



Ministério da Educação
UNIVERSIDADE FEDERAL DE ITAJUBÁ
Criada pela Lei nº 10.435 de 24/04/2002

PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM EDUCAÇÃO EM CIÊNCIAS - PPGEC

**Diálogo entre um Cientista e Estudantes do Ensino Médio sobre a Otimização de
Dispositivos Tecnológicos**

VINICIUS DIAS SANTOS

Itajubá
2024

UNIVERSIDADE FEDERAL DE ITAJUBÁ

Vinicius Dias Santos

**Diálogo entre um Cientista e Estudantes do Ensino Médio sobre a Otimização de
Dispositivos Tecnológicos**

Dissertação apresentada à banca examinadora para a obtenção de título de Mestre desenvolvido na linha de pesquisa Educação e Tecnologias do Programa de Pós-Graduação em Educação em Ciências da Universidade Federal de Itajubá.

Área de concentração: Educação em Ciências

Orientador: Prof. Dr. Newton de Figueiredo Filho
Co-orientador: Prof. Dr. Adhimar Flávio Oliveira

Itajubá-MG

2024

UNIVERSIDADE FEDERAL DE ITAJUBÁ

Vinicius Dias Santos

**Diálogo entre um Cientista e Estudantes do Ensino Médio sobre a Otimização de
Dispositivos Tecnológicos**

Banca examinadora:

Prof. Dr. Artur Justiniano Roberto Junior
Prof. Dr. Luciano Fernandes Silva
Prof. Dr. Adhimar Flávio Oliveira (co-orientador)
Prof. Dr. Newton de Figueiredo Filho (orientador)

Itajubá-MG

2024

A Deus que está sempre comigo.
À minha família que sempre me apoia.

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus, que sempre está comigo. Minhas visitas e reza perante o Santíssimo Sacramento foi de encher o meu coração, as mensagens que chegaram até a mim foi a força que me faltava para completar esta caminhada. Segundo, agradeço a Maria, mãe de Deus, que graças à sua intercessão me fez me sentir seguro em dar cada passo, a Senhora de fato passou na frente, e com isso, eu pude ir atrás com o caminho aberto e iluminado, meu mais sincero e humilde obrigado.

Agradeço a minha família, que é a minha base. O carinho que me dão e a crença deles em minha capacidade como professor e pesquisador são meus combustíveis em minha jornada.

À Leticia Alkimin Muniz, que com seu zelo e amor sempre me entendeu e ofereceu conforto nos meus momentos mais difíceis. Agradeço por todos os feedbacks que me passou durante a escrita do trabalho, foi de grande valia. E aos seus pais, que sempre me acolheu com muito amor e respeito.

Meu obrigado também vai aos meus amigos Bruno Nannetti Dias Paiva e João Paulo Barbosa. Que por anos são meus amigos e me vem acompanhando desde quando eu só sonhava em ser um professor de física e tagarelava sobre filosofia.

Ao Prof. Dr. Luciano Fernandes Silva que com suas aulas me fez enxergar o quanto a ciência é valiosa e como há tanto para se desvendar no ramo científico. Também agradeço ao Prof. Dr. Evandro Fortes Rozentalski, que em seu grupo de história e filosofia da ciência sempre propõe debates excelentes.

Por fim, agradeço aos meus orientadores Prof. Dr. Newton de Figueiredo Filho e Prof. Dr. Adhimar Flávio Oliveira, que com um profissionalismo exemplar, sempre estiveram me apoiando, orientando e até mesmo me animando a finalizar este ciclo. Sou muito grato por ter tido a oportunidade em trabalhar com grandes profissionais, me sinto de fato muito honrado.

Mas aqueles que com o Senhor renovam as suas forças; Ele dá-lhes asas de águia. Correm
sem cansar, vão para a frente sem se fatigar.

Isaías 40:31

RESUMO

Encontros entre cientistas e estudantes podem acontecer de variadas maneiras e com diferentes intencionalidades. Tendo como foco a delimitação da forma destes encontros, o presente trabalho ancora-se na Teoria Crítica da Tecnologia de Andrew Feenberg e é focado na realização de discussões relacionadas à educação e tecnologias. Dessa forma, a pesquisa promoveu uma conversa entre um cientista e alunos de uma escola pública do Sul de Minas Gerais, acerca de um dispositivo tecnológico em desenvolvimento, as células solares do tipo DSSC (Dye Sensitized Solar Cell). O objetivo deste trabalho é identificar que compreensões alunos do ensino básico regular concebem sobre o processo de otimização de células solares quando dialogam com um cientista. Para tanto, os alunos responderam um questionário prévio com questões abertas que abordavam a ciência e tecnologia. Posteriormente, promoveu-se um encontro entre o cientista e os estudantes através de vídeo chamada. Em seguida, foi realizada a gravação do encontro em áudio e vídeo e a sua transcrição em forma de texto. Esse material mais as respostas escritas dos alunos constituíram o *corpus* de análise. Quanto a análise dos dados, foram construídas categorias oriundas dos núcleos de sentidos identificados no *corpus*. As três categorias elaboradas nesta pesquisa são: *Tecnologia e ciência: Compreensão do dispositivo e o uso da tecnologia na produção científica*; *Questões econômicas e de fabricação do dispositivo*; e *Relação entre o dispositivo e o meio ambiente*. No que tange aos resultados, evidencia-se que os alunos possuíam perspectivas sobre o rendimento e funcionamento do dispositivo, desenvolveram questões quanto ao seu valor e local de fabricação, e questionaram o quão benéfico tal dispositivo seria para o meio ambiente. Desse modo, conclui-se que pôde-se identificar quais as compreensões os alunos tiveram ao vivenciar um diálogo com um cientista acerca de um dispositivo tecnológico. Também pode-se inferir que uma pesquisa desta natureza traz vantagens aos alunos participantes, pois terão a oportunidade de vivenciar discussões acerca de uma pesquisa ainda em desenvolvimento. Em adição, também se constata que com a Teoria Crítica da Tecnologia de Andrew Feenberg e seus trabalhos pode-se analisar todas as temáticas levantadas pelos alunos. E com a perspectiva deste filósofo sobre a participação democrática na tecnologia (Racionalismo Democrático) há respaldos para se incluir diferentes extratos da sociedade – no contexto desta pesquisa, os alunos – no bojo de discussões acerca da produção de dispositivos tecnológicos.

Palavras-chave: Educação e tecnologias. Democracia e tecnologia. Teoria Crítica da Tecnologia.

ABSTRACT

Meetings involving scientists and students can happen in different ways and with different intentions. Focusing on delimiting the form of these meetings, this work is anchored in Andrew Feenberg's Critical Theory of Technology and is focused on holding discussions related to education and technologies. Thus, the research conducted a conversation involving a scientist and students from a public school in the south of Minas Gerais, about a technological device under development, DSSC (Dye Sensitized Solar Cell). The objective of this work is to identify what understanding regular elementary school students have about the process of optimizing solar cells when they talk to a scientist. The students answered a preliminary questionnaire with open questions that addressed science and technology. Subsequently, an online meeting was held between the scientist and students. The meeting was then recorded in audio and video and transcribed into text. This material, as well as plus the students' written responses generated the corpus of analysis. Regarding data analysis, categories were constructed from the core meanings identified in the corpus. The three categories elaborated in this research are: *Technology and science: Understanding the device and the use of technology in scientific production*; *Economic and manufacturing issues of the device*; and *Relationship between the device and the environment*. Regarding the results, it is clear that the students had perspectives on the performance and functioning of the device, developed questions regarding its value and place of manufacture, and also questioned how beneficial such a device would be for the environment. So, it was possible to identify what understanding the students had when experiencing a dialogue with a scientist about a technological device. It can also be inferred that this kind of research brings advantages to participating students, as they will have the opportunity to experience discussions about research that is still under development. In addition, it is also clear that under the framework of Andrew Feenberg's Critical Theory of Technology and his works it is possible to analyze the themes raised by the students. And with this philosopher's perspective on democratic participation in technology (Democratic Rationalism), there is support for including different extracts of society – in the context of this research, students – in the midst of discussions about the production of technological devices.

Keywords: Education and technologies. Democracy and technology. Critical Theory of Technology.

LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1 SLIDES UTILIZADOS PELO CIENTISTA.....	67
FIGURA 2: FLUXOGRAMA DO PROCESSO DE PRODUÇÃO E ANÁLISE DOS DADOS	69

LISTA DE QUADROS

QUADRO 1 QUESTÕES ANTES DA CONVERSA COM O CIENTISTA	66
QUADRO 2 QUESTÕES REALIZADAS PELO PESQUISADOR.....	68
QUADRO 3 AS ETAPAS DA PRODUÇÃO DE DADOS.....	69
QUADRO 4 CATEGORIAS, DEFINIÇÕES E EXCERTOS.....	71

LISTA DE ABREVIATURAS

- 3MP Três Momentos Pedagógicos
- AC Análise de conteúdo
- C&T Ciência e tecnologia
- CP Conteúdo Programático
- CSSCN Célula Solar Sensibilizada por Corante Natural
- CTSA Ciência, Tecnologia, Sociedade e Ambiente
- DSSC Dye Sensitized Solar Cell
- ECT Educação Científica e Tecnológica
- FC Ficção Científica
- IFRS Instituto Federal do Rio Grande do Sul
- IST Investigation into Science and Technology
- ITM Investigação Temática
- PDO Pedagogia do Oprimido
- PUBMED U.S National Library of Medicine
- SCIELO Scientific Electronic Library Online
- SD Sequência Didática
- SEE/MG Secretaria de Estado de Educação de Minas Gerais
- STEM Science, Technology, Engineering and Mathematics
- TD Temas dobradiças
- TG Tema gerador
- UCL University College London
- UNIFEI Universidade Federal de Itajubá
- UNIPAMPA Universidade Federal do Pampa

SUMÁRIO

PREÂMBULO	13
1. INTRODUÇÃO	14
2. REFERENCIAL TEÓRICO	21
2.1. A Teoria Crítica da Tecnologia.....	21
3. REVISÃO DA LITERATURA.....	31
3.1. Conversa com cientista	31
3.2. Trabalhos em que os dispositivos tecnológicos são usados como tema no ensino.....	42
3.3. Células solares como tema no ensino de física	46
4. PROCEDIMENTO METODOLÓGICO	51
4.1. Análise de conteúdo	51
4.2. UCL e UNIFEI: Um vínculo internacional.....	59
4.3. Estrutura e fundamento pedagógico do projeto	61
4.4. Preparação do encontro	65
4.5. A conversa com o cientista	67
5. RESULTADOS.....	70
5.1. Tecnologia e ciência: Compreensão do dispositivo e o uso da tecnologia na produção científica	72
5.2. Questões econômicas e de fabricação do dispositivo	73
5.3. Relação entre o dispositivo e o meio ambiente.....	74
6. CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	76

PREÂMBULO

Minha história com a ciência e o mundo das ideias começa antes de eu sequer saber que existia uma universidade federal em minha cidade. Inicia quando eu tinha por volta dos oito anos de idade. Nesta época eu morava em uma casa de fundo que possuía um corredor com paredes altas e que ia do portão de minha casa até a rua. Esta rua era muito calma, mal tinha carro passando por ela, a sua calçada era feita de pedras brutas e a iluminação dos postes era de baixa intensidade. Esta combinação fazia com que o céu quando visto do corredor fosse uma obra de arte astronômica. Dava para identificar com muita clareza por exemplo a constelação de Órion, e ali eu ficava por horas olhando e imaginando os diversos planetas, estrelas e sistemas solares que poderiam existir além do nosso.

Foi pela visão do céu a partir deste que me inspirei a começar a ler livros de física – o primeiro foi “O universo numa casca de noz” de Stephen Hawking – e a me apaixonar pelo conhecimento e novas ideias. Deste modo, tudo que era novo e diferente – como a descoberta de um novo planeta, sistema solar ou até mesmo de uma nova espécie de animal – me encantava. Logo, aos quatorze anos eu já possuía ciência do que iria estudar na faculdade: física. Por conta desta certeza, não foi difícil descobrir que havia este curso na universidade de minha cidade, a Universidade Federal de Itajubá (UNIFEI).

Porém, o meu amor por conhecimento não parava somente nos mistérios da natureza, era também sobre a vida, as formas de ver o mundo, de interpretá-lo. Assim, aos dezesseis anos de idade passei a amar um segundo ramo do conhecimento, a filosofia. Para mim, o legal não era só saber como a natureza funcionava, mas também o porquê de ser como é (aspecto ontológico) e sua origem, ademais, eu gostava de compreender como o próprio humano interagia neste meio. Desta maneira, meu mundo no ensino médio ficou nestes dois ramos, hora eu lia Stephen Hawking ou Carl Sagan, em outra eu estava lendo Aristóteles, Platão, Santo Agostinho e Santo Tomás de Aquino.

Aos dezoito anos passei em física, bacharelado mais precisamente, mas não me identifiquei tanto, uma vez que existia uma terceira componente que amava muito: ensinar. Me sentia bem quando estava explicando, tanto é que somente ler Sagan ou a teoria do primeiro motor de Aristóteles não era o suficiente, eu precisava falar para alguém, era quase que uma necessidade. Portanto, aos dezenove fui para a física licenciatura. Ali eu pude conviver com pessoas de diferentes locais e histórias, além de ter feito grandes amizades. Ademais, eu pude melhorar a minha intelectualidade, amadurecer algumas ideias, deixar outras de lado, além de aprender outras tantas que nem conhecia. Com isso, colhi bons frutos, o que me deixa com

muito orgulho em ter me formado em física – sempre digo que o meu primeiro bem produzido foi minha formação em física licenciatura – não foi fácil, vieram desafios aos montes, mas eu os superei e consegui me formar.

Mas um adendo, em meu último ano como graduando, eu sentia que mesmo depois de ter experiências incríveis como iniciação científica voluntária no Observatório Pico dos Dias (OPD) ou de ter lecionado tanto em escolas públicas quanto privadas, ainda notava a falta de algo, ainda sentia que precisava saber mais, não estava satisfeito. Assim, pensei em como poderia suprir essa condição, e então veio a oportunidade de concorrer no processo seletivo do mestrado em educação em ciências da UNIFEI (PPGEC – UNIFEI). Consegui passar, e ali os meus anseios foram atendidos, eu pude discutir sobre o que é ciência na disciplina de Conceitos de Epistemologia, pude levantar questionamentos sobre o ensino, a sua política, sua sequência de conteúdo – eu sempre quis entender o porquê de ser Leis de Newton no primeiro ano do ensino médio por exemplo – entre outros aspectos.

No mestrado eu fui apresentado ao projeto Conversa com um cientista, e fiquei muito animado com a proposta, pois eu já tinha a intenção em aproximar a escola da universidade; professor/alunos do cientista; educação básica da ciência. E assim, juntamente com os Professores Dr. Newton de Figueiredo Filho e Dr. Adhimar Flávio Oliveira, dei iniciativa ao trabalho que agora é apresentado nesta dissertação.

1. INTRODUÇÃO

Há diversos objetivos em se promover um encontro entre alunos e cientista. A título de exemplificação, pode-se citar trabalhos como de Chen e Cowie (2014), cujo objetivo é compreender como foi utilizada por professores uma plataforma que continha uma série de vídeos de cientistas explicando os seus trabalhos. Em Falloon (2012) o objetivo foi explorar as percepções dos estudantes sobre ciência através da promoção de conversas entre cientistas e alunos por meio de videoconferência. Já em Machado, De Souza e Mello-Carpes (2018), a intenção era trazer mais visibilidade ao trabalho feminino no campo científico aos alunos e alunas de uma escola pública. Esses trabalhos e outros tantos são descritos com mais detalhes não capítulo 3.

Dentre os variados objetivos possíveis, o presente trabalho centra nas questões de tecnologia e educação no contexto da promoção de um encontro entre cientista e estudantes. E para isso, é necessário trazer à tona as discussões sobre essas questões. Assim, autores como Habowski, Conte e Trevisan (2019) podem contribuir ao salientarem que é necessário pensar e avaliar as tecnologias e suas influências na educação para algo muito além de uma tarefa diária, de modo a aprofundarmos por vieses que nos “façam dialogar sobre os limites do tecnológico como possibilidade reconstrutiva e aprendente” (HABOWSKI; CONTE; TREVISAN, 2019, p. 5).

Ainda em sua época, Freire (1981) também já demonstrava preocupações sobre como seria tal interação da tecnologia com a sociedade – por consequência com a educação – e também fazia apontamentos sobre o tema. Em sua perspectiva, as classes dominantes fazem uso da ciência e tecnologia para se manter no poder. Este interesse hegemônico faz com que a tecnologia deixe de ser notada como uma expressão da criatividade humana e passe a ser tomada como algo a ser cultuado, fazendo com que as sociedades se massifiquem devido ao mito do consumo associado a tal cultuação (FREIRE, 1981; 2006). A problemática desta situação é a alienação que o povo sofre: “os indivíduos “se perdem” porque não têm de “arriscar-se”. Não têm de pensar em torno das coisas mais insignificantes; há sempre um manual que diz o que deve ser feito” (FREIRE, 1981, p. 68) e assim é obstaculizada a capacidade crítica em se pensar sobre a sua própria situação (FREIRE, 1981).

Essas preocupações de Freire (1981) corroboram com Habowski, Conte e Trevisan (2019), pois segundo os últimos, atualmente se priorizam os modismos, as inovações facilitadoras e os prazeres, em vez de um esforço crítico em questionar as tecnologias. Deste modo, a lógica privilegiada passou a ditar as tendências e os modos de pensar e agir do ser

humano tornando-o um sujeito normalizado, sem uma consciência crítica (HABOWSKI; CONTE; TREVISAN, 2019).

Portanto, Freire muito antes já havia desenvolvido elementos para afirmar que a tecnologia não deveria ser um fim em si mesma e que a técnica deveria ser compromissada com o processo de conscientização. Do contrário, a tecnologia como um fim em si mesma e usada de forma acrítica, sem a dimensão política e sem uma reflexão sobre que tipo de organização ou sociedade se deseja, cairia em uma mitificação (ADDAMS, 2022).

Tais pressupostos vão ao encontro com os que o filósofo da tecnologia Andrew Feenberg concebe em sua filosofia denominada *Teoria crítica da tecnologia*. Para esse filósofo, a tecnologia como política determina os rumos da sociedade (FISCHETTI, 2014). Ainda de acordo com Feenberg, a política moderna é a prevalência do sistema tecnocrático e uma ameaça à ação humana, traduzindo-se em uma natureza assimétrica entre ator e objeto, que tomada em grandes proporções tende a criar uma relação distópica (FEENBERG, 2004).

Desta forma, a revelação tecnológica não é a história do que é, mas sim as consequências da persistência das divisões entre as classes e entre os sistemas de regras mediadas de forma técnica por instituições de todo o mundo (FEENBERG, 2004; 2013c). A tecnologia torna-se então algo que pode ser programado de tal modo que “reproduz a regra de poucos sobre muitos” (FEENBERG, 2013c, p. 100) fazendo da possibilidade de ação técnica algo unidimensional, tendo apenas um único sentido de causa e efeito (FEENBERG, 2004; 2013c).

Esta raiz assimétrica de poder entre os grupos sociais vigentes se perpetua de tal modo que, para Feenberg (2004), a eficiência de uma tecnologia não é o único parâmetro para a escolha da solução de problemas técnicos. Visto que a tecnologia sendo socialmente relativa e havendo uma perpetuação do poder de poucos sobre muitos, o resultado das escolhas técnicas vem sendo um mundo que sustenta a maneira de viver de um ou outro grupo social influente, em detrimento de outros grupos menos influentes. E este cenário ocasiona a perpetuação ou proliferação de tendências tecnocráticas que buscam elitizar quais grupos podem interferir no *design* tecnológico junto aos peritos técnicos, grupos corporativos e políticos aos quais tais tendências tecnocráticas os servem (FEENEBRG, 2004).

Feenberg (2004; 2013c) pontua que para muitos Marx não possui relevância nos tempos atuais por ser “um crítico antiquado da economia capitalista” (FEENBERG, 2004, p. 9), porém o filósofo possui outra perspectiva ao pontuar que o economista possui *insights* pertinentes para a filosofia da tecnologia. Ao analisar o capitalista, pontua Feenberg (2004),

Marx não o define tanto pela posse de bens materiais, mas sim pelo seu poder de controle do trabalho, logo, o interesse do capitalista é também pelo controle técnico.

Com este poder, ao longo do tempo são desenvolvidos maquinários aos moldes do pensamento capitalista, os quais suprimem os trabalhadores e aumentam a necessidade de gerenciamento (FEENBERG, 2004). Desta maneira “o gerenciamento age tecnicamente sobre pessoas, estendendo a hierarquia de sujeito e objeto técnicos em relações humanas em busca de eficiência” (FEENBERG, 2004, p. 9). Tratando-se então de um domínio no *design* dos equipamentos e nos modos de produção que em um estágio final – não previsto por Marx – proporcionaram uma extrapolação do modo de gerenciamento do meio privado para as instituições públicas (FEENBERG, 2004).

Deste modo, o proprietário ou o seu representante possui uma *autonomia operacional*, onde ficam livres para tomar as decisões sobre como efetivar o comércio da organização sem considerar as opiniões e interesses de grupos subordinados ou da comunidade em que ele se encontra inserido. Este tipo de controle orienta para a despotencialização dos trabalhadores e aumenta a massificação do público (FEENBERG, 2004).

Diante deste cenário, Feenberg (2004) pontua sua convicção de que uma mudança de panorama poderia trazer outros potenciais que a tecnologia possui, mas que são suprimidos tanto pelo capitalismo quanto pelo socialismo de Estado. Em sua concepção, “uma estrutura de poder diferente inovaria uma tecnologia de diferentes consequências” (FEENBERG, 2004, p. 10). Dessa forma, é notório que “a democratização profunda da tecnologia é a principal aposta de Feenberg” (FISCHETTI, 2014, p. 81, tradução nossa).

Para este filósofo, é hora de assumirmos o protagonismo das decisões tecnológicas por meio de uma participação democrática. Para isso, em sua obra *Questioning Technology* (FEENBERG, 1999) a sua preocupação consiste em discutir como expandir a democracia ao ramo da técnica para além dos tecnófobos – pessoas que possuem uma perspectiva de aversão à tecnologia – e dos tecnófilos – pessoas que endeusam a tecnologia (FISCHETTI, 2014). Para isso, ele segue alguns parâmetros da teoria crítica da tecnologia de Hebert Marcuse, e toma algumas perspectivas que são denominadas de “substantivismo” nas obras de Martin Heidegger e Jürgen Habermas, combinando-as para uma obra de estudos sociais sobre a tecnologia com enfoque em casos empíricos (FISCHETTI, 2014).

