunos A14 e A22, que quanto menor a partícula, mais ela consegue penetrar profundamente no sistema respiratório, atingir os alvéolos pulmonares e ter contato com a corrente sanguínea, sendo mais prejudicial para a saúde. Em outro trecho da mensagem do aluno A22, podemos atribuir-lhe a compreensão e a consciência obtida ao pensar na possibilidade de opinar e tomar decisão em relação aos problemas que afetam diretamente a população. Esse aluno se posicionou informando ao amigo que as decisões não podem ser tomadas apenas pelos cientistas ou mesmo especialistas, “sabia que não é só os especialistas que podem opinar sobre os nossos problemas? nós também, [...] temos que estar mais informados” (A22).

Na mensagem do aluno A22, encontramos sugestões para minimizar os problemas que fazem parte do seu universo, ressaltando-se a necessidade de desenvolver uma educação conscientizadora para a população.

“Acredito que para amenizar os danos que essas nanopartículas causam a saúde os órgãos competentes deveriam criar leis mais severas, mas também apresentar essas leis para a população muitos desconhecem os riscos quando muito tempo expostos a fumaça. Além disso, nós temos que ser conscientes sobre os nossos atos e que

praticar a queima excessivamente nos quintais só irá nos prejudicar irá” (A22).

Na mensagem transcrita do aluno A22, sob um olhar crítico, a saída mais eficiente seria desenvolver o compromisso social da população, contribuindo para que ações individuais da prática de queimadas e da manutenção dos seus veículos sejam minimizadas.

Destaque-se que os quatro alunos que participaram das aulas abandonaram a visão equivocada de que a Ciência e a Tecnologia desvendariam todos os problemas da humanidade e alguns mostraram o intuito de participar mais das decisões dos problemas que vivenciarão no local onde residem.

Tendo em vista os conhecimentos prévios e dos saberes produzido pelos educandos na sala de aula, verificamos que a unidade de ensino produziu resultados, revelando mudanças de percepções sobre a temática abordada apoiada na abordagem CTS. Durante as aulas os alunos se envolveram com as discussões do estudo, porém a frequência nas aulas foi um fator não superado, considerando-se que as ausências da maioria dos alunos da turma trabalhada já eram constantes, especialmente porque as aulas eram ministradas nos últimos horários do turno noturno e, devido à violência na cidade onde residem, fizeram muitos alunos deixarem de comparecer à escola naqueles dias.

7 CONSIDERAÇÕES FINAIS

No contexto deste trabalho, a retrospectiva histórica da educação de adultos no Brasil forneceu informações que subsidiaram o entendimento da EJA e a valorização do conhecimento que os alunos trouxeram de suas experiências de vida, contribuindo para o entendimento das necessidades e das especificidades desses jovens e adultos e para compreensão da premissa relativa a questão inicial desta pesquisa: Como os jovens e adultos que frequentam a EJA, no Ensino Médio, produzem significados sobre conhecimentos de física e tecnologia na escala nanométrica?

Os princípios do movimento CTS propiciaram a construção de um instrumento metodológico para o estudo da temática, tendo como ponto de partida as informações coletadas no primeiro encontro com os alunos, como a história da relação deles com a educação formal e seus conhecimentos prévios sobre nanotecnologia. A proposição das atividades seguintes esteve associada às questões sociais, desde a proposição para o conhecimento das concepções prévias, tratando de problemas ambientais relacionados ao cotidiano dos alunos e possíveis repercussões na saúde da população, devido a presença de fumaças das queimadas e da fuligem de automóveis.

Os conhecimentos prévios em relação à nanotecnologia, benefícios e possíveis riscos, e os problemas socioambientais com relações para a saúde serviram como orientação para compreendermos as concepções dos alunos sobre as partículas nanométricas e possíveis problemas socioambientais do universo do aluno. Nessa percepção inicial, os alunos mostraram-se curiosos em conhecer a temática, pois embora a maioria já tivesse ouvido falar sobre o termo nanotecnologia, não sabiam explicitar o seu significado, associando principalmente a celulares e a computadores, a recursos tecnológicos. Inicialmente os alunos expressaram uma visão de que as tecnologias eram geradoras apenas de impactos benéficos para o homem, como a contribuição para o tratamento de doenças. No segundo encontro, os alunos tiveram a oportunidade de conhecer conceitos da nanotecnologia e a escala nanométrica, comparando o tamanho de objetos em uso no dia a dia, medidos na escala do metro e na escala nanométrica. Os alunos no encontro anterior não sabiam o que significava o termo nanotecnologia.

A discussão de problemas social e ambiental sobre as queimadas e as fuligens dos carros, no terceiro encontro, fez os alunos refletirem criticamente sobre questões socioambientais que os levaram a compreender que essas questões são derivadas de fatores sociais, político e econômico.

O conhecimento dos alunos sobre consequências de ações constantes das nanopartículas liberadas pelas queimadas e pelos automóveis contribuiu para despertar aspectos de cidadania nesses sujeitos, como o interesse pela aprendizagem para compreenderem fatores envolvidos no cotidiano deles. No quarto encontro, a leitura do texto que trata da regulamentação da nanotecnologia potencializou as discussões e as reflexões de possíveis impactos da nanotecnologia e o desconhecimento, para a maioria dos alunos, destas questões os levaram a perceber: 1) a importância de estar informado; 2) a necessidade de poder avaliar os possíveis impactos dos produtos nanotecnológicos que são consumidos pela população; 3) e a necessidade de que a participação do público nas decisões sobre ciência e tecnologia sejam respeitadas.

A partir das concepções prévias dos alunos, foi possível, desenvolver atividades com diferentes materiais didáticos, como textos e vídeos, aprofundando os conhecimentos científicos dos alunos da EJA envolvidos neste estudo, relativos a temática partículas nanométricas, como condição inicial para que, posteriormente, possam construir seus próprios significados, como os registrados no quinto encontro, ao mostrarem reflexões que apontam para a formação de um posicionamento crítico e de responsabilidade social que poderão conduzir esses sujeitos para um posicionamento que os levem para uma transformação social. Posicionamento que revela mudanças em relação às concepções prévias desses alunos.

A unidade de ensino possibilitou discussão sobre os benefícios da nanotecnologia e os impactos das partículas nanométricas no cotidiano dos alunos, assim como desenvolver neles capacidade para emitir opiniões e valores próprios. Experiência que acreditamos terem sido vivenciadas pelos quatro alunos que tiveram a oportunidades de atuar em sala de aula como cidadãos, com autonomia e responsabilidade social, adicionando suas próprias contribuições em prol dos problemas que afetam o universo vivenciado por eles.

Entendemos que o material utilizado para apoiar as atividades (como textos e vídeos) é fundamental para alcançar o resultado esperado, sendo o principal motivo para que ele seja cuidadosamente escolhido, considerando quem o produziu, qual o interesse na sua divulgação e principalmente pensar no objetivo da atividade. Num dos vídeos que utilizamos nos encontros, observamos equívocos de uma aluna ao pensar que para visualizar um material nanométrico poderia utilizar um microscópico comum, como os que se encontram em hospitais. Esse tipo de problema poderia ser evitado, mesmo com a exibição do vídeo utilizado na atividade, aproveitando para promover uma discussão sobre os diferentes tipos de microscópicos. Neste caso, a discussão não foi feita em sala de aula porque só percebemos o equívoco durante a análise dos dados, quando não mais estávamos atuando na sala de aula.

Refletir sobre a própria prática educativa é uma tarefa árdua, mas essencial para obtermos conhecimento necessário para tomadas de decisões mais conscientes. Esta experiência nos mostrou que o ensino das Ciências, precisa colocar o aluno no centro das discussões em sala de aula, abolindo a forma tradicional de centralizar as aulas em exposição de conteúdo pelo professor, visto que ela não contribui para formar um cidadão crítico e reflexivo necessário para reformulação de uma abordagem que contextualize a vida cotidiana.

Um dos problemas que dificultou a análise dos dados foi o pequeno número de alunos participantes na pesquisa. No primeiro encontro estiveram presentes 26 alunos, no segundo 12, no terceiro 10 alunos e no quarto e no quinto encontros apenas seis alunos, sendo que dos seis participantes do último encontro, apenas quatro deles participaram de todos os encontros, motivo que nos levou a analisar somente quatro produções finais.

Acreditamos que as discussões aqui apresentadas poderão auxiliar professores e alunos a refletirem sobre conteúdos correlacionados com suas vivências e, sobretudo, levá-los a pensar com discernimento, buscando explicações sobre os benefícios e possíveis riscos de produtos da ciência e da tecnologia, em diferentes contextos, favorecendo-os na condução de tomada de decisões importantes para suas vidas e da população em geral.

