

UNIVERSIDADE FEDERAL DE MINAS GERAIS
FACULDADE DE EDUCAÇÃO
MESTRADO PROFISSIONAL EDUCAÇÃO E DOCÊNCIA

CARLOS EDUARDO LIMA

**A ENERGIA FOTOVOLTAICA NUM CONTEXTO CTSA: UMA
SEQUÊNCIA DE ENSINO SOBRE AS TRANSFORMAÇÕES DE ENERGIA
SOLAR EM ENERGIA ELÉTRICA**

Belo Horizonte
Fevereiro de 2018

CARLOS EDUARDO LIMA

**A ENERGIA FOTOVOLTAICA NUM CONTEXTO CTSA: UMA
SEQUÊNCIA DE ENSINO SOBRE AS TRANSFORMAÇÕES DE ENERGIA
SOLAR EM ENERGIA ELÉTRICA**

Dissertação apresentada ao PROMESTRE –
Mestrado Profissional Educação e Docência, da
Faculdade de Educação da Universidade Federal
de Minas Gerais, como requisito parcial à
obtenção do título de Mestre em Educação e
Docência.

Linha de pesquisa: Ensino de Ciências

Orientador: Prof. Dr. Orlando G. de Aguiar Jr

Belo Horizonte
Fevereiro de 2018

L732e
T

Lima, Carlos Eduardo, 1983-

A energia fotovoltaica num contexto CTSA : uma Sequência de ensino sobre as transformações de energia solar em energia elétrica / Carlos Eduardo Lima. - Belo Horizonte, 2018.

209 f., enc, il.

Dissertação - (Mestrado) - Universidade Federal de Minas Gerais, Faculdade de Educação.

Orientador : Orlando Gomes de Aguiar Junior.

Bibliografia : f. 165-167.

Apêndices: f. 168-209.

1. Educação -- Teses. 2. Ciência -- Estudo e ensino -- Teses. 3. Física -- Estudo e ensino -- Teses. 4. Ciência -- Metodos experimentais -- Teses. 5. Ciência -- Pratica de ensino -- Teses. 6. Professores de ciências -- Formação -- Teses. 7. Professores de física -- Formação -- Teses. 8. Eletricidade -- Estudo e ensino -- Teses. 9. Energia solar -- Estudo e ensino -- Teses. 10. Energia -- Fontes alternativas -- Estudo e ensino -- Teses. 11. Geração de energia fotovoltaica -- Estudo e ensino -- Teses.

I. Título. II. Aguiar Junior, Orlando Gomes de. III. Universidade Federal de Minas Gerais, Faculdade de Educação.

CDD- 372.35

Catálogo da Fonte : Biblioteca da FaE/UFMG



UNIVERSIDADE FEDERAL DE MINAS GERAIS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM EDUCAÇÃO E DOCÊNCIA/MP

UFMG

FOLHA DE APROVAÇÃO

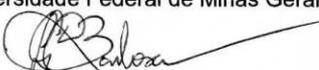
A ENERGIA FOTOVOLTAICA NUM CONTEXTO CTSA: UMA SEQUÊNCIA DE ENSINO SOBRE AS TRANSFORMAÇÕES DE ENERGIA SOLAR EM ENERGIA ELÉTRICA

CARLOS EDUARDO LIMA

Dissertação submetida à Banca Examinadora designada pelo Colegiado do Programa de Pós-Graduação em EDUCAÇÃO E DOCÊNCIA/MP, como requisito para obtenção do grau de Mestre em EDUCAÇÃO E DOCÊNCIA, área de concentração ENSINO E APRENDIZAGEM.

Aprovada em 28 de fevereiro de 2018, pela banca constituída pelos membros:


Prof(a). Orlando Gomes de Aguiar Junior - Orientador
Universidade Federal de Minas Gerais


Prof(a). Luis Gustavo D Carlos Barbosa
UFMG


Prof(a). Juarez Melgaco Valadares
UFMG

Belo Horizonte, 28 de fevereiro de 2018.

“Se eu vi mais longe foi por estar sobre os ombros de gigantes”

Isaac Newton

*A todos que fazem parte desta grande
vitória da minha vida e de maneira especial
a Deus, à minha esposa Kell e meus filhos.*

AGRADECIMENTOS

Acima de tudo e primeiramente ao autor da vida, Deus, que sempre colocou os degraus necessários à minha subida nessa longa e difícil escada que foi o mestrado.

Ao meu orientador e professor Orlando, sempre disposto e paciente para me auxiliar em meu crescimento profissional e até mesmo pessoal.

À minha esposa Kell e filhos (João Victor, Marcelo, Davi e Lucas) que tantas vezes tiveram paciência e abriram mão de suas necessidades, em função do desenvolvimento deste trabalho.

Aos meus pais, Eduardo e Arilda, pelo exemplo de amor e dedicação à família, por me ajudarem na formação de meu caráter.

Aos estudantes e bolsistas PIBID/Física, sujeitos da pesquisa realizada, juntamente com o professor José Cassimiro, colaborador desta pesquisa e coautor da sequência de ensino desenvolvida.

A todos os professores e profissionais que fizeram parte positivamente da minha formação formal, em especial aos professores do PROMESTRE, aos funcionários da secretaria do curso e à nossa coordenadora Nilma Soares.

À Faculdade de Educação (FaE) e à UFMG.

Aos professores Juarez e Luis Gustavo que participaram da banca de qualificação, fazendo ponderações importantes e significativas para este trabalho. Também por aceitarem fazer parte da defesa final do trabalho de mestrado.

Aos colegas de mestrado que tantas vezes me ajudaram e deram ânimo nesta caminhada, seja pela palavra ou pelo bom exemplo de perseverança.

A todo o povo brasileiro que por meio do pagamento de impostos e tributos ajudam a financiar o ensino, a pesquisa e a extensão nas universidades públicas.

A todos que acreditaram em mim e em meu trabalho, muito obrigado!

RESUMO

Esta dissertação é parte do requisito obrigatório para a obtenção do título de Mestre em Educação e Docência, na linha de pesquisa em Ensino de Ciências, pelo Mestrado Profissional Educação e Docência da FaE/UFMG. Nela são apresentados os resultados relativos à pesquisa desenvolvida que se intitula “*A Energia Fotovoltaica num contexto CTSA: uma Sequência de Ensino sobre as Transformações de Energia Solar em Energia Elétrica*”. Na pesquisa foi elaborada e aplicada uma sequência de ensino (SE), em Física, cujo título foi “*As Transformações da Energia Solar em Energia Elétrica*”, para estudantes do 3º ano do ensino médio de uma escola pública estadual, na cidade de Belo Horizonte. A SE possui uma estrutura de ensino com enfoque em Ciência, Tecnologia, Sociedade e Ambiente (CTSA), pautada em atividades, com algumas características investigativas, contando com o uso de recursos mediacionais diversos como vídeos, textos, fluxogramas, mapas, simuladores, entre outros, além de um artefato tecnológico: uma miniusina solar fotovoltaica. Após a aplicação da SE, buscamos analisar as entrevistas feitas com alguns dos seus sujeitos (estudantes, professor e bolsistas PIBID/Física) e as respostas escritas dos estudantes, na resolução das atividades da SE. Em nossa análise buscamos evidenciar possíveis limites e potencialidades da sequência para o aprendizado de conceitos físicos, pelos estudantes, e sua possível contribuição na formação de cidadãos mais críticos e reflexivos (atuantes na sociedade e meio ambiente), acerca do tema energia solar fotovoltaica. Em nossa análise usamos a Teoria da Ação Mediada (TAM), de James V. Wertsch, e os Núcleos de Significação dos Discursos, de Aguiar e Ozella. Com base em nossa análise, reelaboramos a SE que ficará disponível, juntamente com algumas orientações pedagógicas, para professores de Física e Ciências da educação básica.

Palavras-Chave: Sequência de Ensino; Física; CTS; CTSA; Núcleos de Significação dos Discursos; Teoria da Ação Mediada; Energia Solar Fotovoltaica.

ABSTRACT

This dissertation is part of the compulsory requirement to obtain the Master's Degree in Education and Teaching, in the line of research in Science Teaching, by the Professional Master's Education and Teaching of FaE / UFMG. It presents the results of the research developed entitled "Photovoltaic Energy in a CTSA context: a Teaching Sequence on Solar Energy Transformations in Electrical Energy". In the research was developed and applied a sequence of teaching (SE), in Physics, whose title was "Transformations of Solar Energy in Electric Energy", for students of the 3rd year of high school in a state public school in the city of Belo Horizon. The SE has a teaching structure focused on Science, Technology, Society and Environment (CTSA), based on activities, with some investigative characteristics, counting on the use of diverse mediational resources such as videos, texts, flowcharts, maps, simulators, among others, besides a technological artifact: a mini solar photovoltaic. After the application of the SE, we sought to analyze the interviews made with some of its subjects (students, teacher and scholars PIBID / Physics) and the written answers of the students, in the resolution of the activities of the SE. In our analysis, we sought to highlight possible limits and potentialities of the sequence for students' physical concepts learning and their possible contribution in the formation of more critical and reflexive citizens (active in society and the environment) on the subject of photovoltaic solar energy. In our analysis we use James V. Wertsch's Theory of Mediated Action (TAM) and Aguiar and Ozella's Discourse Meaning Nuclei. Based on our analysis, we reworked the SE that will be available, along with some pedagogical guidelines, for physics and science teachers in basic education.

Keywords: Sequence of Teaching; Physical; CTS; CTSA; Nuclei of Significance of Speeches; Theory of Mediated Action; Photovoltaic Solar Energy.

LISTA DE QUADROS, GRÁFICOS E FIGURAS

Quadro 1 – Propriedades da ação mediada por Paula e Moreira.....	38
Quadro 2 – As atividades da SE e os aspectos CTSA.....	51
Quadro 3 – Intenções de ensino da sequência.....	55
Quadro 4 – Atividades desenvolvidas na SE.....	59
Quadro 5 – Indicadores dos núcleos de significação dos discursos.....	89
Quadro 6 – Núcleos de significação dos discursos.....	90
Gráfico 1 – Questão 1 da prova mensal/ Respostas ao item A.....	81
Gráfico 2 – Questão 1 da prova mensal/ Respostas ao item B.....	81
Gráfico 3 – Questão 1 da prova mensal/ Respostas ao item C.....	81
Gráfico 4 – Questão 1 da prova mensal/ Respostas ao item D.....	81
Gráfico 5 – Questão 2 da prova mensal/ Respostas ao item A.....	82
Gráfico 6 – Questão 2 da prova mensal/ Respostas ao item B.....	82
Figura 1 – Demonstração com o PF e LEDs.....	63

ABREVIATURAS E SIGLAS

CAPES – Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior

CEMIG – Companhia Energética de Minas Gerais

COEP – Comitê de Ética em Pesquisa

CT – Ciência e Tecnologia

CTS – Ciência, Tecnologia e Sociedade

CTSA – Ciência, Tecnologia, Sociedade e Ambiente

ECI – Ensino de Ciências por Investigação

EM – Ensino Médio

ENEM – Exame Nacional do Ensino Médio

FaE – Faculdade de Educação

FNDE – Fundo Nacional de Desenvolvimento da Educação

ICEX – Instituto de Ciências Exatas

INMETRO – Instituto Nacional de Metrologia, Qualidade e Tecnologia

MEC – Ministério da Educação

PF – Painele Fotovoltaico

PIBID – Programa Institucional de Bolsas de Iniciação à Docência

PROMESTRE – Mestrado Profissional Educação e Docência

RM – Recurso Mediacional

SE – Sequência de Ensino

TALE – Termo de Assentimento Livre e Esclarecido

TAM – Teoria da Ação Mediada

TCLE – Termo de Consentimento Livre e Esclarecido

UFMG – Universidade Federal de Minas Gerais

SUMÁRIO

RESUMO	7
ABSTRACT	8
LISTA DE QUADROS E GRÁFICOS	9
ABREVIATURAS E SIGLAS	10
1 INTRODUÇÃO	14
1.1 Apresentação e organização ..	15
1.2 A trajetória docente e algumas inquietações ..	15
1.3 Do projeto inicial ao COEP ..	17
1.4 Justificativa ..	20
1.5 Problemas de pesquisa ..	21
1.6 Objetivos.....	21
1.6.1 Objetivo geral ..	21
1.6.2 Objetivos específicos ..	21
2 REFERENCIAIS TEÓRICOS	22
2.1 O referencial teórico para a construção da sequência de ensino.....	22
2.1.1 O conceito de energia e suas implicações para o ensino de Física..	22
2.1.2 A abordagem CTSA ..	25
2.1.3 O caráter investigativo das atividades de ensino ..	29
2.2 O referencial da análise de dados..	33
2.2.1 O homem sociocultural e a mediação ..	33
2.2.2 A Teoria da Ação Mediada..	36
3 PERCURSOS METODOLÓGICOS	42
3.1 Caráter da pesquisa ..	42
3.2 Procedimentos éticos ..	42
3.3 O processo de elaboração da sequência de ensino ..	43
3.4 O contexto da coleta de dados ..	44
3.5 Os sujeitos da pesquisa ..	45
3.6 Instrumentos de coleta de dados ..	45
4 A SEQUÊNCIA DE ENSINO: CARACTERIZAÇÃO	46
4.1 A sequência de ensino e os aspectos CTSA ..	47
4.1.1 Os aspectos socioambientais: a escolha do tema ..	47
4.1.2 O aspecto das ciências ..	48
4.1.3 O aspecto tecnológico	50

4.1.4 Os aspectos CTSA e as atividades da sequência de ensino	50
4.2 A estrutura da sequência de ensino.....	52
4.3 Os propósitos da sequência de ensino..	53
4.4 As atividades da sequência de ensino e as estratégias CTSA	56
4.5 A sequência de ensino em sala de aula: breve relato.	58
4.5.1 As nossas observações, os recursos mediacionais e a Teoria da Ação Mediada	61
4.5.1.1 Recursos mediacionais ligados às atividades realizadas em sala.....	62
4.5.1.2 Recursos mediacionais ligados às atividades de avaliação.....	70
4.6 A produção escrita dos estudantes: indícios de domínio e apropriação de conceitos e ideias chave	73
5 INTERPRETANDO OS SENTIDOS ATRIBUÍDOS À SEQUÊNCIA DE ENSINO: A VOZ DO PROFESSOR, ESTUDANTES E BOLSISTAS PIBID.....	87
5.1 As categorias significado e sentido.....	87
5.2 Núcleos de significação dos discursos	89
5.3 De onde falam os sujeitos da pesquisa	91
5.4 Núcleo A: potencialidades e limites da sequência de ensino para a aprendizagem dos estudantes.....	94
5.4.1 Conferindo maior significado para a aprendizagem em Física	96
5.4.2 Tensão inicial entre a abordagem CTSA e o aprendizado tradicional da Física	99
5.4.3 A sequência de ensino e o aprendizado de conceitos/conteúdos físicos/CTSA...102	
5.4.4 Os recursos mediacionais da sequência de ensino e o aprendizado de conceitos/conteúdos físicos.....	106
5.4.5 Os recursos mediacionais da sequência de ensino e a formação cidadã dos estudantes.....	112
5.4.6 Considerações finais dos estudantes sobre a sequência de ensino.....	116
5.5 Núcleo B: potencialidades e limites da sequência de ensino para a prática docente	119
5.5.1 Contribuições dos bolsistas PIBID para a prática do professor.....	119
5.5.2 A visão dos sujeitos sobre a abordagem CTSA e suas implicações na prática do professor.....	121
5.5.3 As vozes dos sujeitos sobre os possíveis impactos dos recursos/atividades nas aulas de Física.....	126
5.5.4 As vozes dos sujeitos sobre os possíveis impactos das avaliações na prática do professor.....	136

5.5.5 Possíveis implicações na sequência de ensino de acordo com as vozes do professor e dos bolsistas.....	142
5.5.6 O tema energia e a sequência de ensino: suas contribuições para a Física do ensino médio.....	145
5.5.7 Índícios de contribuições da sequência de ensino para a formação dos bolsistas PIBID.....	147
6 À GUIA DE CONCLUSÃO	151
6.1 Os sentidos do ensinar e aprender Física na escola.....	151
6.2 O resgate do estudante como sujeito do conhecimento e aprendizagem.....	154
6.3 As lições tiradas do processo vivido.....	156
7 O PRODUTO: MUDANÇAS NA SEQUÊNCIA DE ENSINO E ORIENTAÇÕES PARA O PROFESSOR.....	158
REFERÊNCIAS.....	165
APÊNDICES.....	168
Apêndice A: Termo de compromisso	168
Apêndice B: Termo de anuência da escola (modelo).....	169
Apêndice C: TALE (modelo estudante).....	170
Apêndice D: TCLE (modelo pais/responsáveis).....	171
Apêndice E: TCLE (modelo professor).....	172
Apêndice F: TCLE (modelo bolsistas PIBID).....	173
Apêndice G: Roteiro das entrevistas.....	174
Apêndice H: Prova mensal da sequência de ensino.....	177
Apêndice I: Sequência de ensino desenvolvida na pesquisa.....	180
Apêndice J: Atividades reestruturadas da sequência de ensino e acréscimos.....	204
Apêndice K: Termo de autorização do uso de imagem, identidade e depoimento (professor).....	209

1 INTRODUÇÃO

1.1 Apresentação e organização

O presente trabalho é requisito parcial à obtenção do título de Mestre em Educação e Docência, na linha de pesquisa em Ensino de Ciências, pelo Mestrado Profissional Educação e Docência (PROMESTRE) da FaE/UFMG.

Inúmeras foram as possibilidades e escolhas feitas até a conclusão deste trabalho de pesquisa desenvolvido que culminou nesta dissertação final. Nela serão apresentados aspectos relativos à pesquisa intitulada “*A ENERGIA FOTOVOLTAICA NUM CONTEXTO CTSA: UMA SEQUÊNCIA DE ENSINO SOBRE AS TRANSFORMAÇÕES DE ENERGIA SOLAR EM ENERGIA ELÉTRICA*”, cujo objetivo principal foi o de elaborar, aplicar e analisar uma SE (sequência de ensino) que teve como tema “*AS TRANSFORMAÇÕES DE ENERGIA SOLAR EM ENERGIA ELÉTRICA*”.

Nosso intuito, como pesquisadores, mas acima de tudo como professores, foi o de desenvolvermos um recurso didático que possa auxiliar os nossos colegas em sua árdua missão em ensinar Ciências, mais especificamente Física, no contexto das salas de aula da educação básica pública do Brasil. Esperamos, assim, contribuir para uma aprendizagem mais efetiva e significativa de nossos estudantes, acerca dos conceitos físicos relacionados ao tema proposto, assim como o desenvolvimento de valores e habilidades ligados ao enfoque CTSA (Ciência, Tecnologia, Sociedade e Ambiente).

Ressaltamos que este trabalho, mesmo que de forma mais indireta, também serviu para o crescimento profissional e pessoal do mestrando/pesquisador que aqui escreve e compartilha alguns dos seus anseios, expectativas e preocupações sobre o ensino de Física na educação pública do Brasil. Muitos e tortuosos foram os caminhos até aqui trilhados e também sabemos que esses não serão os últimos e nem os únicos em nossa jornada como profissionais da educação, mas que tenhamos êxito em nossas batalhas e que o nosso sucesso seja o início das inúmeras vitórias dos nossos estudantes.

Iremos agora descrever, resumidamente, cada capítulo que compõe esta dissertação, começando por este, o capítulo 1. Nele apresentamos, além dessa breve apresentação inicial do trabalho e da organização da dissertação, um pouco da trajetória profissional e inquietações do mestrando que o conduziram a este trabalho. Também discorreremos sobre o projeto inicial para entrada do mestrando no PROMESTRE até sua última versão apresentada ao COEP (Comitê de

Ética em Pesquisa), da UFMG. Além disso, descrevemos a justificativa, os problemas e os objetivos da pesquisa, tanto geral como específicos.

No capítulo 2 descrevemos o referencial teórico que nos guiou na construção da SE, que foi desenvolvida nesta pesquisa, e o referencial que nos orientou em nossa análise dos dados. Já no terceiro capítulo iremos discorrer sobre o percurso metodológico da pesquisa, desde os seus procedimentos éticos até como procedemos para coleta dos dados obtidos com a aplicação da SE, em turmas do 3º ano do EM (Ensino Médio) de uma escola pública estadual de Belo Horizonte.

No capítulo 4 descrevemos a estrutura da SE, com base em nosso referencial teórico, e realizamos um breve relato da sua aplicação em sala de aula, com indícios do domínio e apropriação de conceitos e ideias chave pelos estudantes. Dando continuidade à nossa análise, no capítulo 5, ouvimos as vozes dos sujeitos da pesquisa, por meio de entrevistas, buscando apreender os sentidos dados por eles à SE e seus recursos mediacionais.

Tecemos nossas considerações finais sobre a pesquisa e algumas das suas contribuições para a prática profissional do mestrando/pesquisador no capítulo 6 e no capítulo 7 descrevemos o nosso produto, a SE reestruturada com orientações para os professores de Física/Ciências do ensino básico.

1.2 A trajetória docente e algumas inquietações

Algo que podemos presumir quando olhamos uma sala de aula é que o ensino e a aprendizagem caminham juntos. Não podemos fazer referência a um sem implicar no outro. Com toda certeza esse deve ser o principal objetivo de qualquer professor ao entrar numa sala de aula. Contudo, nem sempre esse objetivo é atingido. Muitas vezes, acabamos por sairmos frustrados ao término de uma aula, pois percebemos que o ensino e a aprendizagem não caminharam juntos. Segundo Carvalho:

“Ensino e aprendizagem são dois conceitos que têm ligações bastante profundas; fazer com que esses dois conceitos representem as duas faces de uma mesma moeda ou as duas vertentes de uma mesma aula é, e sempre foi, o principal objetivo da Didática. [...]Não podemos mais continuar ingênuos sobre como se ensina, pensando que basta conhecer um pouco o conteúdo e ter jogo de cintura para mantermos os alunos nos olhando e supondo que enquanto prestam atenção eles estejam aprendendo”. (CARVALHO, 2004, p. 1).

Lecionando Física no EM desde 2009, ainda no 3º período da graduação do curso de licenciatura em Física da UFMG, em escolas da rede pública estadual de Minas Gerais, algo sempre me incomodou: os estudantes, em sua maioria, não possuem interesse algum pelas aulas e,

com isso, não se engajam nas atividades propostas. Pensava eu: Será que eu sou o problema? Ou será que o problema são os estudantes? Eles estão num estabelecimento de ensino, mas não conseguem aprender e não sentem a necessidade em aprender. E pior, esses não são relatos isolados de um professor. Na sala dos professores é comum ver outros colegas com o mesmo tipo de reclamação. Porém, não podemos entender com isso que a culpa é dos estudantes, pois o ensino de Física, normalmente, é algo maçante e distante da realidade cotidiana deles, não tendo sentido algum para suas vidas.

Percebi que minhas aulas eram extremamente tradicionais, talvez um reflexo da minha formação no EM e até mesmo na graduação, e passei a perceber que precisava mudar as minhas práticas em sala de aula. Daí surgiram alguns inquietamentos: Como fazer com que esses estudantes mudem suas posturas, se interessando mais pelas aulas? Como fazer com que eles sejam mais ativos na construção dos seus conhecimentos? Como fazer com que eles se tornem conscientes da importância em aprender Física, seja pensando no seu futuro profissional ou mesmo pensando nas contribuições que a Física pode lhes proporcionar para a sua formação cidadã, ajudando-os a serem cidadãos mais críticos, reflexivos e atuantes no meio em que vivem?