Feenberg (2013b) concebe então os seguintes conceitos que sustentam a sua teoria crítica da tecnologia: o *código técnico*, que é uma realização tecnicamente coerente sobre a resolução de um problema técnico e que articula a relação das necessidades sociais e técnicas. A *instrumentalização primária e secundária* as quais fornecem uma maneira de descrever um

conceito de *essência* da tecnologia. A ***instrumentalização primária*** corresponde às questões técnicas e possui quatro momentos: *descontextualização*, *reducionismo*, *autonomização* e *posicionamento*. E a ***instrumentalização secundária*** que corresponde às questões sociais as quais a *primária* se abstrai, e possui outros quatro momentos: *sistematização*, *mediação*, *vocação* e *iniciativa*. E por fim a ***racionalização democrática***, onde o filósofo concebe que o sistema técnico é maleável perante as demandas sociais e, portanto, há sim uma possibilidade de abertura para uma participação mais democrática da população nas decisões tecnológicas (FEENBERG, 2013b; MARICONDA; MOLINA, 2009).

Rosa e Trevisan (2016), partindo do pressuposto da necessidade de haver um envolvimento maior da sociedade nas discussões de Ciência e Tecnologia (C&T) em uma perspectiva de democratização, compreendem que é imprescindível repensar estes envolvimento da sociedade em tais questões sem cair em concepções instrumentalistas ou essencialistas.

Desta maneira, respeitando tais pressupostos discutidos e visando uma participação mais democrática de um ramo da sociedade – alunos do ensino médio de uma escola pública – dentro de um processo tecnológico e científico, construiu-se o seguinte projeto: *Diálogo entre um Cientista e Estudantes do Ensino Médio sobre a Otimização de Dispositivos Tecnológicos*. A intenção deste projeto foi aproximar os alunos de um autêntico processo de produção de um dispositivo tecnológico e assim proporcionar aos estudantes a experiência em participar de forma democrática de um debate sobre a produção de um dispositivo em pesquisa.

Para isso, foi proporcionado um encontro entre alunos de 16 a 17 anos de idade, do 2º ano do ensino médio de uma escola pública do Sul de Minas Gerais e um cientista de uma universidade pública que trabalha com física aplicada cujo seu objetivo de pesquisa é o desenvolvimento de dispositivos fotovoltaicos, mais especificamente a produção e otimização de células solares do tipo DSSC (*Dye Sensitized Solar Cell*). Tais células são basicamente constituídas por fotoanodo (semicondutor e corante), contraeletrodo e eletrólito. Possuem como princípio a reação química de oxirredução e uma de suas vantagens é não precisar de material com uma pureza tão elevada. Desta forma, corantes naturais podem ser utilizados no processo, os quais devem ser capazes de absorver a energia solar e transferir um elétron no estado excitado para a banda de condução onde se inicia o processo de geração de corrente elétrica (MAYRINCK *et al.*, 2017). O motivo da escolha do dispositivo tecnológico para a discussão com os estudantes ser as células solares do tipo DSSC, se dá pelo fato delas serem atualmente a tecnologia que vem sendo pesquisada pelo cientista que aceitou participar da pesquisa/projeto do presente trabalho.

Ademais, o debate foi posto aos moldes do que Paulo Freire (2006) defende como sendo um verdadeiro diálogo:

O diálogo é uma existência. E, se ele é o encontro em que se solidarizam o refletir e o agir de seus sujeitos endereçados ao mundo a ser transformado e humanizado, não pode reduzir-se a um ato de depositar ideias de um sujeito no outro, nem tampouco tornar-se simples troca de idéias a serem consumidas pelos permutantes (FREIRE, 2006, p. 91)

Com isso, os alunos participantes do projeto possuíam um verdadeiro protagonismo. E o cientista, ao apresentar a sua pesquisa, levanta problemáticas associadas ao seu processo de produção tecnológico e se propõe a ouvi-los de modo a refletir sobre aquilo que o diziam.

No contexto desta pesquisa torna-se pertinente discorrer brevemente sobre o que seria a tecnologia e a técnica. Assim, compreende-se que a tecnologia é algo que provém de técnicas humanas, se localizam no contexto de uma sociedade e possuem valores oriundos tanto do local onde foi produzida quanto do lugar em que ela se insere. Isto é, a tecnologia é uma máquina, um aparelho ou um dispositivo proveniente de uma ação técnica, dotada de valores e que está socialmente localizada. Portanto, pela ótica da Teoria Crítica da Tecnologia de Andrew Feenberg (2013b) a tecnologia não é algo neutro, pois possui tanto um *horizonte cultural* – valores de acordo com o local onde foi produzida – como também um *significado social* de acordo com o contexto a qual está inserida.

Desta forma, mesmo a tecnologia exigindo técnicas específicas para a sua idealização, manufatura e uso, elementos estes que poderiam trazer uma concepção de que a tecnologia é neutra perante os valores sociais, na verdade não a inibe do seu caráter parcial, uma vez que até mesmo as técnicas estão recheadas e balizadas por questões sociais através dos *códigos técnicos*. Desse modo, é pertinente adiantar uma exemplificação dada por Feenberg (2013c) e que será novamente retomada na Seção 2.1, na qual o filósofo deixa claro que ao construir uma casa, não se corta qualquer madeira sem considerar o seu tipo, qual árvore é permitido cortar e que acabamento dar, isso tudo induz na consideração de aspectos técnicos, éticos e estéticos ao mesmo tempo, ou seja, a técnica não se separa totalmente das questões sociais e por conseguinte, a tecnologia também não.

Desta maneira, é de salientar que neste trabalho compreende-se que técnica e tecnologia possuem uma relação direta, mas tem suas distinções. A técnica é concebida como uma ação do ser humano que é realizada de forma orientada, intencional e com especificações próprias – leia-se com lógica e regras –. Este entendimento deriva-se do fato de que o filósofo utiliza o termo “técnica” sempre quando descreve uma ação humana, como por exemplo “cortar

algo, fabricar, produzir e utilizar”. Portanto, o autor do presente trabalho tomou como ponto de partida a distinção supracitada entre técnica (ação humana) e tecnologia.

Dados os pressupostos, elabora-se a seguinte **pergunta investigativa**: Que compreensões são elaboradas por alunos do ensino médio sobre o processo de otimização de um dispositivo tecnológico, as células solares do tipo DSSC, ao vivenciarem discussões com um cientista?

Essa questão é baseada na perspectiva de que os alunos como parte do povo e dentro de um processo de formação como cidadãos possuem perspectivas acerca do mundo que os cerca e, portanto, têm o direito de pronunciá-las: “Dizer a palavra não é um privilégio de alguns homens, mas direito de todos os homens” (FREIRE, 2006, p. 90). Ademais, além da pronúncia, em uma perspectiva de democratização da tecnologia, se faz necessário encontrar novas maneiras de incluir valores outrora excluídos em novos arranjos técnicos (FEENBERG, 2004) os quais só adquirem sentido quando há uma participação ativa da população e que suas compreensões acerca do processo de produção e pesquisa sobre um dispositivo venham à tona.

São objetivos desta investigação:

1) **Objetivo geral:**

Identificar que compreensões alunos do ensino básico regular concebem sobre o processo de otimização de células solares quando dialogam com um cientista.

2) **Objetivo específico:**

- a) Identificar quais perguntas, respostas e reflexões sobre o processo de otimização de um dispositivo tecnológico são elaboradas pelos alunos quando dialogam com um cientista a respeito de um problema de pesquisa específico: preparação e caracterização de células solares.
- b) Identificar qual esfera, técnico ou social, os alunos destacam acerca do dispositivo tecnológico enquanto dialogam com o cientista.

O benefício de tal pesquisa se encontra no fato de poder abordar o que seriam as tecnologias por meio de uma perspectiva crítica com vistas à educação. Dentre as várias experiências no meio educacional pelas quais um aluno pode passar, uma que se faz pertinente é a experiência de uma participação efetiva e atuante em uma democracia. Poder se expressar de forma autônoma, sem opressão e exercer uma verdadeira práxis aos modos de Paulo Freire (2006) – ação e reflexão do humano no mundo com vistas a transformá-lo – dentro de um

contexto de democracia tecnológica idealizada por Feenberg é algo que pode agregar muito aos estudantes ao permitir-lhes participar de um contexto tecnológico e científico, possuir novos olhares para a forma como se produz um dispositivo tecnológico além de poderem ter a experiência em praticar um ato democrático.

2. REFERENCIAL TEÓRICO

2.1. A Teoria Crítica da Tecnologia

Para Feenberg (2013b), o desenvolvimento e o impacto das tecnologias não possuem apenas um caráter de controle racional sobre a natureza, mas também um aspecto intrinsecamente social. Assim, a tecnologia se torna um campo de luta social onde ocorrem todas as alternativas civilizatórias (FEENBERG, 2013b). E se possui caráter social, continua o autor, “a tecnologia deveria estar sujeita a uma interpretação como qualquer outro artefato cultural, mas geralmente é excluída do estudo nas ciências humanas” (FEENBERG, 2013b, p. 76).

O que tira a força das ciências humanas em interpretar a tecnologia como qualquer outro artefato cultural é o que Feenberg (2013b) denomina de *determinismo tecnológico*. Este, segundo o autor, é um aparente destino da sociedade em depender de uma dimensão não-social que age e afeta profundamente todo o sistema social, mas que não é influenciado de volta, o que gera a falsa concepção de independência da tecnologia, causando então uma falta de percepção da relação existente entre tecnologia e sociedade: “Se alguém ignora a maioria das conexões entre a tecnologia e a sociedade, não é surpreendente que possa lhe parecer como algo autoengendrado.” (FEENBERG, 2013b, p. 77).

O *desenvolvimento técnico* então não tende a um caminho em particular. Na verdade, ele abre ramificações para as diferentes possibilidades nas quais a ramificação final não fica a cargo da engenharia (FEENBERG, 2013b) mas sim do contexto em que se encontra o objeto e de sua utilização pelas pessoas. Para a defesa desta perspectiva, Feenberg (2013b) cita o exemplo do Minitel, que foi projetado para ser percebido e usado como um complemento ao telefone, mas que alguns usuários utilizaram como meio de conversa online e anônima para diversão, companhia, entre outras atividades. Então “a tecnologia não é somente um simples servidor de algum propósito social predefinido; é um ambiente dentro do qual um modo de vida é elaborado.” (FEENBERG, 2013b, p. 79).

A tecnologia, dependendo de quem a produz e do contexto social, pode ser adotada então de forma a manter uma hegemonia, que é definida por Feenberg (2013b) como uma forma de dominação tão profunda e arraigada na sociedade, que parece algo natural para aqueles que são dominados. E o controle sobre as massas é passado dos supervisores humanos para as máquinas por meio de parcelamento das atividades e funções. Assim o desenho das máquinas

não se dá de forma universal, mas de acordo com os valores do capitalismo (FEENBERG, 2013b).

Os objetos técnicos possuem duas hermenêuticas: o *significado social*, que são questões sociais a serem resolvidas sobre o objeto técnico, tal como o autor comenta sobre a questão da bicicleta: possuir rodas dianteiras maiores para uma maior velocidade ao desportista ou rodas iguais, porém menos velozes, para o meio de transporte? No final, o mais seguro – as rodas iguais – ganhou e beneficiou-se de todos os avanços que ocorreram no campo ciclístico (FEENBERG, 2013b).

A outra hermenêutica é o *horizonte cultural*, que são “suposições genéricas e culturais, que formam background inquestionável para qualquer aspecto da vida e, em alguns casos, dão suporte à hegemonia.” (FEENBERG, 2013b, p. 79). O autor cita o exemplo do sistema feudal, onde a hierarquização de seres dentro da concepção da estrutura divina (horizonte) blindou as relações de casta da sociedade vigente de possíveis desafios (FEENBERG, 2013b). E da mesma forma, “a racionalização é nosso *horizonte* moderno e o *desenho tecnológico* é a chave para entender sua efetividade como a base das hegemonias modernas atuais” (FEENBERG, 2013b, p. 80, grifo nosso), pois o *desenho tecnológico* é restringido por normas culturais oriundas da economia, ideologia, religião e tradição (FEENBERG, 2013b).

Logo, a *racionalidade tecnológica* não é somente uma questão ideológica ou de crença, ela é efetivamente incorporada no mecanismo das máquinas, fazendo com que o desenho das máquinas reflita os fatores sociais da racionalidade predominante. Portanto, as tecnologias são selecionadas a partir de interesses sob a orientação de *códigos sociais* estabelecidos pelas lutas culturais e políticas que definem sob qual *horizonte* a tecnologia atuará (FEENBERG, 2013b). Depois de introduzida no meio social, “a tecnologia oferece uma validação material do *horizonte cultural* para o qual foi preformada” (FEENBERG, 2013b, p. 82, grifo nosso), o que é chamado de *viés da tecnologia*, onde a *racionalidade funcional* é engajada em defesa da hegemonia e quanto mais a sociedade utiliza a tecnologia, maior é o seu engajamento (FEENBERG, 2013b).

Mas a manutenção da hegemonia é dependente da inconsciência do *horizonte* político-cultural em que a tecnologia foi pensada. Uma crítica *recontextualizadora* da tecnologia pode trazer à tona o *horizonte* e expor a relatividade das escolhas técnicas predominantes (FEENBERG, 2013b). O filósofo então cita o caso dos ecologistas, que clamam por processos técnicos que, além de respeitar a natureza, podem trazer benefícios à sociedade. Porém, prossegue o autor, esta demanda não pode ser atendida em uma sociedade capitalista, pois “há uma tendência de desviar a crítica dos processos tecnológicos para os produtos e as pessoas, de

uma prevenção *a priori*, para uma limpeza *a posteriori*” (FEENBERG, 2013b, p. 82), ou seja, atribui-se a culpa para a sociedade, isentando a forma como que se produz a tecnologia e o *horizonte* associado a ela. Além de que o movimento em prol da recuperação das florestas é visto pela sociedade capitalista como um consumo coletivo que exige impostos e altos preços (FEENBERG, 2013b) e isso faz com “que o movimento ambientalista [seja] percebido como um custo que envolve trocas compensatórias (*trade-offs*) e não como uma racionalização que aumenta a eficiência como um todo” (FEENBERG, 2013b, p. 82-83). Por conta de a sociedade moderna ser obcecada por bem-estar econômico, esta visão de racionalização que aumenta a eficiência não é benquista, colocando os ambientalistas em uma posição pouco favorável para fornecer uma estratégia válida (FEENBERG, 2013b).

Portanto, as soluções para os problemas tecnológicos só serão efetuadas se angariarem apoio público e gerarem um bem-estar, do contrário, não há muitas chances de que eles sejam resolvidos. Feenberg levanta então o seguinte questionamento: Mas então como a reforma tecnológica reconciliada com a prosperidade pode ser efetiva quando há tantos e novos limites econômicos? Para responder a esta indagação, o filósofo analisa o caso do trabalho infantil nas indústrias e discorre sobre suas implicações. Neste caso, havia na Inglaterra do século XIX uma discussão sobre o tempo da jornada de trabalho e o uso de mão-de-obra infantil nas fábricas. Os industrialistas e parlamentares alinhados a eles, denunciavam que uma regulamentação poderia inflacionar a economia e eliminar o sistema de trabalho nas fábricas. Porém, o que de fato aconteceu foi um aumento intenso de trabalho nas fábricas e as crianças foram redefinidas como aprendizes e consumidores (FEENBERG, 2013b).

O autor comenta então que o sistema técnico possui uma tremenda flexibilidade, podendo adaptar-se à variedade das demandas sociais, significando que “a tecnologia é apenas mais uma variável social dependente que, embora esteja crescendo de importância, não é a chave para o enigma da história” (FEENBERG, 2013b, p. 76), mostrando então que aparentes dilemas surgem nos limites de uma mudança cultural, principalmente quando as definições sociais das tecnologias estão em transição. Assim, grupos minoritários articulam seus interesses não representados politicamente, o que dá a entender aos que já se julgam bem incluídos no *desenho tecnológico* que tudo passa por questão ideológica, sendo que na verdade é uma diferença de perspectiva e não de natureza (FEENBERG, 2013b).

Após ocorrida a transição das definições sociais das tecnologias e incorporadas as novas demandas, há novos custos que se feita de maneira desordenada reduz a eficiência do sistema até que novos *desenhos tecnológicos* possam ser encontrados (FEENBERG, 2013b). Assim, o autor define que há sempre um fator social ligado ao *desenho tecnológico* e este não

é algo economicamente neutro: “O *desenho tecnológico* não é um jogo econômico de soma zero, mas um processo cultural ambivalente que serve a uma multiplicidade de valores e grupos sociais sem, necessariamente, sacrificar a eficiência.” (FEENBERG, 2013b, p. 84, grifo nosso).

Os conflitos sociais decorridos sobre a tecnologia geram valores que podem estar associados ao *objeto técnico*. O que vai fazer a mediação do processo de luta e que fornece uma resposta ao *horizonte cultural* da sociedade no nível de *desenho técnico* é o que Feenberg chama de *código técnico*. Este especifica socialmente os parâmetros técnicos como a escolha e o processamento de materiais para a manufatura desses objetos técnicos (FEENBERG, 2013b).

Feenberg traz o exemplo das caldeiras explosivas. Elas foram as primeiras tecnologias que o governo estadunidense sujeitou a regulação, em 1852, pois já havia mais de cinco mil mortes por explosões dessas caldeiras, mesmo havendo uma proposta de regulamentação desde 1816. Depois de muita questão política e econômica, com empresários e políticos de um lado argumentando que a regulamentação gerava um custo excessivo e que as pessoas, mesmo com os casos de explosões, continuavam a usar o barco, e do outro, políticos que argumentavam sobre a necessidade de segurança, a regulamentação passou, foi implementada e a taxa de explosões caiu drasticamente (FEENBERG, 2013b).

Deste exemplo, o autor evidencia que “o que a caldeira é foi, assim, definido por um longo processo de lutas políticas que, em última instância, culminou em *códigos técnicos* uniformes emitidos pela Sociedade Estadunidense de Engenheiros Mecânicos” (FEENBERG, 2013b, p. 84, grifo nosso) demonstrando assim que a tecnologia se adapta às mudanças sociais que surgem ao longo do curso da história e que essas mudanças são incorporadas na tecnologia por meio do *código técnico*:

Um código técnico é um critério que seleciona entre projetos técnicos factíveis e alternativos, nos termos de um objetivo social. Por factível entende-se, aqui, tecnicamente trabalhável. Os objetivos são codificados no sentido de artigos e escalonamento de itens eticamente permitidos ou proibidos, esteticamente melhores ou piores, ou mais ou menos socialmente desejáveis. (FEENBERG, 2013c, p. 104)

Portanto, este código não está necessariamente relacionado ao fator econômico. Pelo exemplo citado, nota-se que o que estava em jogo era o valor da vida humana e da responsabilidade do Estado para com estas. Dessa maneira, a tecnologia não é apenas um meio para se chegar em um fim, ela define padrões de vida, decisões médicas, espaços urbanos e de trabalho, ambiente social – incluído aqui o educacional – entre outros (FEENBERG, 2013b). Logo, dar um aspecto apenas econômico para a tecnologia é jogar para debaixo dos tapetes toda

a sua influência na vida humana e, portanto, “a regulamentação define o quadro cultural da economia; não é um ato praticado na economia” (FEENBERG, 2013b, p. 87).

Feenberg no intuito de “deixar essa dimensão social da tecnologia no círculo mágico da reflexão filosófica” (FEENBERG, 2013f, p. 223) oferece uma maneira de descrever um conceito da *essência* da tecnologia em dois aspectos: a *instrumentalização primária* e a *secundária*. A *primária* corresponde à caracterização das relações técnicas em toda sociedade, mesmo que haja grande variação de sua ênfase, alcance de aplicação e significação. Enquanto a *secundária* inclui aspectos de cunho social da tecnologia (FEENBERG, 2013f).

Porém, conforme pontua o filósofo, essas duas instrumentalizações ocorrem simultaneamente no processo tecnológico. Para melhor compreender isso, Feenberg (2013c) traz o exemplo do corte de tábuas de uma árvore para a manufatura de uma casa. O ato de cortar tábuas e assim construir uma residência, não significa necessariamente em uma *instrumentalização primária* e *secundária* respectivamente, pois segundo o filósofo, ao se analisar qual tipo de árvore é permitido cortar, de que forma se faz isso e que acabamento dará a ela, é de se considerar aspectos técnicos, legais e estéticos, desta forma, reduzir a árvore envolve ambos os níveis (*primário* e *secundário*).

Diante do exposto, a *instrumentalização primária* consiste em quatro momentos da prática técnica (FEENBERG, 1999):

a) Descontextualização

Neste primeiro momento, o objeto é *des-mundificado* do seu contexto original para ser integrado em um sistema técnico. Assim, o objeto isolado revela conter esquemas técnicos potenciais de ação humana após a *descontextualização*. Portanto, a natureza então é fragmentada no processo de *descontextualização*, e tais fragmentos devido a esta ação podem ser tecnicamente úteis (FEENBERG, 1999; 2013f). Feenberg (1999; 2013f) cita o exemplo da árvore, que ao ser concebida como madeira, é descascada e cortada em formato de tábuas – leia-se *descontextualizada* – dando uma utilidade específica – tecnicamente útil – em vez de toda interconexão que a árvore possui com o ecossistema florestal e as demais espécies existentes no seu ambiente natural.

b) Reduccionismo

O reduccionismo consiste em uma “limpeza” das técnicas inúteis do objeto *des-mundificado*, sendo reduzido aos aspectos técnicos que podem ser inscritos em uma rede técnica. Estas qualidades são primárias para o assunto técnico, sendo então essenciais para a

realização de um programa técnico. Portanto, o autor define como *qualidade primária* as dimensões que podem ser reorganizadas sob o interesse de um comando alheio. As *qualidades primárias* podem ser então qualquer característica do objeto como por exemplo o tamanho, formato, peso, cor, suavidade, nitidez, que podem fornecer um recurso. A *qualidade secundária* é o vestígio do material não transformado que se liga ao objeto por sua história pré-técnica e por seu potencial autodesenvolvimento. Desta forma, o tronco de árvore que se torna uma roda, perde suas *qualidades secundárias* como fonte de sombra, habitat natural, crescimento em espécie. Logo, à medida que se reduz todos os elementos da realidade ao signo da técnica, o real vai se reduzindo às *qualidades primárias* (FEENBERG, 1999; 2013f).

c) *Autonomização*

O filósofo busca conceber a questão da automatização do indivíduo, deste modo ele pontua que “o sujeito da ação técnica isola-se tanto quanto possível dos efeitos de sua ação sobre seus objetos” (FEENBERG, 2013f, p. 225). Logo, a ação técnica autonomiza o sujeito e dessa forma ele deixa de ser totalmente afetado pelo objeto em que age (FEENBERG, 1999; 2013f).