REFERÊNCIAS

- ÁLVARES, S. C. **Arte e educação para jovens e adultos: as transformações no olhar do aluno.** 2006. Dissertação (Mestrado em Educação) – Universidade de São Paulo. São Paulo, 2006.
- ANGOTTI, J. A. P.; AUTH, M. A. Ciência e tecnologia: implicações sociais e o papel da educação. **Ciência & Educação**, Bauru, v. 7, n. 1, p. 15-27, 2001.
- ARAÚJO, A. V. B. D. **O ensino de física na Educação de Jovens e Adultos: da possibilidade à efetivação de uma prática problematizadora em óptica.** 2016. 102 f. Dissertação (Mestrado Acadêmico em Ensino de Ciências e Educação Matemática) - Universidade Estadual da Paraíba, Centro de Ciências e Tecnologia. Campina Grande, Paraíba, 2016.
- ARROYO, M. G. A educação de Jovens e Adultos em tempos de exclusão. In: **Construção coletiva: Contribuições à Educação de Jovens e Adultos.** Brasília: UNESCO, MEC, RAAAB, p. 221-230, 2005.
- _____. **Imagens quebradas: trajetórias e tempos de alunos e mestres.** Petrópolis: vozes, 2004.
- _____. **Passageiros da noite: do trabalho para a EJA: itinerários pelo direito a uma vida justa.** Petrópolis: Vozes, 2017.
- AULA DE QUÍMICA. **Nanotecnologia o que é isso?.** 2014. (5min59). Disponível em: <https://www.youtube.com/watch?v=deoYinazSuw>. Acesso em: 10 mar. 2018.
- AULER, D. Enfoque Ciência-Tecnologia-Sociedade: pressupostos para o contexto brasileiro. **Ciência & Ensino**, v. 1, n. Especial, p. 1-20, nov. 2007.
- _____. **Interações entre Ciência-Tecnologia-Sociedade no contexto da formação de professores de ciências.** Tese (Doutorado em Educação). Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2002.
- _____.; BAZZO, W. A. Reflexões para a implementação do movimento CTS no contexto educacional brasileiro. **Ciência & Educação**, Bauru, v. 7, n. 1, p. 1-13, 2001.
- _____.; DELIZOICOV, D. Alfabetização científico-tecnológica para quê? **Ensaio-Pesquisa em Educação em Ciências**, v. 3, n. 1, jun, 2001.
- _____.; DELIZOICOV, D. Educação CTS: articulações entre pressupostos do educador Paulo Freire e referencias ligados ao movimento CTS. In: *Las Relaciones CTS en la Educación Científica*, 2006a, Málaga Espanha. **Anais: V Encontro Ibero americano sobre Las Relaciones CTS em La Educación Científica.** Málaga: Editora da Universidade de Málaga, p.01-09, 2006.
- BAZZO, W. A. **Ciência, Tecnologia, Sociedade: e o contexto da educação tecnológica.** Florianópolis: Editora da UFSC, 1998.

BISOGNIN, E. et al. Ensino e aprendizagem de conceitos matemáticos relacionados à nanociência por meio da modelagem matemática. **Revista Acta Scientiae**, Canoas, v. 14, p. 200-214, maio/ago. 2012.

BOGDAN, R. C.; BIKLEN, S. K. **Investigação qualitativa em educação** – uma introdução à teoria e os métodos. Porto: Porto Editora, 1994.

BRASIL. Constituição (1988). Constituição da República Federativa do Brasil. Brasília, DF: Senado Federal Centro Gráfico, 1988. Disponível em: http://portal.mec.gov.br/cne/arquivos/pdf/CEB011_2001.pdf. Acesso em: 22 nov. 2017.

_____. Lei nº 9.394, de 20 de dezembro de 1996. Lei de Diretrizes e Bases da Educação Nacional. Diário Oficial da União, Brasília, DF, 21 dez. 1996. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/L9394.htm. Acesso em: 04 fev. 2018.

_____. Ministério da Educação. Orientações curriculares para o ensino médio: ciências da natureza, matemática e suas tecnologias, v. 2. Brasília: SEB, 2006. Disponível em: http://portal.mec.gov.br/seb/arquivos/pdf/book_volume_02_internet.pdf. Acesso em: 04 fev. 2018.

_____. Ministério da Educação. Parecer nº 11, de 10 de maio de 2000. Diretrizes Curriculares Nacionais para a Educação de Jovens e Adultos. Diário Oficial da União, Brasília, DF, 9 jun. 2000. Disponível em: http://portal.mec.gov.br/secad/arquivos/df/eja/legislacao/parecer_11_2000.pdf. Acesso em: 04 fev. 2018.

CAPES. Ministério da Educação Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior. CAPES. Relatório de Avaliação. Ensino. Relatório de Avaliação 2013-2016. **Avaliação Quadrienal 2017**. Disponível em: <https://capes.gov.br/images/stories/download/avaliacao/relatorios-finais-quadrienal-2017/20122017-ENSINO-quadrienal.pdf>. Acesso em: 04 fev. 2018.

CARLETO, M. R.; VON Linsingen, I.; Delizoicov, D. Contribuições A Uma Educação Para A Sustentabilidade. In: Congresso Iberoamericano de Ciência, Tecnologia, Sociedade e Innovación; Ciência, Tecnologia e Innovación para el desarrollo em Iberoamérica. I., 2006. **Anais...** México: Organización de Estados Iberoamericanos para la Educación la Ciencia y la Cultura (OEI), 2006.

CLEBSCH, A. B.; WATANABE, M. Abordagem da nanociência e nanotecnologia a partir da escala. **Revista Novas Tecnologias na Educação**, v. 15, n. 1, jul. 2017.

COMIOTTO, T. Curso: CTS, uma proposta inovadora. 2010. Disponível em: https://webcache.googleusercontent.com/search?q=cache:ZJ2bVoHPn70J:https://lapsiudesc.files.wordpress.com/2017/03/apostila___cts___uma_proposta_inovadora.pdf+&cd=1&hl=pt-BR&ct=clnk&gl=br. Acesso em: 18 de set de 2018.

CORTADA, S. **Educação de jovens e adultos e seus diferentes contextos**. Jundiaí: Paco Editorial, 2013.

DI PIERRO, M. C.; JÓIA, O.; RIBEIRO, V. M. Visões da educação de jovens e adultos no Brasil. **Cadernos Cedes**, Campinas, São Paulo, v. 55, p. 58-77, nov. 2001.

DURÁN, N.; MATTOSO, L. H. C.; MORAIS, P. C. **Nanotecnologia**: introdução, preparação de nanomateriais e exemplos de aplicação. São Paulo: Artliber Editora, 2006.

ELLWANGER, A. L. et al. O ensino de nanociências por meio de objetos de aprendizagem. **Revista Novas Tecnologias na Educação**, v. 10, n. 1, jul. 2012.

_____.; MOTA, R.; FAGAN, S. B. Abordagem de nanociência no ensino médio. **Revista Vidya**, Santa Maria, v. 34, n. 1, p. 85-98, jan./jun. 2014.

ENEJA - Encontro Nacional de Educação de Jovens e Adultos, II 2000, Campina Grande/PB. **Relatório-síntese**. 07 a 09 de setembro de 2000. Disponível em: <http://forumeja.org.br/node/2035>. Acesso em: 18 jul. 2018.

FABRI, F.; SILVEIRA, R. M. C. F. **O ensino de ciências nos anos iniciais e a abordagem CTS**: elaborando estratégias de ensino. Editora Novas Edições Acadêmicas, 2015.

FERRARI, S. C.; AMARAL, S. O aluno de EJA: Jovem ou adolescente? **Revista da Alfabetização Solidária**, São Paulo: Unimarco, v. 5, n. 5, p. 7-14, 2005. Disponível em: <https://www.catedraunescoaja.com.br/documento/2aedb541b8f970773ad5a9b5f688267291441.pdf>. Acesso: 20 fev. 2018.

FIRME, R. N.; AMARAL, E. M. R. Concepções de professores de química sobre ciência, tecnologia, sociedade e suas inter-relações: um estudo preliminar para o desenvolvimento de abordagem CTS em sala de aula. **Ciência & Educação**. São Paulo, v. 14, n. 2, p. 251-269, 2008.

FREIRE, P. **Ação cultural para a liberdade e outros escritos**. 14. Ed. Ver. Atual. Rio de Janeiro: Paz e Terra, 2011.

_____. **Pedagogia da autonomia**: saberes necessários à prática educativa. São Paulo: Paz e Terra, 2018.

_____. **Política e educação**. São Paulo: Paz e Terra, 2014.

_____. **Política e educação**: ensaios/Paulo Freire. 5. ed. São Paulo: Cortez, 2001.

FREITAS, M. C. de.; BICCAS, de. S. **História social da educação no Brasil (1926-1996)**. São Paulo: Cortez, 2009.

FRIEDRICH, M. et al. Trajetória da escolarização de jovens e adultos no Brasil: de plataformas de governo a propostas pedagógicas esvaziadas. **Ensaio**: aval. pol.Educ, Rio de Janeiro, v. 18, n. 67, p. 389-410, abr./jun. 2010.

GADOTTI, M. **A questão da educação formal/não-formal**. Institut International des droits de L'Enfant (IDE). Droit à l'éducation: solution à tous les problèmes ou problèmes sans solution? Sion (Suisse), 18 au 22 octobre, 2005. Disponível em: <https://docplayer.com.br/5445484-A-questao-da-educacao-formal-nao-formal.html>. Acesso em: 22 fev. 2018.

GADOTTI, M. **Educação de jovens e adultos: correntes e tendências.** In: GADOTTI, M.; ROMÃO, J. E (Org). Educação de jovens e adultos: teoria, prática e proposta. 9. ed. São Paulo: Cortez, v. 5, 2007.

_____.; ROMÃO, J. E. **Educação de jovens e adultos: teoria, prática e proposta.** 9. ed. São Paulo: Cortez, v. 5, 2007.

GUARATO, M. **Alfabetização de adultos: a experiência do Mobral no município de Uberlândia-MG (1971 – 1985).** 2001. 181 f. Dissertação (Mestrado em Educação) – Faculdade de Educação, Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, 2001.

HADDAD, S. **Novos caminhos da educação de jovens e adultos.** São Paulo: Ação Educativa, 2007.