Esse quadro de falta de interesse dos estudantes pelas aulas, em muitos momentos, culminou na minha desmotivação e perda do interesse em lecionar. Algo que sempre acabou por favorecer um ambiente de ensino puramente tradicional, onde eu me apresentava como o único detentor do conhecimento com frustradas tentativas de repassar este conhecimento para os estudantes, numa via de mão única. Ou seja, a sala de aula se tornou um ambiente cada vez mais chato, desestimulante e desinteressante para os estudantes e para o professor que aqui fala.

Diante dessas inquietações e com uma imensa vontade em fazer com que o ensino e aprendizagem se tornassem faces de uma mesma moeda em minhas aulas, ainda em 2010, a partir da minha vivência no âmbito do PIBID/Física¹, da UFMG, do qual participei entre os anos de 2009 a 2012, como licenciando (bolsista), passei a diversificar as minhas aulas no intuito de aumentar o interesse e o aprendizado dos estudantes, engajando-os nas aulas e atividades propostas. Passei a adotar o uso de recursos didáticos diversos como: demonstrações e experimentos práticos simples, simulações em Física e vídeos curtos nas minhas aulas, sendo que a utilização desses recursos não era, na maioria das vezes, pedagogicamente consciente². Mesmo

¹ O PIBID/Física, alocado na FaE/UFMG, é um projeto do MEC e financiado pela CAPES/FNDE que visa fomentar a iniciação docente, de estudantes de cursos presenciais de licenciatura plena, para atuarem na educação básica pública. Maiores informações em http://www.fae.ufmg.br/pibid/?page_id=18.

² Não se tinha uma intencionalidade tão clara dos objetivos de aprendizagem que se buscava com a utilização desses recursos, a única finalidade era de prender a atenção dos estudantes. Ressalto que anteriormente, o recurso didático utilizado era quase que exclusivamente o livro didático escolhido pela escola.

assim, o uso deles gerava certo efeito positivo nas aulas, fazendo com que os estudantes demonstrassem maior interesse pelas aulas e envolvimento na realização das atividades, ainda que não conseguissem mantê-los por muito tempo.

Compartilhando ainda da fala de Carvalho (2004, p. 1), não podemos ser ingênuos sobre a nossa forma de ensinar. Não podemos nos conformar com a passividade dos nossos estudantes em salas de aula e os recursos pedagógicos devem ser utilizados para colocar os estudantes em atividade. Não basta dominar o conteúdo e ter jogo de cintura para ensinar, devemos mudar a forma de se ensinar.

Segundo Aguiar Jr (2005, p. 4), podemos conceber o ensino como forma de transmissão de saberes ou o entendemos como uma forma de assinalar caminhos para a aprendizagem e, para atuarmos na segunda perspectiva, o ensino deve ser planejado, de forma a se potencializar a ação dos estudantes enquanto sujeitos da aprendizagem. Não devemos pensar apenas na seleção de conteúdos mas, acima de tudo, na forma na qual iremos ensinar, devemos pensar nas estratégias de ensino a serem utilizadas na sala de aula, nas suas potencialidades e limites.

Foi a partir dessas reflexões, amparadas em minha experiência pessoal e profissional, em 2015, que pleiteei a minha participação como estudante no PROMESTRE. Posso hoje dizer que o objetivo central era (e continua sendo) o de tentar fazer com que ensino e aprendizagem, na minha sala de aula, por meio de estratégias de ensino que potencializem as ações do professor em sua prática e do estudante na sua aprendizagem, pudessem ser faces da mesma moeda. A minha ingênua ideia era a de que, ao fazer o mestrado, meus problemas em sala de aula, relativos ao interesse e engajamento dos estudantes pelo e no conteúdo de Física, iriam ser solucionados e, de fato, não serão. Mas, podemos buscar caminhos e alternativas para alcançarmos resultados mais efetivos de aprendizagem para os estudantes, de forma a impactar positivamente na forma de ensinar deste docente, passando de um simples transmissor de conhecimento (numa via de mão única) para um “mediador” dele, auxiliando os estudantes na construção dos seus conhecimentos.

1.3 Do projeto inicial ao COEP

Inicialmente o projeto apresentado ao programa de mestrado foi sobre a construção de uma SE baseada no uso de simulações, associadas a experimentos práticos, nas aulas de Física, numa tentativa em se promover um maior interesse e engajamento dos estudantes nessas aulas e fazer com que o aprendizado deles fosse mais efetivo. No entanto, no decorrer dos primeiros 12 meses do curso do mestrado, a partir das disciplinas cursadas e do diálogo com o orientador, outro

cenário foi sendo construído e passamos a pensar num projeto que, ainda sendo baseado em uma sequência didática de ensino, contasse com um número maior de recursos didáticos, de forma a se impactar um maior número de estudantes.

De acordo com as Orientações Curriculares para o EM, temos:

Muitas tentativas de mudança nas práticas educacionais esbarram na falta de material didático. Historicamente a escola se apoia no livro didático, que nem sempre está presente na escola pública. Outros materiais didáticos para promover a melhoria do ensino são deficitários. [...] Uma forma de se tentar alcançar a autonomia intelectual é justamente não se prender a um modelo fechado, mas sim buscar alternativas que contribuam para esse processo, inclusive as diversificadas fontes de recursos para o ensino. (BRASIL, 2006, p. 56 e 57)

Desse panorama e na busca em se obter materiais didáticos que auxiliem na autonomia intelectual dos estudantes, não se prendendo num modelo fechado, com diversas fontes de recursos didáticos, surgiu o projeto inicial que foi apresentado ao COEP, com o título “*O EDP NUM CONTEXTO CTSA: UMA SEQUÊNCIA DIDÁTICA SOBRE AS TRANSFORMAÇÕES DE ENERGIA SOLAR EM ELÉTRICA*”. Ele apresentava uma proposta de elaboração, aplicação e análise de uma SE, em Física, cujo tema era “*AS TRANSFORMAÇÕES DE ENERGIA SOLAR EM ELÉTRICA*”, com foco principal num sistema fotovoltaico, para estudantes do 3º ano do EM de uma escola da rede pública estadual, situada em Belo Horizonte – MG.

Segundo o projeto apresentado, essa SE iria possuir um enfoque em CTSA³ com características investigativas, contando com a utilização de recursos didáticos diversos como textos (reportagens, informações técnicas, textos escolares e de divulgação científica) e demonstrações práticas (com um protótipo fotovoltaico), combinados com o uso de TICs (Tecnologias da Informação e Comunicação), sendo elas: computador, internet, vídeos e a plataforma educacional WISE⁴ – (*Web-based Inquiry Science Environment*). Também, como se pode ver pelo título do projeto apresentado ao COEP, uma das vertentes do projeto seria a investigação de como e em que nível a SE poderia promover o EDP (Engajamento Disciplinar Produtivo) dos estudantes na resolução das atividades propostas.

No entanto, a SE sofreu modificações significativas em sua estrutura, devido a problemas diversos, passando para um enfoque e uma abordagem CTSA, deixando de focar no ensino investigativo (embora ela não deixe de possuir algumas características investigativas) e no uso da

³ Para muitos autores, o enfoque CTS (Ciência, Tecnologia e Sociedade) já engloba a dimensão ambiental. No entanto, neste trabalho, acrescentamos a letra A, de ambiente, na sigla, de forma a darmos destaque à importância dessa vertente na discussão feita em nosso trabalho.

⁴ Plataforma virtual de ensino investigativo criada pela Universidade de Berkeley, Inglaterra, que favorece a aprendizagem colaborativa entre os estudantes. Disponível em <https://wise.berkeley.edu/>.

plataforma *WISE*, sendo que o uso das TICs ainda seria feito, mas não como tendo suporte a plataforma virtual. Esse uso seria de forma mais indireta pelos estudantes, por meio do uso de recursos multimídias pelo professor⁵, e por meio de pesquisas feitas na internet, extraclasse. Além disso, o título da pesquisa passou a ser “*AENERGIA FOTOVOLTAICA NUM CONTEXTO CTSA: UMA SEQUÊNCIA DE ENSINO SOBRE AS TRANSFORMAÇÕES DE ENERGIA SOLAR EM ENERGIA ELÉTRICA*”.

Como afirma Aguiar Jr (2005, p. 7): “O planejamento do ensino, como atividade que prepara, organiza e orienta a ação docente, deve levar em consideração os condicionantes da prática, ou seja, as condições objetivas da escola, dos estudantes e do currículo”. Sob essa perspectiva, reconsideramos o uso da plataforma *WISE*, pois o laboratório de informática da escola campo de pesquisa não comportava todos os estudantes da mesma sala, simultaneamente, algo que iria acabar por dificultar, em muito, o nosso trabalho e do professor, pois a turma deveria ser dividida em dois grupos, um que estaria no laboratório (desenvolvendo atividades na plataforma) e outra que deveria ficar na sala de aula desenvolvendo outras atividades similares.

Essa dificuldade foi muito sentida num projeto piloto relacionado à implementação de uma das sequências inicialmente elaboradas. No tocante ao ensino por investigação, não desprezando a sua importância e contribuição para o ensino de Física e de Ciências em geral, por uma escolha pessoal dos pesquisadores, foi feito esse recorte, focando a construção da SE que foi aplicada numa abordagem CTSA e pautada em atividades. Contudo, reafirmamos que a SE possui em alguns momentos traços de uma abordagem investigativa.

Também, por escolha pessoal e para o melhor andamento da pesquisa realizada, o EDP dos estudantes na resolução de atividades também não foi avaliado, passando o foco maior para a avaliação das potencialidades e limites dos recursos didáticos da SE no que se referem ao aprendizado, por parte dos estudantes, das teorias e conceitos físicos abordados e o desenvolvimento de habilidades e valores ligados à abordagem CTSA.

As escolhas feitas para a elaboração da SE, levando sempre em consideração quais seus objetivos/propósitos relacionados ao aprendizado dos estudantes e os seus possíveis impactos na prática pedagógica do professor, serão especificadas mais adiante no capítulo 4.

⁵O professor irá usar de forma sistemática, em suas aulas, computador e aparelho de data-show para projeção de imagens, textos e vídeos.

1.4 Justificativa

Mediante o fato de que no Brasil vigora um quadro de ensino propedêutico com grandes índices de reprovação e evasão, principalmente no ensino de Ciências, pesquisadores sinalizam a necessidade de superação de um ensino desvinculado do cotidiano dos estudantes. Esta perspectiva também é encontrada em documentos oficiais brasileiros como os Parâmetros Curriculares Nacionais para o Ensino Médio – 2000 (PCNEM) e as Orientações Curriculares Nacionais para o Ensino Médio – 2006 (OCNEM), relacionados ao ensino de Ciências, que apontam para um ensino vinculado às demandas formativas do estudante, desenvolvendo habilidades e competências necessárias para o exercício pleno da cidadania (MARQUES e HUNSCHE, 2015, p. 1).

Assim, discussões acerca da necessidade de alfabetizar científica e tecnologicamente os cidadãos, promover espaços de formação crítica, através de diferentes abordagens que privilegiem a contextualização e a interdisciplinaridade dos conteúdos escolares, têm ganhado espaço nas pesquisas em educação em Ciências. (Ibidem, p. 2)

Dentro desse contexto, surge como uma alternativa para o ensino de Ciências, uma abordagem do conteúdo com um enfoque CTSA, ou simplesmente CTS. Segundo levantamento feito por Strieder et al (2016), esse tipo de abordagem encontra respaldo nos principais documentos educacionais oficiais do Brasil, a partir das Diretrizes Curriculares Nacionais para o Ensino Médio – 1998 (DCNEM).

O ensino de Ciências com enfoque CTSA não só permite ao estudante relacionar a Ciência com a tecnologia, levando em consideração seus impactos sobre a sociedade e meio ambiente, mas também permite que ele desenvolva habilidades importantes para a tomada de decisões relativas à CT (Ciência e Tecnologia) num modelo que leve em consideração que a Ciência é uma cultura importante dos nossos tempos.

Um dos aspectos que envolvem o trabalho dos professores das disciplinas científicas é a necessidade de ensinar aos estudantes aquilo que os cientistas fazem e falam. (...) Na sociedade contemporânea, é cada vez mais importante que os estudantes se apropriem da linguagem da Ciência e da tecnologia e se expressem corretamente sobre esses campos do conhecimento, a fim de que possam participar de forma articulada em discussões acerca de temas atuais em CT, preparando-se plenamente para o exercício da cidadania (VIANNA, 2012, p. 9)

Baseado no exposto, entendemos que o nosso trabalho aqui apresentado pode ser importante e significativo para o ensino e aprendizado de Física na educação básica do Brasil, favorecendo o aprendizado dos estudantes, tanto em termos de conceitos/teorias científicos/físicos como o desenvolvimento de habilidades e valores ligados ao enfoque CTSA, contribuindo para a formação de cidadãos mais críticos, reflexivos e atuantes na sociedade e meio ambiente.

1.5 O problema de pesquisa

Diante do exposto, o problema de pesquisa que nos ocupamos aqui é:

- Que características da SE construída podem potencializar oportunidades de aprendizagem dos conceitos/teorias, da Física, nela envolvidos e dos valores e habilidades relacionadas à abordagem CTSA, por parte dos estudantes? Qual a efetividade dos recursos didáticos e estratégias de ensino da SE para os fins propostos?

Esse problema pode se desdobrar nas seguintes questões:

- Como os recursos didáticos das atividades da SE construída podem propiciar maior sentido e significado para a Física, por parte dos estudantes, auxiliando na formação de cidadãos mais críticos e reflexivos, atuantes na sociedade e meio ambiente?
- Quais são as possíveis e mais adequadas formas de avaliação dos estudantes que a SE nos possibilita?
- Quais são os critérios e fatores estruturantes da SE mais relevantes para a aprendizagem dos estudantes e para a prática do professor de maneira que ela possa ser disponibilizada como material didático com orientações para os docentes?

1.6 Objetivos

1.6.1 Objetivo geral

Elaborar, aplicar e analisar uma SE sobre *As Transformações de Energia Solar em Energia Elétrica*, num contexto CTSA, de forma a reestruturá-la como material didático para professores de Física do EM.

1.6.2 Objetivos específicos

Os nossos objetivos específicos podem ser compreendidos em:

- Avaliar o desenvolvimento da SE, a partir dos sentidos e significados dados a ela, por parte dos estudantes;
- Avaliar o desenvolvimento da SE, a partir dos sentidos e significados dados a ela, por parte do professor e bolsistas do PIBID/Física;

- Reelaborar a SE, a partir dos dados analisados, de maneira a disponibilizá-la como material didático de apoio para professores de Física e Ciências do ensino básico, juntamente com orientações para seu uso pelos docentes.

2 REFERENCIAIS TEÓRICOS

Neste capítulo iremos descrever o referencial teórico que nos guiou nesta pesquisa. Ele se divide em duas partes, a primeira é relativa ao referencial que nos orientou na construção da SE, sendo ele: a abordagem CTSA; o conceito de energia e suas implicações para o ensino de Física; o caráter investigativo das atividades da SE. Já na segunda parte temos o referencial que nos orientou na análise dos dados da pesquisa, após a aplicação da SE, tendo como base os processos de significação na perspectiva da semiótica social, mais especificamente os processos de mediação e a Teoria da Ação Mediada (TAM).

2.1 O referencial teórico para a construção da SE

2.1.1 O conceito de energia e suas implicações para o ensino de Física

Na SE construída e aplicada nas aulas de Física fomos guiados por um conceito chave, o de energia. Mais especificamente associamos esse conceito ao tema “*As transformações de Energia Solar em Energia Elétrica*”, com base no efeito fotovoltaico.

O princípio da conservação da energia possui grande importância científica. Sobre esse princípio tem-se uma gama imensa de métodos, sendo que ele nos dá um esquema pelo qual podemos organizar os fatos da Física como instâncias das transformações da energia. Nos estudos de novos fenômenos deveríamos nos perguntar se podemos investigá-los como uma transformação de energia e quais são as suas condições (LIU e PARK, 2014, p. 176).

Para Angotti (1993) o conceito de energia é unificador no ensino das Ciências da Natureza (Física, Química e Biologia). Esse conceito pode e deve balizar as tendências de ensino de Ciências que priorizam as relações CTS. Os conceitos ditos unificadores buscam minimizar a grande fragmentação dos modos de raciocínio de estudantes e professores. Nas aulas de Ciências não se tem grande conexão entre diversos fragmentos do saber. Também as relações entre CT (Ciência e Tecnologia) e seus possíveis impactos sociais, econômicos e ambientais não costumam fazer parte das nossas salas de aula de Ciências, em especial de Física, algo que pode ser favorecido pelo uso do conceito de energia em associação com o tema a ser explorado.

Os conceitos unificadores são complementares aos temas e carregam para o processo de ensino-aprendizagem a veia epistêmica, na medida em que identificam os aspectos mais partilhados (em cada época) pelas comunidades de CT, sem negligenciar os aspectos conflitivos. (ANGOTTI, 1993, p. 193)

Acreditamos e partilhamos do exposto acima, mas devemos considerar que o conceito de energia e seu ensino-aprendizagem podem variar com o contexto. Segundo Bybee et al (2009, apud LIU e PARK, 2014, p. 175), numa tradução nossa, contextos são questões que os cidadãos enfrentam, como saúde, recursos naturais, meio ambiente e riscos, podendo existir a nível pessoal, social e global.

Em meados do séc. XIX William Thomson e seus colaboradores fizeram um grande esforço em promover a Ciência da Energia como uma nova Cosmologia. Isso foi tido como uma grande revolução cultural, pois a ideia fundamental é que todos os processos do universo são irreversíveis (entropia) e não importa o que ocorra, existe uma quantidade cujo seu total sempre se conserva, a energia. Essa Ciência não possui somente caráter positivo, pois a ideia de que os processos do universo são irreversíveis nos leva a compreensão de que em algum momento teremos a “morte” do universo e de tudo que há nele. A partir da década de 1870, as implicações culturais do conceito de energia passaram a ser mais elaboradas. (LIU e PARK, 2014, p. 176)

Sabemos que diferentes culturas possuem padrões de consumo e formas de consumo de energia diferentes. O uso que determinada cultura faz da energia é algo importante, mas não deve ser encarado como o único ou mesmo como o principal determinante dessa cultura. Contudo, podemos perceber que o uso do termo energia está entrelaçado com a cultura humana de diversas formas, indicando as várias dimensões possíveis para a energia. Podemos relacionar o termo energia à saúde física e mental dos indivíduos, aos processos de produção e consumo em uma sociedade (incluindo as relações sociais, políticas e econômicas que derivam disso), às convicções religiosas, ao meio ambiente e ao desenvolvimento sustentável, dentre outras relações.

De acordo com Devine-Wright (2007, apud LIU e PARK, 2014, p. 178), a energia como construção social pode ser tratada segundo as seguintes concepções: (a) energia como mercadoria, (b) energia como recurso ecológico, (c) energia como necessidade social, e (d) energia como estratégia material. Como exemplos dessas concepções temos a energia como mercadoria que estaria intimamente associada à indústria, como um fenômeno de mercado, para o qual a intromissão social e política é vista como indesejável. Já a energia como necessidade social é associada a movimentos de direitos civis que reclamam por justiça, entendendo que grupos dominantes utilizam o sistema de energia para opressão do outro. Essas concepções estão ligadas a grupos específicos e implicam em sentidos diferentes para a produção, distribuição e o uso da energia. Destacamos, como pudemos perceber nos exemplos, que a construção social de energia

envolve não somente os conhecimentos científicos e tecnológicos, mas está relacionada a uma tensão entre indivíduo e sociedade.

Devido à grande importância cultural e, sobretudo, social da energia, ela acaba sendo associada ao contexto político. As nações buscam, cada vez mais, por uma independência energética. Associado a isso temos a busca por fontes de energia que sejam limpas e renováveis, basicamente, em substituição ao uso de combustíveis fósseis. As políticas governamentais para a independência energética acabam por impactar a sociedade, os indivíduos e o meio ambiente. O problema é que como esse contexto político, normalmente, está ligado à economia, existem grandes conflitos de interesses que movimentam a “máquina pública”, tanto a nível local, nacional como global.

Vimos que o conceito de energia está intimamente ligado ao seu contexto, mas qual a implicação disso para o ensino-aprendizagem em Ciências, mais especificamente em Física?

O projeto *2061 Science for all Americans* (AAAS 1990, apud LIU e PARK, 2014, p. 181) propõe quatro critérios para decidir o que uma pessoa deveria saber para ser cientificamente alfabetizada. (a) Utilidade: o conteúdo pode melhorar significativamente a tomada de decisão pessoal e profissional de um indivíduo? (b) Responsabilidade social: o conteúdo é susceptível de ajudar as pessoas a fazerem ações sociais e tomarem decisões políticas sobre questões relacionadas com a Ciência e a tecnologia? (c) Valor intrínseco: o conteúdo é fundamental para a história humana ou penetrante em nossa cultura? (d) Valor filosófico: o conteúdo contribui para o pensamento das pessoas sobre o mundo, o como procedemos e por que as coisas estão acontecendo de uma determinada maneira?

Podemos perceber que esses critérios estão interligados às dimensões contextuais do conceito de energia (a dimensão cultural, social e política), brevemente discutidas anteriormente.

Entendemos que ensinar e aprender Física por meio do conceito de energia, levando em consideração os seus contextos de construção, não está limitado ao uso de simples exemplos de transformação e conservação de energia em processos naturais ou artificiais (algo ligado à CT). Devemos considerar também no processo de ensino-aprendizagem as suas possíveis implicações para a cultura humana e para a sociedade, incluindo seus aspectos políticos e econômicos. Isso, a nosso ver, pode ser favorecido por meio do enfoque CTSA.

2.1.2A abordagem CTSA

O nosso mundo atual é permeado por tecnologias e as suas implicações na sociedade e ambiente são diversificadas e complexas. São indiscutíveis as mudanças ocorridas em nossa época devido aos avanços científicos e tecnológicos.

Na sociedade moderna, a partir do séc. XIX e início do séc. XX, onde o mundo passou a vivenciar um extraordinário avanço científico e tecnológico, criou-se a ideia de que a Ciência seria a salvação dos problemas do mundo. Nesse período também surgem os modelos tecnocráticos que passam a fazer parte da cultura ocidental. De forma progressiva foi-se constituindo uma compreensão, numa visão cientificista, de que a Ciência possuía uma objetividade, neutralidade e racionalidade que poderia substituir a política (essa carregada de emoções, subjetividades, ideologias e irracionalidades), trazendo certezas nas tomadas de decisões. Esse discurso cientificista trouxe respaldos aos modelos tecnocráticos, onde as decisões relativas à Ciência, Tecnologia e Sociedade (CTS) são tomadas mediante posicionamentos técnicos. Apesar das tensões provocadas por projetos de CT (Ciência e Tecnologia) na sociedade e na vida contemporânea, tal visão idealizada de CT ainda prevalece nos dias atuais. (AULER, 2011, p. 73 e 74)

Desse modo, a Ciência era e ainda é vista, por muitos, como um sinônimo de progresso e neutralidade, resultando disso uma confiança irrestrita, dogmática e acrítica na Ciência como capaz de resolver todos os problemas sociais e ambientais. Essa forma de compreender a Ciência, ainda presente nos dias atuais, e sua relação com a tecnologia, impactou nos currículos que tendiam a formação de novos cientistas (MORTIMER e SANTOS, 2002).