Portanto, a disciplina técnica tem grande impacto no mundo, mas o contrário, o mundo impactando na técnica, é muito pouco percebido (FEENBERG, 1999). Como exemplo dessa desproporcionalidade de impacto, o autor cita o motorista (sujeito da ação técnica) que sente “apenas” uma leve brisa no ar e um ronco do motor quando coloca para rodar uma máquina de uma tonelada (objeto técnico) ou mais extremado ainda, a do caçador (sujeito da ação técnica) que sente “apenas” um leve recuo da arma (objeto técnico) quando acerta um projétil em sua caça e matando-a (FEENBERG, 1999; 2013f).

d) *Posicionamento*

A ação técnica controla os seus objetos por meio de leis – por mais violentas que elas possam ser – existindo assim um aspecto de passividade por parte de quem as utiliza, restando-lhe apenas aproveitar a lei da melhor maneira que o sujeito puder: “em cada caso, a ação do sujeito não consiste em modificar a lei dos seus objetos, mas em usar essa lei em seu favor” (FEENBERG, 1999, p. 204-205, tradução nossa). Assim, ao se posicionar de forma estratégica perante os seus objetos, o sujeito faz valer as propriedades que este objeto possui (FEENBERG, 1999).

É claro, comenta o autor, que não dá para estabelecer leis naturais de comportamento para produzir nos sujeitos – trabalhadores e consumidores, por exemplo – a inerência de se comportarem como máquinas, mas tem como fazê-los cumprir programas pré-existentes que eles, em outras situações, não escolheriam (FEENBERG, 1999; 2013f).

O segundo aspecto da tecnologia, a *instrumentalização secundária*, trabalha com as dimensões da realidade das quais a instrumentalização primária se abstrai. A subdeterminação do desenvolvimento tecnológico abre margem para que interesses e valores sociais tenham parte no processo. Como elementos descontextualizados, são combinados com esses interesses e valores que atribuem funções, orientam escolhas e asseguram a congruência entre a tecnologia e a sociedade (FEENBERG, 1999; 2013f). Eis os pressupostos da *instrumentação secundária*, e essa também possui quatro momentos:

a) Sistematização

Para funcionar como um dispositivo real, os objetos isolados e descontextualizados combinam entre si para serem reinseridos no ambiente natural e a sistematização consiste nisso, em um “processo de fazer tais combinações e conexões” (FEENBERG, 2013f, p. 227). Deste modo, para ser criar um recurso como o carrinho de rolimã, são combinados objetos técnicos que se encontravam isolados, como rodas, alavancas e receptáculos. Acrescentando ainda uma pintura, o carrinho está novamente no ambiente (FEENBERG, 1999, 2013f).

b) Mediação

Em qualquer sociedade, as mediações éticas e estéticas surgem nas qualidades secundárias do *objeto técnico* simplificado quando re-inseridos em seus novos contextos sociais (FEENBERG, 1999; 2013f). No processo de fabricação de uma flecha, a escolha do tipo de pedra, sua agudez, forma e tamanho pode estar associada não somente a sua utilidade, mas também a um rito do povo que a faz (FEENBERG, 1999; 2013f). Portanto, “a ornamentação de artefatos e a atribuição a eles de significado ético são integrais para a produção em todas as culturas tradicionais.” (FEENBERG, 2013f, p. 227) e “mesmo que na sociedade moderna distinguem a produção e substituem o empacotamento pela elaboração estética” (FEENBERG, 2013f, p. 227), as mediações ainda são um aspecto essencial no processo técnico.

c) Vocação

O sujeito técnico só aparece autônomo na sua relação com o objeto técnico se visto de forma isolada. Mas quando visto em um todo, os seus atos se somam em um ofício, uma

vocação, um modo de vida (FEENBERG, 1999) e “tal relação excede à contemplação passiva ou à manipulação externa e envolve o trabalhador como objeto corporal e membro de uma comunidade na vida dos objetos” (FEENBERG, 2013f, p. 228). O indivíduo que usa o rifle ou aquele que corta a madeira da árvore, se continuarem de forma profissional nessas atividades, serão respectivamente caçadores e carpinteiro com atitudes e disposições correspondentes aos dos objetos técnicos que utilizam (FEENBERG, 1999, 2013f). Assim, o termo “vocação” é o melhor modo de explicar sobre o impacto reversivo que os objetos técnicos podem causar nos seus usuários quando eles interagem entre si (FEENBERG, 2013f).

d) *Iniciativa*

Feenberg (1999; 2013f) compreende que a tecnologia pode adquirir novos valores de uma forma não vertical quando os trabalhadores submetidos ao controle técnico cooperam entre si unindo esforços e apropriação de sistemas técnicos não-intencionais. O autor cita que nas sociedades pré-capitalistas, as cooperações entre os indivíduos eram coordenadas via tradição ou autoridade paterna e também que a prescrição do uso dos poucos dispositivos disponíveis era tão imprecisa, que a linha entre o produtor e as apropriações do usuário eram tênues. Na sociedade moderna, devido ao capitalismo, a divisão ficou nítida: “é o capitalismo que levou à divisão nítida entre posicionamento e iniciativa, estratégia e tática” (FEENBERG, 1999, p. 207, tradução nossa) sendo o “coleguismo uma alternativa ao controle burocrático” (FEENBERG, 2013f, p. 229). Desta forma, o autor pontua que essa ação refeita e realizada tem propriedade de reduzir a alienação por meio de substituição do controle vertical pela auto-organização (FEENBERG, 2013f).

Segundo Feenberg (2013c), a crítica social vem cada vez mais se aproximando em advogar em prol de possíveis mudanças que satisfaçam os anseios das minorias excluídas das transformações tecnológicas. A teoria da instrumentalização, como aponta o autor, sugere um balanço geral das estratégias empregadas nesses movimentos. A *instrumentalização primária* envolve a *descontextualização*, mas como nenhuma *descontextualização* pode ser absoluta, a *instrumentalização secundária* oferece uma *recontextualização* parcial do objeto em termos de exigências técnicas e sociais.

A crítica se faz com relação ao processo de *recontextualização*, pois, conforme Feenberg (2013c, p. 110) “ele é o direcionamento do *design* que está sendo introduzido”. Algo muito claro no capitalismo, onde a ambição por lucro envolve claras exclusões de grupos

minoritários, fazendo com que a *recontextualização* tende a ignorar valores éticos, estéticos e culturais de muitos seres humanos.

Para inverter esta maré, Feenberg (2013c) busca forças na ideia de uma *aliança democrática* entre grupos e atores de variados extratos sociais para resistir aos projetos prejudiciais à humanidade e o *design* fora de contexto: “Uma aliança técnica amplamente democrática constituída examinaria os efeitos destrutivos para o usuário da tecnologia e os efeitos nocivos ao ambiente natural, assim como aos seres humanos” (FEENBERG, 2013c, p. 107) e, desta forma, os atores subordinados devem intervir de uma maneira diferente das quais os dominantes tendem a fazer (FEENBERG, 2013c).

Na educação, mais especificamente a online, não seria diferente. Conforme o autor, a educação online pode ser a réplica da lógica de produção moderna, obcecada por eficiência através da mecanização e do gerenciamento, ou ser moldada por outra instituição, neste caso a cidade. Segundo o autor, a cidade não é subordinada à eficiência, mas sim à liberdade, onde ocorrem as interações cosmopolitas e uma comunicação crescente, que não é dedicada a uma dura reprodução do “melhor caminho”, mas sim a uma flexível possibilidade e desenvolvimento do novo (FEENBERG, 2013d).

Para a sustentação em favor da segunda possibilidade, Feenberg (2013d) primeiramente tece críticas às concepções de Platão sobre a escrita, para quem a escrita acabaria com a relação professor-aluno: “Platão sustenta que a tecnologia da escrita tem o poder de destruir o relacionamento que deve unir professor e estudante” (FEENBERG, 2013d, p. 157), mas Feenberg pontua que ironicamente o filósofo grego tece críticas à escrita em forma de texto e acrescenta que é falha esta visão platônica de que o meio pelo qual nos comunicamos determina a qualidade de interação. Pois verdadeiramente “o impacto da tecnologia depende de **como** ela é **desenhada** e **utilizada**” (FEENBERG, 2013d, p. 157, grifo nosso), deste modo, a escrita pode ser utilizada entre professores e alunos onde os discursos podem se tornar parciais e não qualitativamente determinísticos.

Porém, à luz das críticas de Platão, Feenberg (2013d) chama atenção para uma verdadeira questão: “quando uma tecnologia educacional nova é introduzida, surgem argumentos para substituir a interação com a tecnologia para o processo da troca intelectual” (FEENBERG, 2013d, p. 157). No entanto, conforme o autor, há algo no diálogo e interação professor-aluno que é primordial para o processo educacional e que deve ser mantido no *design tecnológico* de qualquer ferramenta instrucional, e a descontinuidade deste princípio pode levar a um rompimento de transmissão entre gerações (FEENBERG, 2013d).

Além de Platão, Feenberg (2013d) comenta sobre o pessimismo de Heidegger e Lyotard. O primeiro “segue anunciando o fim do Homem sob o impacto do computador” e o segundo “prevê o desaparecimento da cultura humanística e a completa modificação do conhecimento em uma sociedade pós-moderna” (FEENBERG, 2013d, p. 159), mas ambos atribuíram o problema da tecnologia à estrutura dos computadores e não aos *designs* particulares ou aplicações, portanto “tudo isso, lido por filósofos, se torna divertido, mas está demasiadamente errado” (FEENBERG, 2013d, p. 159). E contrapõe dizendo o que de fato ocorreu com o advento da internet: “a internet agora traz uma verdadeira onda do **falar**, da linguagem usada para expressão como no passado” (FEENBERG, 2013d, p. 159), portanto, as reflexões sobre o computador estavam erradas, por não prever as transformações dos computadores em mídia de comunicação – basta se lembrar do caso do Minitel – além de ter excluído tal possibilidade.

Para Feenberg (2013d) essas transformações são vistas como algo democrático, pois ao duplicar o espaço real vivido pelo espaço virtual, são abertas novas possibilidades de comunicação para todos. O ato não democrático seria limitar as comunicações a um subconjunto oficial, tais como comunicação de negócios ou governamentais. Por isso “a exclusão da comunicação humana cotidiana da internet teria certamente grandes consequências antidemocráticas” (FEENBERG, 2013d, p. 161).

Dessa forma, o computador não se resume apenas ao armazenamento de dados, mas também é um espaço vital de comunicação. Ele é determinado pelo processo social, fazendo com que a sua definição mude, mas a sua história não, configurando-se em um produto que nunca é acabado, estando sempre em um fluxo evolutivo, sujeito a grandes escalas de demandas e influências sociais (FEENBERG, 2013d).

3. REVISÃO DA LITERATURA

3.1. Conversa com cientista

Como parte da revisão da literatura, esta seção busca trazer à luz as pesquisas cuja natureza seja sobre o encontro entre alunos e cientistas. Nesta, prezou-se em não delimitar como seria o encontro, poderiam ser pesquisas que promoveram o encontro remoto ou presencial, com uma ou mais sessões, ao vivo ou gravadas, assim como não se limitou a natureza do tema a ser discutido, havendo então nesta seção temas como ciência e tecnologia, ciências biológicas, engenharia, entre outros temas.

O primeiro trabalho apresentado é o trabalho de Chen e Cowie (2014), o qual consiste em trazer um aspecto de um estudo que buscou compreender o uso de uma plataforma na web utilizada pelos professores, o *Science Learning* que contém uma série de vídeos onde os cientistas explanam sobre os seus trabalhos. Esta plataforma foi desenvolvida para que os trabalhos de cientistas neozelandeses fossem acessíveis aos professores do mesmo país.

A pesquisa foca em analisar o impacto desses vídeos na perspectiva de professores e estudantes e para isso são elencadas duas perguntas investigativas. A primeira pergunta é sobre como é utilizada a plataforma nas salas de aula da Nova Zelândia e a segunda é sobre o que os professores e estudantes pensavam sobre os impactos acerca do uso da plataforma.

Com fins de responder a tais perguntas, as pesquisadoras utilizaram várias fontes de produção de dados, sendo elas fitas de vídeos e áudios, observações, anotações de campo, entrevistas individuais, grupos focais, cópias de materiais didáticos e de trabalhos de estudantes. E para poder analisá-las, primeiramente cada lição foi resumida em termos de tarefas, tempo, atividade, sub-atividade e recursos utilizados. Depois, foi utilizada uma análise temática indutiva para analisar a proporção de vídeos utilizados em sala de aula, com isso houve a possibilidade dos membros da pesquisa e os professores criarem uma categorização dessas temáticas.

Os quatro principais temas encontrados pelas pesquisadoras foram: Trazendo cientistas para a sala de aula; Cientista falando sobre ciência com relevância local; Cientistas explicando conceitos usando uma infinidade de modos; e Cientistas como alternativos/autênticos autoridades na sala de aula.

Como resultado desta pesquisa, Chen e Cowie (2014) inferem que os estudantes se veem na ciência neozelandesa, uma vez que segundo as autoras as opiniões dos estudantes sobre ciência e cientistas foram desafiadas e ampliadas após a visualização dos vídeos. Outro ponto

foi que os estudantes e os professores aprenderam com os cientistas através dos vídeos, com destaque para o que Chen e Cowie (2014) apelidam de “*Talk Science*” o qual foi uma das características que os alunos e professores adquiriram, pois puderam aprender novos termos científicos e compreender outros de forma mais elucidada, uma vez que os cientistas falavam e apontavam em diagramas, o que tornava a compreensão mais clara.

Por fim, destaca-se que os cientistas se tornaram uma alternativa/autêntica autoridade nas salas de aula segundo relatam os professores. Para eles, o uso dos vídeos auxiliou para que eles afastassem do papel de autoridade na sala de aula colocando-os em um novo papel, o de facilitadores do conhecimento, além de que nesta nova perspectiva, eles poderiam concentrar suas energias em dar suporte estratégico nas discussões.

Desta maneira, segundo Chen e Cowie (2014), o uso de vídeos curtos e com fins educativos pode trazer benefícios como criar a perspectiva no estudante de se ver como cientista, assim como aumentar a confiança em se falar em ciência utilizando as terminologias corretas e a oportunidade aos professores de estar em um papel diferente ao da autoridade, sendo esta assumida pelo cientista do vídeo, e o professor se tornando um aliado dos alunos como mediador.

Ainda se conservando na questão remota, agora é discorrido sobre o trabalho de Falloon (2012), o qual é decorrente de uma parceria entre escola e cientistas de um instituto estatal da Nova Zelândia. Esta parceria é parte de uma política pública neozelandesa a qual promove uma aproximação dos professores e estudantes do ensino médio com a ciência atual com base em contextos locais, autênticos e aplicados. No âmbito da pesquisa de Falloon (2012), o encontro ocorreu através de três sessões de workshops por vídeo chamada e três encontros por laboratório virtual onde os alunos, com idade de 13 anos, são convidados a participar.

No total, foram chamados quatro cientistas e 37 alunos. Os cientistas trabalhavam em um instituto de biomateriais que ficava a 500 km de distância de onde os alunos estavam. O encontro tinha duas partes: 30 minutos de apresentação do cientista e 15 a 30 minutos de conversa com os estudantes sendo feito ao longo de seis meses. E os temas para a videoconferência foram transgênese e clone de gene; já para o laboratório virtual – que era uma videoconferência feita em um laboratório específico – foi sobre técnicas para papel vegetal concentrado.

O estudo se baseou em um método interpretativo usando uma abordagem de estudo de caso e uma combinação de método qualitativo e quantitativo. Os dados foram produzidos por meio de uma entrevista de grupo focal com os cientistas após a videoconferência; uma entrevista semiestruturada com o professor participante depois da videoconferência;

questionário de resposta curta com os estudantes; e uma entrevista com uma parte dos estudantes (n=9) logo após a última videoconferência do laboratório e preenchimento de questionário. Todas as entrevistas foram gravadas em áudio e transcritas, além das videoconferências que foram filmadas.

Os temas finais para a investigação dos dados foram: 1) A percepção dos estudantes sobre a eficácia e o valor das videoconferências; 2) Influências na interação e participação dos alunos nas videoconferências; 3) As videoconferências e a autenticidade da aprendizagem. Como resultado, o autor aponta que os alunos tiveram uma preferência maior pelo workshop do que pelo laboratório virtual, uma vez que o primeiro, na perspectiva dos alunos e relatado pelo autor, beneficiava mais aos estudos do que o segundo. Na mesma linha de benefícios, também é indicado no trabalho que 63% dos alunos consideravam que as videoconferências traziam mais autenticidade para os seus estudos escolares além de contribuir para o reforço da compreensão dos alunos acerca da natureza do trabalho do cientista.

Por outro lado, apenas 28% dos alunos se sentiam confiantes para falar com o cientista. Segundo o autor, ao questionar os estudantes, foram identificados dois fatores quanto a isso: Primeiro, os participantes se sentiam incomodados em aparecerem na frente das câmeras e segundo, se sentiam desconfortáveis em falar com os cientistas e assim se fazerem parecer “burros” perante ao cientista, que era visto como o especialista. Esta constatação corrobora com outro resultado alcançado pelo autor, a de que as videoconferências limitam a relação entre alunos e cientistas.

Por fim, o autor também traz a problemática da logística técnica associada à preparação da videoconferência com os alunos. Pois, antes da reunião era necessário verificar se todos os equipamentos estavam em funcionamento, para isso, era necessário testá-los, o que demorava mais tempo do que o próprio encontro em si (FALLOON, 2012).

Partindo-se agora para pesquisas cujos encontros eram presenciais, primeiramente destaca-se um trabalho brasileiro cuja intenção é dar protagonismo às mulheres na ciência. Assim, com vistas à disparidade feminina dentro do campo científico, o trabalho de Machado, De Souza e Mello-Carpes (2018) teve como objetivo divulgar junto a alunas e alunos de uma escola pública pesquisas feitas por mulheres e suas contribuições para a ciência. A iniciativa partiu de uma aluna bolsista do Programa Institucional de Bolsas de Iniciação Científica no Ensino Médio (PIBIC-EM) do 2º ano do EM em conjunto com a sua orientadora.

Para a execução do trabalho, foram convidadas três pesquisadoras que atuam na área STEM (Science, Technology, Engineering and Mathematics) da Universidade Federal do Pampa (UNIPAMPA), mais precisamente em Astrofísica e Astronomia; Farmacologia e

Neurotoxicidade; e, Neurofisiologia e Neuroplasticidade da memória. A atividade ganhou o nome de “Mulheres na Ciência” e ocorreu em duas etapas: a primeira foi em uma escola pública onde a própria aluna bolsista estudava e a segunda foi na universidade por meio de visitas aos laboratórios.

A primeira etapa contou com 49 alunos, sendo 27 meninas e 22 meninos, com faixa etária de 15 a 18 anos. Antes da atividade em si, as autoras aplicaram um questionário prévio com o intuito de tomar conhecimentos dos saberes prévios dos alunos quanto à temática: participação feminina na ciência e as suas percepções sobre a igualdade de oportunidades para ambos os sexos. No encontro em si, conforme Machado, De Souza e Mello-Carpes (2018), a aluna bolsista explanou sobre a participação feminina na ciência, objetivo daquela atividade e como iria acontecer. Já as pesquisadoras comentaram sobre as suas carreiras científicas, pesquisas realizadas e/ou em andamento. Após esses momentos foi feita uma roda de conversa juntamente com os participantes.

Na segunda etapa, onde houve a visita aos laboratórios da UNIPAMPA, participaram 42 alunos, sendo 22 meninas e 20 meninos, com faixa etária de 15 a 18 anos. A primeira parte foi uma apresentação da aluna bolsista aos colegas das oportunidades que a universidade oferecia e depois foi o momento de conhecer os laboratórios das pesquisadoras. Ao final do encontro as autoras propuseram um questionário aos alunos com o intuito de avaliarem a atividade em que eles haviam participado.

Como resultado, Machado, De Souza e Mello-Carpes (2018) apontam que decorrente do questionário prévio constata-se que 98% acreditavam que as mulheres poderiam seguir a carreira científica e que 92% acreditavam que já existia participação feminina significativa na ciência, mas que por outro lado, apenas 22% declararam conhecer cientistas brasileiras e apenas 4% conseguiram citar o nome de uma cientista mulher e os outros 96% deixaram a questão em branco. E após reaplicar o questionário prévio, a porcentagem de 16% de pessoas que conheciam cientistas mulheres subiu para 84% e os 4% que conseguiam citar o nome de uma cientista subiu para 84%. Ademais, os níveis de satisfação às visitas aos laboratórios foram de 55% (excelente) para o de Física, 43% (excelente) para o de Bioquímica e 62% (excelente) para o de Neuroquímica.

Por fim, Machado, De Souza e Mello-Carpes (2018) constatarem que atividades como estas podem contribuir para uma melhora na perspectiva feminina na ciência, contribuindo para a diminuição de preconceitos e despertar nos estudantes o interesse acadêmico-científico.

Conservando-se ainda no aspecto de encontro presencial e buscando romper estereótipos, Woods-Townsend *et al.* (2016) baseando-se na concepção de que muitas

perspectivas dos estudantes sobre os cientistas ainda estão baseadas no estereótipo do homem branco, com cabelos grisalhos e que usa jaleco de laboratório, se propuseram a mostrar um caminho que auxiliam os estudantes a possuírem uma perspectiva mais realista sobre o cientista e o que eles fazem através de discussões de curta duração baseada em sessões.

A pesquisa teve como diretriz três questões, sendo elas relacionadas a 1) O quanto pode ser valorosa uma discussão de curta duração com cientistas para o desenvolvimento da perspectiva dos estudantes sobre os cientistas e seu trabalho; 2) Quais elementos dessa discussão de curta duração podem ter contribuído para um efetivo envolvimento entre os cientistas e os alunos; e 3) Qual a perspectiva do cientista sobre o impacto neles mesmos e nos alunos, das discussões de curta duração entre cientistas e alunos.