_____.; DI PIERRO, M. C. Escolarização de jovens e adultos. **Revista Brasileira de Educação,** São Paulo, v. 14, p. 108-130, 2000. Disponível em: http://www.anam.org.br/site/upload_arquivos/legislacao_2015_251120151338147055475.pdf f. Acesso em: 06 abri. 2018.

IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Diretoria de Pesquisas, Coordenação de população e Indicadores sociais. **Estimativas da população residente com data de referência 1º de julho de 2019.** São José de Ribamar, 2019. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/cidades-e-estados/ma/sao-jose-de-ribamar.html?> Acesso em: 20 set. 2019.

IIEP, Intercâmbio, Informações, Estudos e Pesquisas. Guia de nanotecnologias para trabalhadores. 2015. Disponível em: <http://nano.iiiep.org.br/nano/guia>. Acesso em: 22 jun. 2018.

INPE. **Infoqueima Boletim Mensal de Monitoramento,** v. 2, n. 9, set, 2017.

JALOTO, A. M. Expectativas de jovens e adultos do ensino médio sobre a escola e sua relação com a disciplina de biologia: uma experiência em uma escola pública do Rio de Janeiro. **Educação: Teoria e Prática,** v. 21, n. 37, jul./set. 2011.

KRUMMENAUER, W. L.; COSTA, S. S. C. da.; SILVEIRA, F. L. da. Uma experiência de ensino de física contextualizada para a educação de jovens e adultos. **Ensaio-Pesquisa em Educação em ciências,** Belo Horizonte, v. 12, n.2, p. 69-82, ago, 2010.

_____.; WANNMACHER, C. M. D. Proposições metodológicas para o ensino de Física na educação de jovens e adultos à luz da Teoria da aprendizagem significativa. **Conhecimento & Diversidade,** v. 9, n. 19, p. 191-203, 2017.

LEAL, T. Doentes pelo fogo. **Ciência Hoje On-line,** 2008. Disponível em: <http://cienciahoje.org.br/doentes-pelo-fogo/>. Acessado em: 14 ago. 2017.

LEITE, I. S. et al. Uso do método cooperativo de aprendizagem Jigsaw adaptado ao ensino de nanociência e nanotecnologia. **Revista Brasileira de Ensino de Física,** v. 35, n. 4, p. 4504, 2013.

LIMA, M. C. A.; ALMEIDA, M. J. P. M. Articulação de textos sobre nanociência e nanotecnologia para a formação inicial de professores de física. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v. 34, n. 4, p. 4401, 2012.

LOPES, G. **Leituras em aulas de Física na Educação de Jovens e Adultos**. 2009. 176 p. Tese (Doutorado em Educação) – Faculdade de Educação, Universidade Estadual de Campinas, São Paulo, 2009.

LOPES, S. P.; SOUSA, L. S. EJA: uma educação possível ou mera utopia? **Revista Alfabetização Solidária (Alfasol)**, São Paulo, v. 5, 2005. Disponível em: http://www.cereja.org.br/pdf/revista_v/Revista_SelvaPLopes.pdf. Acesso em: 25 dez. 2017.

LYRA, D. G. G. **Os três momentos pedagógicos no ensino de ciências na educação de jovens e adultos da rede pública de Goiânia, Goiás: o caso da dengue**. Dissertação (Mestrado I em Ensino Educação em Ciências e Matemática) Universidade Federal de Goiás. Goiânia, 2013.

MARTINS, W. D. S. **Educação de jovens e adultos: proposta de material didático para o ensino de química**. 2007. 216 f. Dissertação (Mestrado Profissional em Ensino de Ciências) Universidade de Brasília. Brasília, 2007.

MELO JR., M. A. et al. Preparação de nanopartículas de prata e ouro: um método simples para a introdução da nanociência em laboratório de ensino. **Química Nova**, São Paulo, v. 35, n. 9, p. 1872-1878, 2012. Disponível em: http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0100-40422012000900030&lng=en&nrm=iso. Acesso em: 03 Dez. 2016.

MORAES, R.; GOMES, V. Uma Unidade de Aprendizagem sobre Unidades de Aprendizagem. In: Galiuzzi, M, C.; Auth, M.; Moraes, R; Mancuso, R. (org.). **Construção Curricular em Rede na Educação em Ciências – uma proposta de pesquisa na sala de aula**. Ijuí: Unijuí, p.243-280, 2007.

MULTIRIO. Detetives da Ciência. **Séries televisivas: textos complementares**, p. 7-12, 2010. Disponível em: http://multirio.rio.rj.gov.br/index.php/component/mr_chamada_materia/?task=download&format=raw&id=2859. Acesso em: 15 ago. 2017.

NASCIMENTO, T. G.; VON LINSINGEN, I. Articulações entre o enfoque CTS e a pedagogia de Paulo Freire como base para o ensino de ciências. **Revista Convergência**, Toluca, v. 13, n. 42, p. 95-116, 2006.

OLIVEIRA, M. C. **Metamorfose na construção do alfabetizando pessoa**. Dissertação (Mestrado), Pontifícia Universidade Católica do Rio Grande do Sul, Porto Alegre/RS. 1996.

OLIVEIRA, M. K. de. Jovens e Adultos como sujeitos de conhecimento e aprendizagem. In: RIBEIRO, Vera Masagão (org). **Educação de jovens e adultos novos leitores, novas leituras**. São Paulo: Mercado de Letras, p. 224, 2001.

UNESCO - Organização das Nações Unidas para a Educação, a Ciência e a Cultura. Declaração de Hamburgo sobre a educação de adultos e plano de ação para o futuro. In: Conferência Internacional sobre a Educação de Adultos, Hamburgo, Alemanha, 1997. **Anais...Hamburgo**, 1997.

PAIVA, V. P. **Educação popular e educação de adultos**. 4. ed. São Paulo: Loyola, 1987.

_____. **Educação Popular e Educação de Adultos**. 2. ed. São Paulo: Loyola, 1983.

_____. **História da Educação Popular no Brasil**: Educação popular e educação de adultos. 6. ed. Revista e ampliada. São Paulo: Loyola, 2003.

PEREIRA, C. R. D. S.; BASSO, N. R. D. S.; BORGES, R. M. R. Unidade de aprendizagem sobre citologia e nanotecnologia: um novo olhar ao século XXI. **Experiências em Ensino de Ciências**, v. 3, n. 3, p. 7-17, 2008.

PEREIRA, F. D.; HONÓRIO, K. M.; SANNOMIYA, M. Nanotecnologia: Desenvolvimento de materiais didáticos para uma abordagem no ensino fundamental. **Química Nova na Escola**, v. 32, n. 2, maio 2010.

PINHEIRO, N. A. M.; SILVEIRA, R. M. C. F.; BAZZO, W. A. Ciência, tecnologia e sociedade: a relevância do enfoque CTS para o contexto do ensino de médio. **Ciência & Educação**, v. 13, n. 1, p. 71-84, 2007.

REBELLO, G. A. F. et al. Nanotecnologia, um tema para o ensino médio utilizando a abordagem CTSA. **Química Nova na Escola**, v. 34, n. 1, p. 3-9, fev. 2012.

REIS, E. M.; LINHARES, M. P. Ensino de Ciências com tecnologias: um caminho metodológico no PROEJA. **Revista Educação & Realidade**, v. 35, n. 1, p. 129-150, 2010.

RENANOSOMA. **Nanotecnologia - Impactos na Saúde e Meio**

Ambiente. 2008 (4min32s). Disponível em:

<https://www.youtube.com/watch?v=6bfI9c3xVhQ>. Acesso em: 23 ago. 2017.

RIBAS, A; SCHIMID, A; RONCONI, E. **A percepção do ruído e seus efeitos sobre a qualidade de vida de moradores dos setores especiais estruturais de Curitiba**. Geografias. v. 6. 2010.

ROSO et al. Currículo temático fundamentado em freire-cts: engajamento de professores de física em formação inicial. **Revista ensaio**, Belo Horizonte, v. 17, n. 2, p. 372-389, maio-ago, 2015.

SAGAN, C. **O mundo Assombrado pelos demônios**: a ciência vista como uma vela no escuro. São Paulo: companhia das Letras, 1996.

SANTOS, W. L. P. dos. Educação humanística em uma perspectiva freiriana: resgatando a função do ensino CTS. **Alexandria Revista de Educação em Ciência e Tecnologia**, v. 1, n. 1, mar, 2008.

_____.; MORTIMER, E. F. Tomada de decisão para ação social responsável no ensino de ciências. **Ciência & Educação**. Bauru, v.7, n. 1, p. 95-111, 2001.

_____.; MORTIMER, E. F. Uma análise de pressupostos teóricos da abordagem C-T-S (Ciência – Tecnologia – Sociedade) no contexto da educação brasileira. **Ensaio. Pesquisa em educação em Ciências**, Belo Horizonte, v. 2, n.2, p. 110-132, dez. 2002.

SILVA, J. A. **Um estudo sobre as especificidades dos/as educandos/as nas propostas pedagógicas de educação de jovens e adultos-EJA: tudo junto e misturado**. 2010. Dissertação (Mestrado em Educação) - Faculdade de Educação, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2010.

SILVA, S. L. A.; VIANA, M. M.; MOHALLEM, N. D. S. Afinal, o que é nanociência e nanotecnologia? Uma abordagem para o ensino médio. **Química Nova na Escola**, v. 31, n. 3, ago. 2009.