Posteriormente à Segunda Guerra Mundial, foi-se criando em parte da sociedade uma percepção de que o desenvolvimento científico e tecnológico nem sempre conduziam a um bem estar social ou mesmo para o meio ambiente. Diversos foram e são os seus impactos negativos sobre o mundo, tanto devido ao seu uso para fins militares (conflitos armados) como em situações onde o meio ambiente sofre danos. Essa parcela da sociedade passou a criticar a visão de uma Ciência neutra (MARQUES e HUNSCHE, 2015).

Segundo Dagnino, Silva e Padovanni (2011, p. 100), a partir dos anos 1960, nos países desenvolvidos, começam a surgir as discussões acerca da relação CTS. Isso ocorreu em função da percepção de que a dinâmica da CT estava cada vez mais subordinada à lógica da Guerra Fria, podendo desencadear sérios riscos ambientais. Também Auler (2011) compartilha do exposto.

Argumenta que, por volta de 1960-1970, o desenvolvimento da CT associado à guerra, assim como a degradação ambiental, passam a ser alvos de um olhar mais

crítico em alguns contextos. “Há especial destaque para o fato de que CT foram deslocados do espaço da suposta neutralidade para o campo do debate político. Há uma reivindicação para a democratização dos processos decisórios”. (AULER, 2011, p.75)

Outras referências importantes, relacionadas ao avanço das discussões sobre as relações CTS, são a denúncia da bióloga e naturalista Rachel Carsons sobre, entre outras coisas, o impacto ambiental de pesticidas sintéticos (DDT) em sua obra, *Primavera Silenciosa*, e a obra de Thomas Kuhn (físico e historiador da Ciência), *A Estrutura das Revoluções Científicas*, ambas de 1962, que questionavam a concepção tradicional de Ciência e a neutralidade científica (MARQUES e HUNSCHE, 2015).

A partir da necessidade de se formar cidadãos para a tomada de decisões conscientes em CT nos países industrializados (países da Europa, EUA, Canadá e Austrália) ocorreu a incorporação do movimento CTS nos seus currículos de educação básica (MORTIMER e SANTOS, 2002).

Desde a década de sessenta, currículos de ensino de ciências com ênfase em CTS vêm sendo desenvolvidos no mundo inteiro. Tais currículos apresentam como objetivo central preparar os alunos para o exercício da cidadania e caracterizam-se por uma abordagem dos conteúdos científicos no seu contexto social. (Ibidem, p. 110).

Já no Brasil, nos anos de 1970, surgiu um movimento que visava a elaboração de currículos acadêmicos numa percepção crítica em relação ao desenvolvimento da CT e suas implicações na sociedade (DAGNINO, SILVA e PADOVANNI, 2011, p. 100). Algo em que encontramos concordância em Mortimer e Santos (2002). Eles afirmam que, a partir dos anos 1970, os programas das escolas do Brasil incorporaram as novas visões sobre Ciência como produto dos contextos econômico, político e social. Posteriormente, a partir da década de 1980, os programas escolares brasileiros passaram a incluir o objetivo de analisar as implicações sociais do desenvolvimento científico e tecnológico.

Segundo Santos (2011), desde o séc. XIX vem sendo discutida a necessidade da educação científica para todos e um amplo debate vem sendo travado sobre as finalidades dessa educação. “De forma geral, o objetivo central da educação científica tem oscilado entre a formação de cientistas e a formação para a cidadania”. (Ibidem, p. 22)

Por muito tempo e ainda hoje a nossa educação científica escolar respalda-se nessa Ciência, única e acabada, a ‘dona da verdade’. No entanto, Ciência pode ser encarada como uma construção cultural, pois ela possui um conjunto de regras, saberes e práticas muito peculiares, assim como outras formas de cultura (humanista, de massa e do fazer) (SANTOS, 2009, p. 532). É impossível se pensar em uma educação científica onde não se considere as relações CTSA.

Para alguns a incorporação da letra A no termo CTS não se faz necessária, uma vez que as consequências ambientais formam uma parte essencial das relações CTS (SANTOS, 2007, p. 1). Mas, “a incorporação da letra A de ambiente pra a expressão CTS, tornando-se CTSA, responde ao anseio de dar maior ênfase às consequências ambientais dos desenvolvimentos científicos e tecnológicos (VILCHES, PÉREZ e PRAIA, 2011, p. 179).” Compartilhando também do pensamento de Santos (2009) em que Ciência é uma cultura e que a cidadania ambiental é uma ponte desejável para essa cultura, consideramos importante reforçar o aspecto ambiental numa abordagem de Física cujo enfoque é CTS.

Com a Ciência como cultura, a meta é ultrapassar modelos universais da razão e de imperialismos culturais. Para além dos aspectos científicos e tecnológicos de cada situação, contempla os seus aspectos culturais, éticos e políticos. Recusa a lógica da monocultura da Ciência Moderna. Rejeita a aceitação acrítica da autoridade da ciência e da tecnologia. Com ela renasce a esperança em frutuosas formas de mudança conceptual que tenham em conta as ideias prévias dos cidadãos, a cidadania ambiental e frutuosas interações CTS. (SANTOS, 2009, p. 532).

Compreender a Ciência como cultura requer compreender que ela deve dialogar, complementando e sendo complementada por outras culturas, ela não pode ser mais entendida como algo superior às outras culturas, como sendo neutra, como sendo a única voz de um diálogo, a voz da verdade absoluta e universal. No entanto, encarar a Ciência como uma parte fundamental da cultura contemporânea requer repensarmos o paradigma do racionalismo científico que “é um paradigma marcado pelo positivismo, pelo iluminismo e pelo cientificismo. (SANTOS, 2009, p. 533).

Entender a Ciência como cultura implica em modificar as práticas relacionadas ao ensino escolar dessa cultura. Ela deve ser complementar a outras culturas, considerando os saberes práticos de uma sociedade e se relacionando com as tecnologias e seus impactos sociais e ambientais. Para Mortimer (2010, apud SILVA, 2015), como as Ciências Naturais utilizam instrumentos e maneiras de pensar que são próprias dela, a aprendizagem em Ciências constitui o aprendizado de uma nova linguagem, podendo ela ser encarada como um processo de enculturação científica.

“A relação entre Ciência, tecnologia e sociedade se modifica em função do contexto histórico e cultural” (SILVA, 2015, p. 42) e, de forma semelhante, “a educação científica apresenta propósitos que vêm mudando conforme o contexto sócio-histórico” (SANTOS, 2011, p. 21).

No Brasil, desde a década de 1980, passou a ser reivindicado um ensino de Ciências que contribuísse para a compreensão e uso da tecnologia e para a consolidação da democracia, influenciando discussões sobre CTS. Numa revisão nos documentos curriculares oficiais do Brasil

para o ensino de Biologia, Química e Física, no EM, a partir da Lei n.º 9.394/1996 (LDB)⁶, concluiu-se que a abordagem CTS encontra respaldo nesses documentos.

Num levantamento sobre a abordagem CTS no Brasil, feito por Strieder (2012, apud SILVA, 2015), podemos perceber o caráter heterogêneo dessa abordagem no Brasil e no mundo. Ela apresenta pontos de vista e perspectivas diversas, resultando em diferentes identidades. Isso dificulta a busca por um panorama conceitual mais bem delineado para o campo CTS/CTSA. “Apesar das diferenças em termos de foco, entendemos tais abordagens como aquelas apoiadas em um ensino que envolva um tratamento crítico e contextualizadas de temas de educação científica e que contribuam para promover a participação da sociedade em questões relacionadas ao desenvolvimento científico-tecnológico” (Ibidem, p. 43).

O uso de abordagens com enfoque CTS, no ensino de Ciências, surgiu a partir da necessidade em se discutir os impactos da CT na sociedade, sendo ampliados e incorporados ao movimento de educação científica para a formação da cidadania (SANTOS, 2011). Nesse sentido, deverão ser despertados nos estudantes valores como solidariedade, fraternidade, consciência com o compromisso social/ambiental e respeito ao próximo (MORTIMER e SANTOS, 2002). Esses valores estão intimamente ligados ao desenvolvimento de habilidades, por meio das discussões CTSA, como trabalho coletivo, autoestima e reflexão crítica acerca dos impactos da CT na sociedade/ambiente para uma tomada de decisão mais consciente dos estudantes, em relação às questões discutidas.

Para Mortimer e Santos (2002), a principal proposição para os currículos com enfoque CTS perpassa pela necessidade do nosso mundo atual em alfabetizar os cidadãos em CT. Não se trata em se mostrar as maravilhas da Ciência, algo que já é feito pela mídia, mas sim em se disponibilizar as representações necessárias para que o cidadão possa agir, tomar decisões e compreender o que está em jogo, realmente, nos discursos dos especialistas.

A abordagem CTS, na sala de aula, pode surgir com diferentes encaminhamentos, sendo que alguns autores defendem a necessidade de reconfiguração curricular a partir dessa abordagem. Mortimer e Santos (2002) apresentam diferentes categorias curriculares CTS, sistematizadas por Aikenhead (1994), sendo que o nível de aprofundamento da abordagem numa avaliação CTS aumenta, em ordem crescente, sendo que a categoria 1 corresponde ao nível 0% numa avaliação CTS e a categoria 8 é equivalente ao 100% nessa avaliação.

⁶ Lei de Diretrizes e Bases da Educação Nacional. Disponível na íntegra em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/L9394.html.

[...] (1) conteúdo de CTS como elemento de motivação; (2) incorporação eventual do conteúdo de CTS ao conteúdo programático; (3) incorporação sistemática do conteúdo de CTS ao conteúdo programático; (4) disciplina científica por meio de conteúdo CTS; (5) Ciências por meio de conteúdo CTS; (6) Ciências com conteúdo de CTS; (7) incorporação das Ciências ao conteúdo de CTS; (8) conteúdo de CTS. (MORTIMER e SANTOS, 2002, p. 15)

Outros autores têm utilizado as modalidades de classificação de Luján López (1994)⁷ conhecidas como: 1) Introdução de CTS nos conteúdos das disciplinas de ciências (essa classificação também é conhecida como Enxerto CTS, sendo que abordagem dos conteúdos científicos continua se fazendo na forma tradicional e o tema CTS tem um papel secundário); 2) Ciência vista por meio de CTS (os conceitos científicos são introduzidos a partir do tema CTS, sendo que os conteúdos científicos são subordinados ao tema); e Programas CTS puros (as implicações CTS são o foco central e os conceitos científicos ficam em um plano secundário, surgindo de forma complementar) (SANTOS, 2011, p. 29).

Acreditando na importância do enfoque CTS/CTSA para o ensino de Ciências, em geral, e especificamente para a Física, a construção da intervenção didático-pedagógica proposta (SE sobre energia fotovoltaica), neste trabalho, pautou-se no referencial aqui apresentado. Entendemos que a SE elaborada e aplicada está mais próxima dos níveis 4 e 5, propostos por Aikenhead (1994, apud MORTIMER e SANTOS, 2002), e da classificação 2 de López (1994), pois as atividades propostas devem possibilitar aos estudantes o aprendizado dos conteúdos científicos que são guiados a partir do tema proposto, sempre de maneira conjunta com os valores e habilidades CTSA.

2.1.3 O caráter investigativo das atividades da SE

A SE construída e desenvolvida nessa pesquisa é pautada em atividades que possuem diversos recursos didáticos com suportes também diversificados, como: pequenos experimentos, demonstrações, debates, seminários, questões baseadas na leitura de textos e em vídeos, discussões em grupo, entre outros. Segundo Aguiar Jr (2018, in press), a escolha adequada desses recursos que medeiam a ação dos estudantes é algo fundamental, uma vez que o aprendizado deles possui como suporte tais recursos.

Ao organizar o conteúdo das aulas por meio de atividades visamos dar aos estudantes um maior protagonismo, por meio de problemas contextualizados e relevantes, extraídos de suas vivências e de temas contemporâneos. Nesse ambiente, o professor não atua somente como um

⁷Ver Auler (2002); Pinheiro, Silveira e Bazzo (2007).

expositor do conhecimento. Ele tem uma função muito importante no ensino que é o de auxiliar os estudantes, normalmente trabalhando em grupos, na problematização de questões propostas nas atividades. Para Aguiar Jr (Ibidem, p. 5), “várias questões de pesquisa estão ligadas tanto à escolha dos recursos mediadores quanto à gestão dos ambientes de aprendizagem por parte dos professores (o que envolve orquestração dos recursos mediacionais e dinâmicas de interação com os estudantes)”.

As atividades partem de temas e são criados contextos que buscam levar os estudantes a desenvolverem determinados conceitos. Essa forma de abordagem corrobora para uma atitude mais aberta e investigativa diante da realidade em seus aspectos social, tecnológico e ambiental.

Embora não tenhamos nos apoiado no Ensino de Ciências por Investigação (ECI) para a construção e desenvolvimento da SE, reconhecemos que as atividades propostas possuem traços dessa forma de ensino. Com isso, entendemos ser importante suscitar aqui algumas características mais comuns ao ECI que se fizeram presentes nas atividades desenvolvidas pelos estudantes. Porém, antes, consideramos também ser importante destacar algumas concepções errôneas sobre o ECI.

Munford e Lima (2007, p. 9 e 10) questionam três concepções que julgam equivocadas sobre o ECI. A primeira delas é que o ECI necessariamente, ou exclusivamente, envolve atividades práticas e/ou experimentais, a segunda concepção é a de que as atividades investigativas devem ser amplamente abertas e a terceira é a noção de que todo o conteúdo de Ciências pode ser ensinado por meio de investigação.

Pensar que uma atividade prática ou experimento é sempre investigativo parece ser algo ingênuo, mas muito difundido entre professores e estudantes. Na própria universidade, em cursos de formação de professores, muitas vezes realizam-se práticas experimentais sem nenhuma intenção investigativa. O que se tem é um conjunto de passos a serem seguidos, no qual o resultado final deve, sempre, estar em acordo com a teoria envolvida. Não se questiona o porquê de ter dado errado, se for o caso, e nem se levanta a possibilidade de termos outros caminhos para o mesmo resultado. Sobre a segunda concepção errônea, a de que uma atividade investigativa deve ser amplamente aberta, tem-se um risco grande aí envolvido, o risco de o estudante entender que qualquer resposta deve ser aceita e validada. Também se tem que quando se abre muito um problema, inclusive pelo tempo de aula a ser respeitado, corre-se o risco de não haver o aprofundamento na teoria ou conceito estudado. Já sobre o terceiro aspecto, qualquer disciplina escolar não pode ter todos os conteúdos abordados sempre da mesma maneira. Isso pelo fato de

que, felizmente, existe uma diversidade de entendimentos e formas de fazer sobre o mesmo assunto, sendo que outras possam, em determinados momentos, ser mais eficazes para tal.

Sobre as concepções consideradas mais apropriadas para o ECI, segundo Azevedo (2004, p. 21) uma atividade investigativa não deve se limitar a levar o estudante a manipular ou observar, essa atividade deve também conter traços do trabalho científico como refletir, discutir, explicar e relatar. Outra característica que essa atividade deve ter também é que ela deve fazer sentido para o estudante, ele deve saber o porquê está investigando certo problema, entrando aí a importância da contextualização. A aprendizagem de atitudes e procedimentos também são tão importantes quanto a aprendizagem de conceitos e conteúdos.

Sá, Lima e Aguiar Jr (2011) fizeram um esforço em apreender o sentido do termo Ensino de Ciências por Investigação em uma pesquisa com tutores de um curso de pós-graduação no ensino de Ciências, nos quais eles eram coordenadores. Segundo os tutores, as principais características das atividades de natureza investigativa devem ser: construir um problema; aplicar e avaliar teorias científicas; propiciar a obtenção e a avaliação de evidências; valorizar o debate e argumentação; permitir múltiplas interpretações.

Para o grupo, no final da primeira edição do curso, a atividade investigativa é uma estratégia de ensino, entre outras, que o professor pode utilizar para diversificar sua prática no cotidiano escolar. Essa estratégia pode englobar quaisquer atividades (experimentais ou não), desde que elas sejam centradas no aluno, propiciando o desenvolvimento de sua autonomia e de sua capacidade de tomar decisões, avaliar e resolver problemas, ao se apropriar de conceitos e teorias das Ciências da Natureza. Contudo, concluímos que não existe um roteiro que contenha todos os traços importantes de uma atividade investigativa. Não existe “o exemplo” por excelência. Um roteiro pode explorar vários dos elementos que compõem uma investigação, ou apenas um desses elementos. Assim, para o grupo de tutores e coordenadores, o que parece fazer mais sentido para designar o ensino investigativo é o ambiente em que ele ocorre, e não a estruturação das atividades propriamente ditas. (Ibidem, p. 99).

Também Laburu e Zompero (2011) empreenderam esforços em compreender as principais características de uma atividade investigativa. Para eles:

Apesar da polissemia associada ao termo atividades de investigação e da falta de consenso quanto às peculiares que as referidas atividades apresentam, admitimos que algumas características devem estar presentes nas atividades investigativas: o engajamento dos alunos para realizar as atividades; a emissão de hipóteses, nas quais é possível a identificação dos conhecimentos prévios dos mesmos; a busca por informações, tanto por meio dos experimentos, como na bibliografia que possa ser consultada pelos alunos para ajudá-los na resolução do problema proposto na atividade; a comunicação dos estudos feitos pelos alunos para os demais colegas de sala, refletindo, assim, um momento de grande importância na comunicação do conhecimento, tal como ocorre na Ciência, para que o aluno possa compreender, além do conteúdo, também a natureza do conhecimento científico que está sendo desenvolvido por meio desta metodologia de ensino. (Ibidem, p. 79).

De acordo com Carvalho (2013) é importante termos claro que não devemos ter a pretensão de que com o ECI os estudantes irão pensar ou se comportar como cientistas, pois eles não possuem conhecimentos específicos e nem desenvoltura no uso de ferramentas científicas. O que se quer é que os estudantes ampliem aos poucos sua cultura científica, apropriando da sua linguagem e se alfabetizando cientificamente.

Para Carvalho (Ibidem), uma SE que tenha por característica ser investigativa deve apresentar algumas atividades chave. “No planejamento dessas atividades o problema e o material didático que dará suporte para resolvê-lo devem ser organizados simultaneamente, pois um depende intrinsecamente do outro” (CARVALHO, 2013, p. 8). Podemos pensar em três etapas/atividades fundamentais para a investigação. A primeira etapa, normalmente, corresponde a se iniciar a SE com um problema contextualizado, que pode ser experimental ou teórico, de forma que introduza os estudantes no tópico a ser estudado. Esse problema deve dar aos estudantes condições para pensarem e trabalharem com as variáveis que são relevantes ao fenômeno científico central do conteúdo programático. Após a resolução do problema temos a segunda etapa, etapa de sistematização do conhecimento construído pelos estudantes, preferencialmente por meio da leitura de um texto que contenha os conceitos e ideias principais que possibilitam a resolução do problema. O momento da sistematização pode ser compreendido como complementar à resolução do problema pelos estudantes. Nessa etapa o professor deve conduzir uma discussão com a turma, levando os estudantes a pensarem sobre suas respostas, comparadas com o conteúdo textual. Como terceira etapa devemos pensar em uma atividade que promova a contextualização do conhecimento no cotidiano dos estudantes, pois assim eles podem sentir a importância do conhecimento construído, na escola, para suas vidas.

A problematização é uma forma de engajar os estudantes mental e emocionalmente na resolução de uma atividade. Ressaltamos que a problematização demanda a abertura para o diálogo e para a exploração do tema ou conceito científico em pauta. Nesse sentido, a contextualização pode ser considerada decorrente da problematização, já que o problema se encontra num determinado contexto que mobiliza ações e conhecimentos dos estudantes. A contextualização não deve ser vista como uma mera exemplificação de conceitos em situações próximas aos estudantes, mas como uma forma de desafiá-los a desenvolverem ideais científicos em certos contextos (AGUIAR Jr, 2018, in press).

Sabemos que nem todas as atividades propostas na nossa SE são genuinamente investigativas e nem tivemos essa intenção. Mas, buscamos em boa parte delas termos elementos importantes dessa forma de ensino em Ciências, a proposição de situações problemas, de forma contextualizada. Mediante isso, entendemos a importância desses aspectos para o aprendizado dos

estudantes acerca de conceitos físicos e suas implicações/relações com a sociedade, o meio ambiente e as tecnologias existentes.

2.2 O referencial de análise dos dados

Considerando que o nosso foco de análise foi a obtenção dos limites e potencialidades da SE para o aprendizado dos estudantes e seus impactos nas práticas do professor, sendo ela constituída por uma grande diversidade de recursos didáticos (instrumentos e signos), entendemos que seria importante para os nossos propósitos e objetivos de pesquisa utilizarmos como referencial de análise a Teoria da Ação Mediada (TAM) de James V. Wertsch.

A TAM proposta por Wertsch (1998) apresenta uma perspectiva de estudo para entendermos o uso de ferramentas culturais em contextos mais amplos como é o caso da sala de aula de Física, onde os agentes da ação são os estudantes e o professor, sendo as ferramentas culturais disponibilizadas na e pela SE desenvolvida em nossa pesquisa.

2.2.1 O homem sociocultural e a mediação

À época de Vygotsky existiam duas correntes na Psicologia, predominantes e contraditórias. Uma delas dizia que as funções psíquicas do homem eram reflexos das manifestações do seu interior, independente do meio que ele vive e a outra definia essas funções como sendo reflexos diretos do meio externo ao homem. Vygotsky criticava duramente essas concepções e desenvolveu uma teoria do desenvolvimento humano onde as funções psíquicas do homem só podem ser compreendidas mediante a interação com o meio social. Dessa forma, entendemos e concordamos com Nunes (NUNES, 2016, p. 32), ao lembrar de Vygotsky (2007, 2009), que todo conhecimento é construído socialmente, no convívio com os outros.

O homem de forma isolada não consegue se desenvolver e se apropriar da cultura humana construída ao longo do tempo e da história. Ele é um ser sócio-histórico-cultural, sendo o mais interessante e talvez significativo que ele é transformado pelo meio, mas ele também o recria. O homem é um ser ativo que modifica a si e ao meio no qual ele vive.

De acordo com Nunes (2017), temos:

A abordagem dialética do pensamento de Vygotsky admite a influência da natureza sobre o homem que, por sua vez, também age sobre a natureza e a recria. Ou seja, o indivíduo é um ser ativo, capaz de modificar a si e ao meio em que vive. Por meio

dessas mudanças, novas condições naturais são garantidas para a sua existência. Desta forma, o indivíduo aprende e, então, se desenvolve. Isso denota que as funções mentais superiores (dentre elas a formação de conceitos e a memória lógica) são primeiramente externas e depois internalizadas. Os processos mentais superiores têm, portanto, origem em processos sociais e essa internalização é alcançada a partir da mediação pelo uso de instrumentos e signos⁸ (NUNES, 2017, p. 32).

Dentre os recursos semióticos que moldam as possibilidades de formação social da mente, destaca-se a importância da linguagem (verbal ou não-verbal), sistema articulado de signos, construído culturalmente. Segundo Bakhtin (2003, apud FARACO, 2007) em um trecho da sua obra *A estética da criação verbal*:

Eu vivo em um mundo de palavras do outro. E toda a minha vida é uma orientação nesse mundo; é a reação às palavras do outro (uma reação infinitamente diversificada), a começar pela assimilação delas (no processo de domínio inicial do discurso) e terminando na assimilação das riquezas da cultura humana (expressas em palavras ou em outros materiais semióticos) (Ibidem, p. 46).