Para isso, é proposto o “Conheça o cientista” que é parte de um programa mais amplo cujo nome é *LifeLab*, que é um projeto que objetiva envolver alunos de 11 a 16 anos acerca da ciência por detrás de assuntos de saúde sobre doenças e influência da nutrição em suas vidas. O projeto contou com a participação de 20 cientistas das áreas de bioengenharia, genética, nutrição e pesquisadores sobre câncer, asma, ossos e articulações, cardiovascular e placenta. Assim como 223 alunos (180 de 14 a 15 anos e 43 de 13 a 14 anos) os quais eram pertencentes a quatro escolas estaduais da Inglaterra. Os grupos foram compostos por 7 a 8 participantes e eles conheciam dois cientistas no mesmo dia, com duração entre 10 e 20 minutos. Foram gravadas 49 sessões ao total.

Para produzir os dados, Woods-Townsend *et al.* (2016) fizeram um questionário pré e outro pós sessão para estudantes, pré e pós questionários eletrônicos para cientistas e gravação de áudio das sessões “Conheça o cientista”. Para se analisar os dados produzidos, os autores utilizaram um software de análise qualitativa o qual explorava palavras para identificar os principais temas incluídos na fala dos estudantes. Após isso, houve a agregação de categorias para organizar as datas em temas principais e subtemas. Em adição, as 49 sessões gravadas foram transcritas para serem codificadas tematicamente.

Como apontamento de alguns resultados apresentados por Woods-Townsend *et al.* (2016), tem-se que no questionário prévio os alunos esperavam que os cientistas fossem pessoas muito inteligentes e que usavam jaleco branco, mas após o encontro, 49% dos estudantes afirmaram que os cientistas não eram exatamente como pensavam, os alunos notaram que os cientistas parecem normais que possuem paixão em compreender os seus objetos de estudo e não são como “malucos” nos filmes.

Ademais, um resultado interessante trazido por Woods-Townsend *et al.* (2016) é a perspectiva dos cientistas. No questionário pós sessão, eles comentaram que se surpreenderam

com a variedade de nível de envolvimento dos alunos assim como a qualidade dos questionamentos feitos pelos alunos. Outrossim, mencionaram também que a natureza das interações foi diferente do que pensaram, seja por conta de os estudantes perguntarem mais sobre a natureza de seus trabalhos ou porque alguns alunos tinham mais dificuldades de se envolver do que outros.

Ainda na linha da perspectiva dos estudantes com relação ao cientista, mas com enfoque no *gap* existente entre cientistas e estudantes, France e Bay (2010) partem da ideia de que para se preencher tal lacuna é necessário que os estudantes se vejam como pessoas que compreendem o mundo de forma científica, seja como produtores de ciência ou críticos na forma de consumidores de ciência. Nesta esteira, as autoras trazem a pertinência do encontro entre cientistas e estudantes, porém salientam que os problemas científicos estão cada vez mais complexos, o que torna necessário uma abordagem pedagógica ao apresentar tais problemas.

Assim, se atentando a estes detalhes, no *Liggins Institute e National Research Centre for Growth and Development* na Nova Zelândia, foi desenvolvido um trabalho especialmente voltado para lidar com este tipo de aproximação entre cientistas e estudantes cuja intenção é desenvolver junto aos estudantes a compreensão da cultura científica através de uma experiência real em um instituto de pesquisa e na produção científica.

Os alunos convidados tinham entre 16 e 18 anos de idade e estudavam biologia de acordo com o currículo escolar neozelandês. O encontro foi no instituto e durou o dia todo, primeiramente eles conheceram a estrutura do local o qual conta com cartazes de cientistas dentro e fora das salas de aula assim como pôsteres de pesquisa de alunos que foram orientados pelos cientistas. Segundo France e Bay (2010) isso criava um elo entre a ciência escolar e a profissional.

Posteriormente houve o encontro com o cientista. Para a seleção de assuntos que seriam abordados com os alunos, foi atentado a questões que tivessem fortes ligações com o currículo neozelandês, que fossem de grande interesse e relevância para os alunos de diferentes culturas. Desta maneira, foram selecionados temas que tinham a ver com as *Origens do Desenvolvimento da Saúde e da Doença* que mostra a relação entre o ambiente nutricional vivenciado no útero e o estado de saúde na infância, adolescência e idade adulta, mais especificamente sobre a puberdade precoce, a obesidade e a diabetes tipo 2.

Para isso se atentou em buscar cientistas que representariam as diferentes culturas existentes entre os alunos e houve precaução no equilíbrio de gênero entre os/as cientistas. A seção foi organizada de forma a dividir os alunos de 8 a 10 grupos onde um representante científico conversou por 15 minutos com eles. Cada grupo interagiu com dois cientistas.

As autoras também pontuam que o trabalho foi estruturado baseando-se no incentivo aos alunos a questionarem, pois assim, segundo France e Bay (2010) os alunos têm a oportunidade de compreender as atividades do cientista e o que é ciência e podendo posteriormente refletir sobre as experiências mais significativas aos alunos, o que possibilita analisar como essas experiências fizeram sentido para eles. Ancoradas nessa perspectiva, as autoras apresentam uma questão de pesquisa relacionada a quais as conclusões que se tira sobre a perspectiva dos alunos acerca da ciência e do cientista baseadas em suas perguntas feitas durante o encontro. Ademais, como subquestões, levantam perguntas sobre que tipos de questões são feitas durante a interação e quais conexões os alunos à medida que refletiam sobre a interação aluno-cientista.

Para a produção dos dados, France e Bay (2010) aplicaram um questionário prévio e outro após a intervenção. Em um momento posterior, também foi feita uma entrevista, onde foram escolhidos 20 alunos, que responderam os dois questionários, de cinco escolas diferentes e de acordo com contextos socioeconômicos distintos para darem uma resposta mais detalhada com relação ao que haviam escrito.

Desta entrevista, France e Bay (2010) elencaram cinco categorias, sendo elas: Natureza da Ciência: perspectiva teórica da ciência; Informação Científica: informações que embasam a ciência; Decisões Cidadãs: implicações sociais oriundas da utilização das aplicações científicas; Pessoal: a relação do aluno com a ciência e o cientista; Sem resposta/outro.

Alguma das conclusões que as autoras pontuam é que as respostas dos alunos dão uma indicação de quais são as suas visões, ainda em desenvolvimento, sobre a ciência e os cientistas. Assim como que os tipos de perguntas efetuadas pelos estudantes demonstravam que eles não estavam apenas interessados em compreender as questões epistemológicas da ciência, mas também, queriam entender os aspectos éticos envolvidos tanto na investigação científica como também nas questões sociais e culturais.

Ainda se conservando no enfoque de aproximar estudantes de cientistas, o trabalho de Scherz e Oren (2006) traz um outro tema para além dos trabalhos supracitados, neste caso, existe uma atenção também à perspectiva que os alunos possuem sobre a tecnologia e os profissionais que trabalham nesta área. Assim sendo, a pesquisa de Scherz e Oren (2006) possui como foco examinar a validade de uma abordagem que promova a aproximação entre a aprendizagem científica dos alunos à investigação autêntica. Ainda segundo os autores, a proposta é analisar as atitudes dos alunos frente à ciência e tecnologia, concentrando-se principalmente nas imagens – que segundo os autores seriam percepções, protótipos ou exemplos de determinada entidade ou empreendimento – as quais os alunos formam com

relação a esses dois campos do conhecimento. O que leva a seguinte pergunta investigativa proposta pelos autores: Como os alunos visualizam o local de trabalho científico/tecnológico? O que eles sabem sobre a profissão científica e tecnológica?

Para responder a esta pergunta, os alunos participaram de um programa chamado *Investigation into Science and Technology* (IST), que é um programa que visa colocar em contato estudantes com a ciência e tecnologia “em ação” e possui três estágios: 1) Preparação para a visita ao local; 2) Visita ao local científico e/ou tecnológico; 3) Avaliação e resumo do que viram e apresentação dos resultados em forma de ensaio escrito, apresentação oral ou pôsteres. Para isso, os alunos se põem no papel de jornalistas, onde eles definem um tema que gostariam de investigar.

Participaram da pesquisa seis turmas do oitavo e nono grau de três escolas diferentes e para a produção dos dados, os alunos fizeram parte do programa IST por meio de aulas semanais regulares com duração de 3 a 4 horas e com duração de 2 meses. Para o registro das perspectivas dos alunos, Scherz e Oren (2006) propuseram tarefas, que foram aplicadas antes e depois da participação no IST, que envolviam a arte de desenhar, uma vez que segundo os autores, certas ideias podem ser melhor representadas por meio de desenho em vez de verbalmente ditas. Além de terem feito nove entrevistas antes e depois do IST com os alunos.

Alguns resultados advindos do trabalho de Scherz e Oren (2006) são que antes dos alunos participarem do programa IST, eles desenharam os locais científicos e tecnológicos em uma perspectiva externa, o que nas palavras dos autores era como se passasse a perspectiva de que eles não tivessem algum envolvimento com o local e não tivesse “nada a ver” com o local e sete dos nove alunos entrevistados diziam que filmes eram suas fontes de inspiração para a sua percepção sobre o local de trabalho científico.

Outro aspecto encontrado foi a imagem do cientista e do tecnólogo, no cientista houve uma preponderância na imagem do cientista como um homem, com óculos, jaleco branco e velho, enquanto o tecnólogo não houve tal preponderância, foram descritas diferentes características para ele, como sendo de idade variável, podendo ser homem ou mulher, que trabalha com robótica, internet e computadores.

Mas após o IST, Scherz e Oren (2006) relatam uma diferença na perspectiva dos estudantes, primeiramente houve mais desenhos sob a perspectiva interna dos locais de trabalho científico e tecnológico, onde desenharam aparatos de experimento mais sofisticados e equipamentos avançados.

Ademais, destacam que é notável a diferença da perspectiva dos alunos quanto à imagem dos cientistas e dos tecnólogos após o IST, um dos alunos entrevistados disse que antes

pensava em alguém velho, com cabelos brancos nas laterais da cabeça e de óculos, mas que após o IST, isso mudou, ele viu cientistas mulheres e pessoas que possuem famílias. Quanto aos tecnólogos também houve diferença, onde na fala dos estudantes é encontrado que há tecnólogo religioso – e ele não achava isso plausível antes – há pessoas que entendem da técnica e outros da tecnologia e outros notaram que são pessoas comuns sem nada de especial.

Em conclusão, na perspectiva de Scherz e Oren (2006), trabalhos como o do IST podem trazer mudanças significativas e positivas na imagem que os estudantes possuem sobre ciência e tecnologia dado em vista aos resultados que eles obtiveram, uma vez que colocar os alunos em contato direto com cientistas e tecnólogos é uma experiência única para muitos dos alunos, que impacta na sua imagem quanto aos cientistas e tecnólogos e que contribui para os alunos adentrarem ao mundo real das ciências e tecnologias.

Com uma perspectiva de que o diálogo é um modo social de pensar que contribui para que as pessoas resolvam problemas, Hadjicosti *et al.* (2021) promoveram um trabalho onde estudantes de 16-17 anos do ensino médio (*High School*) e de 20-21 anos do ensino superior (*university*) que estudavam no departamento de educação na universidade do Chipre, dialogavam sobre um problema de pesquisa em aberto na área de ciências biológicas. Os autores deixam claro que seguem uma perspectiva sociocultural, a qual propõe que a educação e o desenvolvimento cognitivo são processos culturais oriundos da interação entre pessoas, seja simétrico (por par) ou entre especialistas e novatos como por exemplo professor e aluno. Nesta esteira, os objetivos de pesquisa de Hadjicosti *et al.* (2021) consistem em saber quais são as estruturas dialógicas que ajudam a construir explicações científicas e como os conhecimentos prévios sobre ciência dos alunos podem contribuir para construir suas perspectivas.

Houve a participação de três grupos compostos por alunos do ensino médio e dois do ensino superior contendo por volta de seis a sete integrantes cada grupo, os quais foram convidados a discutir juntamente com o cientista sobre a pesquisa acerca da separação de células embrionárias da medula espinhal de pintinhos. Para tanto, os pesquisadores promoveram as discussões em dois dias com 90 minutos de duração cada e todo o encontro foi gravado em forma de áudio.

Para guiar a discussão, o cientista fez uma apresentação em slide, em cada slide ele fazia um breve comentário sobre uma problemática e perguntava aos alunos como poderia ser resolvida aquela situação. Assim, cada slide era um foco de discussão dos grupos que depois de um tempo, eram apresentadas as ideias desenvolvidas pelo grupo de forma sintetizada por um dos integrantes. Após a discussão, iam para um novo slide que apresentava um novo nível de complexidade ao problema e o processo se reiniciava juntamente aos alunos.

Para a análise de dados, todo o áudio foi transcrito e códigos foram criados para assim reescrever as transcrições baseadas nesses códigos. Para a criação dos códigos, três dos autores da pesquisa elaboravam seus próprios códigos e colocavam em discussão, este processo foi feito três vezes até que obtiveram os códigos finais utilizados para análise.

Como resultado, Hadjicosti *et al.* (2021) chegaram a dois grandes grupos: 1) Formas de interação dialógica dos alunos, o qual tiveram subgrupos, com relação ao primeiro grande grupo, os seus subgrupos foram 1.1) Conversa cumulativa: os participantes adicionavam alguma informação de forma crítica ou não ao que havia, 1.2) Elaboração crítica: questões e explicações críticas que contribuíam para o entendimento do problema, 1.3) Problematizando sugestões: objeções ao que já havia sido posto, 1.4) Questões: onde as refutações promoviam explicações e 1.5) Diálogos não construtivos: onde houve distrações ou consenso sem elaboração ou justificação. E o segundo grande grupo sendo o 2) Uso do conhecimento científico prévio pelos alunos.

Dessa forma, destaca-se da pesquisa de Hadjicosti *et al.* (2021) os seguintes resultados: Que a conversa cumulativa ajudou a construir um conhecimento que mais tarde poderia contribuir para uma discussão mais crítica, mas que diferentes dos outros subgrupos, não havia questões e nem objeções. Outro ponto é que objeções e discordância foram frutíferas, uma vez que contribuíam para uma exploração alternativa para a resolução do problema. Outrossim, as questões funcionavam bem quando os alunos trabalhavam em grupo e tinham que resolver algum problema em aberto, além de que contribuíam para que os estudantes seguissem em frente quando se sentiam travados e assim pediam esclarecimentos (HADJICOSTI *et al.*, 2021).

Por fim, uma conclusão que os pesquisadores chegam é que a ciência escolar é diferente da ciência de pesquisa, enquanto a primeira trata normalmente de problemas fechados, a segunda é aberta, com incertezas e se baseia em conhecimentos provisórios. Portanto, concluem os autores, os alunos devem ter a oportunidade de discutir essas questões, falar sobre estes problemas e mesmo que não haja uma solução, que possam pelo menos discutir a complexidade da questão, e segundo Hadjicosti *et al.* (2021), o diálogo exploratório pode ajudar nesta linha.

Desta forma, com os presentes trabalhos pode-se ter uma perspectiva de como vêm sendo conduzidas as pesquisas que envolvem encontros entre cientistas e alunos. Tem-se sob variados objetivos que vão desde a dar protagonismo ao papel feminino na produção científica a buscar como os alunos compreendem a ciência e a tecnologia, assim como sob variados modos de execução, como por meio de vídeos gravados, sessões por vídeo chamadas e encontros que podem ser de um dia a meses de duração. A produção dos dados também varia, seja utilizando

de desenhos de alunos para analisar a gravações transcritas. Todos esses aspectos contribuem para apresentar um vislumbre com relação às pesquisas já realizadas na área.

3.2. Trabalhos em que os dispositivos tecnológicos são usados como tema no ensino

Nesta seção se prezou por trazer à luz trabalhos que possuem a tecnologia como tema no ensino. Não houve especificação de qual tecnologia deveria ser, desde que alguma tecnologia fosse o alvo da pesquisa e tema de discussão para o ensino já era considerada válida. Assim como na seção anterior, não houve uma delimitação para o procedimento metodológico.

Logo, o primeiro trabalho a ser apresentado, tem como tema a discussão sobre robótica. Neste caso, Vasques e Francisco Júnior (2010) idealizaram uma pesquisa no âmbito do mestrado em educação que possuía como objeto de estudo a Robótica Educacional e os processos educacionais, além de haver também a criação de um laboratório em uma escola privada do ensino fundamental. No âmbito do laboratório, no período de quatro meses os autores analisaram as possibilidades da tecnologia no meio educacional.

Para isso, realizaram uma revisão da literatura para compreender a relação teoria e prática; e Robótica Educacional e sala de aula. Depois, foram organizados os documentos criados pelos professores e alunos em três unidades de análise: contexto e organização do espaço; construção dos projetos; projetos em sala de aula, além de ter sido feita também uma análise crítica reflexiva (VASQUES e FRANCISCO JÚNIOR; 2010).

Participaram da construção do laboratório 23 alunos e seis professores da escola, tendo como materiais o Lego, Robolab e a sucata. Ademais, os alunos foram convidados a compreender a teoria sobre Robótica Educacional e depois formaram cinco grupos para os projetos os quais foram escolhidos pelos próprios alunos, sendo então construídos robô musical, robô carro, maquete da cidade, uma casa de bonecas e uma cidade segura (VASQUES e FRANCISCO JÚNIOR; 2010).

Das conclusões que Vasques e Francisco Júnior (2010) trazem, destaca-se a potencialidade que a robótica traz para o ensino como por exemplo aprender a montar e a programar. Segundo os autores, para efetuar tais atividades os alunos precisaram utilizar de um complexo de atividades, ações e abstrações para assim pôr em prática o que planejavam fazer.

Outro ponto que os autores trazem é a coletividade e o diálogo que a experiência no laboratório trouxe aos alunos, pois foi necessário que os alunos se encontrassem com relação ao outro, aprendessem a trabalhar juntos e participassem no processo de construção do seu aparato tecnológico junto com outros colegas.

Na mesma linha sobre robôs, Piassi (2011) baseou-se na perspectiva de que a ficção científica (FC) pode contribuir para o debate sobre as questões sociais do conhecimento científico e dos significados da ciência e tecnologia na vida humana. Assim, o autor ministrou

uma disciplina cujo tema era sobre as visões de futuro por meio do cinema e da literatura científica, para turmas de graduação dos cursos de Têxtil e Moda, Ciências da Atividade Física, Gerontologia, Lazer e Turismo, Marketing e Obstetrícia.

Para as aulas, o autor propunha discutir sobre os aspectos de algum autor ou tópico de ficção científica e exibia um pequeno trecho de filme a algo relacionado ao tema, assim, os alunos, 79 no total, eram convidados a ler alguns contos – os quais devido a quantidade nunca eram os mesmos entre os alunos – e discutir em sala. No final, eles tinham que tecer comentários escritos sobre três contos lidos durante o curso. Por fim, Piassi (2011) aponta que o objetivo da pesquisa consistiu em verificar quais as interpretações e questionamentos os alunos efetuavam e colocar tais questionamentos em confronto com as análises teóricas sobre as obras e seus discursos.

Para análise dos dados produzidos, Piassi (2011) empregou elementos da semiótica de Greimas onde o trabalho foca nos objetos de valor ditos actantes – que segundo o autor seria o sujeito que realiza as ações da narrativa. Piassi (2011) aponta que os objetos de valor abstratos mais comuns na semiótica são a vida, liberdade e felicidade, tais valores que para o autor estão presentes em histórias de robô.

Desta maneira, dentre vários textos que o autor trabalhou, ele escolheu aqueles referentes aos robôs para serem estudados, uma vez que segundo ele essas histórias abordam a ambiguidade entre o que é ser humano e o que é ser máquina, além de trazer à tona a relação entre humano e tecnologia. Com este critério, o autor analisou 16 comentários sobre 12 contos – a maioria de Isaac Asimov – escritos por 14 estudantes, sendo todas do sexo feminino.

Como resultado, o autor pontua que houve escritas sobre *Tecnologia e dependência*, onde há uma perda de liberdade devido ao fracasso na tentativa de obter felicidade. Assim como sobre *Tecnologia e infelicidade*, onde os robôs são vendidos pelas empresas como promessa de felicidade, mas os consumidores que os compram se distanciam cada vez mais da satisfação, se tornando mais infelizes do que o contrário. Outro resultado que vale ressaltar é o discorrimento das estudantes sobre a questão do *Ser humano versus máquina, a superação do ser humano* onde neste caso é visto primeiramente a oposição entre humano e máquina e depois a questão da superação das máquinas sobre os humanos.

Em conclusão, o autor comenta que com as análises feitas com relação aos comentários de alunos de Ensino Superior, pode-se efetuar mapeamentos entre grandes temas socioculturais com relação às tecnologias que puderam ser encontradas nos textos dos estudantes, como a discussão de liberdade e opressão, e o papel da tecnologia na vida humana, o que muitas vezes são discutidos com vistas aos desdobramentos sociais futuros da tecnologia.

Distanciando-se do mundo macroscópico dos robôs e adentrando o mundo subatômico, Siqueira-Batista *et al.* (2010) sob a perspectiva de que a educação científica e tecnológica (ECT) pode ser um elemento decisivo para os alunos possuírem um posicionamento crítico e responsável em relação aos problemas existentes na sociedade, o autor discorre sobre a perspectiva da construção de uma ECT que se alie a 1) enfoque Ciência, Tecnologia, Sociedade e Ambiente (CTSA); 2) interdisciplinaridade; 3) complexidade. Assim, um tema que os autores apresentam que podem contribuir para tal desenvolvimento de ECT é a nanociência e nanotecnologia.

Para efetuar uma investigação teórica sobre o assunto, Siqueira-Batista *et al.* (2010) realizaram uma revisão bibliográfica em duas revistas: *Scientific Electronic Library Online* (SCIELO) e *U.S National Library of Medicine* (PUBMED). Para isso, utilizaram como descritores os termos “nanotecnologia” no SCIELO e “nanotechnology” + “education” no PUBMED, o que lhes permitiu identificar quatro eixos temáticos envolvendo a nanociência e a nanotecnologia como temas geradores com relação ao CTSA.

Os quatro eixos temáticos foram: 1) Nanotecnologia e nanomateriais: que é estendida à ciência dos materiais; 2) Nanobiotecnologia e saúde: que se relaciona a manipulação de sistemas biológicos; 3) Nanotecnologia e meio ambiente: investigação do uso de nanopartículas no ambiente (algo ainda em processo de investigação; 4) Nanotecnologia, ética e política: discussões sobre as consequências dos usos de nanotecnologias para o planeta (SIQUEIRA-BATISTA *et al.*, 2010).