SIQUEIRA, M.; PIETROCOLA, M. A transposição didática aplicada a teoria contemporânea: a física de partículas elementares no ensino médio. **Anais... X Encontro Nacional de Pesquisa em Ensino de Física**, Londrina, 2006.

SIQUEIRA-BATISTA, R.et al. Nanociência e nanotecnologia como temáticas para discussão de Ciência, Tecnologia, Sociedade e Ambiente. **Ciência & Educação**, v. 16, n. 2, p. 479-490, 2010.

_____. Nanotecnologia e ensino de ciências à luz do enfoque CTS: uma viagem a Lilliput. **Ciência & Ideias**, Nilópolis, v. 1, n. 1, p. 76-86, 2009.

SOUZA JUNIOR, M. R. de. **A Fundação Educar e a extinção das campanhas de alfabetização de adultos no Brasil**. 2012. 205 f. Tese (Doutorado em Políticas Públicas e Formação Humana) - Universidade do Estado do Rio de Janeiro, Faculdade de Educação, Rio de Janeiro, 2012.

STRELHOW, T. B. Breve história sobre a educação de jovens e adultos no Brasil. **Revista HISTEDBR Online**, Campinas, v. 10, n. 38, p. 49-59, jun. 2010. Disponível em: <https://periodicos.sbu.unicamp.br/ojs/index.php/histedbr/article/view/8639689/7256>. Acesso em: 10 abr. 2018.

STRIEDER, R. B. **Abordagem CTS e ensino médio: espaços de articulação**. Dissertação (Mestrado) Universidade de São Paulo, Instituto de Física, 2008.

_____.; KAWAMURA, M. R. D. Educação CTS: parâmetros e propósitos brasileiros. **Alexandria: Revista de Educação em Ciência e Tecnologia**, Florianópolis, v. 10, n. 1, p. 27-56, maio, 2017.

TAMAROZZI, E.; COSTA, R. P. **Educação de jovens e adultos**. 2. ed. Curitiba: IESDE Brasil S.A, 2009.

TASCA, R. A. et al. Desenvolvendo habilidades e conceitos de nanotecnologia no ensino médio por meio de experimento didático envolvendo reparação e aplicação de nanopartículas superparamagnéticas. **Experimentação no Ensino de Química**, São Paulo - SP, v. 37, n. 3, p.

236-240, ago. 2015.

TEIXEIRA, P. M. M. A educação científica sob a perspectiva da pedagogia histórica-crítica e do movimento CTS no ensino de ciências. **Ciência & Educação**. Bauru, v. 9, n. 2, p. 177-190, 2003. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1516-73132003000200003&lng=en&nrm=iso>. Acesso em: 03 Dez. 2017.

TVASSEMBLEIA MARANHAO. **Alerta: Maranhão registra grande quantidade de queimadas**. 2017. (3min45). Disponível em: <https://www.youtube.com/watch?v=-Yi5yMvCMOQ>. Acesso em: 14 ago. 2017.

VON LINSINGEN, I. Perspectiva educacional CTS: aspectos de um campo em consolidação na América Latina. **Ciência & Ensino**, v.1, número especial, p. 1-19, nov. 2007.

XAVIER, M. E. S. P.; RIBEIRO, M. L. S.; NORONHA, O. M. **História da Educação: a escola no Brasil**. São Paulo, SP: FTD. 1994.

ZABALA, A. **A prática educativa: como ensinar**. Editora Artes Médicas Sul Ltda. Porto Alegre, 1998.

APÊNDICES

APÊNDICE A – Artigos em periódicos da Capes: título do periódico, estrato, título, autor e ano de publicação.

Nº	PERIÓDICOS NACIONAIS E INTERNACIONAIS	TÍTULO	AUTOR	ANO
1	Experiências em Ensino de Ciências	Unidade de aprendizagem sobre citologia e nanotecnologia: um novo olhar ao século XXI.	PEREIRA, BASSO e BORGES	2008
2	Ciência & Cultura	A nanotecnologia: da saúde ao determinismo tecnológico.	ROSSI-BERGMANN	
3	Química Nova na Escola	Um panorama da nanotecnologia no Brasil (e seus desafios).	FERNANDES e FILGUEIRAS	
4	Química Nova na Escola	Afinal, o que é Nanociência e Nanotecnologia? Uma Abordagem para o Ensino Médio.	SILVA, VIANNA e MOHALLEM	2009
5	Journal of Science Education and Technology	Teaching oscillations by a model of nanoresonator	LINDELL e VIIRI	
6	Ciências & Ideia	Nanotecnologia e ensino de ciências à luz do enfoque CTS.	SIQUEIRA-BATISTA et al.	
7	Ciência & Educação	Nanociência e nanotecnologia como temáticas para discussão de Ciência, Tecnologia, Sociedade e Ambiente.	SIQUEIRA-BATISTA et al.,	2010
8	Química Nova na Escola	Nanotecnologia: desenvolvimento de materiais didáticos para uma abordagem no ensino fundamental.	PEREIRA, HONÓRIO, SAMNOMIYA	
9	Science Education International	Na Analysis of the education significance of nanoscience and nanotechnology in scientific and technological literacy	LAHERTO	
10	Revista Brasileira de Ensino de Física.	Articulação de textos de Nanociência e Nanotecnologia para a formação inicial de professores de Física.	LIMA e ALMEIDA	2012
11	Acta Scientiae	Ensino e aprendizagem de conceitos matemáticos relacionados à Nanociência por meio da modelagem matemática.	BISOGNIN et al.,	
12	Novas Tecnologias na Educação.	O ensino de Nanociências por meio de objetos de aprendizagem.	ELLWANGER et al.,	
13	Química Nova	Preparação de nanopartículas de prata e ouro: um método simples para a introdução da Nanociência em laboratório de ensino.	MELLO JR et al.	
14	Química Nova na Escola	Nanotecnologia, um tema para o ensino médio utilizando a abordagem CTSA.	REBELLO et al.	
15	Revista Brasileira de Ensino de Física.	Uso do método cooperativo de aprendizagem Jigsaw adaptado ao ensino de Nanociência e Nanotecnologia.	LEITE et al.	2013
16	Revista Brasileira de Ensino de Física	A asa de borboleta e a nanotecnologia: cor estrutural.	ASSIS	
17	Química Nova	Impactos da nanotecnologia na saúde: produção de medicamentos.	DIMER et al.,	
18	Química Nova na Escola	Patenteamento em nanotecnologia no Brasil: desenvolvimento, potencialidades e reflexões para o meio ambiente e a saúde humana.	SANT'ANNA, ALENCAR e FERREIRA	
19	Revista Vidya	Abordagem de Nanociência no Ensino Médio.	ELLWANGER, MOTA e FAGAN	2014
20	Química Nova na Escola	Nanotecnologia em medicina: aspectos fundamentais e principais preocupações.	CANCINO, MARANGONI e ZUCOLOTTO	
21	Química Nova na	Desenvolvendo habilidades e conceitos de	TASCA, et al.	

	Escola.	Nanotecnologia no ensino médio por meio de experimento didático envolvendo preparação e aplicação de nanopartículas superparamagnéticas.		
22	Química Nova na Escola	Preparação de pontos de carbono e sua caracterização óptica: um experimento para introduzir nanociência na graduação	VAZ, et al.	
23	Cultural Studies of Science Education	What students and researches in nanoscience and nanotechnology should know about PUS and STS: a look at Fages and Albe's viewpoint on social issues in nanoscience and nanotechnology Master's degrees	POULIOT	
24		Social issues in nanoscience and nanotechnology master's degrees: the sócio-political stakes of curricular choices	FAGES e ALBE	
25		Questioning collectives and agencies: a commentary on curricular choices	ARNOLD	
26	Química Nova na Escola	Os tecidos e a nanotecnologia	GOMES, COSTA E MOHALLEM	2016
27	Novas Tecnologias na Educação.	Abordagem da Nanociência e Nanotecnologia a partir da escala.	CLEBSCH E WATANABE	2017
28	Journal of Science Education and Technology	The use of museum based science centres to expose primary school students in developing countries to abstract and complex concepts of nanoscience and nanotechnology	SAIDI e SIGAUKE	

APÊNDICE B - Artigos selecionados por periódicos, título, autores e ano de publicação.