Para Paula (2015) o que diferencia a nossa espécie de outros animais é a capacidade de agir sobre o meio em que vivemos, sendo basicamente as nossas ações caracterizadas pela produção contínua de novas ferramentas materiais (que ampliam a nossa capacidade de ação e “controle” sobre o meio natural) e pelo desenvolvimento de ferramentas psicológicas (tais como representações e conceitos que auxiliam a evocação de objetos e eventos ausentes) que propiciaram o surgimento das mais diversas formas de expressão e comunicação como a linguagem verbal e a gesticulação. Essas ferramentas são produções culturais que sofrem transformações ao longo da história e dos contextos culturais diversos.

A ação humana, possibilitada pelo exercício das funções psicológicas superiores, só ocorre de forma mediada pelas ferramentas psicológicas. Essas ferramentas também possibilitam a comunicação por meio de linguagem verbal ou não-verbal. As ferramentas psicológicas foram concebidas de forma análoga às ferramentas materiais. Contudo, as últimas atuam no mundo físico e as primeiras atuam nas funções psicológicas superiores, como o pensamento conceitual que é mediado pela linguagem.

A apropriação do externo contribui para o desenvolvimento das funções psicológicas superiores, que são próprias do ser humano, como memória mediada, construção do conceito,

⁸ Para Paula (2015, p. 178) um signo pode ser concebido como o resultado da interação entre três elementos: a) uma representação; b) um objeto ou um evento representado, também chamado de referente do signo; c) algo ou alguém que irá associar a representação ao objeto ou ao evento representado. Ele dá como exemplo a figura do modelo atômico de Rutherford, onde o núcleo do átomo é um disco com um sinal positivo em seu centro. O disco com um sinal positivo em seu centro é o primeiro elemento do signo (representação que substitui o objeto ou evento), o núcleo do átomo é o segundo elemento do signo (ele é aquilo que se quer substituir) e o terceiro elemento do signo será o interpretante (alguém ou algo que irá associar a representação ao objeto/evento, podendo ser um estudante, um professor ou mesmo um software).

atenção e percepção voluntária, pensamento e linguagem (VYGOTSKY, 1987 e 2007, apud SILVA, 2015).

Paula (2015) diz que como todas as funções intelectuais superiores envolve algum tipo de mediação, conclui-se que as ações do homem sobre o meio físico e social são necessariamente indiretas, já que se pressupõe o uso de ferramentas culturais ou materiais. Para Wertsch (1998) a ação humana pode ser entendida como ação interna ou externa, podendo ser aplicada a indivíduos e a pequenos ou grandes grupos. Além disso, toda ação, inclusive a ação mental, tem alguma ligação com os contextos cultural, institucional e histórico em que tal ação ocorre, pois os instrumentos de mediação, ou ferramentas culturais, são inerentemente situadas: cultural, institucional e historicamente (WERTSCH, 1998 apud SILVA, 2015). Por isso, toda ação humana é mediada, envolvendo os agentes e as ferramentas culturais que são mediadoras da ação.

Muitos estudos e pesquisas em educação, de caráter sócio-histórico-cultural, têm sido embasados nas teorias de Vygotsky, sobretudo na afirmação de que as funções mentais superiores no indivíduo derivam da vida social, buscando relacioná-la com a zona de desenvolvimento proximal (ZDP). Segundo Pereira e Ostermann (2012):

Wertsch (1985, 1991b) delineou a teoria de Vygotsky a partir de três temas gerais que estão presentes em todas as suas obras: (a) a confiança no método genético ou evolutivo; (b) a afirmação de que as funções mentais superiores no indivíduo derivam da vida social; (c) a afirmação de que a ação humana, tanto no plano individual como no social, é mediada por instrumentos e signos. De acordo com Wertsch (1996), os estudos de tradição vygotskyana conduzidos no ocidente têm-se centrado em grande medida, no segundo desses três temas, especialmente no modo como ele se relaciona com a noção de zona de desenvolvimento proximal (Vygotsky, 1994). (Ibidem, 2012, p. 24)

Wertsch (1991b, apud PEREIRA e OSTERMANN, 2012), em sua “aproximação sociocultural à mente” tenta compreender a mente humana a partir de uma abordagem que considera o meio social e material onde esse fenômeno se manifesta, deslocando o seu foco da origem social das funções mentais superiores para o terceiro tema apontado por ele nas obras de Vygotsky, a afirmação de que a ação humana é sempre mediada. Para Wertsch (1985), citado por Pereira e Ostermann (2012), “a mediação de instrumentos e signos é analiticamente mais interessante porque fornece a chave para se compreenderem as mudanças quantitativas e qualitativas no desenvolvimento, assim como a transição das formas de funcionamento interpsicológico em intrapsicológico” (Ibidem, p. 25).

Na perspectiva sociointeracionista, mais especificamente em Vygotsky, admite-se que a ZDP concentra as funções mentais superiores do indivíduo, sendo a diferença entre o nível de desenvolvimento que o sujeito já possui e o nível de potencial desenvolvimento que ele pode

adquirir, por meio da interação com os mais experientes. Nessa interação social temos o funcionamento do interpsicológico, onde ocorre a apropriação do conhecimento externo que, ao ser internalizado, passa a atuar no funcionamento do intrapsicológico, desenvolvendo as funções mentais superiores. O sujeito, que é único e singular, modifica o conhecimento e, conseqüentemente, o meio que vive. Nesse processo de desenvolvimento do indivíduo temos tanto a apreensão da cultura externa, ligada às quantidades, como a sua transformação, ligada às qualidades que são relacionadas às emoções.

Essas transições, quantidade/qualidade e interpsicológico/intrapsicológico, numa mão de via dupla, pois o sujeito se desenvolve a partir da interação com o meio e o recria (ele aprende e ensina), são todas realizadas pela mediação de instrumentos e signos. De acordo com Paula (2015, p. 178) podemos dizer que as teorias semióticas desenvolvidas dentro da abordagem sociocultural da atividade humana, baseadas nas concepções e teorias de Vygotsky, atribuem aos signos uma dupla função: a) a mediação do pensamento individual de um dado sujeito sócio-histórico; b) a comunicação entre sujeitos.

Pela interação social (comunicação entre sujeitos) com os mais experientes no uso de uma ferramenta intelectual, o iniciado poderá aprender sobre o uso dessa ferramenta e, dessa forma, pode ocorrer o desenvolvimento do indivíduo (mediação do pensamento individual). No caso da sala de aula o mais experiente no uso das ferramentas intelectuais providas pela Ciência é o professor (ou um colega mais experiente) e os estudantes são os iniciados, aqueles que irão aprender. O professor ou um colega deve prestar assistência, por meio de ferramentas culturais, na ZDP do estudantes.

Por tudo isso, podemos perceber a provável importância da mediação no processo de aprendizagem das Ciências da Natureza, mais especificamente no nosso caso, da Física. Daí o nosso interesse em termos como referencial de análise dos nossos dados, obtidos no plano social da sala de aula, por meio do contexto de aplicação da SE, a TAM que terá suas principais propriedades brevemente descritas na próxima seção.

2.2.2 A Teoria da Ação Mediada

James V. Wertsch é um pesquisador norte-americano da área de Psicologia e Educação, da Washington University, em St. Louis. Após formação nos EUA, fez seus estudos de pós-doutorado em Moscou, onde trabalhou com Luria e Leontiev, parceiros de Vygotsky na concepção do sociointeracionismo. Seu foco atual de investigação está na identidade e memória

coletiva nos Estados Unidos e em diversos países da antiga União Soviética e o papel da escola na construção e manutenção desses fenômenos sociais na sua vertente oficial. Wertsch tem diversos livros editados, inclusive alguns traduzidos para o espanhol e português (PAULA e ARAÚJO, 2013, p. 3)

Wertsch explicou e estendeu a teoria de Vygotsky recorrendo, principalmente, às ideias de Mikhail M, Bakhtin (1981, 1986) sobre translíngua, utilizando as noções de “gêneros do discurso” e de “linguagens sociais”, e também se apoiou nas ideias de Kenneth Burke (1969) sobre o dramatismo, em especial no que se refere às múltiplas perspectivas da ação humana (PEREIRA e OSTERMANN, 2012, p. 25). Sua teoria propõe um pentagrama formado por cinco elementos: Ato (O que aconteceu na ação/pensamento?); Cena (Em que contexto a ação ocorreu? Quando e aonde?); Agente (Quem realizou a ação/pensamento?); Agência (Quais instrumentos/ferramentas foram utilizados na ação?); Propósito (Com quais objetivos/intenções foi realizada a ação?). (WERTSCH, 1998, p. 34).

Para Pereira e Ostermann (2012), na aproximação sociocultural à mente de Wertsch, ele busca uma explicação para os processos mentais humanos que reconheça a relação entre os processos e o meio sócio-histórico-cultural em que esses processos acontecem, sendo que muitos estudiosos buscam saber qual seria o ponto de partida nesses processos. Seria o meio ou o indivíduo? Isso é chamado por Cole e Wertsch (1996, apud PEREIRA e OSTERMANN, 2012) como “antinomia indivíduo-sociedade”. Para Wertsch, de forma a evitarmos a antinomia indivíduo-sociedade, devemos pensar os processos mentais e o contexto sociocultural não como entidades reais e independentes, mas como elementos ou momentos de uma unidade de análise mais inclusiva, capaz de descrever como eles entram em contato dinâmico. Ou seja, o que deve ser explicado é a ação humana, mas não no sentido de explicar o que está cabeça do indivíduo enquanto realiza a ação, implicando considerar os aspectos do contexto sociocultural em que os processos psicológicos têm lugar. O foco deve estar na ação em si e nos aspectos nela envolvidos. A dimensão psicologia deve ser entendida como um momento da ação e não como uma entidade que existe de forma isolada.

Da forma definida por Wertsch (1998b), a ação pode ser externa ou interna e pode ser conduzida tanto por grupos (pequenos ou grandes) como por indivíduos. Esse enfoque leva a uma revisão da tarefa da aproximação sociocultural, afirmando que seu objetivo é explicar a relação entre a ação humana, de um lado, e o contexto cultural, institucional e histórico na qual essa ação ocorre, de outro. (PEREIRA e OSTERMANN, 2012, p. 26).

Na aproximação sociocultural, uma forma de ação humana de especial interesse é a ação mediada. Paula e Talim (2012) apresentam os conceitos de mediação e ação mediada,

desenvolvidos por Wertsch. A ideia de mediação consiste na afirmação de que uma interação entre dois elementos envolve a presença de um terceiro elemento, o agente mediador (elemento ou recurso) da ação. Pode-se inferir que ação mediada é toda ação tipicamente humana que emprega meios mediacionais disponíveis em um dado contexto sociocultural específico.

O que Wertsch emprega por meio mediacional é a suavização entre os conceitos de ferramentas culturais ou psicológicas e ferramentas materiais de Vygotsky, pois mesmo uma ferramenta material não modifica apenas o meio físico, mas o sujeito que a utiliza. Iremos, como Paula e Talim (2012) e Paula e Moreira (2014), tratar o meio mediacional por recurso mediacional (RM).

A Teoria da Ação Mediada (TAM.), proposta por Werstch (1998), problematiza a distinção entre ferramentas materiais e ferramentas psicológicas ou culturais, que foi introduzida nos trabalhos seminais de Vygotsky (1981; 1991) e retomada por Engeström (1987). Para Werstch(1998), essa distinção é mais sutil do que parece. Assim, mesmo o uso de ferramentas materiais não modifica apenas os objetos do mundo físico ou nossas ações sobre tal mundo: essas ferramentas alteram, também, a nós mesmos, ao interferirem no fluxo e na estrutura de nosso funcionamento mental. Por essa razão, Werstch (1998) suaviza a distinção entre ferramentas materiais e psicológicas ou culturais, substituindo essas expressões pelo conceito mais amplo de *mediacional mean*, um termo que temos traduzido por meio da expressão recursos mediacionais (representada, a partir de agora, pela sigla RM). (PAULA e MOREIRA, 2014, p. 19).

Em sua TAM, Wertsch (1998) discute dez propriedades da ação mediada. Com exceção da segunda, todas as outras estão concentradas no quadro 1, a seguir, elaborado por Paula e Moreira (2014, p. 20). Em nossas discussões, iremos utilizar esse quadro e, dessa forma, iremos explicar as propriedades da TAM por meio dessa compilação.

Quadro 1 – Propriedades da ação mediada, por Paula e Moreira (2014)

Propriedades da ação mediada inspiradas nas apresentadas por Werstch (1998)

-
- 1. A ação mediada instaura uma tensão irreduzível entre agente e RM (corresponde à primeira propriedade mencionada por Werstch).**
 - 2. A ação mediada costuma ser dirigida por múltiplos propósitos que podem estar em conflito (corresponde às propriedades 3 e 9 mencionadas por Werstch).**
 - 3. Os RM tanto possibilitam quanto constroem a ação (corresponde à propriedade 5 mencionada por Werstch).**
 - 4. Novos RM transformam a ação mediada (corresponde à propriedade 6 mencionada por Werstch).**
 - 5. A relação entre agentes e RM pode ser caracterizada em termos de domínio e apropriação (corresponde às propriedades 7 e 8 mencionadas por Werstch).**
 - 6. Os RM interferem nas relações de poder e autoridade (corresponde à propriedade 10 mencionada por Werstch).**
-

A primeira propriedade (correspondente à propriedade 1 de Wertsch) é a mais importante, pois ela direciona as outras, nos diz que existe uma tensão irreduzível entre o agente e o RM, sendo que a ação não pode ocorrer somente pelo agente ou pelo RM. Na verdade, a ação só ocorre em conjunto, ou seja, quem realiza a ação é o agente juntamente com o RM. Um exemplo disso dado por Wertsch (1998b, apud PEREIRA e OSTERMANN, 2012) é quando um estudante é solicitado a fazer a multiplicação entre os números 484 por 22. Ele os dispõe verticalmente, um embaixo do outro, seguindo artifícios matemáticos, como a seguir.

$$\begin{array}{r}
 484 \\
 \times 22 \\
 \hline
 968 \\
 + 968 \\
 \hline
 10.648
 \end{array}$$

Se o estudante não dispusesse dos números como o fez, provavelmente ele teria dificuldade em realizar a operação. Algo que seria mais improvável ainda de conseguir fazer se considerarmos números com muitas casas decimais, por exemplo. A disposição espacial (sintaxe) dos números, nesse caso, é parte essencial do RM e o agente não é capaz de agir sem ela. Podemos dizer que a sintaxe realiza parte do pensamento do agente.

A partir dessa perspectiva, a mente humana é “distribuída” entre agentes e as ferramentas culturais que eles empregam. Wertsch (1991b) toma emprestado, de autores como Bateson (1972), Bruner (1998) e Geertz (1989), a noção de mente como algo que “se estende além da pele”. Assim, qualquer forma de ação resulta muito difícil, senão impossível, de se realizar se nela não estiver envolvida uma poderosa ferramenta cultural e um usuário habilidoso no seu manuseio. A natureza da ferramenta cultural e o uso específico que os agentes fazem dela podem variar consideravelmente. Ainda assim, ambas as partes são necessárias para a compreensão da ação humana. (PEREIRA e OSTERMANN, 2012, p. 27)

O sucesso na realização de uma tarefa nunca pode ser atribuído, de forma isolada, à “competência” do agente ou do RM. A “competência” deve ser vista como o domínio que o agente possui do RM ou como a facilidade em usar o RM num dado contexto. Dessa forma, a “inteligência” só pode ser compreendida no contexto em que os RM são usados. Essa “inteligência” depende da história do indivíduo e de suas experiências num dado conjunto de ferramentas culturais. Destacamos que quem se modifica na história das experiências de um sujeito no uso de um RM não é ele e nem o RM, tomados isoladamente, mas a própria ação mediada (PAULA e MOREIRA, 2014).

A segunda propriedade (correspondente às propriedades 3 e 9 de Wertsch) no diz que as ações costumam ser dirigidas por múltiplos propósitos que são potencialmente conflituosos,

contribuindo para tal, o fato de que o RM tem a sua própria história cultural, sendo, normalmente, utilizado em contextos e com objetivos/motivos diferentes dos quais e para os quais ele foi criado. Normalmente um RM não é criado para o propósito que ele é utilizado.

No caso da operação matemática exposta como exemplo na primeira propriedade, a realização da multiplicação (ação realizada) possui como propósito se chegar ao número correto da operação, mas ela pode servir a outros propósitos, tais como: impressionar um público específico (o professor, pais...) ou suprir um sentimento de fracasso escolar. Ou seja, nesse caso, um conflito entre o sucesso no domínio do RM ou ligado ao fracasso no seu uso. Ainda em relação ao exemplo dado, se o professor pedisse ao estudante para realizar a operação com números romanos, ao invés de números arábicos, teríamos um conflito entre os propósitos pelos quais o RM foi criado e a sua utilização, pois os propósitos iniciais dos números romanos não possuem a operação multiplicação. (PEREIRA e OSTERMANN, 2012).

A propriedade 3 (correspondente à propriedade 5 de Wertsch), diz que os RM's tanto possibilitam quanto constroem a ação. Por tanto, qualquer tentativa de tentar entender ou agir sobre a realidade é limitada pelo RM utilizado na ação.

Um exemplo sobre isso é o impacto que a introdução da internet discada causou no meio escolar, na década de 1990. Ela possibilitou o rápido acesso à informação, o uso de recursos como simulações e laboratórios virtuais, por parte de estudantes e professores. No entanto, com o surgimento da banda larga, na década seguinte, percebemos que o RM internet discada restringia a ação dos seus agentes, pois ela possuía uma capacidade de tráfego de dados bem menor que a banda larga. Ou seja, o uso da internet discada possibilitava novas ações por parte dos professores e estudantes, mas essas novas possibilidades eram restringidas pelo fato da sua velocidade de tráfego de dados ser baixa, comparado com a internet banda larga (Ibidem).

A quarta propriedade (correspondente à propriedade 6 de Wertsch) diz que novos RM transformam a ação mediada.

Segundo Wertsch (1998), geralmente, uma mudança nos RM produz uma mudança mais poderosa na capacidade de agir dos agentes, do que o aumento de suas habilidades no uso de RM anteriormente disponíveis. Novos RM transformam a ação e o agente porque a introdução de um novo RM produz um desequilíbrio na organização sistêmica das ações utilizadas em um dado momento do desenvolvimento físico, sócio ou ontogenético. (PAULA E MOREIRA, 2014, p. 23).

A quinta propriedade (correspondente às propriedades 7 e 8 de Wertsch) diz que a relação entre agentes e os RM pode ser caracterizada em termos de domínio e apropriação.

Em sua obra, Wertsch (1998) propõe dois conceitos denominados por ele como domínio e apropriação, de forma a caracterizar os níveis de internalização das ferramentas culturais (RM). De acordo com ele, o domínio está relacionado com o “saber como” utilizar a ferramenta, ele está ligado à expertise do sujeito em utilizar o RM. Já o termo apropriação (fundamentado em Bakhtin, 1986), onde o indivíduo toma a palavra do outro para si, como sendo dele próprio, está ligado não somente à competência no uso da ferramenta, mas à mudança que ela pode causar no sujeito. Ao se apropriar de um determinado conceito, o indivíduo se torna capaz de aplicá-lo num novo contexto, imprimindo nele o seu próprio entendimento. No entanto, segundo Wertsch, o domínio de uma ferramenta cultural, não necessariamente, quer dizer que ele tenha se apropriado dela, pois são processos distintos e possíveis de serem separados teoricamente (WERTSCH, 1998 apud PIUZANA, 2015).

Ao distinguir domínio e apropriação, Wertsch (1998) utiliza a palavra como um exemplo de RM que medeia as ações de linguagem. Nessa ocasião, Wertsch retoma a distinção feita por Bakhtin (1997) entre palavra alheia e palavra própria. Ao fazer isso, ele afirma que, na linguagem, a palavra é inicialmente do outro, tornando-se progressivamente própria quando o falante a povoa com sua própria intenção, sua acentuação. Antes desse momento, a palavra existe na boca dos outros, provém de outros contextos, serve a outras intenções. É desses lugares que o falante precisa resgatar a palavra se quiser transformá-la em palavra própria. (PAULA E MOREIRA, 2014, p. 24)

A sexta e última propriedade (correspondente à propriedade 10 de Wertsch) diz que os RM interferem nas relações de poder e autoridade. Essa propriedade implica na quebra de neutralidade da ação mediada, sendo que o poder e a autoridade não podem ser atribuídos exclusivamente ao agente, eles estão nas ações que o agente pode realizar (sendo que tais ações dependem do domínio e da apropriação de um dado conjunto de RM, num certo contexto sociocultural), ou seja, o poder e a autoridade são do agente atuando com o RM.

Entendemos que a TAM é significativa para o trabalho desenvolvido, pois novos RM, no caso a SE (constituídas por vários recursos didáticos) que traz consigo uma forma mais humanizante de se ensinar Física, por meio do enfoque em CTSA, podem transformar a aprendizagem do estudante, pois esses recursos impactam na ação mediada (a aprendizagem). Também entendemos que a “competência” do estudante em aprender, significando e dando sentido a conhecimentos científicos depende da ferramenta cultural utilizada (RM), pois essa “competência” não é inerente e exclusiva do agente da ação, mas depende também do RM que contribui para o domínio e/ou apropriação dos conceitos científico-escolares. Por fim, entendemos que a SE pode sim restringir (restringir) a ação do estudante, mas por se tratar de uma forma de se aprender Ciências, na qual eles não estão acostumados, considerando-se um tema (ligado a geração e uso de energia elétrica) de relevância para a sociedade e meio

ambiente, para a vida deles, o RM utilizado (a SE por meio dos seus recursos didáticos) deverá possibilitar a ação do estudante em aprender, passando a ter domínio e se apropriando dos conhecimentos (ferramentas materiais e culturais) ligados a SE desenvolvida.

3 PERCURSOS METODOLÓGICOS

3.1 Caráter da pesquisa

Becker (1999) nos diz sobre o risco em se querer usar um método específico das Ciências da Natureza, o método quantitativo. Quando falamos de pessoas pesquisadas não estamos falando de simples objetos, mas de indivíduos que possuem sentimentos e características específicas, não gerais. Portanto, eles não podem ser generalizados. Nessa perspectiva, a educação não pode ser tratada simplesmente por dados numéricos, embora faça uso deles também. Devido às características intrínsecas da educação e o referencial teórico adotado, utilizamos uma metodologia de pesquisa predominantemente qualitativa.

3.2 Procedimentos éticos

De forma a garantirmos os direitos dos sujeitos da pesquisa, assim como dos pesquisadores, seguimos os preceitos do COEP da UFMG e obtemos dele a autorização (parecer 2.144.470) para realizar a pesquisa.

Todos os sujeitos participantes da pesquisa receberam o TCLE e, estando eles em acordo, assinaram-no e autorizaram o uso dos dados coletados nas aulas, pelos pesquisadores. Os sujeitos menores de idade também receberam e, estando em acordo, assinaram o TALE. Os modelos dos termos encontram-se nos apêndices deste trabalho.

O principal cuidado dos pesquisadores, em relação aos sujeitos da pesquisa, foi o de garantir a preservação das suas identidades, sendo que isso foi feito por meio do emprego de pseudônimos para se referir aos participantes da pesquisa. Também reiteramos que nenhuma imagem, seja por foto ou vídeo, e áudio dos participantes foi veiculado nessa pesquisa ou em qualquer outro local.