A partir desses quatro eixos temáticos, Siqueira-Batista *et al.* (2010) trazem que em 1) Nanotecnologia e nanomateriais, pode-se trazer atividades pedagógicas interdisciplinares envolvendo saberes das ciências da natureza e outras ciências. Em 2) Nanobiotecnologia e saúde, há uma perspectiva parecida ao tema anterior, ou seja, também abre possibilidade de um trabalho interdisciplinar. Em 3) Nanotecnologia e meio ambiente, há a perspectiva de um trabalho interdisciplinar, mas com um aspecto em poder se trabalhar os prós e contras do uso de tal tecnologia no ambiente. Por fim, em 4) Nanotecnologia, ética e política, onde os alunos podem discutir as diversas consequências que a nanotecnologia pode causar na sociedade de modo a associar o que aprenderam em sala com um tema contemporâneo em voga.

Os autores então concluem que não se deve ficar somente no domínio da tecnociência, é importante que também haja discussões com a sociedade civil, de modo que as decisões sejam mais bem pensadas e pautadas em princípios responsáveis. Assim, como afirmam Siqueira-Batista *et al.* (2010) a ECT quando posta juntamente ao CTSA possui importância por criar espaços democráticos nas salas de aulas para se discutir tais temas.

No mesmo tema e com base na perspectiva da Ciência, Tecnologia, Sociedade e Ambiente (CTSA) e no experimento por investigação, Rebello *et al.* (2012) propõem abordar o tema de nanociência e nanotecnologia no currículo de Química no ensino médio por meio da preparação de nanopartículas de magnetita utilizando materiais de uso comum.

O trabalho de Rebello *et al.* (2012) tem por base o grupo de pesquisa ao qual pertencem, isso se faz importante pois houve a participação dos integrantes deste grupo no processo de execução do trabalho. Primeiramente, os bolsistas de Iniciação Científica – membros do grupo de pesquisa dos autores – desenvolveram uma metodologia para a criação das nanopartículas de Fe_3O_4 . Rebello *et al.* (2012) acrescentam que tal experimento foi filmado para ser usado como material didático na sala de aula. Foram três etapas do vídeo: introdução à nanotecnologia; filmagem da execução do experimento; simulação computacional da formação do Fe_3O_4 .

Posteriormente ao experimento, foi desenvolvido pelos autores um conjunto de atividades – com duração de duas semanas – para serem aplicadas em uma turma de 40 alunos na faixa de 14 a 16 anos do 1º ano do ensino médio (EM) em uma escola pública estadual. Conforme os autores, as atividades consistiam nos alunos pesquisarem sobre nanopartículas e nanotecnologia, responder questões propostas pelos autores além de haver uma explicação por parte da professora acerca do tema e um debate com a turma sobre o tema nanotecnologia

Para fins conclusivos, destacam-se algumas inferências de Rebello *et al.* (2012) em sua pesquisa. Os autores explanam que por conta do vídeo gravado os alunos tiveram a oportunidade de comparar os resultados acerca da magnetita com os que foram obtidos no vídeo gravado.

Outro aspecto é que, segundo os relatos de Rebello *et al.* (2012), houve comentários de alunos afirmando que se algo é tecnológico, então é bom. O que os autores concluem ser uma demonstração de uma falta de criticidade por detrás da tecnologia, pois não se leva em consideração suas implicações sociais, econômicas e ambientais.

Por fim, é destacado que com este trabalho alguns alunos reconheceram a utilidade da química para o campo tecnológico e perceberam a dualidade associada à tecnologia, onde ela pode ser benéfica em certos pontos e maléfica em outros.

Por tanto, os trabalhos aqui destacados demonstram que há pesquisas associadas à tecnologia por meio do ensino de construção de robôs até a perspectivas do que seria um robô e suas implicações. Os procedimentos metodológicos também variam, desde uma pesquisa bibliográfica a planejamento de uma sequência de aulas. Com isso, tem-se um vislumbre de como são os trabalhos cuja temática é a tecnologia no ensino.

3.3. Células solares como tema no ensino de física

Nesta terceira e última subseção, teve como objetivo fazer uma revisão da literatura acerca de uma tecnologia em específico no ensino de física, as células solares. Tal tecnologia foi escolhida devido ao fato de que a pesquisa desenvolvida pelo cientista e discutida pelos alunos participantes do presente trabalho é sobre a sensibilização de células solares, o que torna pertinente ter um vislumbre de trabalhos cujo tema seja sobre este dispositivo tecnológico.

O primeiro trabalho analisado é focado na discussão sobre o local de instalação de um sistema fotovoltaico, assim, Lima Júnior *et al.* (2018) contextualizam sua pesquisa dentro das questões ambientais, mais especificamente nas questões energéticas brasileiras. Os autores discorrem que o Brasil possui um potencial para a energia solar, uma vez que o solo brasileiro possui altas taxas de incidência solar, assim, as criações de fontes de energia à base da energia solar se tornam promissoras. Nesta esteira, Lima Júnior *et al.* (2018) apontam que a física articulada ao meio ambiente e voltada para a energia solar pode contribuir para a criticidade dos estudantes e assim trazer uma contribuição para uma sociedade mais equilibrada.

Portanto, o trabalho de Lima Júnior *et al.* (2018) tem como objetivo apresentar um estudo realizado por alunos de graduação acerca da localização e abordagens fisicamente conceituais de um sistema fotovoltaico para o Laboratório de Física e Energias Renováveis da Universidade de Pernambuco, *campus* Petrolina.

Para isso, os autores elencaram elementos de estudo para se instalar a placa, sendo eles: 1) *Localização e Estudo do Potencial Solar local*: Momento em que houve um estudo acerca dos ângulos de incidência solar. 2) *Análise da Geometria Sol-Terra*: foram estudados o ângulo de inclinação da placa com relação à latitude local. 3) *Sombreamento*: momento em que os autores analisaram se o local possui uma boa incidência solar sem haver postes, árvores e prédios que pudessem atrapalhar. 4) *Uso de conceitos de energia solar na Educação Ambiental*: Aqui os autores passam alguns tópicos que podem ser abordados ao longo do trabalho de estudo da localização, sendo alguns deles como modelagem matemática, geometria, energias renováveis e até uso das ferramentas tecnológicas.

Como parte dos resultados obtidos por Lima Júnior *et al.* (2018) destaca-se que os autores constatam que para a instalação do sistema na região é necessário a inclinação da placa estar entre 8° N e 9° N, mas que pela literatura é recomendado 10° N para assim ficar mais fácil a limpeza da placa. Também pode-se inferir sobre a abordagem física no projeto, neste aspecto, Lima Júnior *et al.* (2018) apontam que pode ser construtivo montar um debate sobre fontes

energéticas renováveis através de situações problemas. Sequencialmente pode abordar as questões geométricas entre Sol-Terra e ângulos de incidência dos raios solares, além de poderem aprender a manusear tecnologia para aprenderem geolocalização.

O próximo trabalho pertencente a Menezes e Soares (2023) se baseia na perspectiva de que as questões ambientais vêm sendo bastante abordadas no âmbito da física moderna. Desta forma, os autores propõem uma sequência didática (SD) cujo objetivo é relacionar a Física Moderna com as questões do cotidiano dos alunos através do ensino da energia solar fotovoltaica.

Para a realização de tal trabalho, Menezes e Soares (2023) se propuseram a montar uma SD baseadas nos Três Momentos Pedagógicos (3MP), o qual segundo Menezes e Soares (2023) consiste em uma dinâmica baseada na perspectiva freireana, onde o professor no contexto de sala de aula propõe diálogos que relacionam o conteúdo estudado pelos alunos com o seu cotidiano.

Os 3MP dessa sequência didática são: 1) Problematização inicial: questões sobre a energia solar e um panorama geral sobre a energia elétrica brasileira (1 sessão); 2) Organização do conhecimento: histórico sobre a energia fotovoltaica (9 sessões); 3) Aplicação do conhecimento: apresentação de seminários e a construção do carregador fotovoltaico (3 sessões).

A pesquisa de Menezes e Soares (2023) é do tipo pesquisa ação e foi realizada com 15 alunos do 3º ano do EM de uma escola estadual de Manaus/AM entre os meses de maio e julho de 2022 num total de 15 encontros contando as aplicações do pós e pré-teste e a sequência didática aplicada pelos autores.

Para a produção de dados houve, um pré-teste com 19 questões objetivas e dissertativas cujo tema foi energia solar fotovoltaica. Ele ocorreu por meio de um jogo de *quiz* através da plataforma *Quizizz*. Um pós-teste também foi aplicado no mesmo molde do pré-teste. Os dados foram analisados através do teste T pareado com o auxílio do software RStudio.

Como parte dos resultados obtidos por Menezes e Soares (2023) é de se evidenciar que as taxas de acertos dos alunos no pós-teste aumentaram com relação ao pré-teste com uma melhora média de 80%. Ademais, concluem os autores, a SD pode interligar os avanços científicos e tecnológicos, além de poder contribuir para uma visão mais crítica com relação às questões ambientais.

O terceiro trabalho revisado foi de Silva *et al.* (2017), o qual se baseou na perspectiva de que se faz necessário que professores, alunos e gestores no âmbito da educação compreendam e implementam em suas interações a consciência sobre a importância das energias renováveis e sustentabilidade do planeta.

Sob esta perspectiva, os autores propõem um trabalho acerca do tema de energia renovável e questões climáticas, onde os alunos do ensino médio de uma escola pública da cidade de Marabá possam compreender os conceitos físicos relacionados à energia solar fotovoltaica através de simulações e vídeos animados.

Para isso, Silva *et al.* (2017) discorrem que participaram 17 turmas de uma única escola pública, que foram separadas em turma A (13 turmas) e turma B (4 turmas), esta última sendo a turma piloto e tendo apenas aulas com a temática do tema proposto. Já para a turma A, foram ministradas aulas sobre conceitos de Física Moderna e uso de simulações computacionais por meio do Phet com ênfase no efeito fotoelétrico e fotovoltaico, e apresentação de vídeos cujo conteúdo era sobre dopagem dos materiais, construção de células de silício e abordagem sobre centrais de geração de energia solar. Ademais, foi aplicado um questionário prévio com o intuito de verificar o nível de compreensão dos alunos com relação ao tema.

Como resultado do trabalho de Silva *et al.* (2017) destaca-se que com relação ao questionário prévio, os autores apresentam que 79,9% dos alunos não sabiam o que seria fonte renovável, assim como 48,40% não souberem dizer qual era a fonte de energia renovável mais utilizada no território brasileiro. Por outro lado, quando se tratou das questões sobre efeito fotoelétrico, a turma A acertou 81,9% e a B 37,9%. E nas questões sobre temas climáticos, a turma A acertou 82,09% e a turma B 16,53%.

Como fechamento, Silva *et al.* (2017) concluem que o uso de recursos didáticos contribui para a aprendizagem, e que para isso é necessário fazer uma mediação do aprendizado pelo docente, mas que é necessária cautela para a que a metodologia não se torne apenas um guia a ser seguido.

Os próximos três trabalhos subsequentes, Sampaio e Feitosa (2016), Mayrinck *et al.* (2017) e Christ *et al.* (2019) possuem um aspecto em comum, todos trabalham com células solares sensibilizadas com corantes, o que é digno de nota, uma vez que a pesquisa do cientista que conversa com os alunos no presente trabalho consiste exatamente na otimização de células solares baseadas em corantes.

No trabalho de Sampaio e Feitosa (2016), parte-se do princípio de que há uma necessidade de obter fontes de energia renováveis, que o aproveitamento da luz é um dos meios mais promissores e que o Brasil possui privilégio geográfico quanto a quantidade de raios solares incidentes no solo brasileiro, tendo então como objetivo encontrar novos protótipos de baixo custo e fácil manuseio acerca das células solares do tipo DSSC (*Dye Sensitized Solar Cell*) e tratar de tal assunto dentro do contexto da educação ambiental.

Para isso, primeiramente os autores montaram a célula de acordo com a literatura escolhida por eles, onde fizeram a preparação do extrato das pétalas das plantas *Nerium oleander*, tratamento dos filmes de TiO_2 por meio da técnica *silk screen* e sensibilização do eletrodo TiO_2 . Posterior a este processo, Sampaio e Feitosa (2016) montaram as células e os dados obtidos foram comparados com simulações feitas por meio do software Scilab.

A título de exposição com relação aos resultados de Sampaio e Feitosa (2016), pode-se apresentar que o software Scilab se mostrou útil para a comparação, cujo erros relativos com relação às medições feitas na célula solar montada ficaram 0,004% com relação à corrente de curto-circuito (I_{cc}) e menos de 15% com relação à eficiência do material por exemplo.

Ademais, Sampaio e Feitosa (2016) propõem uma aplicação para a sala de aula, sendo a proposta a ver com as questões ambientais. Os autores propõem perguntas sobre o tema, como por exemplo questionar sobre o porquê de as energias com base solar se destacam mais que a hidrelétrica em questões de energia renovável. Por fim, um último ponto apresentado pelos autores é propor ao aluno para que ele crie um miniprojeto sobre o sistema fotoelétrico baseado nos dados elétricos da célula solar do tipo DSSC construída por Sampaio e Feitosa (2016) assim como a simulação feita por eles.

No trabalho de Mayrinck *et al.* (2017) os autores abrem as questões ambientais a partir da perspectiva do crescimento populacional aumentando mais do que os recursos existentes. Assim, os autores levam este debate sobre os recursos ambientais para o núcleo da formação de cientistas e engenheiros, e apresentam as células solares sensibilizadas com corante como um potencial tema para se contextualizar o aprendizado além de servir para uma maior conscientização de futuros cientistas e engenheiros sobre as questões energéticas.

O objetivo do trabalho de Mayrinck *et al.* (2017) consiste em avaliar um roteiro experimental sobre células solares sensibilizadas por corantes e avaliar o efeito do experimento na compreensão do tema.

Para isso, os autores adaptaram um roteiro experimental, neste caso, já deixaram prontas as soluções que seriam utilizadas, o forno foi substituído por uma chapa aquecedora e o grafite substituiu o contraeletrodo. Ademais, Mayrinck *et al.* (2017) fizeram uma avaliação qualitativa do experimento, para isso foi feito um minicurso e aplicado no curso de formação de cientistas e estudantes, e assim foi feito um questionário para saber os conhecimentos prévios que os alunos teriam sobre o tema energia solar e/ou que aprenderam com o minicurso, assim como questões discursivas abordando a relevância do experimento e a contextualização do assunto.

Destaca-se por fim alguns resultados de Mayrinck *et al.* (2017). O primeiro é que 90% dos alunos haviam procurado o minicurso por terem interesse em energias renováveis ou porque gostariam de agregar novos conhecimentos. Um segundo resultado é que mais de 80% dos alunos antes do curso alegavam possuir um conhecimento ruim sobre as células fotovoltaicas sensibilizadas por corante, mas depois do curso, isso foi a quase 0% o bom subiu para 60%, e segundo os autores isso demonstra a importância da inserção do experimento contextualizado. Por fim, pode-se destacar desse trabalho é que o conteúdo de química mais bem assimilado pelos discentes foi o de eletroquímica.

O último trabalho revisado foi de Christ *et al.* (2019), o qual propõe um roteiro para a montagem de células solares sensibilizadas por corantes para serem utilizadas para fins didáticos. Para isso, os autores elencam quais são os materiais que serão utilizados para a montagem do equipamento, sendo alguns deles repolho roxo, papel alumínio, beterraba, papel filtro ou filtro de café, entre outros materiais.

Após a descrição dos materiais, os autores listam uma série de passo a passo, sendo eles: 1) *Extração dos corantes naturais*: discorrem sobre como retirar os corantes da beterraba, repolho roxo e urucum; 2) *Obtenção dos eletrodos*: onde falam sobre como retirar as placas de vidro das calculadoras e como tratá-las; 3) *Preparação do eletrodo negativo (-)* e 4) *Preparação do eletrodo positivo (+)*: momento em que se discorre sobre como preparar as placas para ficarem eletricamente carregadas.

5) *Adsorção do corante natural sobre o eletrodo negativo (ITO + filme de TiO_2)*: Momento em que os autores discorrem sobre sensibilizar as placas com corantes; 6) *Montagem da Célula Solar Sensibilizada por Corante Natural (CSSCN)*: Nesta etapa Christ *et al.* (2019) instruem a como montar as placas; 7) *Teste de funcionamento da (CSSCN)*: com o intuito de assim saber se está funcionando, os autores apresentam o modo de testar tais placas.

Como conclusão, Christ *et al.* (2019) discorrem que tal manufatura foi executada por alunos do primeiro semestre do curso técnico de química do Instituto Federal do Rio Grande do Sul (IFRS) e que a rota de montagem mesmo que simples, é eficiente para guiar na montagem de uma célula solar.

Dessa forma, baseando-se nos trabalhos revisados nesta seção, é de se averiguar que muitas pesquisas sobre célula solar e educação tinham por base a educação ambiental. Cada qual fez ao seu modo, alguns montaram sequência didática e outros propuseram ou montaram a célula em si ou fizeram um estudo sobre o local de montagem.

4. PROCEDIMENTO METODOLÓGICO

4.1. Análise de conteúdo

A *Análise de Conteúdo* (AC) de Bardin (2008) é um processo metodológico no qual se faz necessário fazer primeiramente uma organização de análise, que possui três polos: *pré-análise*; *exploração do material* e o *tratamento dos resultados, a inferência e a interpretação*.

A *pré-análise* corresponde a um período de intuições, mas de forma organizada, com intenção de elaborar um esquema preciso para o desenvolvimento das operações de um plano de análise. Esta fase possui três missões: escolha dos documentos a serem analisados, a formulação de hipóteses e objetivos e a formulação de indicadores que venham a contribuir para a interpretação final. Tais fatores “não se sucedem, obrigatoriamente, segundo uma ordem cronológica, embora se mantenham estreitamente ligados uns aos outros” (BARDIN, 2008, p. 121).

A primeira atividade deste polo consiste na leitura flutuante, que é o primeiro contato com o documento, lendo-o de forma a conhecê-lo e “deixando-se invadir por impressões e orientações” (BARDIN, 2008, p. 122).

Depois, é o momento de escolha de quais documentos irá analisar. Eles podem ser determinados *a priori*, onde primeiramente escolhe os documentos e depois analisa-os. Ou *a posteriori*, onde após os objetivos já bem consolidados, se busca quais documentos são suscetíveis a fornecer a informação necessária para a pesquisa (BARDIN, 2008). Independentemente da ordem de escolha de tais documentos, aqueles que forem selecionados para o procedimento analítico constituirão o *corpus*.

Para a escolha dos documentos deste *corpus*, Bardin (2008) elenca quatro regras que visam contribuir para uma boa efetividade deste agrupamento. A primeira é a *regra da exaustividade*, que estabelece que quando é definido o campo do *corpus* não se pode deixar de fora nenhum elemento que venha a contribuir para a análise, a não ser que tal exclusão seja justificada no plano do rigor.

A segunda é a *regra da representatividade*, que constitui em uma amostragem do total, ela pode ser por acaso ou por *quotas*, mas ela precisa possuir um caráter rigoroso: “a amostragem diz-se rigorosa se a amostra for uma parte representativa do universo inicial” (BARDIN, 2008, p. 123) e assim esta parte se tornará o geral do todo. Mas Bardin (2008) bem pontua que nem todo material pode possuir uma boa amostragem, então, sugere a autora, é mais

conveniente reduzir-se o alcance da análise e o próprio universo de estudo se este for demasiado importante.

A terceira é a *regra da homogeneidade*. Os documentos “devem obedecer a critérios precisos de escolha e não apresentar demasiada singularidade fora destes critérios de escolha” (BARDIN, 2008, p. 124). É uma regra que é utilizada com o objetivo de se obter resultados globais ou comparar resultados individuais. Mas não é em todos os casos que cabe utilizar tal regra, como por exemplo em casos de entrevista mais aprofundada ou a estrutura de um sonho, onde pode haver elementos díspares, mas necessários para a análise. Ou também no caso de um único documento, pois o *corpus* é o próprio documento (BARDIN, 2008).

Por fim, a quarta é a *regra de pertinência*: “os documentos retidos devem ser adequados, enquanto fonte de informação, de modo a corresponderem ao objetivo que suscita a análise” (BARDIN, 2008, p. 124) não incluindo então documentos que não possam contribuir para a pesquisa.

Bardin (2008), após o estabelecimento das regras, passa para a formulação do conceito de *hipótese*. Ela a define como “uma afirmação provisória que nos propomos verificar (confirmar ou infirmar), recorrendo aos procedimentos de análise” (BARDIN, 2008, p. 124). Trata-se de uma suposição em suspensão até a efetuação da análise e isso vai nortear as primeiras ações do trabalho.

Antes de iniciar a análise, a autora salienta que é necessário *preparar o material* – uma preparação formal dos documentos – quando é o momento de organizar o documento para a efetuação da análise. A título de exemplificação, Bardin (2008, p. 127) pontua que “a preparação formal, ou edição, dos textos pode ir desde o alinhamento dos enunciados intactos [...] até a transformação linguística dos estigmas, para a padronização e classificação por equivalência”.

Caso as operações pertinentes ao trabalho até então citadas sejam cumpridas, se inicia a fase de *exploração do material*, a qual “não é mais do que a aplicação sistemática das decisões tomadas” (BARDIN, 2008, p. 127). Deste modo, as operações estatísticas simples ou complexas que permitem estabelecer quadros, figuras, tabelas, esquemas, entre outros, agrupam e colocam em evidência as informações obtidas pela análise.

Bardin (2008) define que efetuar um tratamento do material, é codificá-lo. Desta forma, a autora define que *codificação* é a transformação dos dados brutos do texto por meio de recortes, agregação e enumeração, possibilitando um melhor esclarecimento ao pesquisador sobre as características do texto que podem vir a se tornar os índices.

Caso a análise seja *quantitativa e categorial*, Bardin (2008) pontua três escolhas que o pesquisador deve fazer: 1) O recorte: escolha das unidades; 2) A enumeração: escolha das regras de contagem; 3) A classificação e a agregação: escolha das categorias. Essas serão as decisões que o pesquisador deve tomar de acordo com a pertinência de sua pesquisa.