Periódicos	Título/Instituição	Autor	Ano
Química Nova na Escola (QNNE)	Afinal, o que é Nanociência e Nanotecnologia? Uma Abordagem para o Ensino Médio/UFGM.	SILVA, VIANNA e MOHALLEM	2009
	Nanotecnologia: desenvolvimento de materiais didáticos para uma abordagem no ensino fundamental/USP.	PEREIRA, HONÓRIO e SANNOMIYA	2010
	Nanotecnologia, um tema para o ensino médio utilizando a abordagem CTSA/UFRJ.	REBELLO et al.,	2012
	Desenvolvendo habilidades e conceitos de Nanotecnologia no ensino médio por meio de experimento didático envolvendo preparação e aplicação de nanopartículas superparamagnéticas/CB-USP.	TASCA et al.,	2015
Química Nova (QN)	Preparação de nanopartículas de prata e ouro: um método simples para a introdução da Nanociência em laboratório de ensino/UNICAMP.	MELO JR et al.,	2012
Revista Brasileira de Ensino de Física (RBEF)	Uso do método cooperativo de aprendizagem Jigsaw adaptado ao ensino de Nanociência e Nanotecnologia/USPscar.	LEITE et al.,	2013
	Articulação de textos de Nanociência e Nanotecnologia para a formação inicial de professores de Física/UFMA-UNICAMP.	LIMA e ALMEIDA	2012
Experiências em Ensino de Ciências (EEC)	Unidade de aprendizagem sobre citologia e Nanotecnologia: um novo olhar ao século XXI/PUC-RS.	PEREIRA, BASSO e BORGES	2008
Ciências e Ideias (E&I)	Nanotecnologia e ensino de Ciências à luz do enfoque CTS: uma viagem a Lilliput/UNIFESO-IFRJ.	SIQUEIRA-BATISTA et al.,	2009
Ciência & Educação (C&E)	Nanociência e Nanotecnologia como temáticas para discussão de Ciência, Tecnologia, Sociedade e Ambiente/UFV-IFRJ-UNIFESO-CBPF.	SIQUEIRA-BATISTA et al.,	2010
Acta Scientiae (AS)	Ensino e aprendizagem de conceitos matemáticos relacionados à Nanociência por meio da modelagem matemática/UNIFRA.	BISOGNIN et al.,	2012
Revista Vidya (RV)	Abordagem de Nanociência no Ensino Médio/UNIFRA.	ELLWANGER, MOTA e FAGAN	2014
Novas Tecnologias na Educação (NTE)	O ensino de Nanociências por meio de objetos de aprendizagem/ UNIFRA.	ELLWANGER et al.,	2012
	Abordagem da Nanociência e Nanotecnologia a partir da escala/IFC-IFSC.	CLEBSCH e WATANABE	2017

APÊNDICE C – Questionário do Perfil da Turma

1. Identificação

Nome: _____

Sexo: () Masculino () Feminino

Estado Civil: () Solteiro () Casado () Separado () União Estável

Idade: _____

Filho(s): () Não () Sim - Quantos? _____

2. Qual sua ocupação profissional?

() estudante () dono(a) de casa () comerciante () aposentado(a)

() vendedor(a) () autônomo(a) () pedreiro () outro: _____

3. Você já frequentou a escola regular? _____

4. Quanto tempo você permaneceu fora da escola antes de retornar a esta escola?

5. Por que você ficou esse período fora da escola?

6. Por que você optou pela Educação de Jovens e Adultos?

7. Que motivo que o(a) fez retornar à escola?

8. Houve alguma mudança em sua vida, ao retornar à escola? Justifique sua resposta.

9. Você encontrou dificuldade(s) ao retornar à escola? Sim (). Não (). Justifique sua resposta.

10. Você sente alguma dificuldade de aprendizagem na disciplina de Física? Sim (). Não () Justifique sua resposta.

APÊNDICE D – Questionário sobre Conhecimentos Prévios

1. Você já ouviu falar na palavra Nanotecnologia? O que essa palavra significa para você?

2. Em que meio de comunicação você costuma ouvir e/ou ler sobre Ciência e Tecnologia?

- Na TV No jornal Na internet Na sala de aula
 Revistas Outros: _____

3. Do seu ponto de vista, a Ciência e a Tecnologia têm alguma relação com problemas ambientais no seu bairro? Justifique sua resposta.

4. Você identifica possíveis benefícios e/ou possíveis riscos, como resultados do desenvolvimento da Ciência e da Tecnologia? _____. Se sua resposta for sim, cite alguns deles.

Benefícios: _____

Riscos: _____

5. Há algum problema socioambiental que o(a) incomoda onde mora? _____. Se sim, qual?

6. Marque com um X, se no dia a dia, você convive como alguns dos problemas socioambientais listados abaixo.

- fumaça de queimadas poluição da água fuligem de automóveis
 poluição sonora lixo Outros (quais?) _____

7. Baseado nas questões que você apontou acima, elas poderão ter alguma relação com a saúde da população? Justifique sua resposta.

8. Os problemas ambientais podem ser discutidos em alguma disciplina do Ensino Médio? Se sim, em qual (quais) disciplina(s)?

9. A Tecnologia poderá resolver todos os problemas da população? Justifique.

APÊNDICE E– Termo de Consentimento Livre e Esclarecido

Título da Pesquisa: Nanociência numa Abordagem para o Ensino de Física.

Responsável pela Pesquisa: A pesquisa será desenvolvida por Cassandra Maria Ribeiro Costa sob a orientação de Maria Consuelo Alves Lima. A apresentação do termo de consentimento será realizada por Cassandra Maria Ribeiro Costa.

Justificativa e Objetivos da Pesquisa: O interesse em estudar o tema nanociência e nanotecnologia no ensino de Física, e especificamente, na Educação de Jovens e Adultos (EJA) surgiu a partir de inquietações da pesquisadora deste trabalho e por sua experiência como docente na EJA atuando, por um ano, numa escola estadual de São Luís - Maranhão, em aulas de Física e de Matemática, em turmas da EJA, em que a desmotivação para essas disciplinas era tamanha e que, muitas vezes, levavam esses jovens e adultos a desistirem dos estudos. No entanto, o objetivo desta pesquisa é investigar concepções de alunos do Ensino Médio, da Educação de Jovens e Adultos (EJA) sobre conhecimentos de Física e Tecnologias na escala nanométrica através da abordagem Ciência, Tecnologia e Sociedade (CTS).

Procedimentos e Métodos: Os sujeitos participantes da pesquisa serão alunos do 2º ano (etapa) da Educação de Jovens e Adultos. As atividades serão realizadas somente pela pesquisadora responsável (Cassandra Maria Ribeiro Costa) e pela sua orientadora (Maria Consuelo Alves Lima). Os dados de pesquisa poderão ser divulgados em eventos de divulgação científica e artigos de pesquisa, porém, os nomes dos alunos que participaram da pesquisa não serão divulgados.

Resultados e Benefícios Esperados: O principal resultado esperado será a análise dos saberes adquiridos pelos alunos durante o processo de ensino-aprendizagem na unidade de ensino e que este trabalho contribuía para outros profissionais que atuam na modalidade de jovens e adultos. Sendo um dos benefícios à divulgação do trabalho desenvolvido em congressos da área de Educação em Ciências e a submissão de artigo para publicação em periódicos da área e como resultado final a defesa de dissertação.

Participação na Pesquisa: A participação é voluntária, sendo que os sujeitos de pesquisa podem desistir da participação a qualquer momento e, ao confirmarem a participação, eles receberão uma via deste Termo de Consentimento Livre e Esclarecido.

Riscos: Como a pesquisa será desenvolvida na escola Centro de Ensino Estado da Guanabara, localizada em São José de Ribamar – MA conforme autorização da diretora Jannemary de Jesus do Nascimento Santos e do professor da disciplina de Física Josué de Jesus Soares, e assim como as atividades da pesquisa que os sujeitos participarão já vem sendo desenvolvido regularmente em várias escolas que ofertam a modalidade EJA sem que tenham sido registrados riscos consideráveis para os estudantes, consideramos, então, que esta pesquisa apresentará possibilidade de risco desprezível.

Dados e Contatos da Pesquisadora Responsável:

Cassandra Maria Ribeiro Costa (cassandraribeiro_23@hotmail.com) pós-graduanda do Curso de Mestrado do Programa de Pós-Graduação em Ensino de Ciências e Matemática (PPECEM) da Universidade Federal do Maranhão (UFMA), graduada em Física pela Universidade Estadual do Maranhão (2014) e tem experiência docente na modalidade de Ensino de Jovens e Adultos (EJA).

Endereço para correspondência: Programa de Pós-Graduação em Ensino de Ciências e Matemática, Centro de Ciências Exatas e Tecnologia, Universidade Federal do Maranhão, Av. dos Portugueses, Nº 1966, Campus Bacanga, São Luís – Maranhão. CEP - 65080-805. Fone: (98) 3272- 9294; (98) 98708-5467.

Dados e Contatos do Comitê de Ética em Pesquisa:

Avenida dos Portugueses S/N, Campus Universitário do Bacanga, Prédio do CEB Velho, PPPGI, Bloco C Sala 07 – São Luís/MA; Telefone: 3272-8708; e-mail: cepufma@ufma.br.

Voluntário(a) Participante da Pesquisa

Pesquisadora Responsável

Cassandra Maria Ribeiro Costa
Nome

Nome

Assinatura

Assinatura

Data
_____/_____/_____

Data
_____/_____/_____

ANEXOS

Nanomundo

Há muito tempo o homem se pergunta se tudo o que existe no mundo é formado por partículas minúsculas. Por pura curiosidade, cientistas foram, ao longo da história, tentando reduzir cada coisa a partes menores, até alcançar a menor parte possível. Foi assim que, na Grécia Antiga, há mais de 2 mil anos, chegou-se à conclusão de que os átomos eram a menor parte possível da matéria e que não poderiam ser divididos. Aliás, é isso o que o nome "átomo" quer dizer: indivisível.

Foi só bem mais tarde, no século XIX, que os cientistas descobriram que o átomo podia ser dividido em partes ainda menores. E foi também nessa época que eles confirmaram que tudo o que existe, das pedras aos animais, é feito de átomos – por isso, os átomos são considerados os "tijolos" com os quais se constrói qualquer coisa. A partir de então, os pesquisadores ficaram com uma pulga atrás da orelha: e se eles fossem capazes de pegar esses minúsculos tijolos e com eles construir novos materiais?

Ora, não seria fácil manipular materiais de construção tão minúsculos! Mas, com o tempo e o desenvolvimento da tecnologia, surgiram materiais capazes de fazer isso.

Com vocês, a nanotecnologia!