Devemos também destacar que o professor que aplicou a SE em suas aulas, um dos sujeitos da pesquisa, foi um importante colaborador na elaboração da SE aplicada e em sua reestruturação. Ele teve uma participação relevante nas discussões que levaram à construção das

atividades da SE e da sua reestruturação, ainda ao longo da aplicação da sequência. Por este motivo e estando o professor em acordo, optamos por usar seu nome verdadeiro no trabalho aqui escrito, sendo que o devido termo autorizando o uso de seu nome se encontra nos apêndices desta dissertação.

3.3 O processo de elaboração da sequência de ensino

Para fins de elaboração da SE foi percorrido um longo caminho, tanto de pesquisas em referenciais teóricos de interesse como da definição da sequência de aulas e atividades propostas, assim como dos recursos didáticos a serem utilizados. Iremos, nesta seção, fazer um breve histórico da SE e contextualizar um pouco sobre algumas escolhas feitas.

Inicialmente, ressaltamos que a SE que foi elaborada e aplicada, nas aulas de Física, foi a 7ª versão elaborada no contexto dessa pesquisa, sempre na busca em se ter recursos e atividades que contribuíssem para um aprendizado mais efetivo e significativo para os estudantes.

Devemos ressaltar que até a 5ª versão da SE, ainda se pensava em uma abordagem de ensino que possuísse características de Ensino de Ciências por Investigação e, como já discutido, as atividades da SE iriam ser predominantemente na plataforma *WISE*, algo que dificultou muito o planejamento das atividades para os propósitos da pesquisa, devido a sala de informática não comportar todos os estudantes simultaneamente.

Quando na 3ª versão da SE, a aplicamos na escola campo da pesquisa na forma de um projeto piloto. Isso foi feito com a finalidade de se adequar as atividades, tanto em termos dos tipos de atividades propostas, seus conteúdos, tempo de execução até um ordenamento mais adequado ao longo da sequência. Esse teste da SE não foi gravado na forma de vídeo ou áudio, mas as impressões relativas à sua execução pelo professor e sobre os estudantes na resolução das atividades propostas foram registradas em caderno de campo, sendo que na base de dados da plataforma virtual *WISE* ficaram registradas as respostas dos estudantes das atividades propostas. Nessas impressões, juntamente com conversas com o professor, pudemos perceber a grande dificuldade que seria se utilizar atividades que precisassem dividir a turma, pois o professor da turma é só um⁹, além do que o grupo que ficava na sala de aula comum não se sentia tão comprometido com as tarefas.

⁹ O professor da escola pública básica no Brasil, na maioria das vezes, encontra-se sozinho em sua sala de aula. Ele não possui o devido suporte para o desenvolvimento de atividades que fujam do uso de quadro e pincel, como seria o caso da aplicação de uma SE com o uso sistemático de uma plataforma virtual, no caso a *WISE*.

A partir dessas dificuldades, começamos a perceber que os rumos do caminho deveriam ser mudados, pois o uso da ferramenta computador, por parte dos estudantes, ao menos de forma sistemática como havíamos suposto para uma intervenção com características mais investigativas, parecia não ser a mais viável. Mesmo assim, após isso, ainda continuamos trabalhando com essa perspectiva, onde foram elaboradas mais duas SE. Contudo, na 6ª versão da SE, passamos a elaborá-la com base em uma abordagem com enfoque CTSA e estruturada por atividades, sem o uso da plataforma virtual *WISE*.

Com o intuito de facilitarmos o trabalho do professor na aplicação da SE foi elaborado um caderno (livreto) contendo as atividades que seriam realizadas pelos estudantes, sempre em grupos, no qual foi distribuído um exemplar para cada estudante. Esse exemplar sempre os acompanhava nas aulas de Física, algo que foi muito positivo, pois eles sempre estavam com o material a ser usado nas aulas, demonstrando interesse e responsabilidade por parte deles.

Estruturamos as atividades da SE a partir do tema proposto, “*As Transformações de Energia Solar em Energia Elétrica*”, tendo como suporte recursos didáticos diversos (textos, vídeos, artefato tecnológico, infográficos, simuladores, demonstrações e experimentos, dentre outros). Na busca de emprendermos maior autonomia e engajamento dos estudantes nas atividades, elas foram construídas buscando termos problemas contextualizados, ligados ao tema da SE, com tipos de atividades que favorecessem a resolução de problemas e questões em grupo (debates, seminários, produção de vídeo, dentre outros).

A SE que foi aplicada nas aulas de Física, no âmbito desta pesquisa, encontra-se no apêndice I.

3.4 O contexto da coleta de dados

O contexto de desenvolvimento da parte da pesquisa que corresponde à aplicação da SE, e consequente coleta dos dados, foi uma escola pública da rede estadual de Minas Gerais, situada na região norte de Belo Horizonte. Situada próximo a um grande corredor de trânsito da região norte, essa escola atende tanto a estudantes que residem em bairros do entorno quanto de outros bairros da região norte e, ainda, de cidades vizinhas, como Santa Luzia, Vespasiano e Ribeirão das Neves.

A escola conta com uma estrutura básica possuindo salas pequenas com mobiliário e quadro para pincel, duas quadras poliesportivas cobertas, biblioteca, refeitório, sala dos professores, um espaço que é usado como auditório, uma sala de vídeo, um laboratório de Ciências compartilhado com as disciplinas de Física, Química e Biologia/Ciências e uma sala de

informática contendo aproximadamente 20 computadores (em funcionamento), todos interligados à internet, além de dois aparelhos datashow portáteis, para uso dos professores.

3.5 Os sujeitos da pesquisa

A SE elaborada foi aplicada para todos os estudantes de todas as turmas do 3º ano do EM do turno matutino. O professor José Cassimiro foi interlocutor, desde o primeiro momento, da proposta e planejamento da sequência de ensino. Ele leciona para todas as turmas de 3ºano, é formado em Física na UFMG, tendo feito também mestrado em Física na mesma instituição. Ele tem 20 anos de experiência na profissão e atua, desde 2008, como supervisor do PIBID-Física na escola. Uma das características do professor é o interesse na introdução de conteúdos de Física Moderna no currículo e, ainda, o uso combinado de atividades experimentais e atividades de simulação por computador em salas de aula. O trabalho com a sequência foi acompanhado por um ou dois estudantes de licenciatura, bolsistas do Projeto PIBID na escola. Eles auxiliavam no atendimento aos grupos de estudantes e na preparação dos materiais para as atividades. O pesquisador, autor deste relato, acompanhou o desenvolvimento da sequência operando a filmadora/gravador de áudio e fazendo anotações relativas ao envolvimento dos estudantes com as atividades propostas.

Por questões de logística e tempo disponível para coleta de dados, somente uma turma foi acompanhada efetivamente para fins de coleta e análise de dados, relacionados à pesquisa, embora isso não nos tenha impedido de termos uma visão mais ampla, também das outras turmas, pois a visão dos outros sujeitos da pesquisa, estagiários (bolsistas PIBID) e professor das turmas, não está vinculada somente à turma acompanhada efetivamente pelos pesquisadores.

3.6 Instrumentos de coleta de dados

Durante a aplicação da SE, de maneira a termos uma quantidade de material mais expressiva, garantindo maior variedade de fontes para a análise posterior das atividades/recursos da sequência e seus impactos sobre a aprendizagem dos estudantes, assim como sobre a prática docente do professor, utilizamos várias formas de coleta de dados. Utilizamos gravações (em vídeo e áudio) da turma como um todo, do professor e de grupos específicos de estudantes; anotações em caderno de campo do pesquisador, para tomada de impressões a respeito do desenvolvimento da SE; atividades escritas que foram entregues pelos estudantes ao professor, tanto do caderno de atividades como relatório do seminário desenvolvido e avaliações dos

estudantes na forma de redação (prova mensal e atividade da carta); entrevista semiestruturada, gravada em áudio e vídeo, com o professor José Cassimiro, com seis estudantes (aqueles que se destacaram em seus grupos dos seminários, tanto em termos de engajamento com as atividades como liderança nos grupos) e com dois bolsistas do grupo PIBID/Física que acompanhavam as aulas do professor.

Embora tenhamos tido uma quantidade de dados muito grande e diversificada, devido a qualidade das entrevistas realizadas com os sujeitos da SE, para os nossos propósitos e objetivos de pesquisa, de cunho qualitativo, optamos por nos ater a análise dessas entrevistas e às impressões obtidas pelos pesquisadores, a partir do caderno de campo. Também analisamos os textos escritos pelos estudantes (redação da prova mensal e atividade da carta ao colega). Salientamos que, em alguns momentos, de forma a esclarecer algumas dúvidas de anotações do caderno de campo, recorreremos às gravações de áudio e/ou vídeo feitas em alguns grupos de estudantes e/ou no plano geral da turma. Os roteiros das entrevistas encontram-se no apêndice G.

Todas as entrevistas realizadas foram semiestruturadas, de forma que os entrevistados pudessem falar de forma mais livre e dinâmica.

[...] existem três tipos de entrevistas: estruturada, semiestruturada e não-estruturada. Entende-se por entrevista estruturada aquela que contém perguntas fechadas, semelhantes a formulários, sem apresentar flexibilidade; semiestruturada a direcionada por um roteiro previamente elaborado, composto geralmente por questões abertas; não-estruturada aquela que oferece ampla liberdade na formulação de perguntas e na intervenção da fala do entrevistado. [...] Um dos modelos mais utilizados é o da entrevista semiestruturada, guiada pelo roteiro de questões, o qual permite uma organização flexível e ampliação dos questionamentos à medida que as informações vão sendo fornecidas pelo entrevistado. (BELEI et al, p. 189).

Sempre no início das entrevistas, os estudantes, os bolsistas ou mesmo o professor, foram avisados de que o objetivo da entrevista não era o de avaliá-los, mas sim buscar indícios dos limites e das potencialidades da SE, para o aprendizado dos estudantes e seus possíveis impactos para a prática docente, de forma que ela pudesse ser reestruturada e disponibilizada com algumas orientações para professores de Física do EM. Reiteramos aos entrevistados que eles poderiam se expressar de forma livre (com o coração aberto) suas visões sobre a SE e seus recursos/atividades, fazendo críticas, sugestões e/ou elogios.

4 A SEQUÊNCIA DE ENSINO: CARACTERIZAÇÃO

Nesta seção buscamos caracterizar a SE que foi construída e aplicada (apêndice I), no âmbito desta pesquisa. Buscamos esclarecer algumas das nossas escolhas na construção das

atividades, com base no referencial teórico utilizado, os seus propósitos e algumas das nossas impressões sobre sua aplicação nas aulas de Física, a partir das produções escritas dos estudantes.

4.1 A sequência de ensino e os aspectos CTSA

4.1.1 Os aspectos socioambientais: a escolha do tema

Desde o início nos pautamos pela ideia de elaborar uma SE cujo enfoque seria CTSA. Ou seja, considerando, além dos impactos sociais da relação entre CT com o tema proposto, também uma perspectiva de reflexão sobre as consequências ambientais para essa relação. Contudo, como já dito em outro momento, suas características que envolviam o ensino por investigação e o uso de computadores pelos estudantes, ambos de maneira sistemática, (via plataforma educacional *WISE*) não foi possível. Com base nisso, focamos na elaboração da SE com uma abordagem CTSA.

O tema escolhido para a SE foi “*AS TRANSFORMAÇÕES DE ENERGIA SOLAR EM ENERGIA ELÉTRICA*”, abordando os aspectos científicos e tecnológicos relacionados, principalmente, ao uso de sistemas fotovoltaicos e seus impactos sociais, econômicos e ambientais.

Partimos da ideia de se elaborar uma SE com enfoque na energia fotovoltaica, a princípio, mediante as ideias contidas no projeto inicial apresentado ao programa de seleção do mestrado e por termos, naquele momento, um protótipo de um sistema de energia solar fotovoltaica que poderia ser explorado em nossa sequência. No entanto, esse não foi o motivo determinante para a escolha do tema. Após algumas leituras e pesquisas realizadas, concluímos que o tema seria adequado, tanto para a série de ensino, como, principalmente, pela sua relevância social, econômica e ambiental, permitindo-nos uma abordagem com enfoque CTSA.

“RAMSEY (1993) apresenta três critérios para identificar um tema social relativo à Ciência: (1) se é, de fato, um problema de natureza controversa, ou seja, se existem opiniões diferentes a seu respeito; (2) se o tema tem significado social e (3) se o tema, em alguma dimensão, é relativo à Ciência e à tecnologia” (MORTIMER e SANTOS, 2002, p.119).

De acordo com nossa análise, o tema escolhido está relacionado à CT, pois a energia fotovoltaica e suas implicações são discutidas por meio de um artefato tecnológico (“miniusina” fotovoltaica, mais especificamente o painel fotovoltaico). Também podemos afirmar que o tema é controverso, pois suscita discussões ligadas ao controle da geração e distribuição de energia

elétrica, possuindo assim uma significância social, uma vez que, a discussão de questões do tipo explicitada pode gerar impactos na sociedade, inclusive econômicos e ambientais.

Autores como Merryfield (1991), Towse (1986) e Bybee e Mau (1986, 1987) (apud SANTOS e MORTIMER, 2002) apontam que temas relacionados à energia (geração, uso, e escassez), como é o caso da sequência de ensino elaborada, são centrais no ensino de CTSA devido à suas ligações com CT e seus impactos na sociedade e meio ambiente. Ainda, em relação ao tema energia, no Brasil, poderíamos abordar o tema “as fontes energéticas no Brasil, seus efeitos ambientais e seus aspectos políticos” (Ibidem, p. 120). Dessa forma, o tema escolhido é significativo para uma abordagem de ensino com enfoque CTSA.

Existe uma divergência entre a escolha de um tema global ou regional numa abordagem CTS (MORTIMER e SANTOS, 2002). Mas, sobre esse aspecto, entendemos que o tema escolhido contempla ambas as visões, pois o problema de geração de energia elétrica, seus diversos tipos de fontes e seus impactos sociais e ambientais são uma questão que abrange o mundo como todo. Por outro lado, a discussão feita, a partir do tema proposto, leva em consideração efeitos regionais, em microescala, como pode ser o caso, por exemplo, dos possíveis impactos numa comunidade local devido a instalação de um sistema fotovoltaico numa escola pública.

Compreendendo a importância da escolha de um tema numa abordagem de ensino em Ciências com enfoque CTS/CTSA e com base no já exposto nesta seção, entendemos que o tema escolhido, para a elaboração da SE, se fez apropriado e relevante para a discussão sobre energia elétrica no Brasil, de forma a se propiciar aos estudantes a construção de conhecimentos que os levem a serem cidadãos mais críticos, reflexivos e responsáveis por suas decisões, levando em consideração o coletivo social, assim como o meio ambiente.

4.1.2 O aspecto das Ciências

Mortimer e Santos (2002) apresentam, segundo Rosenthal (1989), uma série de aspectos relativos a Ciências, de naturezas diversas, que poderiam ser abordados nos currículos CTS.

Nessa perspectiva, ROSENTHAL (1989) apresenta uma série de aspectos relativos a Ciências que poderiam ser abordados nos currículos, como questões de natureza: 1. *Filosófica* – que incluiria, entre outros, aspectos éticos do trabalho científico, o impacto das descobertas científicas sobre a sociedade e a responsabilidade social dos cientistas no exercício de suas atividades; 2. *Sociológica* – que incluiria a discussão sobre as influências da ciência e tecnologia sobre a sociedade e dessa última sobre o progresso científico e tecnológico; e as limitações e possibilidades de se usar a ciência e a tecnologia para resolver problemas sociais; 3. *Histórica* – que incluiria

discutir a influência da atividade científica e tecnológica na história da humanidade, bem como os efeitos de eventos históricos no crescimento da Ciência e da tecnologia; 4. *Política* – que passa pelas interações entre a ciência e a tecnologia e os sistemas público, de governo e legal; a tomada de decisão sobre ciência e tecnologia; o uso político da Ciência e tecnologia; Ciência, tecnologia, defesa nacional e políticas globais; 5. *Econômica* – com foco nas interações entre condições econômicas e a Ciência e a tecnologia, contribuições dessas atividades para o desenvolvimento econômico e industrial, tecnologia e indústria, consumismo, emprego em Ciência e tecnologia, e 6. *Humanística* – aspectos estéticos, criativos e culturais da atividade científica, os efeitos do desenvolvimento científico sobre a literatura e as artes, e a influência da humanidade na Ciência e tecnologia. (MORTIMER e SANTOS, 2002, p. 116)

Com base nesses aspectos podemos inferir que a SE elaborada aborda mais claramente os aspectos sociológicos, políticos e econômicos, pois ela discute questões que estão ligadas a influência da CT sobre a sociedade, principalmente sob a óptica dos aspectos políticos e econômicos. A SE discute, por exemplo, como a política pública influencia na não disseminação da tecnologia da geração de energia fotovoltaica, estando esta decisão ligada a aspectos econômicos das grandes empresas controladoras do setor elétrico no país que, muitas das vezes, acabam por fazer uso da “máquina pública” para obtenção de vantagens.

Discutir esses aspectos nas aulas e atividades propostas na SE pode e deve contribuir para desfazer nos estudantes uma visão da Ciência como algo já acabado, de caráter neutro e acima de todas as culturas. Os estudantes poderão perceber que existe uma interação entre Ciência e as tecnologias e que essas impactam na sociedade, seja numa perspectiva política ou econômica, e no ambiente, sendo que pressões de ordem política, econômica e até mesmo públicas (coletivo social) podem e impactam na Ciência e nas tecnologias.

Outra dimensão científica do projeto consistiria em examinar os princípios científicos nos quais se baseia esta tecnologia. Nesse caso, a sequência de ensino deveria discutir modelos científicos que explicam os mecanismos pelos quais a energia solar se converte em energia elétrica. Incluímos tais aspectos nas últimas atividades da SE, mas vale dizer que elas não foram o foco do trabalho desenvolvido na escola. Essa opção por um recorte mais tecnológico e social do que propriamente científico se deveu, em parte, ao tempo que tínhamos disponível para o desenvolvimento da sequência. Além disso, entendemos que os aspectos tecnológicos e sociais estariam mais próximos dos interesses e das necessidades formativas dos estudantes daquela escola do que uma abordagem mais formal e abstrata, de modelos científicos relacionados à Física de Estado Sólido e dispositivos semicondutores.

4.1.3 O aspecto tecnológico

Pacey (1990, apud MORTIMER e SANTOS, 2002, p. 118) identifica três aspectos centrais da prática tecnológica: 1) Aspecto técnico: conhecimentos, habilidades e técnicas; instrumentos, ferramentas e máquinas; recursos humanos e materiais; matérias primas, produtos obtidos, dejetos e resíduos; 2) Aspecto organizacional: atividade econômica e industrial; atividade profissional dos engenheiros, técnicos e operários da produção; usuários e consumidores; sindicatos; 3) Aspecto cultural: objetivos, sistema de valores e códigos éticos, crenças sobre o progresso, consciência e criatividade.

De maneira geral, o aspecto tecnológico numa abordagem escolar é reduzido ao seu aspecto técnico. No entanto, a identificação dos outros aspectos, cultural e organizacional, nos permite compreender como a tecnologia é dependente dos sistemas sócio-políticos e dos valores e das ideologias das culturas em que está inserida. “A alfabetização tecnológica no contexto de CTS inclui a compreensão de todos esses aspectos da prática tecnológica” (ACEVEDO, 1996, apud MORTIMER e SANTOS, 2002, p. 118).

Um dos principais objetivos da SE elaborada foi o de fazer com que os estudantes se apropriassem, além de conceitos físicos, de conhecimentos ligados à abordagem CTSA, de forma que eles refletissem de maneira crítica sobre a geração e o uso da energia elétrica no Brasil, sendo capazes de uma tomada de decisão acerca do assunto.

Como parte das atividades que foram desenvolvidas, eles tiveram que fazer algumas estimativas para a implementação de um sistema fotovoltaico na escola. Nessas atividades, os aspectos tecnológicos citados foram explorados, pois tivemos tanto o desenvolvimento, por parte dos estudantes, de conhecimentos e habilidades relacionadas a técnicas específicas da atividade profissional do setor fotovoltaico, além da tomada de conhecimento sobre os direitos de usuários e desenvolvimento da criatividade dos estudantes. Os estudantes conseguiram perceber a interferência que a tecnologia tem em sua vida e como eles podem interferir nela.

4.1.4 Os aspectos CTSA e as atividades da sequência de ensino

De forma a facilitarmos a visualização da relação entre as atividades da SE e os aspectos CTSA construímos o quadro 2, a seguir. Ressaltamos que o fato de relacionarmos alguma atividade a um aspecto CTSA, específico, não quer dizer que essa atividade não possua relação com os outros aspectos. O quadro indica apenas que a relação entre a atividade e o aspecto citado foi predominante. Também ressaltamos que discussões que suscitem maior apelo político e/ou

econômico, por impactarem socialmente, se encontram dentro do aspecto social. Dessa forma, utilizamos termos como sociopolítico, socioeconômico e sócio-político-econômico.

Quadro 2 – As atividades da SE e os aspectos CTSA

ATIVIDADE	CONTEÚDO/CONCEITO ABORDADO	ASPECTO CTSA PREDOMINANTE
1) Explorando o tema energia solar fotovoltaica	Introdução e discussão inicial (mais ambiental) sobre o tema energia fotovoltaica, a partir de uma demonstração com a miniusina solar, indicando a função das suas partes (PF, controlador de cargas e baterias); Revisitação de conceitos como ddp (diferença de potencial), corrente contínua/ alternada e ligação de um voltímetro num circuito elétrico; Processo de transformação de energia solar em energia elétrica no PF	Tecnológico, científico e ambiental
2) Autogeração de energia elétrica e energia distribuída	Discussão em grupos sobre os impactos sociais da autogeração de energia elétrica e energia distribuída, a partir de vídeos contendo trechos de reportagens televisivas; Significação da unidade usual de energia elétrica	Social e tecnológico
3) Seminários/ Projetos de energia solar	Forma de avaliação dos estudantes através da apresentação de projetos de uso de energia solar (sobretudo fotovoltaica), indicando o local de implantação/ os objetivos do projeto/ os impactos sociais e ambientais/ os dados técnicos	Esperava-se contemplar todos os aspectos, mas houve uma predominância do social e ambiental
4) Energia, potência e eficiência energética	Nesta atividade foram tratados: conceitos de energia, potência, eficiência energética; cálculo de consumo de energia elétrica e conversão entre unidades de energia (padrão e elétrica); Constante solar	Científico
5) Energia, potência e eficiência: examinando os dados de um PF	Aplicação e aprofundamento dos conceitos estudados na atividade 4, a partir dos dados técnicos contidos num selo do INMETRO de um PF; Relação entre a constante solar e a energia produzida por um PF; Fatores que influenciam na geração de eletricidade por um PF e relação entre essa energia gerada e o consumo da escola/ casa dos estudantes	Científico e tecnológico
6) O Sol como fonte de energia e os processos naturais e tecnológicos na Terra	Dados básicos sobre o Sol e a relação da energia solar com processos naturais (ciclo da água, fotossíntese e formação dos ventos) e tecnológicos na Terra; Radiação solar média e sua relação com a constante solar	Científico e tecnológico
7) Seguindo o Sol: como posicionar as placas fotovoltaicas?	Movimento aparente do Sol no céu (solstício e equinócio); Posicionamento mais adequado de um PF para maior aproveitamento da energia solar	Científico e tecnológico
8) Dimensionando um projeto de energia solar para a escola	Estimativa do dimensionamento de um sistema fotovoltaico para a escola, por meio de cálculos (utilizando os dados técnicos de um PF e os conceitos trabalhados nas outras atividades), e através do uso de um simulador solar	Científico e tecnológico
9) LEDs: uma opção para a geração fotovoltaica?	Semicondutores tipo P e N; Junção PN; Efeito fotovoltaico; Revisitação de conceitos sobre circuitos resistivos em série e paralelo	Científico
10) A célula solar: entendendo o efeito fotovoltaico	Reforço dos conceitos trabalhados na atividade 9	Científico
	Apresentação e discussão sobre a matriz elétrica do	

11) Conhecendo a nossa matriz elétrica	Brasil/ comparativo com o mundo; Discussão dos aspectos socioeconômicos e ambientais do uso predominante de energia hidrelétrica ou fotovoltaica pelo nosso país	Social e ambiental
12) Os usos e os caminhos da nossa eletricidade	Panorama geral sobre a geração e distribuição de energia elétrica no Brasil; Os usos da nossa eletricidade (residencial, comercial e industrial); Discussão sobre os possíveis impactos do uso de energia fotovoltaica distribuída para o sistema elétrico brasileiro	Socioeconômico e tecnológico
13) Eletricidade, política e sociedade	Discussão sobre a privatização de hidrelétricas da CEMIG e seus possíveis impactos sociais e econômicos para a população; Possíveis contribuições dos sistemas fotovoltaicos distribuídos na redução da escassez de eletricidade em certas épocas do ano, em certas regiões	Socio-político-econômico
14) Carta ao colega	Forma de avaliação do aprendizado dos estudantes e formação cidadã	Esperava-se contemplar todos os aspectos, mas houve uma predominância do social e ambiental
15) Produção do vídeo/ debate	Forma de avaliação do aprendizado dos estudantes e formação cidadã por meio de discussão/debate (a partir da produção de um vídeo) acerca da instalação maciça de sistemas fotovoltaicos distribuídos no Brasil, por meio de projeto de lei	Social, ambiental e tecnológico

(Elaborado pelos autores)

4.2 A estrutura da sequência de ensino

A SE elaborada e aplicada possui uma estrutura semelhante à proposta por Aikenhead (1994) sobre a estruturação de materiais de ensino CTS, nas quais pesquisas sobre abordagens mais efetivas de CTS geralmente indicam que os seus materiais de ensino são melhores organizados na sequência de etapas, a seguir: (1) introdução de um problema social; (2) análise da tecnologia relacionada ao tema social; (3) estudo do conteúdo científico definido em função do tema social e da tecnologia introduzida; (4) estudo da tecnologia correlata em função do conteúdo apresentado e (5) discussão da questão social original (AIKENHEAD, 1994 apud MORTIMER e SANTOS, 2002, p. 121).