Com o intuito de dar bases para a criação das categorias e da contagem frequencial, Bardin (2008, p. 130) define o que são as *unidades de registro*: “É a unidade de significação a codificar e corresponde ao segmento de conteúdo a considerar como unidade de base”. Essas unidades podem ser explicitadas por meio de qualquer palavra que haja no texto, ou pode ater-se somente em palavras-chave ou palavras-tema, além de categorias de palavras como substantivo, adjetivo, verbos ou advérbios.

As *unidades de registro* também podem se caracterizar de outras formas, como temas, que geralmente servem para estudar motivações de opiniões, atitudes, valores, crenças, tendências, permitindo que o texto possa ser recortado por ideias, enunciados e em significados isolados. Fazer uma *análise temática* consiste em descobrir os *núcleos de sentidos* que há na comunicação e cuja presença pode contribuir para a análise. Geralmente, as respostas advindas de questões abertas, entrevistas (não diretivas ou mais estruturadas) individuais ou em grupo, comunicação em massa são analisadas possuindo o tema como base (BARDIN, 2008).

Outras formas de caracterização das *unidades de registro* são por meio do objeto ou referente, que se trata de um tema-eixo em torno do qual todo o discurso se organiza. Do personagem, que é organizada em torno de uma pessoa em especial, e esta seria a unidade de registro. Do acontecimento, que é baseado em relatos ou narrações, que serviriam de unidades a serem enfatizadas. E por fim, através do documento ou unidade de gênero, que se refere a filmes, artigos, livros, que pode servir de unidade de registro desde que possa ser globalmente e rapidamente analisado. Pode se encaixar também a resposta a uma questão aberta ou a entrevista, desde que a ideia dominante já satisfaça o objetivo de análise (BARDIN, 2008).

Toda *unidade de registro* está contida em um contexto, que pode ser texto, documento, discurso, entre outros. E desta forma Bardin (2008) traz a concepção de *unidade de contexto*, que é definida como “corresponde ao segmento de mensagem, cujas dimensões (superiores às da unidade de registro) são ótimas para que se possa compreender a significação exacta da unidade de registro” (BARDIN, 2008, p. 133), afinal, conforme a autora, é necessário se fazer uma referência ao contexto onde se encontra a *unidade de registro*, pois os resultados podem variar de acordo com as dimensões de uma *unidade de contexto* (BARDIN, 2008).

Para enumerar os dados produzidos, Bardin (2008) traz uma distinção entre o que se conta, a unidade de registro, e a regra de enumeração, que é o modo de contagem. Assumindo

que em um texto já tratado possui as seguintes unidades de registro: a, d, a, e, a, b, b, d. A autora apresenta algumas formas de enumerar esses dados.

A primeira é a *presença (ou ausência)*. Conforme a autora, as presenças dos dados apresentados podem ser pertinentes para o que se estuda. Mas a ausência, que neste caso pode ser visto como sendo “c” e “f”, também podem trazer questões interessantes ao trabalho (BARDIN, 2008).

A segunda é a *frequência*, neste caso, a importância da unidade de registro vai aumentar a medida que a sua frequência de aparição também aumenta. Assim, se $a = 3$, $b = 2$, $c = 0$, $d = 2$, $e = 1$ e $f = 0$, “a” será o de maior destaque dentro das unidades de registro analisadas, enquanto “c” e “f” evidenciarão uma ausência, “b” e “d” possuem uma mesma importância e “e” aparece uma única vez (BARDIN, 2008).

Outra frequência comentada pela autora é a *frequência ponderada*. Nesta se estabelece um peso para cada unidade, assim se pode recorrer a um sistema de ponderação. Vejamos, se por exemplo atribui-se os seguintes pesos $a = 1$, $b = 2$, $c = 1$, $d = 2$, $e = 1$ e $f = 2$, e baseando-se na frequência posta anteriormente, o resultado da frequência multiplicada pelo peso de cada unidade dá o seguinte resultado: $a = 3$ (3×1), $b = 4$ (2×2), $c = 0$ (0×1), $d = 4$ (2×2), $e = 1$ (1×1) e $f = 0$ (0×2). Desta forma, tem-se um resultado diferente da frequência apresentada anteriormente. A ponderação tomada pode ser decidida *a priori* ou como uma forma de expressar a intensidade de um elemento (BARDIN, 2008).

Há também a *intensidade*. Neste caso, atribui-se nota para cada aparição em específico, e cada vez que ela aparece, é somado esse valor dando como resultado final a intensidade. Por exemplo, se atribuirmos os seguintes valores de intensidade: $a_1 = 1$, $a_2 = 2$, $a_3 = 3$, $b_1 = 1$, $b_2 = 2$, $b_3 = 3$, e tivermos o seguinte conjunto de unidades: a_1 , a_3 , a_3 , b_1 , dado que o índice abaixo da letra indica os níveis de variações semânticas correspondentes a uma só classe, podemos inferir que: $a = a_1 + a_3 + a_3 = 7$ ($1+3+3$), $b = b_1 = 1$, $c = 0$ (não tem no conjunto). Configura-se que “a” possui maior preponderância de acordo com os valores atribuídos do que “b”, além de “c” não aparecer. Esta medida, segundo Bardin (2008), é indispensável na análise de valores e atitudes.

As unidades também podem ser organizadas por *direção*, no sentido de “mais próximo de” ou “mais afastado de” como favorável, desfavorável ou neutro. Pode ser utilizado em estudo sobre favoritismo/desfavoritismo, bonito/feio, bom/ruim etc. Para isso, atribui-se um índice qualitativo ou uma nota aos elementos do texto. Como por exemplo: a_+ , d_0 , a_+ , e_- , a_+ , b_+ , sendo $+$ = positivo, $-$ = negativo e 0 = neutro. Outra forma de representação apresentada pela autora é por meio de escala, onde em uma ponta há um polo de intensidade positiva máxima e na outra a de intensidade negativa máxima (BARDIN, 2008).

A *ordem de aparição* é outra forma de organizar as *unidades de registro*. “Se “a” está em primeiro lugar e “d” em segundo, se “a” precede “d” ou “d” sucede “a”, isso pode ter um significado mais importante (no quadro de frequência) do que a frequência em si” (BARDIN, 2008, p. 138).

Por fim há a *co-ocorrência*, que é quando duas ou mais unidades de registro aparecem em uma única unidade de contexto. Com isso, há duas maneiras de se proceder com relação à *unidade de contexto*: a primeira é recortando a unidade, separando-a em mais de uma. Exemplo: Assumindo que a unidade de registro seja “a” e “e” e a unidade de contexto seja a, d, a, c, a, b, e, e, e, depois do recorte a unidade de contexto fica a, d, a/, c, a, b/, e, e, e. O que antes era uma única unidade de contexto torna-se agora três unidades de contexto, contendo dois elementos “a” na primeira unidade, um elemento “a” na segunda e três elementos “e” na terceira. A segunda forma é “decide-se o número de unidades de registro anteriores e/ou posteriores segundo uma unidade determinada, que serve de eixo” (BARDIN, 2008, p. 138).

A natureza da *co-ocorrência* é de forma *associativa* (um elemento “a” aparece com um outro elemento “b”), *equivalente* (um elemento “a” ou “d” aparecem em contexto idêntico) ou *opositiva* (o elemento “a” nunca aparece junto com o elemento “c”) (BARDIN, 2008, p. 139). Por fim, a autora pontua que é conveniente utilizar a regra que é mais conveniente para a pesquisa, pois uma variável de inferência pode se manifestar de várias maneiras de acordo com a forma como se analisam os dados.

A AC pode ser tratada por meio de uma abordagem *quantitativa* ou *qualitativa*, sendo que a natureza do material estudado influencia no tipo de abordagem. Segundo Bardin (2008), a abordagem *quantitativa* funda-se na frequência de aparição de elementos contidos no texto e obtém seus dados descritivos pelo método estatístico, adquirindo uma roupagem mais sistemática e objetiva.

Enquanto a abordagem *qualitativa* é uma análise “que é maleável no seu funcionamento [e] deve ser maleável na utilização dos seus índices” (BARDIN, 2008, p. 142) e que possui uma característica marcante na inferência, fundando-se na presença de índices como tema, palavra, personagem, e não sobre a frequência de aparição em cada comunicação. Isso a faz possuir alguns aspectos particulares como poder se estabelecer sobre *corpus* reduzidos criando categorias mais discriminantes sem necessitar de categorias com grandes números de frequências (BARDIN, 2008).

Bardin (2008) pontua que o processo de análise por meio das categorias na AC não é um processo obrigatório, mas que é muito preponderante esta forma de organização dentro das pesquisas que utilizam a AC. A *categorização* é um modo de classificação de elementos,

unidades de registro no caso da AC, que os reagrupam sob um título genérico de acordo com as características em comum entre esses elementos conforme os critérios previamente definidos.

Os critérios podem ser de ordem semântica (temas por exemplo), sintático (verbos, adjetivos), léxico (classificação de palavras segundo o sentido) e expressivo (como, por exemplo, perturbações da linguagem). Esses critérios são adaptados de acordo com a realidade que nos é oferecida. A classificação impõe uma investigação sobre qual característica os elementos têm em comum entre eles, permitindo assim que eles se agrupem. Mas é possível que, dependendo do critério adotado ou de algum outro que venha a ser acrescentado, haja mudança em toda a repartição construída (BARDIN, 2008).

A *categorização* é do tipo estruturalista e comporta duas etapas: o inventário, onde se isolam os elementos, e a classificação, onde se repartem os elementos impondo-lhes uma certa organização nas mensagens. O seu objetivo primário é fornecer por meio de condensação uma representação simplificada dos dados brutos. A *categorização* possui dois processos inversos, o primeiro é quando já se possui o sistema de categorias e reparte os elementos da melhor maneira possível para encaixá-los (sistema de caixas) nas categorias já previstas de forma *a priori*. E o segundo é quando os sistemas de categorias vão surgindo conforme vai se classificando os elementos em um procedimento de acervo, caracterizando-se então em categorias *a posteriori*.

Bardin (2008) elenca um conjunto de qualidades que, quando respeitadas, fazem com que as categorias criadas sejam julgadas como boas. A primeira é a *exclusão mútua*, que estabelece que cada elemento não pode existir em mais de uma divisão. A segunda é a *homogeneidade*, onde apenas um único princípio deve governar a classificação, podendo funcionar apenas um único registro com uma dimensão de análise. A terceira é a *pertinência*, na qual uma categoria se caracteriza como tal quando adaptada à análise escolhida e pertencente ao quadro teórico definido. A quarta é a *objetividade e a fidelidade* onde as diferentes partes de um mesmo material têm que estar submetidas ao mesmo leque de categorias, mesmo que submetidas a várias análises. E a quinta e última é a *produtividade*, a qual determina que uma categoria será fértil se fornecer férteis índices de inferências, em hipóteses e em dados exatos.

A AC pode então fornecer informações suplementares a variados leitores críticos de uma mensagem a fim de compreenderem mais sobre o texto estudado. Desta forma, Bardin (2008) se apoia nos elementos constitutivos do mecanismo clássico de comunicação: emissor e receptor; mensagem (significação e código) e o suporte de canal.

O *emissor* é o produtor da mensagem, podendo ser um indivíduo ou um grupo de indivíduos, onde “insiste-se na função expressiva ou representativa da comunicação” (BARDIN, 2008, p. 163), mas com efeito, pode-se exprimir a hipótese de que aquela mensagem representa o emissor.

O *receptor* pode ser um indivíduo, um grupo (número maior de indivíduos) ou uma massa de indivíduos (número expressivamente alto de indivíduos). Assim, entende-se que a mensagem visa se dirigir ao indivíduo ou a um grupo em questão, com a finalidade de agir sobre eles ou se adaptar ao contexto deles. Bardin (2008, p. 164) pontua que “por consequência, o estudo da mensagem poderá fornecer informações relativas ao receptor ou ao público” pois um texto, conforme a autora exemplifica, pode nos informar sobre o autor (emissor) mas também sobre os leitores deste texto (receptor).

Já a *mensagem* Bardin (2008) deixa claro que toda AC passa por ela, delegando-a então o papel de ponto de partida e indicador, sem a qual não haveria AC. A autora ainda aborda sobre as possibilidades correspondentes a dois níveis de análise: “o continente e o conteúdo; ou ainda significantes e os significados; ou ainda o código e a significação” (BARDIN, 2008, p. 164). Brevemente a autora explica que para se atingir um conteúdo é necessário passar pelo continente, significando que “qualquer significação é veiculada por um significante ou por um conjunto de significantes e que qualquer mensagem se exerce através de um código” (BARDIN, 2008, p. 164). E ressalta que existem gradações ao passar de significante ao significado, sendo estas a passagem imediata da leitura normal; a passagem controlada da análise temática para a análise de conteúdo; e por fim, a passagem sistemática sempre que se servir de uma análise formal para se atingir outras informações, como é o caso da AC a partir da análise do continente.

O *código* é utilizado como um *indicador* apto a revelar as realidades implícitas. A autora, por meio de perguntas exemplos, demonstra que efetuada a pergunta correta é possível não só deslindar a forma como se utilizaram os códigos, como também inferir as características sociais, psicológicas, hierárquicas dos emissores e dos receptores, “quais as leis do código do vestuário? [...] O que é que o vocabulário de Balzac nos revela sobre o autor ou sobre os leitores?” (BARDIN, 2008, p. 165).

A *significação* também é utilizada na AC, “a análise de conteúdo pode realizar-se a partir das significações que a mensagem fornece” (BARDIN, 2008, p. 165), nem sempre as significações encontradas são as últimas, às vezes elas podem estar associadas a outros códigos que as contêm, suportam e estruturam ou então às significações “segundas” que as significações “primeiras” podem acabar escondendo e que a AC procura extrair, tais como mitos, símbolos e valores.

Por fim, há o *medium* que é o canal, o instrumento, o objeto técnico, o suporte material do código. Desta forma, a autora ressalta que “este género de estudo deve servir-se mais dos procedimentos experimentais do que das análises de conteúdo” (BARDIN, 2008, p. 166) e elenca perguntas que mostram que a forma de investigação com foco no *medium* é sobre como este canal pode influenciar na comunicação, estrutura familiar, conteúdo das comunicações na sociedade etc. “De que maneira o uso do telefone (a sua introdução brusca numa aldeia ou num grupo social) irá modificar o conteúdo das comunicações e transformar as relações e as estruturas sociais (quantitativamente, qualitativamente, etc.)?” (BARDIN, 2008, p. 166).

Todo o desenvolvimento até aqui escrito culmina no que Bardin (2008) chama de *inferência*, que seria um termo induzido a partir dos fatos contidos no processo da AC. Desta forma, a autora estabelece que a AC é um processo indutivo, partindo dos efeitos para se investigar as causas: “a análise de conteúdo constitui um bom instrumento de indução para se investigarem as causas (variáveis inferidas) a partir dos efeitos (variáveis de inferência ou indicadores; referências do texto)” (BARDIN, 2008, p. 167) mas salienta que predizer os efeitos a partir dos fatores conhecidos é ainda algo inalcançável.

As *inferências* possuem uma natureza muito diversa, sendo então analisadas caso a caso por conta da falta de leis exatas ligadas às variáveis do emissor/receptor e das variáveis textuais. Apesar desta condição, a autora estabelece dois tipos de inferência, as *específicas* e as *gerais*. A primeira, é quando se procura responder a uma pergunta, como exemplifica Bardin (2008, p. 167) “será que o país A tem intenções de atacar o país B?”. Já a segunda, é quando se objetiva estabelecer uma lei relacional entre os fatos, mas que para estabelecer estas leis, Bardin (2008) salienta que é necessário fazer um levantamento nas AC já realizadas, com um olhar para os índices utilizados, inferências já efetuadas, as situações de comunicação, ou seja, seria “realizar uma análise de conteúdo sobre a análise de conteúdo” (BARDIN, 2008, p. 167).

Por fim, a autora cita alguns *tipos de inferências*, sendo elas: a inteligência, facilidade de comunicação, estrutura associativa, atitudes e valores, hábitos linguísticos do emissor/receptor, que podem ser obtidos a partir de um ou de vários índices, tais como unidades lexicais, co-ocorrências lexicais, estruturas sintáticas, características formais ou diversas, erros, expressões gestuais ou posturas.

4.2. UCL e UNIFEI: Um vínculo internacional

Por conta de um contato em 2019 dos professores Newton de Figueiredo Filho e Luciano Fernandes Silva, ambos da Universidade Federal de Itajubá (UNIFEI), com uma pesquisa desenvolvida por pesquisadores da University College London (UCL), houve uma oportunidade de firmar uma parceria. Os pesquisadores de Londres realizaram uma pesquisa envolvendo cientistas do campo das biociências da referida universidade com alunos de 12 anos de escolas públicas de Londres. O intuito foi promover um encontro entre alunos e os cientistas de tal forma que pudesse haver um contato dos estudantes com problema de pesquisa em aberto. Para isso, através de uma linguagem acessível os cientistas apresentavam a sua pesquisa atual aos alunos e promoviam conversas e debates sobre o assunto. Desta forma, havia a possibilidade de um trabalho colaborativo entre a universidade e as escolas públicas em prol de quebrar as barreiras existentes entre a transição escolar e a universidade e um contato dos alunos com a produção do conhecimento científico (HADJICOSTI *et al.*, 2021). Tal trabalho, pertencente a Hadjicosti *et al.* (2021), está mais detalhado na seção 3.1.

Mesmo havendo diferenças importantes entre Reino Unido e Brasil, é sempre inovador idealizar uma possibilidade de contato entre alunos do ensino básico com cientistas que estão trabalhando na vanguarda do conhecimento científico. Desta maneira, abriu-se uma oportunidade para que a Universidade Federal de Itajubá pudesse fazer um trabalho parecido, pois historicamente conta com uma base sólida em conhecimentos científicos e da engenharia, oportunizando a possibilidade para tal projeto.

Assim surge, ainda em 2019, o projeto “Conversa com Cientista”, que inicialmente foi idealizado para acontecer com alunos de uma escola pública da região. Mas devido à pandemia do Covid-19, Braga (2023), a primeira pesquisadora a trabalhar no projeto, fez de forma remota e com professores da região.

Em seu trabalho, Braga (2023) considerando que a forma como os professores compreendiam a ciência influenciava no modo como eles lecionavam aos seus alunos em sala de aula, focou em averiguar quais eram as compreensões que os professores tinham acerca da ciência autêntica. Para isso, a autora propôs uma conversa entre um cientista que pesquisa sobre células solares sensibilizadas por corante – mesmo cientista do presente trabalho – para dialogar com professores da educação básica através de uma plataforma de vídeo chamada.

Antes do encontro os professores tinham que assistir a um vídeo de 20 minutos onde o cientista apresentava o seu trabalho. Depois de visto, o professor era convidado a participar da conversa com o cientista, na qual havia dois momentos: o primeiro era uma conversa com o

próprio cientista e o segundo era uma participação em uma entrevista semiestruturada com a pesquisadora. Assim, a pesquisadora produziu dados oriundos tanto da conversa com o cientista quanto da entrevista semiestruturada.

Mantendo-se o vínculo internacional iniciado por meio do trabalho de Braga (2023), o presente trabalho retoma o público-alvo: alunos do ensino médio, muda o foco para as compreensões que os alunos possuem acerca das células solares produzidas pelo cientista e mantém o encontro na forma remota por conta da possibilidade de maior abrangência de alunos participantes.

4.3. Estrutura e fundamento pedagógico do projeto

Com fins de estruturação, houve uma atenção especial para o modo que seria conduzido e fundamentado todo o processo de encontro entre cientista e estudantes. Para isso, levou-se em consideração a importância de haver um fundamento pedagógico para o debate. Nesta esteira, tomou-se como base as ideias contidas na *Pedagogia do Oprimido* (PDO) de Paulo Freire (2006) como eixo estruturante.

Em sua obra, Freire (2006) define que o humano ao reconhecer o pouco que sabe de si, se coloca como problema de pesquisa, não como “coisa”, mas sim como um ser que pode vir a *ser mais*. Tal perspectiva se fez fundante na estruturação da pesquisa, pois se buscava de fato trazer uma possibilidade de *ser mais* aos estudantes, no sentido de, ao vivenciarem uma discussão autêntica com o cientista sobre as células solares, além de trazerem prováveis soluções ou indagações sobre o dispositivo, poderiam também observar que ser cientista é algo alcançável a eles.

Portanto, foi conversado com o cientista sobre esta intenção de cativar os estudantes a *ser mais*, o qual concordou com esta ideia e incluiu em sua apresentação tópicos como: onde nasceu, qual escola estudou no ensino básico, em qual faculdade e o que cursou quando graduando, como fez para ingressar em uma universidade como cientista, além de convidá-los a tentar o ingresso em uma universidade com o fim de também se tornarem pesquisadores.

Ademais, conforme Freire (2006), exercer uma educação é sempre com o povo, e nunca para o povo, uma vez que a existência do homem “não é somente um espaço físico, mas também um espaço histórico” possuindo então uma relação dialética com o mundo, “os homens [...] vivem uma dialética entre os condicionamentos e sua liberdade” (FREIRE, 2006, p. 104) localizando assim o povo dentro de um contexto específico, que gera problemas e também conhecimento, trazendo à tona a relevância de se trabalhar com eles a partir de sua história.

Para isso, se faz necessário o diálogo, porém, como bem pontua o autor, existem três vertentes do que seria a palavra – objeto do diálogo: 1) A palavra como *práxis*. Esta se constitui de tal forma quando associada a ação, reflexão e transformação (FREIRE, 2006), ou seja, o ser humano fala (ação), reflete criticamente o que foi dito (reflexão) e transforma a sua realidade, ato este que se repete quanto mais houver possibilidade de acontecer. 2) A palavra *inautêntica*, que é quando a palavra é ausente de ação, e por consequência sem reflexão, que “se transforma em palavreia, verbalismo, blábláblá” (FREIRE, 2006, p. 90), como em um teatro onde todos encenam, mas ninguém expressa suas verdadeiras intenções e atuam apenas por atuar sem vistas a transformar; e 3) A palavra do *ativismo*, que é palavra com ênfase ou exclusividade na ação

e nega a verdadeira práxis, impossibilitando o diálogo, a qual visa apenas o falar, mas sem o ouvir e transformar.

Com ênfase na palavra como *práxis*, Freire (2006) traz à tona a sua concepção de diálogo. Para o autor, uma relação verdadeiramente dialógica se dá no encontro dos homens, mediados pelo mundo a fim de *pronunciá-lo* numa relação eu-tu que nunca se esgota, algo que é inconcebível em uma relação bancária de ensino. O ato de existência do ser humano está devidamente alocado no ato de dialogar, desde que baseado em um ato de criação e não a de impor as suas ideias no outro ou na permutação de concepções a serem consumidas.