Nanotecnologia parece coisa de um futuro distante, mas já faz parte da história. Podemos dizer que ela nasceu em 1959, com o discurso do físico alemão Richard Feynman em uma reunião de cientistas. Ele dizia que era possível escrever uma enciclopédia todinha na cabeça de um alfinete!



Sua aposta era a de que muitas descobertas seriam feitas e os cientistas começariam a fabricar materiais em escalas muito pequenas.

O sonho de Feynman, porém, só começou a tornar-se realidade mais tarde, na década de 1980. Foi então que as pesquisas em nanotecnologia ganharam mais apoio econômico, científico e tecnológico, como a invenção de novos microscópios mais potentes, por exemplo.

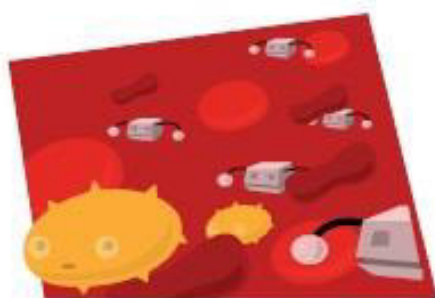
Também fazem parte da nanotecnologia: LEDs, televisões de tela plana, visores de máquinas fotográficas digitais, algumas lentes de óculos, plásticos, vidros, filtros solares, secadores de cabelos e muitos outros objetos.

Hoje, a nanotecnologia já saiu dos laboratórios para ganhar aplicações em diversas áreas da indústria. Mesmo sem saber, você pode estar cercado de produtos que usam essa tecnologia. Nas áreas automobilística e aeronáutica, por exemplo, ela ajuda a fabricar materiais



mais leves, pneus mais duráveis e plásticos não inflamáveis (que não pegam fogo). Também é responsável pelos computadores cada vez menores e mais potentes. Outro exemplo são os telefones celulares mais modernos, capazes de desempenhar funções como tirar fotografias, filmar, tocar música, enviar e receber e-mails, acessar a internet e... Estamos esquecendo alguma coisa? Ah, fazer ligações telefônicas!

Mas não para por aí. Na indústria farmacêutica, também se pesquisa muito sobre nanotecnologia. Uma aplicação possível é fabricar cosméticos que penetrem melhor na pele, por exemplo. Também já foi possível criar novos medicamentos e kits para identificar facilmente algumas doenças, além de materiais para regenerar ossos e tecidos humanos danificados. Mas a imaginação dos cientistas é grande: eles esperam, no futuro, usar a nanotecnologia também no tratamento de doenças como diabetes e câncer e até criar nanorrobôs para circular pelo sangue capturando micróbios.



Pesquisas no Brasil

Há muitos pesquisadores brasileiros que se dedicam ao estudo da nanociência e da nanotecnologia. Em 2002, um grupo de cientistas de São Carlos (SP) anunciou a criação de uma língua eletrônica, um equipamento que desempenha um papel parecido com o das nossas papilas gustativas, mas é muito mais eficiente: por meio de sensores, consegue até identificar diferenças entre as várias marcas de água mineral!

A língua eletrônica é capaz de sentir gostos amargos, doces, salgados e azedos que nem a língua humana identifica. Para que isso? Para ajudar as indústrias alimentícias a controlar a qualidade de vinhos, café, água mineral, leite e sucos. Mas não é só isso. A língua eletrônica também pode ajudar a monitorar o meio ambiente, checando os níveis de contaminação da água dos rios e das estações de tratamento.



Cientistas de São Paulo também trabalham no desenvolvimento de outros produtos úteis ao nosso dia a dia. Por exemplo, uma camisa que não suja: ao derramar molho de tomate, é só passar um pouquinho de água e a camisa fica limpinha, como se nada tivesse acontecido.

Direto do nanomundo

Imaginar em uma realidade diminuta, composta por moléculas e átomos, não é um hábito comum no universo infantil. Portanto, entender a escala a que estão relacionadas as partículas do mundo da nanotecnologia é uma tarefa e tanto. O prefixo "nano" vem do grego e significa "anão". Quando colocado na frente de uma unidade de medida, indica um bilionésimo dessa unidade (por exemplo, nano + metro = nanômetro, um bilionésimo de metro).

Você sabia?

Uma cabeça de alfinete mede 1 milhão de nanômetros; um fio de cabelo tem a espessura de 80 mil nanômetros.



Pensar nessa nanoescala é um desafio para a imaginação: o olho humano não consegue enxergar objetos com menos de 10 mil nanômetros. Ao mesmo tempo, compreender as estruturas de um material nas dimensões nanométricas pode nos ajudar a entender, por exemplo, por que dois objetos constituídos do mesmo material têm propriedades diferentes. Vejamos: tanto o giz como as conchas são formados de uma substância chamada carbonato de cálcio. O giz, porém, é frágil e quebradiço, enquanto as conchas de moluscos são bastante resistentes.

Se a substância formadora é a mesma, de onde vem essa diferença fundamental na resistência dos dois materiais? Enquanto o giz é formado por partículas grandes e desorganizadas, as conchas são formadas de nanopartículas – como minúsculos tijolos de carbonato de cálcio ligados por um “cimento” de proteínas e carboidratos. Essa composição permite que as conchas resistam a choques e fraturas. Um verdadeiro modelo de construção!

O estudo de como usar essas minúsculas partículas, misturando conhecimentos da Química, Física e Biologia, é chamado pelos cientistas de nanociência. A etapa seguinte é aplicar esses estudos em novos materiais e produtos concretos. É a missão da nanotecnologia.

Observando exemplos como esse na natureza, os cientistas compreenderam que trabalhar com a nanoestrutura pode ser uma boa ideia para produzir materiais mais resistentes ou com outras propriedades especiais: aí está uma parte importante do que entendemos por nanotecnologia. As aplicações desses estudos estão em objetos que cercam nosso dia a dia, como plásticos, vidros, filtros solares, pneus, visores de máquinas fotográficas digitais, secadores de cabelos, algumas lentes de óculos, e muitos outros.

Embora os cientistas vejam na nanotecnologia várias possibilidades de avanços científicos e



tecnológicos, eles também se preocupam com alguns efeitos inesperados. Há o risco de que as nanopartículas poluam o meio ambiente, causando problemas imprevisíveis. Ou a possibilidade de produtos cosméticos com nanopartículas serem tóxicos para o ser humano. Por isso, os cientistas têm a responsabilidade de testar muito bem os produtos antes de colocá-los no mercado!

Indústria e meio ambiente

Com tantas aplicações possíveis, a nanotecnologia atrai o interesse de pesquisadores do mundo inteiro. Seu desenvolvimento promete inovações que revolucionarão o setor industrial, possibilitando a fabricação de produtos mais duráveis, limpos, seguros e inteligentes para as comunicações, os transportes, a agricultura, a medicina, etc. Algumas inovações já são promessas cumpridas e, em breve, entrarão em nossas casas, como o plástico que pode guardar alimentos por um ano sem que eles estraguem e a tal camisa que não suja.

As aplicações mais promissoras dizem respeito ao meio ambiente. Com a nanotecnologia, é possível um maior aproveitamento da radiação solar para a geração de energia elétrica. Outros benefícios são a prevenção, o tratamento e o monitoramento da poluição.



A degradação da floresta está longe de ser a única consequência das queimadas na Amazônia. Essa atividade tem um profundo impacto sobre a saúde dos habitantes da região,



como mostra um estudo da Universidade Federal do Acre (UFAC) que monitorou o efeito das queimadas sobre a população de baixa renda em Rio Branco, capital do estado. Os resultados são alarmantes: dentre os indivíduos analisados pelos pesquisadores, 90% apresentavam doenças respiratórias ou oculares.

A poeira e a fuligem produzidas pelas queimadas prejudicam a saúde humana, principalmente a da população de baixa renda e de idosos e crianças. O impacto sobre a saúde humana se deve à poeira e à fuligem produzidas pelas queimadas. Essas partículas suspensas no ar, especialmente as que podem passar através dos pelos do nariz, chegam até os pulmões e causam uma série de doenças respiratórias, como asma e bronquite. A poeira também irrita as mucosas dos olhos, que ficam constantemente avermelhados.

Durante a grande seca que atingiu a Amazônia em 2005, a poluição do ar no Acre chegou a níveis seis vezes maiores que os permitidos pelo Conselho Nacional de Meio Ambiente (CONAMA), segundo o monitoramento feito pela UFAC desde 2000.

“O agravante é que as normas de concentração de poluição atmosférica no Brasil já apresentam valores muito mais elevados que os internacionais”, alerta o físico Alejandro Fonseca Duarte, líder da pesquisa. Enquanto no Brasil são permitidos 150 µg (10-6 gramas) de material particulado por metro cúbico de ar em um dia, a concentração tolerada pela Organização Mundial da Saúde representa um terço desse valor.

²⁷ LEAL, T. Doentes pelo fogo. **Ciência Hoje On-line**, 2008. Disponível em: <http://cienciahoje.org.br/doentes-pelo-fogo/>. Acessado em: 14 ago. 2017.

Para entender os efeitos das queimadas sobre a população, a equipe de Duarte entrevistou 50 famílias que procuraram os postos de saúde das regiões periféricas de Rio Branco durante a seca de 2005. Os resultados foram publicados na Revista Cubana de Saúde Pública. “Constatamos um total de 90% de afetados por infecções respiratórias e oculares”, conta Duarte. Estima-se que mais da metade da população de Rio Branco buscou postos de saúde entre agosto e setembro de 2005. O horário de atendimento diário teve que ser estendido até às 22 horas.