Nas duas primeiras atividades tivemos a intenção de introduzir um problema social e realizar a análise inicial da tecnologia relacionada a esse tema, correspondendo às etapas 1 e 2 propostas por Aikenhead. Na verdade invertemos essa ordem inicial.

Na atividade 1 tivemos uma demonstração com o artefato tecnológico relacionado ao tema social(a possibilidade do cidadão gerar sua própria eletricidade, por meio de sistemas fotovoltaicos distribuídos, no caso para a escola). Esse artefato é uma miniusina fotovoltaica, composta por um painel solar, duas baterias e um controlador de cargas. A ideia foi a de se discutir superficialmente o seu funcionamento e quais fatores que influenciam na geração de

energia elétrica pelo painel. Logo depois, na atividade 2, tivemos a introdução do tema de relevância socioeconômica e ambiental. Foram apresentados aos estudantes vídeos sobre a autogeração de energia elétrica e a geração de energia distribuída, discutindo quais seus possíveis impactos ambientais e socioeconômicos, numa escala mais micro, no caso na comunidade escolar.

Na atividade 3 tinha-se uma proposta para que os estudantes pesquisassem sobre alguns projetos possíveis para a aplicação da energia solar, com maior ênfase na energia fotovoltaica. Após essa pesquisa eles apresentaram um seminário, aprofundando na discussão sobre os possíveis impactos sociais, econômicos e ambientais que o uso do artefato tecnológico escolhido poderia vir a ter. Ressaltamos que essa atividade, por uma questão de tempo para sua realização pelos estudantes, acabou por ser deslocada em nossa SE. Os seminários foram apresentados após a atividade 6. Podemos dizer que a atividade 3 recai nas etapas 4 e 5, propostas por Aikenhead.

Da atividade 4 até a 10 tivemos uma mescla entre o estudo do conteúdo científico (potência, eficiência, energia, constante solar, radiação solar média, semicondutores, efeito fotovoltaico, características de circuitos elétricos, dentre outros) definido em função do tema social e da tecnologia que foi introduzida, o painel fotovoltaico. Também tivemos o estudo da tecnologia correlata em função do conteúdo apresentado (dimensionamento do sistema fotovoltaico, posicionamento das placas e outras questões relacionadas ao estudo da viabilidade de um projeto de instalação de sistema fotovoltaico na escola).

Nas últimas atividades, 11, 12, 13 e 15, tivemos uma discussão mais ampliada (num panorama mais macro) da questão social e ambiental inicial, que possuía um caráter mais local nas atividades iniciais da SE. Nessas questões se discutiu os impactos que os sistemas distribuídos de energia fotovoltaica podem ter sobre a matriz elétrica brasileira e em relação aos aspectos socioeconômicos e ambientais, considerando uma abrangência mais ampla que a inicial.

A atividade 14, a escrita de uma carta para um colega faltoso, foi feita na forma de uma avaliação mensal individual.

4.3 Os propósitos da sequência de ensino

Na introdução desta dissertação dissemos que uma das inquietações do mestrando/pesquisador era o fato de que em sua sala de aula e também em outras salas de aula (de forma geral) os estudantes não se engajavam/interessavam pelas aulas de Física. Contudo, quando se utilizava recursos didáticos diversos nas aulas (simuladores, demonstrações e pequenos

experimentos), ao menos inicialmente, os estudantes se engajavam/interessavam pelas aulas, mas isso era algo que não perdurava. Isso refletia negativamente na aprendizagem dos estudantes, pois fazia com que o ensino de Física não fosse significativo e não tivesse sentido nenhum para eles.

Diante disso, com a finalidade de aumentar o interesse e o engajamento dos estudantes nas aulas de Física, fazendo com que seu ensino tivesse maior significado e sentido para os estudantes, elaboramos uma SE que foi pautada em atividades com um enfoque CTSA. Para a construção dessas atividades buscamos selecionar recursos mediacionais diversificados que pudessem auxiliar os estudantes na resolução de problemas mais contextualizados, com base no tema “*As Transformações de Energia Solar em Energia Elétrica*”. De maneira geral, uma SE com enfoque CTSA possui a finalidade de auxiliar os estudantes na aprendizagem de determinados conceitos/conteúdos físicos, relacionados ao tema da sequência, e contribuir na formação de cidadãos mais críticos e reflexivos, atuantes na sociedade e ambiente.

Como as turmas que iríamos aplicar a SE eram turmas do 3º ano do EM, ao tratarmos de um tema relacionado à geração alternativa de eletricidade (a transformação de energia luminosa do Sol em energia elétrica no PF), pensamos que os estudantes deveriam ter alguns conhecimentos prévios sobre eletricidade básica, como: corrente elétrica, ddp (diferença de potencial), potência elétrica e as principais características da associação de circuitos resistivos em série e em paralelo. Esses conceitos/conteúdos foram revisitados e aprofundados em vários momentos da SE.

Dessa forma, construímos uma SE que foi aplicada no segundo semestre do ano letivo da escola, de forma que os estudantes tivessem a oportunidade de aprenderem aqueles conteúdos citados anteriormente, tidos como requisitos importantes para o desenvolvimento da SE.

Iremos descrever agora algumas das nossas principais expectativas de aprendizagem (intenções de ensino) de conceitos/conteúdos físicos e ideias chave pelos estudantes, com as atividades da sequência. Também ressaltamos que outro propósito da SE foi de contribuir para a formação cidadã dos estudantes, sendo que, dessa forma, as atividades foram construídas buscando despertar nos estudantes valores como cooperativismo, respeito ao próximo e ao meio ambiente e senso crítico reflexivo.

Podemos dividir a SE em 5 blocos de atividades que serão apresentados no quadro 3, adiante. Nesse quadro exporemos algumas das nossas intenções de ensino ao selecionarmos os conteúdos e ideias centrais para a construção da SE, assim como os principais recursos didáticos empregados nessas atividades.

O bloco 1 (atividades 1 e 2) está relacionado à problematização inicial da SE, onde temos a proposição de um problema de CT que possui impactos socioambientais a nível de um microplano (a possível instalação de um sistema fotovoltaico para a escola), e a exploração do artefato tecnológico ligado a esse problema socioambiental, a miniusina solar. No bloco 2 (atividades 4, 5, 6, 7 e 8) temos atividades que exploram conceitos/conteúdos científicos diretamente ligados à implementação de um sistema fotovoltaico. Já no bloco 3 (atividades 9 e 10) temos a exploração de conceitos/conteúdos científicos que estão ligados à transformação de energia luminosa em eletricidade pelo painel fotovoltaico. O bloco 4 (atividades 11, 12 e 13) explora o problema inicial num contexto mais macro (a nível de Brasil), levando à discussões sociais, econômicas, políticas e ambientais mais profundas e amplas. Finalizando, temos o bloco 5 (atividades 3, 14 e 15, mais provas somativas) que possuem o propósito de avaliação dos estudantes em relação aos conceitos/conteúdos físicos e ideias chave abordados nas outras atividades da SE, levando à formação de cidadãos mais críticos e reflexivos, engajados e atuantes na sociedade e meio ambiente.

Quadro 3 – Intenções de ensino da sequência

BLOCO DE ATIVIDADES	CONTEÚDOS/CONCEITOS E IDEIAS CHAVE	INTENÇÕES DE ENSINO	RECURSOS DIDÁTICOS
BLOCO 1: Atividades 1 e 2	Transformação de energia solar (luminosa) em eletricidade num gerador elétrico alternativo (PF); Autogeração de energia elétrica distribuída	Fazer com que o estudante consiga reconhecer a função de cada parte da miniusina solar e alguns dos possíveis impactos (sociais e ambientais) do uso de um sistema fotovoltaico distribuído em micro escala (no caso na escola)	Miniusina solar (painel fotovoltaico, controlador de cargas e baterias); Voltímetro; Vídeos; Caderno de atividades
BLOCO 2: Atividades 4, 5, 6, 7 e 8	Energia; Potência; Eficiência energética; Constante solar; Radiação solar média; Movimento aparente do Sol no céu; Relação do Sol com processos naturais e tecnológicos na Terra; Dimensionamento de um sistema fotovoltaico na escola	Fazer com que o estudante consiga resolver problemas relacionados ao uso e implementação de um sistema fotovoltaico (SF), por meio do uso dos conceitos/conteúdos trabalhados nas atividades, e que ele reconheça o Sol como fonte primária de energia para a Terra e sua influência em processos de regulação da natureza como os ventos, as chuvas e a fotossíntese, assim como em processos tecnológicos (mais especificamente um SF)	Textos; Vídeos Simuladores; Aplicativos; Caderno de atividades
BLOCO 3: Atividades 9 e 10	Semicondutores tipo P e N; Junção PN; Efeito fotovoltaico	Fazer com que o estudante reconheça o que é um semicondutor tipo P e N e sua importância para a eletrônica moderna, para a geração de eletricidade e para iluminação; Levar o estudante a reconhecer o que é o efeito fotovoltaico e como ele ocorre	LEDs; PF; Textos; Vídeos; Caderno de atividades

		na célula solar	
BLOCO 4: Atividades 11, 12 e 13	Energia elétrica e seus possíveis impactos socioambientais	Fazer com que o estudante reconheça a nossa matriz elétrica (desde a sua base de geração até o sistema de transmissão e distribuição); Levar o estudante a refletir sobre os possíveis impactos sociais, econômicos e ambientais do uso de sistemas fotovoltaicos distribuídos (numa escala macro) para o Brasil; Ajudar na formação de cidadãos mais críticos e reflexivos, engajados politicamente, atuantes na sociedade e ambiente	Vídeos; Textos; Caderno de atividades; Mapas Fluxogramas
BLOCO 5: Atividades avaliativas(3, 14, 15 + provas bimestral e mensal)	Atividades avaliativas	Avaliar os estudantes na apreensão de conceitos/conteúdos físicos trabalhados na SE, assim como de valores/habilidades ligados ao enfoque CTSA para a formação de cidadãos mais críticos e reflexivos	Internet e Slides (atividade 3)

(Elaborado pelos autores)

4.4 As atividades da sequência de ensino e as estratégias CTSA

De forma a aumentarmos o engajamento e o interesse dos estudantes na resolução das atividades propostas na SE, contribuindo para propiciar oportunidades de significação a respeito dos conceitos físicos e valores/habilidades do enfoque CTSA envolvidos na sequência, buscamos utilizar, além de recursos didáticos diversos, estratégias de ensino também diversificadas. A seguir, apresentamos algumas estratégias utilizadas em estudos CTSA, examinando como e quando foram utilizadas na construção da SE e em seu desenvolvimento em sala de aula.

Com base em Mortimer e Santos (2002, p. 122) podemos utilizar as seguintes estratégias de ensino para uma abordagem CTS: palestras, desempenho de papéis, fóruns e debates, projetos individuais e de grupo, redação de cartas a autoridades, pesquisa de campo e ação comunitária. Também podem ser utilizadas atividades em CTS como: pensamento divergente, solução de problema, simulações, atividades de tomada de decisão, controvérsias, debates. Outras atividades recomendadas são estudo de caso, envolvendo problemas reais da sociedade, construção de modelos de artefatos tecnológicos, uso de fatos da história da Ciência e discussão em grupo sobre vídeos envolvendo questões científicas e tecnológicas. Essas atividades são geralmente sugeridas na forma de trabalhos cooperativos entre estudantes ou entre professor e estudante, pesquisas, apresentações orais e relatórios escritos.

Na atividade 1 da SE tivemos como principal estratégia uma demonstração com o artefato tecnológico, de forma a iniciar uma discussão sobre as possibilidades de uso da tecnologia correlata e seus possíveis impactos na sociedade e meio ambiente. Já na atividade 2 tivemos

discussões em grupo sobre vídeos envolvendo questões científicas e tecnológicas, algo também presente nas atividades 6, 9 e 11.

Na atividade 3, os estudantes deveriam entregar um relatório escrito sobre o trabalho apresentado (apresentação de seminários, em grupos). Esses seminários tinham por objetivo induzir um debate e discussões sobre aspectos sociais, econômicos e ambientais relativos à tecnologia fotovoltaica. A estratégia de debate esteve também presente na atividade 15, na qual os estudantes, em grupos, foram convidados a fazerem um vídeo se posicionando a favor ou contra a um hipotético projeto de lei sobre sistemas distribuídos de energia fotovoltaica. Nas atividades 7 e 8 utilizamos simulações em computadores: na atividade 7, estudamos o movimento aparente do Sol no céu, de modo a examinar o posicionamento de placas solares; na atividade 8, usamos um simulador para estudo de dimensionamento de sistema fotovoltaico, com vistas a um estudo de viabilidade de instalação na escola.

Privilegiamos, ainda, atividades coletivas, de modo a criar oportunidades de discussões visando o posicionamento dos estudantes frente àquela tecnologia, seus usos e implicações, como também para a apropriação gradual da linguagem científica envolvida no estudo dos sistemas fotovoltaicos. Por esta razão, todas as atividades, exceto a atividade 14 e as duas avaliações somativas, foram desenvolvidas em grupos, seguidas por discussão com toda a classe e, em alguns casos, por relatórios e atividades escritas a serem entregues ao professor.

A atividade 14 foi uma oportunidade de construção pessoal a partir dos estudos realizados. Nela, solicitamos aos estudantes a escrita de uma carta para um colega faltoso (atividade 14) contando o que aprenderam com a SE e sua possível relevância para suas vidas. A oportunidade de escrita temática e opinativa foi também utilizada na prova mensal, em que os estudantes deveriam escrever um texto recomendando uso de energia solar fotovoltaica em um congresso sobre fontes e alternativas para suprimento de energia.

Na atividade 15 os estudantes tiveram outra oportunidade de exporem os seus conhecimentos adquiridos acerca do tema da SE. Nessa atividade, que foi realizada em grupo, eles produziram um breve vídeo (de no máximo 5 minutos) se posicionando a favor ou contra um hipotético projeto de lei que visava criar condições para a implementação maciça de sistemas fotovoltaicos distribuídos no Brasil. Eles deveriam argumentar com base em conhecimentos técnico-científicos, sociais, econômicos e ambientais adquiridos ao longo da SE.

4.5 A sequência de ensino em sala de aula: breve relato

A SE desenvolvida foi planejada para ser executada em aproximadamente 20 aulas, ocupando um bimestre inteiro do ano letivo, no primeiro semestre e após os estudantes terem visto conceitos básicos de eletricidade (diferença de potencial, corrente elétrica, resistência elétrica, potência, circuitos série e paralelo). Contudo, devido a fatores que fugiam da nossa alçada, como avaliações externas do governo, mudanças no calendário escolar devido à greve que ocorreu no início do ano de 2017 e trabalhos/atividades de outras disciplinas, a SE ocupou parte do 3º e do 4º bimestre, contendo um total de 19 aulas. Dessas 19 aulas, 3 foram para apresentação dos seminários dos grupos, 3 para avaliações individuais dos estudantes (prova bimestral, prova mensal e atividade 14 - escrita da carta) e as outras 13 foram utilizadas para desenvolvimento das outras atividades da SE e formalização de conceitos e ideias chave pelo professor.

Todas as atividades da SE foram feitas em grupos e deveriam ser entregues ao final de cada aula para o professor, tendo elas como um limitador o tempo das aulas. Entendemos que, além dos percalços sofridos na aplicação da SE, já sinalizados no parágrafo anterior, outra situação recorrente que colaborou para a limitação do tempo de aplicação da SE, na turma acompanhada pelos pesquisadores, foi o fato de que as aulas de Física aconteciam nas quintas (último horário/após a Educação Física) e nas sextas (primeiro horário), sendo que cada aula corresponde a um horário de 50 minutos. Em função disso, tivemos alguns contratempos iniciais relacionados ao tempo efetivo de aula que acabava sendo, em média, no máximo 40 minutos, pois os estudantes acabavam se atrasando para o início das aulas. No entanto, mesmo com esse problema de atraso, os estudantes demonstraram interesse pela SE e o tempo efetivo das aulas melhorou, sendo que, inclusive, em algumas aulas das quintas o tempo excedeu um pouco o horário normal das aulas.

O quadro 4, a seguir, contém as atividades que foram desenvolvidas na SE, tendo como suporte o caderno de atividades. Ressaltamos que das atividades contidas no quadro, três delas (atividades 3, 14 e 15) foram formas diretas de avaliar os estudantes em seu aprendizado, sendo duas delas em grupo (3 e 15) e a outra individual (14- Carta ao colega). Além dessas formas de avaliar ainda utilizamos mais duas avaliações individuais, a prova bimestral, de caráter mais conceitual e matemático (devido o próprio perfil da prova que deveria ser de múltipla escolha, na forma de um simulado, sendo um formato definido pelo grupo de professores da escola), e a prova mensal de caráter mais textual/dissertativo, ambas no 3º bimestre. Vale ainda lembrar que todas essas formas de avaliação e as próprias atividades feitas em grupo e entregues ao professor serviram para avaliar, além do desenvolvimento dos estudantes, a própria SE.

Quadro 4 – Atividades desenvolvidas na SE

TEMA DA ATIVIDADE	OBJETIVOS DA ATIVIDADE	DATA (AULA)	RM	OBSERVAÇÕES
Atividade 1: Explorando o tema energia solar fotovoltaica	Introduzir o tema energia fotovoltaica, a partir da demonstração com a miniusina solar, mostrando a função de cada uma das suas partes e realizar uma problematização inicial sobre o uso da energia fotovoltaica	10/08 (1) 11/08 (1)	Miniusina solar + multímetro	A primeira aula foi num ambiente externo (espécie de arena), onde foi feita a demonstração com a miniusina e a discussão com a turma sobre energia fotovoltaica, sendo que o relatório da atividade foi feito em sala, na segunda aula, e entregue ao professor
Atividade 2: Autogeração de energia elétrica e energia distribuída	Compreender o que é a geração de energia distribuída, suas possibilidades de uso e seus possíveis impactos sociais locais no caso da implementação na escola/casa	11/08 (mesma aula da atividade anterior)	Vídeos sobre geração distribuída de energia elétrica	O professor passou os vídeos ao final da aula deste dia e disse para os estudantes fazerem a atividade em casa, entregando-a na aula seguinte
Atividade 3: Seminários/ Projetos de energia solar	Compreender algumas das possíveis aplicações do uso da energia solar, mais especificamente a fotovoltaica, discutindo suas possíveis vantagens sociais, econômicas e ambientais	17/08 (1)	Datashow e computador	Essa atividade foi uma das formas de avaliação dos estudantes, pois eles já haviam estudado alguns conceitos ligados à energia fotovoltaica e seus impactos sociais e ambientais, abordados nas atividades 1, 2, 4, 5 e 6 (17/08 – distribuição dos temas) (14, 15 e 21/09 – apresentação)
Atividade 4: Energia, potência e eficiência energética	Compreender a diferença entre energia, potência e eficiência e saber o que é a constante solar	18/08 (1)	Texto científico-escolar	A atividade começou a ser feita em sala, mas gerou muitas dúvidas sobre a diferença entre potência e eficiência, sendo que o professor formalizou tais conceitos no quadro e pediu que os estudantes entregassem a atividade na próxima aula
Atividade 5: Energia, potência e eficiência: examinando os dados de um PF	Fazer a leitura de dados técnicos num selo do INMETRO e saber aplicar os conceitos de potência, eficiência e energia para um PF	24/08 (1)	Texto da atividade 4 e selo do INMETRO	O professor explicou primeiro o que é a constante solar e depois os estudantes fizeram a atividade
Atividade 6: O Sol como fonte de energia e os processos naturais e tecnológicos na Terra	Saber que o Sol é a principal fonte de energia da Terra, compreender sua relação com fenômenos naturais e tecnológicos e compreender o que é radiação solar média	25/08 (1)	Texto científico-escolar e vídeos	O professor reproduziu os vídeos da atividade e pediu aos estudantes que a fizessem, além de tirar dúvidas sobre os seminários que seriam apresentados. Como os estudantes não terminaram a atividade, o professor disse que eles poderiam entregar na próxima aula
_____	_____	01/09 (1)	Desenhos e diagramas no quadro	O professor deu uma aula expositiva/dialogada retomando os conceitos já estudados nas

				atividades/aulas anteriores
_____	_____	14, 15 e 21/09 (3)	Computador e datashow	Os estudantes apresentaram os seminários, sendo que eles acabaram tomando um tempo muito maior que o esperado. Houve grupo que fez até maquete para auxiliar na explicação
Atividades 7: Seguindo o Sol: como posicionar as placas fotovoltaicas? Atividade 8: Dimensionando um projeto de energia solar para a escola	Compreender a posição mais adequada para um PF, discutir as possíveis vantagens econômicas, sociais e ambientais de um sistema fotovoltaico, saber fazer a leitura de dados da conta de energia elétrica	22/09 (1)	Simulador <i>SunCalc</i> , simulador América do Sol e <i>GoogleMaps</i>	O professor utilizou os recursos das duas atividades na aula para discutir com os estudantes a viabilidade de um sistema fotovoltaico para a escola, a economia por ele gerada e os seus benefícios ambientais (redução de emissão de gases poluentes). Foi pedido que os estudantes fizessem as atividades 7 e 8 em casa e entregassem depois
_____	_____	28/09 (1)	Desenhos e diagramas no quadro, painel solar e LEDs	O professor deu uma aula sobre semicondutores e comentou sobre o efeito fotovoltaico. Ele fez uma demonstração com LEDs e o PF, explicando que o led também pode se comportar como uma célula solar
Atividade 9: LEDs: uma opção para a geração fotovoltaica?	Compreender o que é um semicondutor, como fazer a sua dopagem, o que é uma junção PN e saber que um LED pode se comportar como uma célula solar	29/09 (1)	Vídeo sobre um semicondutor e esquema de um LED	O professor passou o vídeo da atividade e comentou rapidamente sobre a relação entre energia e frequência, dando uma dica para ajudar os estudantes a responderem a atividade
Atividade 10: A célula solar: entendendo o efeito fotovoltaico	Conhecer a constituição de uma célula solar e compreender o efeito fotovoltaico	29/09 (mesma aula da atividade anterior)	Texto científico-escolar	O professor pediu aos estudantes que fizessem essa atividade em casa e a entregasse posteriormente
Atividade 11: Conhecendo a nossa matriz elétrica Atividade 12: Os usos e os caminhos da nossa eletricidade	Conhecer a matriz elétrica brasileira, suas principais fontes e seu potencial elétrico, saber da complexidade do sistema de transmissão e como os sistemas distribuídos podem aumentar a eficiência do sistema	19/10 (1) 20/10 (1)	Texto científico-escolar e vídeos	O professor projetou e comentou os gráficos, mapas, diagramas e vídeos das atividades 11 e 12, discutindo a possível contribuição de sistemas fotovoltaicos distribuídos para a nossa matriz, além de suas contribuições sociais e ambientais. Atividade 11 foi iniciada dia 19 e entregue depois, já a atividade 12 foi feita na aula do dia 20
Atividade 13: Eletricidade, política e sociedade	Refletir sobre as ações políticas no nosso sistema elétrico e seus impactos para a sociedade e ambiente	26/10 (1)	Texto científico-escolar	Os estudantes fizeram a atividade 13 em sala e o professor tirou dúvidas sobre a elaboração do vídeo (atividade 15)
Atividade 14: Carta ao colega	Ter indícios do aprendizado dos estudantes ao longo da SE	27/10 (1)	_____	Esta atividade foi uma das formas de avaliação dos estudantes