Atentando-se à perspectiva da palavra como *práxis* e objeto do verdadeiro diálogo, procurou-se organizar e interpretar as etapas da pesquisa de uma forma que trouxesse à tona a ótica da palavra como ação, reflexão e transformação. Deste modo, a ação seria o ato de conversar com o cientista, momento em que os alunos se fazendo relevantes, se sentissem à vontade de trazer à luz os seus pensamentos sobre a pesquisa do cientista. A reflexão foi pensada ainda no diálogo com o cientista, com ele dando retorno às perguntas dos alunos e promovendo uma nova rodada de discussão, assim como em relação à entrevista semiestruturada com o pesquisador do presente trabalho, onde novamente os alunos poderiam refletir sobre tudo o que se discutiu ao longo da conversa com o cientista. Por fim, a transformação seria mais próxima da ideia de que, de alguma maneira, o projeto junto aos alunos poderia transformar as suas percepções sobre o que é ser cientista, a pesquisa e quiçá sobre certos conceitos físicos.

Outro aspecto importante na obra de Freire (2006) são os seis pontos imprescindíveis para que haja um autêntico diálogo: O primeiro é o *amor ao mundo e aos homens*, este entendido como um compromisso com os homens. O segundo é a *humildade*, pois sem esta, nenhuma pessoa pode chegar ao povo, uma vez que assumiria um caráter arrogante e desrespeitoso ao contexto e história daquele povo. Terceiro é a *fé na humanidade*, de que ela pode superar a alienação, buscar o seu *ser mais*, quebrar as amarras da opressão: “O homem dialógico tem fé nos homens antes de encontrar-se frente a frente com eles” (FREIRE, 2006, p. 93). Em quarto é a *confiança*, que ocorre durante o diálogo, e promove um companheirismo entre os sujeitos dialógicos na *pronúncia* do mundo. O quinto é a *esperança*, que faz continuar a lutar: “movo-me na esperança enquanto luto e, se luto com esperança, espero” (FREIRE, 2006, p. 95). E o sexto e último, é o *pensar verdadeiro*, o pensar crítico, que não aceita a dicotomia mundo-homem e percebe a realidade como um processo de eterna transformação e humanização das pessoas, não aceitando assim a história como uma estratificação e aquisição de experiências do passado.

Esses seis pontos serviram de parâmetros para uma conscientização pedagógica por parte da equipe idealizadora do projeto (cientista, autor da pesquisa e orientador). Compreendendo que deve haver um compromisso em estar junto aos estudantes (*amor ao mundo e aos homens*), ter humildade em como se aproximar dos estudantes, sem arrogância (*humildade*), acreditar que é possível que os estudantes possam querer *ser mais*, discutir e entender uma pesquisa em aberto sobre um dispositivo tecnológico (*fé na humanidade*), confiar nos alunos de que participariam de todo o processo da pesquisa (*confiança*), ter esperança de sempre continuar em frente, na luta por uma contribuição cada vez maior em uma educação de qualidade (*esperança*) e por fim, ter a perspectiva de que sempre é possível despertar a criticidade dos estudantes por meio do diálogo, da escuta e de poder sempre transformar sem ficar preso em uma história petrificada (*pensar verdadeiro*).

Usufruindo ainda mais da obra de Freire (2006), traz-se a concepção de *Tema Gerador* (TG) associado à pesquisa. Os TG são elementos que existem nos homens, provenientes não somente de suas experiências existenciais, mas também da relação homem-homem e homem-mundo. Para criá-los, deve-se ter como objetivo principal a intenção de se investigar o pensamento-linguagem do povo, seu nível de percepção de realidade, a sua visão de mundo e não o povo em si, o que novamente retoma a ideia primordial de Freire (2006) de se investigar *com o povo e não o povo*.

Esses TG estão envolvidos e envolvem o que Freire (2006) define como *situação-limite*, que deve ser superada de forma crítica. As *situações limites* podem ser vistas como uma “fronteira entre o ser e o nada”, o que implica na existência do opressor e do oprimido: “As situações-limites implicam na existência daqueles a quem direta ou indiretamente servem [oprimidos] e daqueles a quem negam e freiam [opressores]” (FREIRE, 2006, p. 109). Estas estipulam um “teto”, um limite até onde o oprimido pode vir a ser. Mas quando a *situação limite* é vislumbrada pela perspectiva crítica dos oprimidos, ela adquire uma nova roupagem e se torna *o ser e o mais ser*, que o autor denomina de *inérito viável*, onde agora o oprimido *é*, mas possui a possibilidade de *ser mais* e que, para a sua concretização, é direcionada toda a ação. Esta ação que se denomina como *ato-limite*, que é a “superação e à negação do dado, em lugar de implicarem sua aceitação dócil e passiva.” (FREIRE, 2006, p. 105).

O processo para a criação do TG é dado pela *Investigação Temática* (ITM), que é o ponto de partida da dialogicidade, envolvendo o processo de investigação do pensar do povo, seja neles ou entre eles. Daí vem a concepção de Freire (2006) sobre as pessoas se educando entre si, pois “Quanto mais investigo o pensar do povo com ele, tanto mais nos educamos juntos. Quanto mais nos educamos, tanto mais continuamos investigando” (FREIRE, 2006, p. 118),

havendo então uma interação entre investigador e povo, em um processo de práxis de ação, reflexão e transformação partindo da realidade do povo, onde todos seguem juntos ao longo de todo o percurso.

Porém, nem sempre há a possibilidade de efetuar todo o processo proposto por Freire (2006). Mas ainda em sua obra, o autor apresenta os *temas dobradiças* (TD), que são temas que a equipe pode sugerir no conteúdo programático que não necessariamente partiram do povo. Afinal, se a programação é dialógica, então conforme Freire (2006, p. 134) “têm os educadores-educandos [o direito] de participar dela, incluindo temas não sugeridos”. Esses temas servem para preencher lacunas que um tema pode possuir com relação ao outro, e assim podem contribuir para relacionar o conteúdo geral da programação e a visão de mundo que o povo vem possuindo.

Com esta ótica freireana, foi possível tratar o *tema* “otimização das células DSSC” como TB. Uma vez que, conforme Freire (2006, p. 134), talvez exista a “necessidade de colocar alguns temas fundamentais que, não obstante, não foram sugeridos pelo povo” e que quando postos contribuem para a relação entre a visão geral do conteúdo programático e a visão de mundo que o povo esteja tendo. Como o docente dos alunos participantes da pesquisa lecionava na área de Ciências da Natureza e suas tecnologias e já vinha conversando sobre desenvolvimento sustentável e fontes de energias renováveis, deu-se a oportunidade de se utilizar o tema DSSC como tema ligante entre o conteúdo programático geral da pesquisa e as compreensões que os alunos viriam a ter sobre o dispositivo tecnológico.

Ademais, retomando a discussão acerca do *ser mais* dos alunos, interpreta-se que a *situação-limite* que seria encontrada pelos alunos é a fronteira entre o que compreendem sobre a ciência e o dispositivo tecnológico. Dentro deste, pode-se incluir também o ser (aluno) e o nada (não cientista), e o ser (aluno) e o mais ser (ser cientista). Deste modo, a estruturação do projeto não foi só para apresentar um problema de investigação aberto sobre a produção e otimização de um dispositivo tecnológico e os instigarem a falar sobre o assunto, mas também a trazer uma possibilidade de *ser mais* aos alunos, buscando então transformar uma *situação limite* em um *inédito-viável* que os motivassem a direcionar a sua ação (estudos, leituras, conversas, dúvidas etc.) a alcançar este *mais ser*.

4.4. Preparação do encontro

Para se realizar a pesquisa, primeiramente houve a submissão do projeto ao comitê de ética: CAAE 64881322.9.0000.5094. Mediante a sua aprovação, deu-se sequência ao trabalho. Desta maneira, o próximo passo foi o contato com uma escola pública do Sul de Minas Gerais onde se aplicaria o projeto.

Depois do aceite por parte da escola e o aval da Secretaria de Estado de Educação de Minas Gerais (SEE/MG), o pesquisador foi até a escola onde conversou com o diretor sobre o projeto e com o docente. Foi exposto como funcionaria, quais turmas iriam participar e a data da aplicação. Após esta conversa com o corpo diretivo e docente, o pesquisador foi até as salas das turmas para convidar os estudantes a participarem da pesquisa. Nesta, explanou-se que a conversa se daria de forma remota, com um cientista da área da física dos materiais e que eles ficariam no laboratório de informática junto com o docente e o pesquisador, onde teriam a oportunidade de falar sobre ciências e tirar todas as dúvidas que achassem pertinentes sobre o assunto, pois o cientista estaria disponível para eles. Também fora dito que não se sentissem acanhados, pois o projeto foi pensado para eles – alunos – e não sobre eles. Ademais, foi lido os termos de consentimento, assentimento, carta aos estudantes e formulário de consentimento e instruiu-se que a participação era de forma voluntária, podendo ser cancelada a qualquer momento.

Desta maneira, foi entregue aos estudantes e seus pais a carta aos alunos onde se agradecia por participarem da pesquisa e brevemente descrevia como seria, o formulário de consentimento onde os alunos respondia às questões com "sim" ou "não" para assim afirmarem que compreendiam os detalhes da pesquisa e as políticas de dados, o termo de assentimento livre e esclarecido onde explicava toda a pesquisa e seus detalhes aos pais para assim permitir seu filho menor de idade a participar da pesquisa e o termo de consentimento livre e esclarecido, que é de mesmo sentido que o de assentimento, mas direcionado para alunos maiores de idade. Um questionário prévio, Quadro 1, foi solicitado para que o docente aplicasse junto aos seus alunos, nele, o aluno não se identificaria e responderia em uma folha quais eram as suas percepções sobre a produção do conhecimento científico e as tecnologias envolvidas na pesquisa de um cientista.

Quadro 1 Questões antes da conversa com o cientista

O que é ciência para você?
Descreva como você imagina como é um cientista.
Cite três coisas que você acha que um cientista faz.
Você conseguiria descrever quais as tecnologias envolvidas na pesquisa de um cientista?

Fonte: Autor (2024).

Com essas questões foi possível ter uma noção sobre quais eram as percepções prévias dos alunos sobre a ciência, os cientistas e se havia alguma percepção sobre quais as tecnologias são envolvidas no trabalho do cientista. As respostas foram transcritas pelo pesquisador e formaram o primeiro *corpus* de análise.

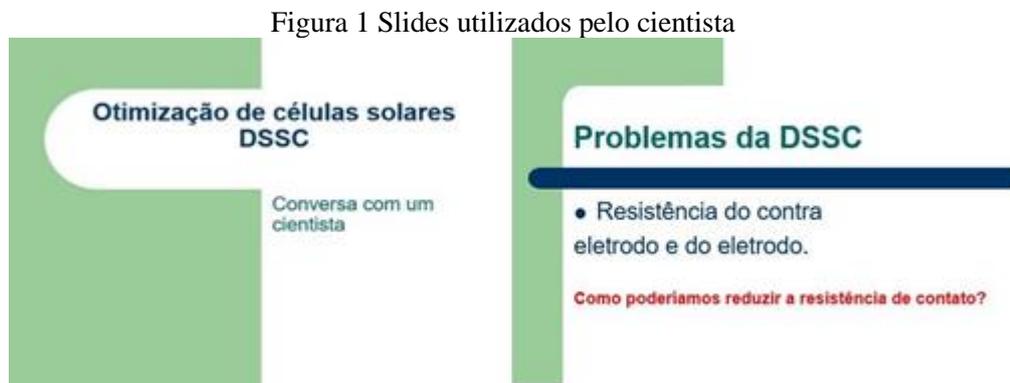
Antes da execução da pesquisa em si, houve a necessidade de preparar materiais e mecanismos de escape para alguns problemas que poderiam vir a ter durante a aplicação. Primeiramente foram criados “e-mails genéricos” (aluno1cv@...; aluno2cv@...) para caso alguns dos alunos que não tivessem e-mail ou esquecessem a sua senha não ficassem prejudicados. Outro ponto foi providenciar os materiais para a produção de dados, para isso foi utilizada uma câmera – colocada antes mesmo dos alunos entrarem na sala – que gravou em áudio e vídeo todo o encontro, além do uso de dois gravadores para apoio na captação de áudio. Todos os equipamentos foram instalados antes dos alunos entrarem na sala, para assim eles não ficassem esperando ou se sentirem incomodados com a instalação dos objetos.

O projeto foi idealizado para ter 1hr 40 de duração e a sua idealização se deu para ser de forma remota com o cientista da conversa e presencial com o pesquisador do presente trabalho. Para o remoto, foi utilizado uma plataforma de comunicação por vídeo chamada como promotora do diálogo entre o cientista e os alunos. Portanto, houve a necessidade que a escola dispusesse de uma sala de informática com computadores conectados à internet para que os alunos pudessem participar do projeto.

4.5. A conversa com o cientista

No dia do projeto, o pesquisador, o docente e os alunos, ficaram no laboratório de informática da escola e iniciou-se as discussões sobre a pesquisa do cientista de forma online através da plataforma de vídeo chamada.

O cientista então se apresentou e explanou sobre a sua pesquisa atual, células solares, buscando instigar os alunos a participarem de uma discussão sobre a sua otimização e a tirarem suas dúvidas por meio do chat ou do áudio da plataforma. Para a produção dos dados, toda a interação entre cientista e aluno foi filmada, o que formou o segundo *corpus* de análise. A Figura 1 mostra dois slides utilizado pelo cientista em sua apresentação:



Fonte: Autor (2024)

Os alunos se mantiveram compenetrados na apresentação não havendo nenhuma alteração no laboratório, mostrando-se focados em compreender o que estava sendo dito. Alguns alunos não tinham fone de ouvido para conectar no computador, desta forma, eles formaram duplas ou trios por computador com os colegas que tinham. Ademais, nem todos os alunos possuíam o e-mail necessário para se conectar ou não lembravam a senha, portanto, o pesquisador providenciou os e-mails genéricos e os conectou com estes.

Na primeira metade da apresentação os estudantes ficaram mais compenetrados em compreender o que era a pesquisa do cientista, mas na metade final iniciaram uma série de perguntas via chat. Questões como: Qual o custo de uma placa? Qual o benefício para o meio ambiente? Como os elétrons são recarregados na pilha da placa? Entre outros, foram levantadas e respondidas uma a uma pelo cientista.

Após a despedida do cientista aos alunos, começou a segunda etapa do encontro: A entrevista semiestruturada com o pesquisador (Quadro 2).

Quadro 2 Questões realizadas pelo pesquisador

PARTE 1	Obter dados sobre a compreensão do aluno sobre o ensino-aprendizagem de Física.	1- Qual é o objetivo de se aprender física no ensino médio?
		2- Como você procura aprender Física?
		3- Você consegue citar um exemplo de conteúdo de física que aprendeu? Se sim, qual seria?
		4- Por que você se lembra deste conteúdo?
PARTE 2	Obter dados sobre a compreensão dos alunos de Física sobre a produção do conhecimento científico.	5- Como esse conteúdo foi descoberto?
		6- Depois deste encontro, como você pensa que um cientista descobre coisas novas?
		7- Você vê alguma diferença entre os problemas com que o cientista trabalha e as atividades de física que você faz na escola?
		8- Enquanto o cientista está trabalhando em um problema, ele sabe qual é a resposta?
		9- E as atividades de física que você faz na escola, a resposta já é conhecida?
PARTE 3	Obter dados sobre quais reflexões o aluno traz para si após a conversa com o cientista.	10- Mudou alguma coisa na sua percepção sobre a física depois desta conversa com o cientista?

Fonte: Autor (2024).

Esta entrevista semiestruturada contribuiu para trazer à luz as reflexões que os alunos poderiam ter após a conversa com o cientista e desta forma registrar tais pensamentos para uma posterior análise. Toda a entrevista foi filmada, o que permitiu ao pesquisador identificar cada aluno que estava respondendo às perguntas e assim os distingui-los no momento de transcrever. Portanto, o áudio do vídeo foi transcrito para um processador de texto, formando assim o terceiro *corpus* de análise.

Essa entrevista foi feita em grupo no próprio laboratório de informática. Neste momento, o pesquisador solicitou para que todos se sentassem mais próximo a ele para assim terem uma conversa tranquila e reflexiva sobre o encontro com o cientista. As perguntas feitas aos alunos estão no Quadro 2, e não foi sugerida nenhuma ordem de resposta ou até mesmo uma obrigação em responder, o aluno ou a aluna que se sentisse confortável em responder, era livre para dizer o que, como e o quanto quisesse. Os alunos se mostraram muito animados em

participar, em todas as questões houve pelo menos uma resposta, além de comentários sobre o trabalho ou sobre um ponto específico da conversa. Assim, esta etapa configurou-se como a última etapa da produção dos dados, após esta, houve um agradecimento aos alunos e a todo corpo diretivo da escola pela participação. Todo este processo ficou registrado na câmera e no gravador, o qual foi transcrito no processador de texto.

Em suma, o Quadro 3 mostra as etapas, quais os dados produzidos, como foram registrados e a ordem de produção do *corpus*:

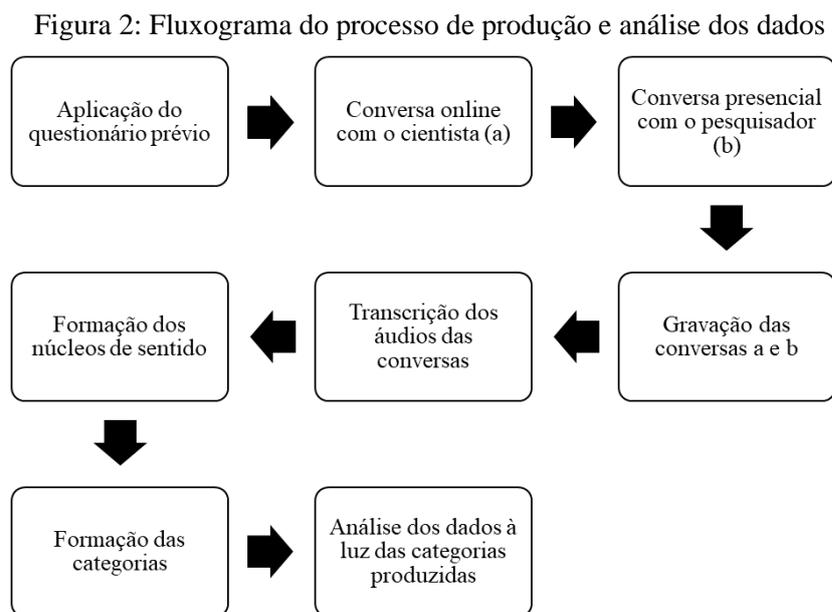
Quadro 3 As etapas da produção de dados

Etapas	Produção	Registro	Corpus
Pré-conversa	Questão prévia	Escrita	Primeiro
Conversa	Conversa com o cientista	Filmagem	Segundo
Pós-conversa	Entrevista semiestruturada	Filmagem	Terceiro

Fonte: Autor (2024).

Desta forma, foram produzidos três conjuntos de dados: pré-conversa, conversa e pós-conversa, os quais foram transcritos e agrupados em um único *corpus*. Devido aos objetivos do trabalho, foram analisadas de forma sistemática somente as respostas da pergunta 4 do Quadro 1 e as transcrições das falas dos alunos na conversa com o cientista.

Como forma de trazer uma maior clareza quanto ao processo de produção e análise dos dados a Figura 2 apresenta um fluxograma que traz de forma reduzida os caminhos seguidos pelo autor do presente trabalho desde a conversa com o cientista, passando pela produção dos dados e terminando em sua análise:



Fonte: Autor (2024).

5. RESULTADOS

A pesquisa parte de uma perspectiva qualitativa, uma vez que conforme Bardin (2008), é um tipo de análise onde se pauta pela intenção em analisar palavras, temas, personagens, entre outros, o que é pertinente ao presente trabalho.

Participaram dezenove alunos no total, que foram codificados como A1 até A19. O *corpus* de análise foi oriundo dos dados e descritos nas seções 4.4 e 4.5. Desta forma, foi feita uma *exploração do material* de modo a *codificá-lo* com vistas a possuir uma melhor compreensão sobre o *corpus* e trazer à tona os índices pertinentes para análise (BARDIN, 2008).

Para os dados produzidos, foi relevante uma análise das *unidades temáticas*, o que é próximo ao que Bardin (2008) propõe, pois segundo a autora, este procedimento é geralmente aplicado para respostas vindas de questões abertas, entrevistas (não diretas ou mais estruturadas), comunicação em massa, entre outros, pois, há diversas respostas que podem variar nas palavras, mas possuem um tema em comum. Deste modo, o *corpus* pôde ser marcado em várias partes de acordo com um tema em comum. Para identificar os temas mais gerais que pudessem discriminar os trechos, foi feita uma leitura flutuante.

Foram identificados três grandes temas: **ciência**, **tecnologia** e **ambiente** que formaram os primeiros *núcleos de sentidos*. Devido aos objetivos do presente trabalho e a sua linha de pesquisa, Educação e tecnologias, foi estabelecido que se daria seguimento à análise somente aos trechos pertencentes ao núcleo **tecnologias**. Ademais, os trechos pertencentes ao núcleo **ambiente** foram realocados tanto para o de **ciência** quanto para o de **tecnologia**, uma vez que quando surgia a questão ambiental, esta estava associada ou ao dispositivo tecnológico – célula solar – ou à produção científica e seus objetivos.

A partir do *núcleo de sentido tecnologias*, foi feita uma nova análise que se configurou nas seguintes categorias definidas *a posteriori*: *Tecnologia e ciência: Compreensão do dispositivo e o uso da tecnologia na produção científica; Questões econômicas e de fabricação do dispositivo e Relação entre o dispositivo e o meio ambiente*. No Quadro 4 é elencada cada categoria, uma breve descrição de seu significado e um excerto retirado do *corpus* de análise.

Quadro 4 Categorias, definições e excertos

Categorias	Definição	Excerto
<i>Tecnologia e ciência: Compreensão do dispositivo e o uso da tecnologia na produção científica</i>	As compreensões sobre o dispositivo pela ótica da ciência e uso de termos científicos para efetuarem questionamentos.	“No caso da pilha que o senhor mostrou, ela perde potência, esses elétrons podem ser recarregados ou reutilizados?” (A9)
<i>Questões econômicas e de fabricação do dispositivo</i>	As compreensões quanto ao custo e local de produção do dispositivo.	“Em que locais pode comprar placas?” (A6)
<i>Relação entre o dispositivo e o meio ambiente</i>	As compreensões sobre a influência do dispositivo e meio ambiente.	“Elas são recicláveis?” (A6)

Fonte: Autor (2024).