População pobre sofre mais

Embora toda a população do Acre seja afetada pela poluição do ar, os efeitos são mais catastróficos para as famílias mais pobres, além de idosos e crianças. “As pessoas com melhor nível econômico possuem ar condicionado em casa e, com isso, um ar mais purificado, além da garantia de um atendimento médico de qualidade”, ressalta Duarte. “Elas também se alimentam melhor desde a infância e têm melhores condições de apresentar maior resistência a qualquer impacto.”

Já a população pobre tem pouca escolaridade, baixos salários e más condições de moradia. Nas 50 famílias investigadas, 70% de seus chefes têm renda de até dois salários mínimos, 16% são analfabetos e somente 4% completaram o ensino superior.

Duarte lembra que o período da seca, de junho a setembro, agrava o impacto das queimadas na Amazônia, um problema crônico na região – elas são feitas tanto para limpar o terreno a ser cultivado quanto para dar origem a pastos. “O ambiente seco é mais propício para o alastramento das queimadas”, afirma o físico.

Embora a seca de 2005 tenha registrado recordes de poluição e atendimentos médicos por doenças relacionadas às queimadas, o problema é sentido todos os anos. “Neste ano, o período mais crítico, entre agosto e setembro, ainda não chegou e a situação aparentemente é de menos riscos de queimadas”, afirma Duarte. “Enquanto isso é preciso combater as queimadas urbanas, provocadas pela queima do lixo e de terrenos baldios. Elas representam uma parcela menor do problema, mas são significativas e podem ser evitadas”.

ANEXO C – Regulamentação das nanotecnologias para trabalhadores²⁸

²⁸ IIEP, Intercâmbio, Informações, Estudos e Pesquisas. Guia de nanotecnologias para trabalhadores. 2015. Disponível em: <http://nano.iiep.org.br/nano/guia>. Acesso em: 22 jun. 2018.

A regulamentação por meio do Estado é a principal forma que a sociedade criou, a partir da ampliação da democracia, para minimizar os riscos do desenvolvimento tecnológico e potencializar ao máximo a socialização dos benefícios decorrentes do avanço técnico-científico.

Ainda que várias discussões sejam feitas sobre os limites da democracia no sistema capitalista ou acerca do caráter de classe do Estado, na medida em que a democracia de massas se consolidava nos países foi possível permear o aparelho estatal com os interesses das classes subalternas, e estabelecer mecanismos de controle público e social em diversas áreas antes entregues exclusivamente à lógica do lucro capitalista, como a saúde ou a previdência.

No caso específico do desenvolvimento de uma nova tecnologia, a sociedade civil, a comunidade científica e as relações internacionais pactuaram mecanismos de regulamentação testados com sucesso em diversas inovações técnico-científicas. Em alguns casos há consenso geral sobre a regulamentação, como a energia nuclear, cuja regulamentação é amplamente aceita e disseminada. Em outros existem processos de disputa parecidos com os que se passam com as nanotecnologias, como os transgênicos, cuja regulamentação é avançada em algumas nações e quase inexistente em outras.



A regulamentação das aplicações nanotecnológicas é feita sem a participação da sociedade.

Com a hegemonia do neoliberalismo no mundo desde o final dos anos 1970 e início dos anos 1980, os mecanismos de regulamentação estatal, em todas as áreas, foram enfraquecidos e deslegitimados, para garantir maior lucratividade e acumulação de capital.

O problema é que o desenvolvimento das nanotecnologias coincide com o domínio neoliberal, o que possibilitou ao grande capital comandar o processo de pesquisa e desenvolvimento do novo campo técnico-científico.

A visão hegemônica que orienta o desenvolvimento e o financiamento das nanotecnologias não adotou, no Brasil e na maioria dos países, os princípios consolidados para a supervisão das nanotecnologias e nanomateriais, propostos por ampla cooperação de organizações de trabalhadores, ambientalistas, interesse público e sociedade civil (NANOACTION, 2012). A definição dos princípios foi motivada pela preocupação com os diferentes aspectos dos impactos éticos, sociais, ambientais e saúde humana, entre outros, decorrentes das nanotecnologias.

Apesar do grande volume de investimento em pesquisas sobre nanotecnologias feitas por governos/países e empresas, ainda muito pouco foi investido em estudos que avaliam os possíveis impactos e riscos das nanotecnologias. Para se ter ideia, em 2006, o investimento que o governo norte-americano fez no setor foi de US\$1 bilhão e 400 milhões, mas apenas 1% desse valor foi investido em pesquisas para avaliar riscos e impactos das nanotecnologias.

APESAR DO GRANDE VOLUME DE INVESTIMENTO EM PESQUISAS SOBRE NANOTECNOLOGIAS FEITAS POR GOVERNOS/PAÍSES E EMPRESAS, AINDA MUITO POUCO FOI INVESTIDO EM ESTUDOS QUE AVALIEM OS POSSÍVEIS IMPACTOS E RISCOS.

Tabela 7: Oito princípios para a supervisão de nanotecnologias e nanomateriais

I - Princípio da precaução
II - Princípio sobre a Regulamentação Obrigatória Nanoespecífica
III - Princípio da proteção à saúde e segurança para o público e trabalhadores
IV - Princípio da sustentabilidade ambiental
V - Princípio da transparência
VI - Princípio da participação do público
VII - Princípio da inclusão de amplos impactos
VIII - Princípio da responsabilidade do produtor

O PRINCÍPIO DA PRECAUÇÃO ESTABELECE QUE MEDIDAS DE PRECAUÇÃO (CUIDADO) DEVEM SER TOMADAS DIANTE DE ATIVIDADE QUE AMEACE A SAÚDE HUMANA OU O MEIO AMBIENTE.

Na União Europeia, observou-se em 2006 a mesma tendência: apenas 4% do total investido em pesquisa foi destinado a pesquisas que avaliassem impactos e riscos das nanotecnologias. No Brasil, os investimentos em pesquisas dessa natureza são ainda menores. Nos anos de 2000-2006, do total destinado à pesquisa, apenas 0,06% foi para estudos de impactos e questões éticas relacionadas às nanotecnologias (CENTRO ECOLÓGICO, 2009. pp. 15-16).

O cenário de 2006 pouco mudou significativamente em termos dos orçamentos do NNI/USA, EUROPEAN UNION e MCTI/BR. O significado concreto é que as fontes de informações sobre o orçamento para nanotecnologias dessas instituições não colocam mais que 5% para os estudos dos impactos das nanotecnologias (Environment, Law, Health – ELH). Idem para os econômicos, sociais e éticos. No caso brasileiro, ainda se encontra atualmente em um patamar anterior. Nos Estados Unidos e UE não se discute mais se deve ou não haver pesquisas/produção de conhecimentos nos campos acima referidos, pois existe o consenso de que devem existir pesquisas. O que se discute é qual deve ser o percentual do orçamento nacional de nanotecnologias dedicado a esses estudos. No Brasil ainda se discute, no âmbito de quem decide sobre onde colocar os recursos públicos em nanotecnologias, se deve ou não haver recursos para a produção de conhecimentos nesses campos. Aqui no Brasil os recursos alocados nos temas foram marginais, pois neste século não passaram de 1% dos recursos orçamentários destinados a nanotecnologias.

Mesmo diante das dúvidas sobre potenciais riscos, sem acordo entre empresas, pesquisadores e governo, os produtos e processos das nanotecnologias seguem sendo desenvolvidos e comercializados sem um sistema adequado capaz de garantir a segurança e saúde de trabalhadores, consumidores e meio ambiente. A seguir detalham-se os oito princípios contidos no quadro anterior.

PRINCÍPIO DA PRECAUÇÃO

Estabelece que medidas de precaução (cuidado) devem ser tomadas diante de atividade que ameace a saúde humana ou o meio ambiente, mesmo quando a relação de causa-efeito ainda não está totalmente determinada.

Por esse princípio, é importante considerar as várias formas pelas quais as nanopartículas podem entrar num organismo e com ele interagir, sendo as principais vias a inalação, ingestão ou penetração pela pele.

Há que se considerar caso de acidentes, como explosões ou incêndios que aumentam os riscos de danos às pessoas e podem levar a óbito (FOLADORI, 2011). Os trabalhadores das empresas que utilizam nanomateriais, como aqueles que utilizam produtos que contêm nanopartículas (no caso de trabalhadores rurais que aplicam agrotóxicos), estão diretamente expostos às nanopartículas.

Por essa razão, tratar as mesmas como produtos inofensivos à saúde humana significa omissão grave, pois os trabalhadores e trabalhadoras e o meio ambiente estariam expostos a riscos à saúde ainda desconhecidos.

PRINCÍPIO SOBRE A REGULAMENTAÇÃO OBRIGATÓRIA NANOESPECÍFICA

Neste caso, importa garantir que as legislações nacionais e internacionais se adequem de forma imediata às mudanças geradas pelo desenvolvimento das nanotecnologias. Como as mudanças legais costumam levar algum tempo para serem efetivadas, seja porque dependem dos parlamentos ou dos acordos diplomáticos, a proposta é que no que tange aos aspectos de proteção dos seres humanos e da natureza dos impactos dos materiais nanotecnológicos, a legislação seja alterada automaticamente. O que se justifica ainda pelo fato de que os efeitos decorrentes das nanotecnologias são impossíveis, neste momento, de ser antecipados, o que prejudica a capacidade de a sociedade debater estratégias normativas para se proteger. Ademais, é fundamental que o princípio seja retroativo.