Atividade 15: Produção do vídeo/debate	Fazer com que os estudantes reflitam, por meio de um debate gravado em vídeo, acerca dos impactos sociais e ambientais do uso de sistemas fotovoltaicos distribuídos	_____	_____	Atividade avaliativa feita em casa pelos estudantes e entregue posteriormente ao professor. Eles deveriam produzir um vídeo, debatendo sobre um hipotético projeto de lei que visava criar linhas de financiamento e reduzir impostos para sistemas fotovoltaicos
--	--	-------	-------	---

(Elaborado pelos autores)

A partir do quadro 4, podemos perceber que os principais recursos mediacionais (RM) utilizados nas atividades da SE, em sala, foram: textos científico-escolares (contendo gráficos, tabelas e diagramas); o artefato tecnológico (PF/ miniusina solar); vídeos diversos; simuladores e aplicativos (*SunCalc*, *Google Maps* e América do Sol). Ressaltamos que como suporte, para todos os recursos citados, contamos com o uso do caderno de atividades (em quase todas as aulas) e um kit multimídia (computador, datashow e caixas de som em quase todas as aulas e, em alguns momentos, com internet). Destacamos também os RM que foram utilizados como formas de avaliação dos estudantes e da SE, sendo eles: a prova bimestral de caráter mais técnico e matemático; a prova mensal de caráter mais dissertativo; os seminários sobre energia solar; a carta escrita ao colega (atividade 14) e o vídeo/debate produzido (atividade 15) pelos estudantes.

4.5.1 As nossas observações, os recursos mediacionais e a Teoria da Ação Mediada

Com a finalidade de obtermos maiores indícios dos limites e potencialidades da SE para o aprendizado dos estudantes e seus possíveis impactos na prática do professor, analisamos a utilização dos RM da SE, pelos seus sujeitos, a partir das nossas anotações do caderno de campo, sendo que em momentos onde tivemos dúvidas sobre os dados contidos nele, recorremos aos vídeos/áudios gravados nas aulas e às avaliações/atividades escritas dos estudantes. Isso foi feito à luz da TAM de Werstch (1998), como sintetizada por Paula e Moreira (2014, p. 20).

Ressaltamos que um RM não é somente uma ferramenta material, mas também aquelas ferramentas ditas culturais ou psicológicas. Dessa forma, consideramos que as formas de avaliação dos estudantes também são RM e foram por nós analisados, juntamente com aqueles RM ligados às atividades que foram realizadas pelos estudantes, em sala (ou extraclasse), e que não tinham uma intenção direta de avaliá-los.

4.5.1.1 Recursos mediacionais ligados às atividades realizadas em sala

A) O artefato tecnológico (PF)

Segundo a quarta propriedade da TAM, novos RM transformam a ação. Isso pôde ser claramente evidenciado na aula inaugural da SE, em função da demonstração que foi feita com a miniusina solar (mais especificamente com o PF). Essa demonstração trouxe uma alteração na rotina da turma, pois os estudantes foram levados para um espaço externo à sala de aula (espécie de arena), dentro da escola, algo que pudemos perceber que impactou positivamente na prática do professor, considerando que isso gerou um aumento do interesse dos estudantes pela aula e pelo seu conteúdo.

Antes de fazer a demonstração, o professor José Cassimiro problematizou o uso de formas de energia alternativas (renováveis e limpas) como a fotovoltaica, em oposição a formas mais tradicionais como os combustíveis fósseis (não-renováveis e poluentes), indicando que o Brasil possui um potencial enorme para aproveitamento da energia solar, mais especificamente para aquecimento de água e para geração de eletricidade.

Os estudantes participaram da aula fazendo perguntas e comentando sobre o uso de sistemas fotovoltaicos. Num certo momento, uma estudante deu um exemplo do uso dos painéis solares em um sítio que ela foi. Na verdade, ela confundiu o painel solar com o sistema solar de aquecimento de água. Ela perguntou por que mesmo com os painéis a água, de noite, ficava fria. Daí o professor falou rapidamente do funcionamento do aquecedor e foi mostrado aos estudantes a miniusina solar, comentando sobre as funções de cada uma das suas partes (placa, controlador de carga e baterias). Alguns estudantes perguntaram sobre o material da placa solar e o professor explicou, rapidamente, que o material se denomina semicondutor, sendo que a placa é composta por uma espécie de “sanduíche” de dois tipos de semicondutores.

Após isso, o professor pediu ajuda a alguns estudantes para fazer a demonstração com o painel fotovoltaico. Ele colocou o painel em posições e locais diferentes (variando a intensidade da luz solar sobre ele), e mostrou (com um multímetro) que, devido a esses fatores, ele produz uma voltagem de saída diferente. Foi falado pelo professor que o voltímetro terá uma escala máxima de medida e que, como a configuração do painel (células) é em paralelo, o valor mais fácil de medir é a voltagem. Também foi perguntado ao professor se tem como estocar energia no painel e outro estudante falou que em sua casa possui um sistema fotovoltaico. Aproveitando isso, o professor ressaltou que a nossa miniusina é didática (não tão eficiente), mas falou da constituição do painel (suas camadas, resistência ao clima...). A partir dessas falas, o professor falou das baterias, do controlador de cargas e da possibilidade de se combinar fontes diferentes de

eletricidade, inclusive conectando o sistema fotovoltaico com a rede da concessionária de energia elétrica, no nosso caso a CEMIG.

Ao final da aula, uma estudante (a mesma que falou do sistema no sítio) levantou questões sobre se podemos usar somente os painéis, sem as baterias. Outros estudantes também perguntaram por que não utilizamos largamente a energia fotovoltaica. Num diálogo com os estudantes foi dito, pelo professor, a questão do alto custo inicial, do problema de armazenamento da energia e questões políticas ligadas ao poderio de empresas de petróleo e produtoras de outras formas de energia. A mesma estudante que falou sobre o sistema no sítio perguntou se pode ser instalado o sistema em qualquer lugar e o professor falou que depende da insolação no local, sendo que, a princípio, qualquer casa pode ter o sistema, inclusive na escola, algo que iria ser discutido nas próximas aulas.

Em relação ao uso do RM demonstração com o PF, pudemos perceber uma implicação da terceira propriedade da TAM (os RM tanto possibilitam quanto constroem a ação), em outro momento em que o uso do PF foi feito e causou bastante impacto nos estudantes e mudou a rotina da sala de aula. A demonstração feita pelo professor, na aula do dia 28/09, está representada na figura 1, adiante. Comparado com a demonstração feita na primeira aula, onde se utilizou o RM multímetro para detecção da geração de energia elétrica pelo PF, através da sua tensão de saída, podemos perceber que o seu uso restringiu a ação do professor e dos estudantes, quando comparada com a demonstração feita com o auxílio de outro RM, os LEDs, para a detecção da geração de eletricidade no PF. Isso devido ao fato de que a leitura de um valor, no voltímetro, não gera o mesmo impacto visual que os LEDs ao acenderem quando conectados ao painel, indicando que ele gerou eletricidade.



Figura 1 – Demonstração com o PF e LEDs *(arquivo pessoal dos pesquisadores)*

Antes da demonstração, inicialmente, o professor explicou de forma expositiva e fazendo desenhos esquemáticos no quadro, o que é um semicondutor e como podemos formar uma junção PN. Foram falados alguns termos mais técnicos, ligados à Química, sobre essas ligações, mas os estudantes demonstraram estranhamento ou não conhecê-los, achando-os de difícil compreensão. O professor também falou um pouco sobre como ocorre o efeito fotovoltaico na placa solar, usando da analogia de um muro (barreira de potencial) que deve ser transposto pelas cargas, mas que eles só conseguem passar para o outro lado quando ganham energia do Sol e passam por um caminho “externo”, sendo esse caminho o circuito elétrico.

Após isto, o professor fez uma pequena demonstração com alguns LEDs individuais e com alguns conectados em série. Ele mostrou que os LEDs (que também são formados por uma junção PN) podem fazer o papel das células solares, mas sua eficiência é muito menor, pois eles têm uma área pequena de contato com a luz do Sol. Disse, ainda, que o LED conduz corrente elétrica num sentido preferencial e, no caso de atuarem como células solares, eles devem conduzir em sentido contrário. Uma placa de LEDs conectados em série também foi ligada à saída do painel solar, algo que causou um impacto visual muito grande nos estudantes, pois eles “viram” a relação entre a quantidade de luz solar que chega ao painel e a energia por ele produzida.

Essa demonstração que foi similar a que foi feita na aula inaugural, trocando o multímetro pelos LEDs, causou bastante surpresa e admiração dos estudantes. Eles ficaram muito empolgados com a demonstração e surpresos pela velocidade com que a geração de energia ocorre, pois os LEDs acenderam praticamente de forma instantânea, quando a placa foi exposta ao Sol, impactando de forma positiva no aumento do interesse deles pela aula. Ao que parece os estudantes pensavam que isso seria possível apenas depois que a placa esquentasse. Os modelos que explicam o funcionamento do dispositivo foram retomados apenas ao final da sequência (atividades 9 e 10 da sequência).

Comparando os dois momentos em que ocorreu a demonstração com o painel, com o auxílio do voltímetro e dos LEDs, podemos perceber que com o uso do voltímetro temos um ganho quantitativo na demonstração, mas com os LEDs temos um ganho qualitativo, reafirmando que o uso de um RM pode tanto possibilitar quanto constrianger a ação mediada.

B) Vídeos diversos

No decorrer das aulas da SE, em várias das suas atividades, foram utilizados vídeos diversos, alguns mais ligados a aspectos teóricos da Física e outros ligados a aspectos socioambientais das discussões sobre energia fotovoltaica. Esses vídeos possuíam funções

diversas, sendo que eles poderiam ajudar na problematização sobre o tema, abordar aspectos conceituais do conteúdo ou até mesmo ilustrar algum assunto abordado/discutido anteriormente.

Recordando a segunda propriedade da TAM (a ação mediada costuma ser dirigida por múltiplos propósitos que podem estar em conflito), pelo fato dos vídeos não terem sido produzidos para as finalidades da SE, tentamos com muito esmero selecionar vídeos que se aproximassem e conseguissem servir a tais finalidades.

Sobre os vídeos da atividade 2, apresentados para a turma no final da segunda aula da SE, no dia 11/08, ambos (a reportagem da escola de Uberlândia que instalou um sistema fotovoltaico com a ajuda do *Greenpeace*¹⁰ e a reportagem do programa Fantástico da Rede Globo) foram passados aos estudantes com o intuito de os ajudar na problematização sobre os possíveis impactos (sociais e econômicos) que um sistema distribuído de geração fotovoltaica poderia causar localmente, no caso na escola campo de pesquisa, e também engajá-los na SE.

Um fato interessante, relacionado ao aumento do interesse e engajamento de estudantes pela SE, foi a fala de uma estudante, reportada ao mestrando/pesquisador quando o encontrou no corredor da escola, após a aula, de que ela iria procurar o diretor da escola e conversar com seus pais para mobilizar a comunidade escolar, de forma a conseguir fundos para a instalação de um sistema fotovoltaico, semelhante ao da escola de Uberlândia, na escola campo de pesquisa. No entanto, por não termos um contato mais próximo à estudante, pois ela não era da turma que foi acompanhada diretamente na pesquisa, não sabemos se ela chegou a fazer tal tentativa.

Com os vídeos da atividade 6, apresentados na aula do dia 25/08, tivemos como intuito abordar aspectos conceituais relacionados a energia solar. O primeiro (do programa ABC da Astronomia) tratava da composição do Sol e como ele pode gerar energia. Já o segundo vídeo tratava da relação do Sol com processos naturais como fotossíntese, ciclo da água e formação dos ventos e, conseqüentemente, sua relação com algumas fontes de energia utilizadas na Terra. Também na atividade 9, que foi trabalhada na aula do dia 29/09, o vídeo apresentado, sobre semicondutores, possuía como objetivo discutir aspectos conceituais do conteúdo, além de ilustrar um conteúdo explicado pelo professor na aula anterior.

Na atividade 11, dois vídeos foram utilizados para discutir vantagens e desvantagens de geração de energia elétrica por hidrelétricas e por sistemas fotovoltaicos. Os dois vídeos traziam, na visão dos operadores, as vantagens da construção da hidrelétrica de Belo Monte e de uma usina fotovoltaica de médio porte na cidade de Pirapora, em Minas Gerais. Esses vídeos parecem ter

¹⁰ Maiores informações em: <https://www.greenpeace.org.br/blog/conheca-o-greenpeace>.

impactado em algum grau alguns estudantes, pois quando eles produziram o vídeo da atividade 15, eles citaram os dois empreendimentos apresentados nos vídeos da atividade 11.

Percebemos que em todas as exibições de vídeos os estudantes ficaram em silêncio e pareciam prestar bastante a atenção. Contudo, como já esperado, baseado na segunda propriedade da TAM, isso não foi algo que garantisse que os objetivos pelos quais exibimos os vídeos fossem alcançados.

Em relação ao vídeo da atividade 9, percebemos que ele não gerou muito impacto nos estudantes, pois não percebemos em outras atividades sua citação pelos estudantes ou mesmo alguma discussão a seu respeito em sala de aula. Talvez o tempo dedicado ao entendimento do modelo de funcionamento do sistema fotovoltaico tenha sido insuficiente. Outra possibilidade a ser explorada seria a proposição de questões conceituais a preceder o funcionamento do dispositivo. Por exemplo: Por que uma placa fotovoltaica aciona imediatamente o circuito? É a luz ou o calor do Sol que faz funcionar o dispositivo? Do que são feitos os materiais que compõem uma placa fotovoltaica?

No caso dos vídeos da atividade 6, sobre o Sol, houve um questionamento sobre por que não podemos olhar diretamente para o Sol. O professor explicou que a radiação pode queimar células da retina que não regeneram, isso mesmo que não seja num eclipse. Ele deu um exemplo de um amigo que tirou uma foto diretamente do Sol e sua máquina danificou (Professor: “a foto ficou linda, mas depois disso toda foto saía com uma mancha escura...”). Essa pergunta indica que o RM despertou certo interesse, por parte do estudante, sobre o conteúdo abordado no vídeo.

No entanto, num grupo, os estudantes perguntaram se a questão 1 (sobre a relação do Sol com os ventos, fotossíntese e ciclo da água) estava correta. Percebi que eles não compreenderam o processo de fotossíntese e, mesmo após a minha intervenção, ficou claro que o vídeo não havia sido suficiente para tal. Tratava-se, assim, de um recurso meramente ilustrativo ou que ajudava a relembrar o conceito de fotossíntese caso já houvessem, num momento anterior da vida escolar, o compreendido.

C) Os simuladores e aplicativos

O simulador usado na atividade 7, para o movimento aparente do Sol no céu, foi o *SunCalc*, sendo que o objetivo em utilizá-lo foi o de auxiliar os estudantes na compreensão do motivo pelo qual um PF, no hemisfério sul, deve ser posicionado para o norte geográfico. Nesta atividade também foi utilizado o aplicativo *GoogleMaps*, de forma a localizarmos a escola, verificando o posicionamento geográfico de seus telhados (para qual região geográfica a face dos telhados aponta). Já na atividade 8, com a finalidade de estimarmos um sistema fotovoltaico para

a escola, utilizamos o simulador América do Sol. Com base nos dados da conta de energia elétrica, ele nos permite estimar o número de placas que o sistema necessita, a área por ele ocupada, a quantidade média de energia gerada mensalmente, entre outras coisas.

Na aula do dia 22/09, o professor utilizou esses RM com os propósitos já descritos, sendo que os dois primeiros programas foram utilizados para ilustrar, aos estudantes, o porquê do posicionamento das placas para o norte geográfico, além da sua inclinação de acordo com a latitude da sua localização. Com o *SunCalc* foi mostrado aos estudantes o movimento aparente do Sol, ao longo de um dia e como seria esse movimento nos solstícios das estações climáticas do ano. A partir do *GoogleMaps* a escola foi localizada e os estudantes puderam ver que seus telhados possuem uma posição favorável para a instalação de painéis fotovoltaicos. Os estudantes acharam muito interessante os simuladores e ficaram bem atentos e participativos durante a exploração desses dois programas, pelo professor.

Também quando foi utilizado o simulador solar América do Sol os estudantes participaram bem e ficaram muito surpresos com a possível economia gerada na conta de luz da escola, a partir do uso de painéis fotovoltaicos. Foram explorados pelo professor os dados gerados pelo simulador (valores e gráficos). Com relação às vantagens ambientais dos painéis, foi obtido pelo simulador o valor aproximado da quantidade de gás carbônico (reconhecido por acentuar o efeito estufa e acionar mecanismos de mudança climática) que deixariam de ser emitidos para a atmosfera, caso sejam instalados painéis fotovoltaicos na escola¹¹.

Ao final da aula, por razões de escassez de tempo, o professor pediu que os estudantes explorassem os outros recursos da atividade 7 em casa e simulassem um sistema para a casa deles. As atividades escritas ficaram para serem entregues ao professor na aula posterior.

Em outras aulas e atividades pudemos perceber que, a partir do uso do RM simuladores/aplicativo, houve um domínio e apropriação (quinta propriedade da TAM), por parte dos estudantes, dos conceitos abordados na aula que o professor utilizou esses RM. Também pudemos perceber, em relação à prática do professor, que esses novos RM transformaram sua ação (quarta propriedade da TAM), pois a aula, embora expositiva, foi extremamente dialogada, sendo que o professor demonstrou grande engajamento no uso do RM.

¹¹ Mesmo o Brasil tendo as hidrelétricas como sua principal fonte de eletricidade, não emitindo grande quantidade de gases estufa (reconhecidos por acionar mecanismos de mudanças climáticas), em períodos de estiagem de chuvas, quando fazemos grande uso de termelétricas, o uso dos painéis fotovoltaicos pode ser significativo na redução da emissão de tais gases.

D) Textos científico-escolares

Em algumas das atividades (4, 5, 6, 10, 11, 12 e 13) foram colocados textos de apoio para os estudantes nos quais denominamos científico-escolares. Esses textos de apoio às atividades continham gráficos, tabelas e diagramas, sendo que os textos das atividades 4, 5, 6 e 10 possuíam um conteúdo mais conceitual/técnico. Já os textos das atividades 11,12 e 13 traziam conteúdos mais ligados às discussões socioambientais, relacionada ao tema energia fotovoltaica.

Pelas nossas impressões obtidas, a partir das nossas observações das aulas, percebemos que, de forma geral, uma das grandes dificuldades dos estudantes no desenvolvimento das atividades da SE estava relacionada à falta do hábito de leitura. Muitos estudantes leem as perguntas da atividade e quando têm dúvidas não consultam o texto de apoio. Isso foi sentido principalmente na primeira metade da SE, onde os textos tinham aspectos mais conceituais. Contudo, na segunda metade da SE, onde os textos tinham aspectos mais ligados às discussões sociais e ambientais, relacionadas ao tema, os estudantes deram indícios de que interagiram com os textos de modo mais significativo.

Acreditamos que isso pode estar ligado ao fato de que novos RM, no caso textos com enfoques mais sociais e ambientais (gerando também discussões políticas e econômicas), transformam a ação mediada (quarta propriedade da TAM).

A nosso ver, embora a SE tenha contribuído para a apreensão de conceitos físicos pelos estudantes, ela foi muito mais efetiva na formação cidadã deles. Talvez porque os estudantes acabavam vendo maior sentido na Física, quando relacionada às discussões socioambientais, sendo que isso pode ajudar a explicar o observado em relação ao uso dos textos. Outro fator a ser considerado também é que na produção dos vídeos/debates, os estudantes recorreram mais aos textos relacionados às atividades da segunda metade da SE.

Em relação ao texto da atividade 4 que falava dos conceitos de potência, eficiência e energia (que também serviu de apoio para a atividade 5), ao observarmos a aula do dia 18/08, quando os estudantes fizeram a atividade 4 da SE, vimos que eles tiveram uma dificuldade inicial em localizar as questões, pois algumas estavam destacadas ao final do texto. Dessa forma, alguns grupos que responderam somente as questões iniciais que se encontravam antes do texto. Percebido isto, foi mostrado aos grupos que, ao final do texto, havia mais questões a serem respondidas. Isso também ocorreu com a atividade 6 que foi realizada na aula do dia 25/08, onde o texto da atividade falava sobre a radiação solar média no Brasil, sendo um indício do que descrevemos anteriormente, o fato de que os estudantes não possuem hábito de leitura.

Ressaltamos que, no caso da atividade 4, as questões que deixaram de ser feitas pelos estudantes não estavam tão bem sinalizadas, algo que foi corrigido pelos pesquisadores. No entanto, no caso da atividade 6, as questões que foram deixadas de ser feitas pelos estudantes estavam bem destacadas e o enunciado já trazia que teriam mais questões a serem respondidas.

Na aula do dia 24/08, os estudantes fizeram a atividade 5. Eles teriam que extrair informações de uma figura (selo do INMETRO de um PF) que estava no texto da atividade 4. Os grupos começaram a fazer a atividade e houve uma dúvida geral sobre a comparação que deveria ser feita em uma das questões, entre a energia que poderia ser produzida pelo PF e a consumida na casa do estudante ou na escola. Pudemos perceber que a dúvida que surgiu foi em função de uma má elaboração do enunciado, algo que foi corrigido imediatamente pelos pesquisadores, quando percebido.