O quadro 4 sintetiza as categorias emergidas *a posteriori*, a definição que cada uma recebeu depois de pronta e um excerto representativo. Na próxima seção será analisado de forma detalhada as categorias e apresentado todos os excertos relacionados a elas.

5.1. Tecnologia e ciência: Compreensão do dispositivo e o uso da tecnologia na produção científica

Em um primeiro momento, quando questionados sobre a relação entre tecnologia e ciência no questionário prévio, os alunos assumiram uma postura da tecnologia como algo a ser utilizado pelo cientista. Dentre os aparelhos mais mencionados pelos alunos nesta etapa encontra-se o “microscópio”, sendo citado seis vezes e “computadores” com nove citações. Este tipo de perspectiva é o que Feenberg (2013a) define como *instrumentalista*: a tecnologia “aparece agora como puramente instrumental, como isenta de valores. Não responde aos propósitos inerentes, mas somente servem como meios e metas subjetivas que escolhemos a nosso bel-prazer” (FEENBERG, 2013a, p.56). Deste modo, microscópio e computador são dispositivos que estão sujeitos ao cientista para serem utilizados da forma que for mais útil.

Por outro lado, tanto na discussão com o cientista quanto na entrevista semiestruturada com o autor do presente trabalho, os alunos ao serem apresentados ao dispositivo tecnológico e instigados a comentar sobre tal dispositivo, passaram não só a utilizar termos científicos para saber sobre a eficiência da célula solar, como a questionar sobre o seu funcionamento do ponto de vista científico, conforme a citação do aluno A9: “No caso da pilha que o senhor mostrou, ela perde potência, esses elétrons podem ser recarregados ou reutilizados?” Este trecho evidencia uma nova abordagem da relação ciência e tecnologia. Se antes a tecnologia foi pensada na forma de utilidade, agora é um objeto de pesquisa e motivo de questionamento sobre o seu rendimento do ponto de vista científico, como em mais um exemplo a seguir: “Quanto volts gera uma placa?” (A4).

Houve também indagação com relação à segurança da célula: “Uma placa pode explodir? Ou pegar fogo?” (A9), assim como também com o seu formato: “Qual o tamanho da placa?” (A13) Tais indagações dos alunos se aproximam de uma teoria crítica da tecnologia, pois de acordo com Feenberg (2013a) a teoria crítica compreende que há espaço para submeter a tecnologia a “um processo mais democrático no *design* e no desenvolvimento” (FEENBERG, 2013a, p. 61) com vistas a melhorar a sua segurança – como no caso das caldeiras explosivas explicadas pelo autor (Seção 2.1) – e na sua forma – como no caso das bicicletas com roda dianteira maiores ou menores (Seção 2.1) – algo análogo ao que ocorreu nas falas dos alunos demonstrando a sua preocupação com o *significado social* que o dispositivo possui para aquele grupo.

5.2. Questões econômicas e de fabricação do dispositivo

Nesta categoria couberam todas as indagações que envolviam o teor econômico da célula solar e sua fabricação. Nesta esteira, Feenberg (2013b) comenta sobre o *trade-off*, que é uma preocupação com o valor de mercado de alguma tecnologia em detrimento de sua eficiência. E salienta que em uma sociedade obcecada por bem-estar econômico, isso se torna de grande valia para as suas decisões quanto à tecnologia.

Os alunos neste sentido levantaram questionamentos quanto ao preço do dispositivo: “qual o custo de produção de uma placa?” (A5). Porém, o autor alerta que reduzir uma tecnologia somente ao seu custo pode varrer para debaixo do tapete todos os outros aspectos que uma tecnologia pode atingir na vida humana (FEENBERG, 2013b).

Também houve indagações sobre o local de produção das placas: “Em que lugares são feitas as placas?” (A6) e as variações da célula solar: “Existem quantos tipos de placas?” (A9). O fator comum a todos esses questionamentos é a atenção aos meios de produção do dispositivo, que pela perspectiva da teoria crítica de Feenberg seria uma preocupação com o *código técnico* do dispositivo, uma vez que este define um conjunto de regras que determinarão o processo de fabricação do equipamento.

Por fim, houve uma pergunta quanto às componentes das placas: “O que se usa pra fazer uma placa?” (A9). Tal pergunta se associa com um dos aspectos da *instrumentalização secundária* que Feenberg discorre, a *sistematização*. Neste caso, o filósofo explica que para funcionar como um dispositivo real, os objetos isolados e descontextualizados combinam entre si para serem reinseridos no ambiente natural e a *sistematização* consiste nisso, em um “processo de fazer tais combinações e conexões” (FEENBERG, 2013f, p. 227). Retomando o exemplo do carrinho de rolimã (Seção 2.1), o que se tem é que são combinados objetos técnicos que se encontravam isolados, como rodas, alavancas e receptáculos para formar o carrinho (FEENBERG, 1999, 2013f). Deste modo, ao questionar sobre os objetos técnicos que compõe a placa, o aluno busca compreender como foi feita a *sistematização* da célula solar.

5.3. Relação entre o dispositivo e o meio ambiente

Segundo Fischetti (2014), na perspectiva de Feenberg a expansão da democracia para os ramos da tecnologia é uma forma de evitar seus efeitos destrutivos em variados setores, como por exemplo no meio ambiente. Isso se torna importante pois, segundo a autora, o capitalismo é o primeiro sistema que reprime através da tecnologia sob a bandeira da “neutralidade”, o que demonstra mais do que nunca o quanto a tecnologia é política.

Deste modo, com vistas à forma como o capitalismo lida com a tecnologia, Feenberg (2013b) comenta que esta é *socialmente relativa* podendo satisfazer uma ou outra ideia de um grupo específico. Assim, o filósofo propõe o conceito de *código técnico*, que é um conjunto estruturado de intenções estéticas, técnicas, éticas e socialmente desejáveis de modo a serem seguidas para se fabricar alguma tecnologia. Tais códigos podem ser controlados por um grupo culturalmente fixado, o que faz com que a filosofia da tecnologia problematize os fundamentos destes códigos.

Para inverter a maré com relação ao poderio do capitalismo sobre a tecnologia, conforme já supracitado, Feenberg (2013b) propõe a concepção de *racionalismo democrático* uma vez que para o filósofo é possível intervir no *design* tecnológico de forma democrática a ponto de incluir as minorias menos favorecidas. Segundo Feenberg (2013b, p. 93) “a tecnologia pode apoiar mais de um tipo de civilização tecnológica e, algum dia, ser incorporada em uma sociedade mais democrática que a nossa”. Assim, o autor traz à tona que pode e deve-se dar voz à população sobre os rumos da tecnologia.

Feenberg (2013e), em resposta a Tyler Veak, também afirma que seu trabalho sobre a tecnologia é um análogo ao que ocorreu no ambientalismo. Segundo o filósofo, as questões ambientais surgiram a partir de assuntos que se diziam ser separados, como controle da população e protestos nucleares. Então, para o autor, a tecnologia tem esse mesmo sentido, antes era tratada a par da sociedade e somente especialistas poderiam intervir nelas, mas agora ela deve ser tratada dentro da esfera pública, junto à sociedade.

Ademais, antes da análise dos excertos, é de convir ressaltar que segundo o docente os alunos participantes deste projeto estavam cursando com ele uma disciplina do itinerário formativo da escola que abordava questões ambientais, como por exemplo a Agenda 21 da ONU.

Com esses pressupostos, apresentam-se as falas dos alunos quanto a esta categoria: “As placas seriam um grande contribuinte para geração de energia limpa e sustentável?” (A5)

e “Esse resíduo de limpar [...] pode prejudicar o meio ambiente?” (A9). Ambas as questões mostram anseios dos alunos sobre como esta tecnologia se relaciona ao ambiente. Assim, os alunos estão questionando o *código técnico* das células solares sob a perspectiva ambiental, as perguntas dos alunos podem ser traduzidas como: As células solares estão ambientalmente coerentes? Ou seja, para este grupo de alunos os valores sustentáveis são dignos de serem abordados no âmbito da manufatura/otimização das células solares. Tais questionamentos trazem à tona a relevância da participação da sociedade acerca das tecnologias, uma vez que é de se notar de que os alunos não estão alheios ao todo, eles possuem algo a dizer sobre o tema.

6. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Esta pesquisa se situa no contexto de educação e tecnologias. Para tanto, foi proposto um encontro entre alunos de uma escola pública do Sul de Minas Gerais com um cientista que pesquisa sobre a otimização de células solares do tipo DSSC. O objetivo era identificar quais as compreensões que os alunos possuíam sobre este dispositivo. Para isso, produziram-se os dados por meio de um questionário prévio e gravações tanto do encontro dos estudantes com o cientista como também da entrevista semiestruturada do autor do presente trabalho. Todos esses dados foram transcritos e posteriormente analisados de forma sistemática.

A pesquisa possui como perspectiva de que é necessário ter mais criticidade ao abordar o tema tecnologia na educação, no sentido de que a tecnologia não estar a par da sociedade, mas sim em seu contexto, onde influencia e é influenciada. Desta maneira, ao se abordar sobre uma tecnologia em sala de aula, é necessário trazê-la de forma crítica. Neste aspecto, o trabalho se atentou em promover a conversa entre alunos e cientista sobre uma tecnologia ainda em construção, o que evita que haja apenas uma contemplação da tecnologia e abra a possibilidade de participação de um extrato da sociedade – neste caso os estudantes – no processo de produção do dispositivo.

Dado em vista que a pergunta investigativa e o objetivo geral desta pesquisa consistem em identificar que compreensões os alunos elaboraram sobre o processo de otimização de um dispositivo tecnológico, as células solares DSSC, ao dialogarem com o cientista, pôde-se constatar que eles elaboraram questões cujo tema se encontrou muito associado às questões científicas, econômicas e ambientais.

Ademais, a pesquisa possuía dois objetivos específicos, o qual o primeiro consistia em identificar que perguntas e reflexões os alunos elaboraram ao dialogar com o cientista. De acordo com o que fora registrado nas categorias, pode-se notar que os alunos efetuavam muitas reflexões por meio de perguntas sem necessariamente uma contextualização prévia por parte dos estudantes, portanto, eram perguntas diretas no meio da conversa. É de salientar que o objetivo geral se atentava a identificar os temas que os alunos poderiam trazer, enquanto o objetivo específico se atentava ao modo que apareceriam.

Já o segundo o foco foi em identificar qual esfera, técnica ou social, os estudantes destacariam em suas falas. De acordo com as categorias expostas, a primeira, *Tecnologia e ciência: O uso da tecnologia na produção científica e compreensão da segurança do dispositivo*, mostra que os alunos abordaram questões técnicas quando demonstraram interesse

em compreender se os elétrons eram recarregáveis por exemplo, mas por outro lado, ao abordarem sobre a segurança da célula solar, se mostraram mais atentos aos aspectos sociais da placa. Nas outras duas categorias, *Questões econômicas e de fabricação do dispositivo* e *Relação entre o dispositivo e o meio ambiente* houve aspectos puramente sociais, onde no primeiro houve dúvidas quanto ao custo, local de produção, tipos e formas do dispositivo tecnológico e no segundo houve uma abordagem com relação ao quanto a célula solar era ambientalmente coerente.

Um ponto pertinente dentro do contexto da pesquisa é explanar sobre as motivações em se trazer um filósofo da tecnologia, neste caso Andrew Feenberg, como base referencial do trabalho. Ao se tratar de discutir sobre o que é a tecnologia, suas consequências e influências, seu modo de funcionamento e fundamentações teóricas, é pertinente trazer referenciais que abordem tais questões. Neste âmbito, a filosofia de Andrew Feenberg se demonstrou relevante, uma vez que em seus trabalhos o filósofo compreende a tecnologia com uma amplitude maior, no sentido de que entende que é necessário compreender as questões técnicas (instrumentalização primária) e sociais (instrumentalização secundária) da tecnologia, o que faz com que a sua teoria se afaste de uma posição sobre a tecnologia que se restrinja somente à técnica ou ao aspecto puramente social do objeto.

Ademais, por ter uma perspectiva crítica, o filósofo não se acomoda em somente em explicar a tecnologia, ele também busca pressupostos para trazer as minorias para a discussão dessa. Para isso, ele traz fatos históricos – como no caso do Minitel na França – que corroboram com a sua perspectiva de racionalismo democrático.

Diante do exposto, em uma pesquisa cujo contexto se queira averiguar as perspectivas dos alunos acerca de uma tecnologia, se faz necessário ter como base algum referencial que discuta este tema de forma aprofundada, para assim evitar que se faça uma avaliação superficial com relação às falas dos alunos. Ademais, com a filosofia da tecnologia de Andrew Feenberg, não há o risco de ficar em defasagem, pois mesmo que os alunos abordem os aspectos puramente técnicos ou sociais, ambas as perspectivas estão contempladas e muito bem-postas em sua teoria. Além de que devido a importância da participação das minorias no processo de produção tecnológico proposta pelo filósofo, abre-se um pressuposto em promover variadas atividades em que haja a efetiva participação da população na discussão e/ou produção da tecnologia, o que torna oportuna propostas como do presente trabalho.

Devido ao campo de pesquisa que o autor do presente trabalho se encontra, educação e tecnologias, nem todos os dados foram utilizados. Destaca-se para a entrevista

semiestruturada executada pelo autor juntamente aos estudantes, perguntas estas que se encontram no Quadro 2. Tais perguntas se concentraram muito em outro ramo da pesquisa em educação, neste caso a Natureza da Ciência. Situação essa que não é desanimadora, pois abre a possibilidade de uma ampliação da presente pesquisa ou uma nova ótica para um outro trabalho que pode vir a surgir. Neste caso, seria pertinente compreender então as reflexões dos alunos sobre o que é ciência quando estão em diálogo com um cientista.

À guisa de conclusão, pode-se expor alguns benefícios acerca de pesquisas de mesma natureza que a do presente trabalho. Primeiramente, a vantagem em convidar um cientista que pesquisa na área tecnológica, sem necessariamente dar ênfase para qual tecnologia seria essa, para conversar com um público que não seja pertencente à comunidade científica, é que abre a possibilidade de se trabalhar com outras tecnologias que não somente as células solares, despertando então a curiosidade em identificar quais questões os alunos levantariam, se permaneceriam na mesma linha das categorias surgidas no presente trabalho ou se apareceriam outros temas não antes previstos.

Um segundo ponto é que os alunos podem vislumbrar mais de perto as pesquisas que estão na vanguarda do conhecimento e com isso talvez virem a desejar ser cientista. Além de poderem ser protagonistas em uma conversa franca com o cientista, onde podem ter a possibilidade de trazerem dúvidas que talvez não soubessem a quem perguntar. Por fim, outra vantagem é na condição de propor uma discussão sobre uma tecnologia em pesquisa, pois o aluno pode se sentir parte e/ou testemunha de algo que vem acontecendo e assim trazer suas perguntas e reflexões sobre o processo de construção da tecnologia ou de seu *código técnico* como definido por Feenberg.

REFERÊNCIAS

- ADDAMS, T. Tecnologias e educação: contribuição para o debate na obra de Paulo Freire. **Revista da FAEEBA: Educação e Contemporaneidade**, v. 31, n. 65, p. 226-242, 2022.
- BARDIN, L. **Análise de Conteúdo**. 4ª ed. Lisboa: Edições 70, 2008. 281 p.
- BRAGA, C. R. **Conversa com cientista: compreensões de professores de física sobre a produção do conhecimento científico**. 2023. 104 p. Dissertação (Mestrado em Educação em Ciências) – Universidade Federal de Itajubá, Itajubá, 2023.
- CHEN, J.; COWIE, B. Scientists talking to students through videos. **International Journal of Science and Mathematics Education**, v. 12, p. 445-465, 2014.
- CHRIST, I. D. S. *et al.* Célula solar na escola: como construir uma célula solar sensibilizada por corantes naturais. **Química Nova na Escola**, São Paulo, v. 41, n. 4, p. 394-398, nov. 2019. Sociedade Brasileira de Química (SBQ). <http://dx.doi.org/10.21577/0104-8899.20160180>.
- FALLOON, G. Using videoconferencing in a school-scientist partnership: students' perceptions and scientists' challenges. **Research in Learning Technology**, v. 20, n. 3, p. 1-18, 2012.
- FEENBERG, A. O que é a filosofia da tecnologia? In: NEDER, R. T. (Org.). **A teoria crítica de Andrew Feenberg: racionalização democrática, poder e tecnologia**. 2ª ed. Brasília: Observatório do Movimento pela Tecnologia Social na América Latina / CDS / UnB / Capes, 2013a. p. 49-67.
- FEENBERG, A. Racionalização subversiva: tecnologia, poder e democracia. In: NEDER, R. T. (Org.). **A teoria crítica de Andrew Feenberg: racionalização democrática, poder e tecnologia**. 2ª ed. Brasília: Observatório do Movimento pela Tecnologia Social na América Latina / CDS / UnB / Capes, 2013b. p. 67-95.
- FEENBERG, A. Teoria crítica da tecnologia: um panorama. In: NEDER, R. T. (Org.). **A teoria crítica de Andrew Feenberg: racionalização democrática, poder e tecnologia**. 2ª ed. Brasília: Observatório do Movimento pela Tecnologia Social na América Latina / CDS / UnB / Capes, 2013c. p. 97-117.
- FEENBERG, A. A fábrica ou a cidade: qual o modelo de educação a distância via web?. In: NEDER, R. T. (Org.). **A teoria crítica de Andrew Feenberg: racionalização democrática, poder e tecnologia**. 2ª ed. Brasília: Observatório do Movimento pela Tecnologia Social na América Latina / CDS / UnB / Capes, 2013d. p. 153-175.
- FEENBERG, A. Precisamos de uma teoria crítica da tecnologia. In: NEDER, R. T. (Org.). **A teoria crítica de Andrew Feenberg: racionalização democrática, poder e tecnologia**. 2ª ed. Brasília: Observatório do Movimento pela Tecnologia Social na América Latina/CDS/UnB/Capes, 2013e. p. 194-199.

FEENBERG, A. Do essencialismo ao construtivismo – a filosofia da tecnologia numa encruzilhada. In: NEDER, R. T. (Org.). **A teoria crítica de Andrew Feenberg: racionalização democrática, poder e tecnologia**. 2ª ed. Brasília: Observatório do Movimento pela Tecnologia Social na América Latina / CDS / UnB / Capes, 2013f. p. 205-251.

FEENBERG, A. **Questioning technology**. London, New York: Routledge, 1999. 243 p.

FEENBERG, A. **Teoria Crítica da Tecnologia: nota autobiográfica**. Piracicaba: Unimep/Ufscar/Unesp, 2004.

FISCHETTI, N. Filosofía de la tecnología y democracia por Andrew Feenberg como emergente de la teoría crítica de Herbert Marcuse para el siglo XXI. **Revista Iberoamericana de Ciencia, Tecnología y Sociedad – CTS**, v. 9, n. 26, p. 79-88, 2014.

FRANCE, B.; BAY, J. L. Questions students ask: Bridging the gap between scientists and students in a research institute classroom. **International Journal of Science Education**, v. 32, n. 2, p. 173-194, 2010.

FREIRE, P. **A Pedagogia do Oprimido**. 44 ed. São Paulo: Paz e Terra, 2006, 213 p.

FREIRE, P. **Ação cultural para a liberdade e outros escritos**. 5 ed. São Paulo: Paz e Terra, 1981.

HABOWSKI, A. C.; CONTE, E.; TREVISAN, A. L. Por uma cultura reconstrutiva dos sentidos das tecnologias na educação. **Educação & Sociedade**, v. 40, p. 1-18, 2019.

HADJICOSTI, I. *et al.* Students' forms of dialogue when engaged with contemporary biological research: Insights from university and high school students' group discussions. **Research in Science Education**, p. 1-20, 2021.

LIMA JÚNIOR, C. *et al.* Energia solar: metodologia para avaliação do local de instalação de sistema fotovoltaico fomentando a educação ambiental. **Revista Brasileira de Educação Ambiental**, v. 13, n. 3, p. 233-244, 2018.

MACHADO, M. C. F.; DE SOUZA, M. A.; MELLO-CARPES, P. B. Mulheres na ciência: divulgando possibilidades de carreira científica com escolares. **Revista Ciência em Extensão**, v. 14, n. 1, p. 43-53, 2018.

MARICONDA, P. R.; MOLINA, F. T. Entrevista com Andrew Feenberg. **Scientiae Studia**, v. 7, p. 165-171, 2009.

MAYRINCK, C. *et al.* Célula solar de Grätzel: uma proposta de experimentação interdisciplinar. **Revista Virtual de Química**, v. 9, n. 2, p. 717-728, 2017.

MENEZES, L. H. D. C.; SOARES, M. R. Uma sequência didática baseada na energia solar fotovoltaica. **Revista Exitus**, v. 13, p. 01-023, 2023.

PIASSI, L. P. Robôs e andróides: a abordagem de questões sociopolíticas de ciência e tecnologia em sala de aula. **Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências**, v. 11, n. 3, p. 165-184, 2011.

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

ROSA, G. A. D.; TREVISAN, A. L. Filosofia da tecnologia e educação: conservação ou crítica inovadora da modernidade? **Avaliação: Revista da Avaliação da Educação Superior (Campinas)**, v. 21, p. 719-738, 2016.

SAMPAIO, S. G.; FEITOSA, A. D. V. A educação ambiental através de montagem e simulação de células solares sensibilizadas com corante orgânico. **Ciência e Natura**, v. 38, n. 3, p. 1626-1635, 2016.

SCHERZ, Z.; OREN, M. How to change students' images of science and technology. **Science Education**, v. 90, n. 6, p. 965-985, 2006.

SILVA, J. A. *et al.* Energia Solar Fotovoltaica: Um tema gerador para o aprendizado de Física. **Scientia Plena**, v. 13, n. 1, 2017.

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

VASQUES, C.; FRANCISCO JÚNIOR, N. M. Diálogos entre a robótica educacional e a sala de aula: um estudo de caso. **Texto Digital**, v. 6, n. 1, p. 3-20, 2010.

WOODS-TOWNSEND, K. *et al.* Meet the scientist: The value of short interactions between scientists and students. **International Journal of Science Education, Part B**, v. 6, n. 1, p. 89-113, 2016.