PRINCÍPIO DA PROTEÇÃO À SAÚDE E SEGURANÇA PARA O PÚBLICO E TRABALHADORES

Antes de autorizar a fabricação de um nanoproduto, é essencial serem feitas todas as avaliações de riscos para o trabalhador que entrará em contato com

TRATAR AS NANOPARTÍCULAS COMO PRODUTOS INOFENSIVOS À SAÚDE HUMANA SIGNIFICA OMISSÃO GRAVE, POIS OS TRABALHADORES E TRABALHADORAS E O MEIO AMBIENTE ESTARIAM EXPOSTOS A RISCOS À SAÚDE AINDA DESCONHECIDOS.

DEVE-SE DE GARANTIR O DIREITO DE O CIDADÃO SER INFORMADO E O DIREITO DE ESCOLHER. AS LEIS DE PATENTE E PROPRIEDADE INTELECTUAL, COM AS CLÁUSULAS DE CONFIDENCIALIDADE, NÃO DEVEM SE SOBREPOR À TRANSPARÊNCIA.

a nanotecnologia e tomadas medidas eficientes para protegê-lo de possíveis riscos; e que o produto, uma vez pronto, não acarretará riscos ao consumidor, direta (nanocosméticos) ou indiretamente (nanoagrotóxicos).

PRINCÍPIO DA SUSTENTABILIDADE AMBIENTAL

Antes da produção e comercialização de um nanomaterial é preciso que todo o seu ciclo de vida – fabricação, transporte, armazenamento, uso do produto, descarte, reciclagem - esteja avaliado do ponto de vista do impacto ambiental. Apenas dessa forma as nanotecnologias não violarão as legislações nacionais e internacionais.

PRINCÍPIO DA TRANSPARÊNCIA

Visa garantir que a sociedade terá acesso à fiscalização de todo o ciclo de vida das nanotecnologias, e que os produtos sejam identificados e rotulados no momento em que estiverem disponíveis para o público. Trata-se de garantir o direito de o cidadão ser informado e o direito de escolher. As leis de patente e propriedade intelectual, com as cláusulas de confidencialidade, não se sobreporiam à transparência.

PRINCÍPIO DA PARTICIPAÇÃO DO PÚBLICO

Tendo em vista que os benefícios e custos de qualquer inovação tecnológica são disputados pelas diferentes classes sociais existentes, é fundamental que o princípio da participação pública seja respeitado. Apenas desse modo será possível ultrapassar as barreiras criadas pelas grandes corporações interessadas nos lucros, e com isso influir no destino dos recursos para pesquisa e usos das nanotecnologias.

PRINCÍPIO DA INCLUSÃO DE AMPLOS IMPACTOS

O desenvolvimento das nanotecnologias levanta dúvidas que vão além da proteção à saúde do trabalhador e do consumidor e ao meio ambiente. Trata-se de lidar com os impactos éticos e sociais, como o controle de ali-

mentos, genes, energia, água ou mesmo a destruição de milhões de empregos e economias nacionais inteiras. É de extrema importância que o financiamento das nanotecnologias inclua as pesquisas em ciências sociais que mediriam esses impactos, e é urgente garantir que os produtos com nanotecnologias não sejam liberados sem que a avaliação seja considerada satisfatória pela sociedade.

PRINCÍPIO DA RESPONSABILIDADE DO PRODUTOR

O objetivo deste princípio é evitar que todos os custos com a recuperação do meio ambiente ou com a saúde dos seres humanos afetados pelas nanotecnologias fiquem com o Estado ou com os indivíduos, como ocorre hoje com a indústria tabagista, que repassa para o consumidor os altos impostos cobrados, mantendo as margens de lucro. As empresas devem ser obrigadas a fixar fundos para ressarcir a sociedade dos prejuízos causados pelos produtos nanotecnológicos, no âmbito da produção e consumo.

AS EMPRESAS DEVEM SER OBRIGADAS A FIXAR FUNDOS PARA RESSARCIR A SOCIEDADE DOS PREJUÍZOS CAUSADOS PELOS PRODUTOS NANOTECNOLÓGICOS, NO ÂMBITO DA PRODUÇÃO E CONSUMO.

ANEXO D – Produções de quatro alunos em resposta a atividade final

ALUNO	MENSAGEM AO AMIGO
A12	<p>Maria, Cara amiga, como vai?</p> <p>Aprendi um tema interessante nas aulas de física, já ouvi sobre a nanotecnologia? A nanotecnologia estuda diversos produtos presente no dia a dia das pessoas, das coisas modernas a mais simples. A nanotecnologia está presente nos remédios, celular, trouxe benefícios na cura de doenças. Sabia que <i>a poluição causada pelos carros causa problemas muito graves a nossa saúde?</i> Pois é, muitos que aspiram essa fumaça não sabem, mas está automaticamente morrendo por dentro, sem que tenha a menor ideia do risco que está ocorrendo dentro do seu organismo, pois muitas pessoas morrem devido à inalação das nanopartículas. Por isso, eu aprendi nas aulas que devemos evitar a queima de lixo nos quintais, tu não imaginas o quanto aquela fumaça faz de mal a nossa saúde. Sabia que não é só os especialistas que podemos opinar sobre os nossos problemas nós também, temos que estar mais informados.</p>
A14	<p>Marta, Nobre amiga como vais?</p> <p>Venho através desta carta lhe contar algumas novidades que aprendi na aula de física sobre nanotecnologia. Nanotecnologia é a construção de estruturas e novos materiais a partir de átomos e também de nanopartículas que são minúsculas partículas, ou seja, porções de materiais de apenas alguns átomos de tamanho e propriedades diferentes.</p> <p>Amiga, a população precisa ter conhecimento acerca das tecnologias modernas, a sociedade não pode ignorar os avanços tecnológicos que ocorreram nas últimas décadas, mas têm que vê que os malefícios causam ao meio ambiente e a nós mesmos. É importante também que se tenha conhecimento sobre as nanopartículas que trazem benefícios para a vida humana, medicamentos mais eficientes, cirurgias menos invasivas, despoluição de águas. Mas em contra partida o uso das nanopartículas trazem malefícios para o meio ambiente numa escala bastante perigosa. A principal ameaça nos efluentes de indústrias que empregam esse tipo de material. Essas nanopartículas liberadas pelas queimadas são forem inaladas conseguem atravessar todas as barreiras de defesa do sistema respiratório e alcançar os pulmões levando diretamente para o sangue substâncias potencialmente tóxicas. E o que se sabe é que essas novas tecnologias não vão resolver o problema da fome, pobreza e desemprego, porque com os avanços dessas tecnologias acaba por não ter pessoas qualificadas para atuarem neste novo mercado competitivo e de igualdade.</p>

A20	<p>Oi João,</p> <p>Rapaz tu nem sabe o que descobri na aula de física bem legal algo que está presente no nosso dia a dia, a nanotecnologia. A nanotecnologia é uma ciência que trabalha numa escala chamada nanométrica e que já existem diversos produtos presentes em nosso cotidiano, como celulares mais modernos, computadores cada vez menores, protetores solares, medicamentos, tecidos, secadores de cabelo e muitos outros.</p> <p>Assim, a nanotecnologia trouxe muitos benefícios para nós como os tratamentos na cura de doenças, aparelhos eletrônicos mais potentes, mas ela também trouxe riscos que na maioria das vezes são desconhecidos por nós e a população precisa conhecer.</p> <p>Você sabe né que onde moramos os nossos vizinhos queimam muito seus lixos nos quintais e descobri nas aulas de física através do texto doentes pelo fogo que as pessoas que mais sofrem com as nanopartículas suspensas no ar pela fumaça das queimadas e também a fuligem dos automóveis, problemas que vivenciamos na nossa cidade, são os mais pobres principalmente os idosos e crianças. Cara, você já pensou o que acontece ao respirarmos essas nanopartículas presentes nas queimadas e fuligem? Pois é, essas partículas são tão pequenas, mas tão pequenas que não conseguimos enxergá-las, e ao penetrarem na nossa pele humana acabam produzindo efeitos tóxicos à saúde do ser humano causando doenças pulmonares e respiratórias. Portanto, é importante a população participar na tomada de decisões sobre essa nova tecnologia.</p>
A22	<p>Amiga,</p> <p>Venho através desta carta lhe explicar um pouco sobre nanotecnologia? Nunca ouviu falar né? Elas estão presentes nas fumaças das queimadas. Esse assunto que compreendi nas aulas de física isso é muito interessante se discutir e nem eu tinha noção o que é nano. A nanotecnologia é uma ciência que trabalha em diversas áreas como Química, Física, Biologia e através das propriedades dos materiais constroem novas tecnologias.</p> <p>A nanotecnologia tem grandes potencialidades para resolver diversos problemas da sociedade e com promessas que novos produtos podem melhorar a nossa qualidade de vida, mas por outro lado nas aulas de física percebi que nem tudo que reluz é ouro. Essa tal nanotecnologia já trouxe muitos benefícios pra nós, mas os riscos que podem afetar nós grande parte da população não sabe</p> <p>Os possíveis impactos que as nanopartículas têm sobre nossas vidas são muito grandes, principalmente, as que são presentes nas queimadas e fuligem dos carros. Além destes, a quantidade de produtos criados e/ou desenvolvidos usando nanopartículas para a sociedade consumir são inúmeros, mas nós usamos sem nem sabermos o que são essas nanopartículas e muito menos se esse produto é regulamentado. Por isso, lhe falo amigo que é importante buscar informações principalmente sobre problemas vivenciados onde moramos. Conhecimento é tudo!</p>