Com relação ao texto da atividade 10 não pudemos apreender, das nossas observações, como se deu a sua utilização pelos estudantes, pois o professor pediu que eles fizessem a atividade em casa. Como a atividade era para completar frases e indicar as partes de uma célula solar, atribuindo a cada parte sua respectiva função, não podemos aferir se ele trouxe significado para a resolução da atividade.

Em relação aos textos das atividades 11 e 12, sobre a matriz nacional de geração de energia elétrica, explorados na aula do dia 19/10, o professor discutiu com toda a turma algumas informações desses textos. Ele projetou e comentou os gráficos, diagramas e mapas contidos nos textos, discutindo um pouco as questões das atividades. Já o texto da atividade 13 foi trabalhado pelos estudantes na aula do dia 26/10. A opção do professor em projetar os dados dos textos e comentar com os estudantes se deu em função do curto tempo que dispúnhamos para finalizar a SE e também para dar um panorama mais geral aos estudantes sobre a matriz e o setor de eletricidade do Brasil.

Entendemos que esse procedimento foi importante para que os estudantes se apropriassem do teor dos textos, algo que parece ter surtido efeito, pois eles, ao realizarem as atividades, tiveram menos dúvidas e chegaram a explorar algumas das discussões trazidas (como o da venda de hidrelétricas da CEMIG pelo governo Temer, em 2017) nos seus relatos ao serem entrevistados e na produção dos vídeos (atividade 15).

Podemos perceber que os textos de cunho mais CTSA contribuíram para a mudança de poder e autoridade dos estudantes (propriedade 6), pois informações neles contidas foram utilizados em outras atividades, com a produção da carta e do vídeo. Assim, a partir desses RM, os estudantes demonstraram um domínio e uma apropriação dos conteúdos abordados.

4.5.1.2 Recursos mediacionais ligados às atividades de avaliação

A) Prova mensal e carta ao colega (Atividade 14)

Optamos por analisar esses dois RM simultaneamente por entender que, devido ao formato predominante deles ser a escrita textual, mesmo que com estilos um pouco diferentes, elas causaram impactos semelhantes no aprendizado dos estudantes e na prática do professor.

A prova mensal dos estudantes foi individual e foi dividida em duas partes, na primeira, mais conceitual, explorava aspectos que foram trabalhados nas atividades da primeira metade da SE (atividades 1 a 8). Os estudantes teriam que utilizar o conhecimento deles para resolver situações relacionadas à implementação de sistemas fotovoltaicos. Já na segunda parte, mais relacionada a conteúdos CTSA, os estudantes teriam que escrever uma redação defendendo o uso da energia solar, num congresso internacional sobre o tema, sendo que eles poderiam utilizar dados dos seminários apresentados por eles.

Sobre a carta ao colega, nessa atividade a ser respondida individualmente, os estudantes teriam que escrever uma carta mais informal a um colega faltoso nas aulas de Física. Eles deveriam contar ao colega o que aprenderam, ao longo da SE, o que foi mais significativo para a vida deles e o que eles gostariam de ter aprofundado, ou aprendido, com a SE.

Um impacto na prática do professor, a princípio negativo, é a grande quantidade de tempo despendido para correção dos textos. Contudo, por experiência própria do mestrando/pesquisador que auxiliou na correção de textos de duas turmas, nas duas avaliações, essa correção acaba por ser bem mais interessante e menos maçante que a correção de questões matemáticas abertas (resolução de problemas).

Na visão de muitos estudantes, pudemos perceber que ambas as avaliações, por focarem no formato textual, facilitaram a expressão de suas ideias e os conceitos apreendidos nas aulas e atividades, mesmo na prova mensal. Na orientação da atividade, foi dito a eles que poderiam utilizar os conhecimentos apreendidos com os seminários. Eles acharam mais fáceis essas formas de avaliação do que resolver questões com fórmulas e cálculos matemáticos. Isso foi percebido nas falas de alguns estudantes que foram entrevistados e no diálogo diário com eles. Os estudantes disseram que a linguagem da carta, mais informal, e também da redação feita na prova mensal, por poder utilizar os seminários como base, os levou a ficarem menos tensos nessas avaliações, conseguindo expressarem melhor os conhecimentos por eles apreendidos, e os diversos significados dados por eles à Física.

Como já dito em vários momentos, os novos RM transformam a ação mediada (propriedade 4 da TAM), sendo que isso foi nítido com a introdução desses novos RM como formas de avaliação. Esses RM mudaram a forma de ver dos estudantes sobre o que pode ser uma avaliação. Com essa mudança na forma de ver dos estudantes, sobre as formas de avaliação, pudemos também perceber aqui como os RM interferem na relação de poder e autoridade (propriedade 6 da TAM), pois eles demonstraram terem se apropriado de muitos conceitos e discussões sobre energia fotovoltaica, sendo mais ativos no processo de ensino-aprendizagem.

B) Seminários e a produção do vídeo/debate

Fizemos aqui a opção de analisar os dois RM (seminários e produção de vídeo), que também foram formas de avaliação dos estudantes e realizadas em grupo, de forma conjunta, por entendermos que eles são complementares, pois as discussões ocorridas nos seminários foram feitas com base nas formas de uso da energia solar (usos específicos e localizados). Como os vídeos deveriam discutir sobre a possibilidade da implementação de sistemas fotovoltaicos no Brasil como um todo (num plano mais macro), parece-nos razoável que haja uma complementaridade entre as avaliações.

A atividade 3 da SE (seminários em grupo sobre energia solar) foi muito comentada pelos estudantes, bolsistas e professor nas entrevistas realizadas na pesquisa. Eles destacaram o quanto os estudantes se interessaram e engajaram na atividade, sempre buscando tirar dúvidas para sua construção e pesquisando sobre o tema do grupo. Também foi comentado por eles o quão significativo foi a atividade para a formação cidadã dos estudantes, levando-os a serem mais críticos e reflexivos acerca do tema energia solar.

Para a realização dos seminários foram formados grupos com, no máximo, 6 estudantes cada e foram sorteados 7 temas sobre energia solar, sendo 5 ligados a energia fotovoltaica, 1 sobre aquecedor solar e 1 sobre energia Heliotérmica (Termossolar). Os estudantes deveriam pesquisar e apresentar o seminário com o tema do seu grupo, além de entregarem um relatório sobre o trabalho (atividade 3 da SE). Os seminários foram de ótima qualidade nessa turma e, segundo relato do professor José Cassimiro e dos bolsistas, em quase todos os grupos das outras turmas do 3º ano também. No entanto, ressaltamos que, da turma acompanhada nesta pesquisa, somente um grupo entregou o relatório.

A princípio, os seminários deveriam ser apresentados num tempo entre 5 a 10 minutos cada, totalizando no máximo duas aulas para as apresentações. No entanto, como houve grande envolvimento dos estudantes com a atividade, com muitos questionamentos de outros estudantes

durante a apresentação de outros grupos, as apresentações dos seminários da turma acompanhada duraram 3 dias.

Como atividade final da sequência de ensino, os estudantes (em grupos) deveriam elaborar um vídeo (de no máximo 5 minutos), no qual, teriam que se posicionar a favor ou contra a um hipotético projeto de lei sobre o uso de sistemas distribuídos de energia fotovoltaica no Brasil. Esse projeto visava ampliar o uso desses sistemas no país, mediante a redução de impostos no fabrico dos componentes fotovoltaicos e a criação de linhas de crédito para financiamento de tais sistemas.

Essa atividade foi proposta, após as atividades da SE estarem todas definidas, já no final do seu desenvolvimento. Ela foi pensada e concebida na tentativa de resolvermos um problema ligado à falta de tempo para as discussões que deveriam ocorrer nas atividades finais (11, 12 e 13) da SE, discussões envolvendo o uso da energia fotovoltaico numa dimensão mais macro em nosso país. A ideia inicial era que os estudantes, ao se posicionarem a favor ou contra ao hipotético projeto de lei, deveriam fazer isso por meio de argumentos técnicos, sociais e ambientais. Ou seja, eles deveriam utilizar o conhecimento construído ao longo da aplicação da SE. A partir desses vídeos, iríamos fazer um debate com toda a turma. No entanto, por não podermos mais estender a SE, esse debate com a turma não ocorreu, mas percebemos em alguns grupos que eles se engajaram na atividade e, inclusive, produziram vídeos na forma de debates sobre o tema.

A partir das nossas observações e pelas entrevistas analisadas anteriormente, podemos inferir que o RM seminário foi, provavelmente, o mais significativo para o aprendizado dos estudantes, foi o que gerou maior domínio e apropriação sobre as discussões CTSA (propriedade 5 da TAM), principalmente. Porém, mesmo o vídeo não tendo tido tanta repercussão quanto os seminários, a nosso ver por ter sido uma atividade que deveria ter tido maior orientação e executada antes da carta ao colega, o uso deste RM também se mostrou significativo para o aprendizado de muitos estudantes. Como formas de avaliações mais dialogadas, esses RM quebram com a neutralidade da ação mediada, conferindo poder e autoridade aos estudantes (propriedade 6 da TAM).

Também entendemos que esses novos RM (essas formas de avaliação) corroboraram para o aumento de interesse/engajamento dos estudantes, potencializando o aprendizado deles (algo relacionado à propriedade 4 da TAM). Sobre a prática do professor, entendemos também que essas formas de avaliação foram novas, fugindo dos testes e provas tradicionais, servindo para mediar sua ação de ensino, transformando positivamente sua prática.

4.6 A produção escrita dos estudantes: indícios de domínio e apropriação de conceitos e ideias chave

Na SE desenvolvida e aplicada foram trabalhados alguns conceitos/conteúdos físicos e ideias chave que julgamos importantes para o aprendizado dos estudantes, ligados ao tema da SE. Esses principais conceitos e ideias chave da SE foram citados no quadro 3, da seção 4.3 (os propósitos da sequência de ensino) e serão apresentados novamente, dividindo-os em duas partes. Na parte 1 examinamos a aprendizagem dos conceitos/conteúdos físicos que foram selecionados enquanto objetos de aprendizagem na proposição da sequência. Na parte 2 examinamos evidências de aprendizagem de ideias chave relacionadas a conteúdos CTSA, ou seja, mais voltados para a formação cidadã dos estudantes.

Parte 1: Transformação de energia solar (luminosa) em eletricidade num gerador elétrico alternativo (painel fotovoltaico); Energia, potência e eficiência energética; Constante solar; Radiação solar média; Movimento aparente do Sol no céu; Relação do Sol com processos naturais e tecnológicos na Terra; Semicondutores tipo P e N; Junção PN; Efeito fotovoltaico.

Parte 2: Autogeração de energia elétrica distribuída; Dimensionamento de um sistema fotovoltaico na escola; Energia elétrica e seus possíveis impactos socioambientais.

Os conceitos de domínio e apropriação de Wertsch (1998) são formas de caracterizar os níveis de internalização das ferramentas culturais (RM) por um indivíduo. O domínio está relacionado com o “saber como” utilizar essa ferramenta e está ligado à expertise do sujeito em utilizar o RM. Já o termo apropriação é fundamentado nas ideias de Bakhtin (1986), onde o indivíduo toma a palavra do outro para si, como sendo dele próprio. A apropriação está ligada não somente à competência no uso da ferramenta, mas à mudança que ela pode causar no próprio sujeito. Ao se apropriar de um determinado conceito/ideia chave, o indivíduo se torna capaz de aplicá-lo num novo contexto, imprimindo nele o seu próprio entendimento. Segundo Wertsch, o domínio de uma ferramenta cultural, não necessariamente, implica que ele tenha se apropriado dela, pois são processos distintos.

Iremos agora, na busca de indícios da apreensão de domínio e apropriação dos conceitos/conteúdos físicos e ideias chave da SE, pelos estudantes, analisar as atividades escritas que foram por eles resolvidas e entregues ao professor. Além das atividades que foram feitas, sempre em grupos, também analisamos a prova mensal (modelo no apêndice H) e a carta ao colega (atividade 14), ambas individuais.

De forma a preservarmos o anonimato dos estudantes, sujeitos da pesquisa, iremos chamá-los por nomes fictícios. Também não iremos estipular grupos específicos de estudantes, pois

muitos desses grupos sofreram alteração em sua composição, ao longo da SE. Dessa forma, iremos colocar os nomes fictícios de todos os integrantes que compuseram certo grupo, numa certa atividade. Iremos começar a nossa análise pela parte 1 das nossas intenções de ensino, os conceitos/conteúdos físicos que guiaram a SE.

Na atividade 1 da SE, na questão 3, os estudantes, após a demonstração feita pelo professor com a miniusina solar, deveriam descrever a função de cada componente da usina (painel fotovoltaico, controlador de carga e bateria). Vamos analisar as respostas em relação à função do PF e do controlador de carga de alguns grupos:

Grupo A (Charlene, Deivison, Anderson e Tarsis):

Painel fotovoltaico: tem a função de absorver a energia vinda do Sol.

Controlador de energia: tem a função de dar mais portas de saída de energia e regular a quantidade de energia que vai para cada aparelho conectado.

Grupo B (Rodolfo, Julio, Marcelo e Kepler):

O papel exercido pelo painel fotovoltaico é a absorção de energia fornecida pelo Sol, distribuída pelo controlador de energia com a função de passar energia para as baterias, armazenando-a.

Grupo C (Kelvin, Bryan e Charles):

O painel fotovoltaico capta a energia solar, a bateria armazena ela e o controlador de energia gerencia a energia para os equipamentos.

Grupo D (Pablo e Joana):

O painel fotovoltaico: captar os raios solares, lá é onde passa a corrente elétrica.

Controlador de energia: alerta ao utilizar a instalação as suas necessidades particulares, aumentando assim o tempo de vida útil das baterias.

Nas respostas de todos os grupos, podemos perceber que os estudantes trabalham com a ideia intuitiva de que energia é uma substância que vai “passando” pelo sistema. Eles falam que o painel fotovoltaico absorve a energia do Sol e que o controlador de energia (de carga) distribui essa energia que pode, então, ser canalizada para fazer funcionar aparelhos ou, ainda, ir para baterias, onde é armazenada. Esta forma de pensar energia como algo material que vai de um lugar a outro é característica de raciocínio intuitivo, mas pode ser uma ponte para a conceituação de fluxos de energia. No painel fotovoltaico todos os grupos falam apenas da absorção da energia, mas não da conversão de energia luminosa (ou da energia transferida pela radiação solar) em energia elétrica. O Grupo D vai um pouco além, mencionando que a energia elétrica provém do painel fotovoltaico (ou ao menos passa por ele).

Quanto ao controlador de carga, o grupo A identifica como uma espécie de válvula, capaz de controlar a quantidade de energia que vai para cada componente do circuito. Sabemos que isso não é correto; o controlador de carga apenas identifica as entradas e saídas de energia de modo a indicar se está produzindo mais energia do que está sendo utilizada no momento (neste caso, transferindo energia restante para as baterias) ou se a demanda de energia supera a produção atual

do painel fotovoltaico (neste caso, parte da energia sendo suprida pela empresa de energia). O grupo B tem uma visão ainda mais limitada do controlador de carga, visto como uma espécie de “caixa de passagem”. Os grupos C e D apresentam uma visão funcional mais adequada do controlador de carga, “gerenciando o processo” ou “alertando para as necessidades do sistema” e assim permitindo maior durabilidade das baterias. Não sabemos se estas respostas foram extraídas da exposição feita pelo professor ou de consultas à internet. De qualquer modo, foram reelaboradas na resposta dada à questão.

Já os 2 últimos grupos parecem ter o domínio de que a função do painel fotovoltaico está relacionada à produção de energia elétrica. No entanto, somente o último grupo, o F, diz que ocorre conversão de energia luminosa em energia elétrica no painel.

Grupo E (Bárbara, Bianca, Pietra e Patrício):

O painel capta os raios solares e produz energia elétrica. O controlador de energia controla a quantidade de energia obtida.

Grupo F (Bruna, Carina, Steve e Wendel):

Painel fotovoltaico: converte energia luminosa em energia elétrica.

Controlador de energia: regulador da quantidade de energia para cada aparelho.

Na atividade 4 temos a discussão entre os conceitos de potência, energia e eficiência energética. Inicialmente, antes de ler o texto da atividade, os estudantes deveriam discutir o que significam essas palavras e responderem se existe alguma diferença entre potência e energia e entre potência e eficiência energética. A atividade contava com um texto de apoio que descrevia esses conceitos, dando alguns exemplos da sua utilização no dia-a-dia (situações ligadas ao uso de lâmpadas, chuveiro e painel fotovoltaico). Seguem as respostas dadas pelos estudantes após trabalho com o texto:

Grupo 1 (Kelvin, Charles, Bryan, Vander e Ester):

Energia é a capacidade de algo fazer alguma coisa, ou seja, gerar certa força para mover algo. Já a potência é a quantidade de energia para utilizar um aparelho e a eficiência energética é a relação entre a energia útil obtida em uma conversão e a energia total fornecida. Energia é a capacidade de um corpo para realizar algo e a potência é o tempo que esse trabalho levará para ser feito.

O grupo 1 apresenta uma definição funcional e causal da energia (o que faz funcionar aparelhos). Esta definição parece uma apropriação adequada da definição convencional em aulas e textos de Física (energia como capacidade de realizar trabalho), aqui expressa como capacidade de gerar força para produzir movimento. A definição de eficiência energética é correta, mas usando os mesmos termos utilizados no texto, não podemos dizer se houve apropriação ou domínio. Na resposta do grupo, há duas propostas para o conceito de potência; na primeira delas, potência é energia dos aparelhos (potência e energia aparecem como sinônimos); na segunda

menção, energia e potência são apresentadas corretamente. Não sabemos se houve consulta à internet ou outros textos.

Grupo 2 (Isabela, Kelma, Samanta, Sara e Eduarda):

Energia: transformação, calor, realização de trabalho; Potência: intensidade; Eficiência energética: utilização racional de energia, aproveitamento. Potência seria a capacidade de transformação da energia e a energia seria a capacidade de realizar trabalho. Potência seria a capacidade de transformação da energia e a eficiência seria o aproveitamento energético que o objeto em relação a sua potência.

O grupo 2 associa energia à calor, trabalho e transformação. Temos aqui também uma evidência de apropriação do discurso científico escolar, uma vez que os estudantes não reproduzem uma definição pronta, mas são capazes de elaborar ideias cientificamente corretas. No entanto, apesar do esforço em significar potência em relação à energia, os termos aparecem indiferenciados. O conceito de eficiência aparece relacionado com aproveitamento energético (o que é correto) do objeto em relação à sua potência (interpretamos potência como sendo a energia fornecida na conversão de energia, o que dá indícios de compreensão do conceito).

Grupo 3 (Silvia, Bárbara, Joana, Bianca, Pietra e Patrício):

Energia: é uma quantidade física que está relacionada em produzir transformações, em realizar trabalho; Potência: é a grandeza que determina a quantidade de energia concedida por uma fonte a cada instante de tempo; Eficiência energética: é uma atividade que busca melhorar o uso das fontes de energia. Enquanto a energia é a capacidade de um corpo para realizar um trabalho, a potência é o tempo que esse trabalho levará para ser feito, dada as condições para sua realização.

A definição do grupo 3 é mais convencional, talvez copiada de alguma fonte de consulta. Daí não podemos dizer se houve ou não domínio do conceito. Interessante observar a redação do grupo para eficiência energética, correta e não convencional.

De qualquer forma, a atividade oferece aos estudantes oportunidades para pensarem e conversarem sobre o sentido de palavras científicas de uso frequente na vida cotidiana. Ainda, de aplicar conceitos em contextos, como na atividade 5, que reproduzimos e comentamos a seguir.

Volte a consultar o selo da placa fotovoltaica fornecida no texto da atividade 4 e resolva as questões.

1. Considerando a área da placa, determine a potência solar máxima que atinge ela. (Dica: use o valor da constante solar)
2. Considerando a eficiência da placa, calcule potência elétrica máxima que ela é capaz de fornecer a um circuito.

Todos os 5 grupos que entregaram a atividade ao professor realizaram os cálculos devidamente e obtiveram as respostas corretas das questões iniciais. O acerto dos estudantes na resolução dessas questões pode ser um indício de que houve um domínio e certa apropriação no

uso das relações matemáticas ligadas aos conceitos de potência e eficiência energética, assim como no uso do conceito de constante solar, apresentado no texto da atividade anterior.

Na atividade 6 foram trabalhados os conceitos de radiação solar média e a relação do Sol com processos naturais e tecnológicos na Terra (fotossíntese, ciclo da água e dos ventos e suas relações com fontes de energia terrestres). A atividade possuía dois vídeos curtos de apoio, sobre o Sol e sua relação com os processos terrestres, e um texto sobre a radiação solar média.

Esperávamos que os estudantes tivessem uma compreensão, de anos anteriores de escolarização, do Sol como fonte primária de energia na Terra. No entanto, nas discussões dos grupos, percebemos que muitos demonstravam não saber explicar corretamente o processo de fotossíntese, o ciclo da água e a formação de ventos, tampouco formas de geração de energia associadas a tais processos como, respectivamente, combustíveis fósseis/biomassa e geração hidráulica/eólica de eletricidade.

Embora no dia em que a atividade foi realizada todos os grupos estivessem discutindo e tentando resolver as questões propostas, somente 2 grupos (8 estudantes) entregaram a atividade ao professor. Ressaltamos que devido o fato dos estudantes terem apresentado dificuldade em explicar o processo de fotossíntese, ciclo da água e geração eólica, o conceito/conteúdo radiação solar média acabou não sendo discutido por eles nessa atividade, algo que o professor retomou em outro momento. As questões que foram respondidas pelos grupos e suas respostas estão a seguir.

Dentre os processos físicos naturais importantes para a vida em nosso planeta, que são dependentes do Sol, podemos citar a fotossíntese, o ciclo da água e a formação dos ventos na Terra. Explique a dependência de cada um desses processos com o Sol.

1. Qual a relação dos processos citados na questão anterior com fontes importantes de energia como combustíveis fósseis, biomassa e fontes de eletricidade (hidrelétricas e eólicas) que utilizamos em nosso dia-a-dia? Explique para cada caso citado.

Grupo I (Charlene, Wendel, Bruna e Carina)

1. Na fotossíntese a energia solar é convertida em energia química, responsável pela formação da glicose, absorvendo minerais para o seu crescimento e liberando O₂. A energia solar aquece a água que evapora e condensa em altos níveis, formando as nuvens e logo a chuva. Os ventos dependem da energia solar para que ocorra a variação de temperatura e assim a diferença de pressão, formando-os (o vento vai da região de maior pressão para a de menor).

2. Os processos naturais como ciclo da água, formação dos ventos e a fotossíntese são utilizados para gerar diferentes tipos de energia. A água possui energia potencial e após a queda cinética, nas hidrelétricas, e os ventos movimentam grandes hélices para gerar energia eólica.

As respostas do grupo parecem indicar uma apropriação da relação entre energia solar e processos físicos e bioquímicos, bem como da relação destes com fontes de energia. A única

restrição é que o grupo não relaciona a fotossíntese aos combustíveis fósseis e biomassa. Já o segundo grupo parece ter um menor domínio sobre os conceitos/conteúdos abordados.

Grupo II (Kelvin, Bryan, Sabrina e Ester)

1. Na fotossíntese a planta precisa do Sol para produzir oxigênio. Já no ciclo da água, as águas quentes vão para pontos mais frios no planeta e as águas frias vão para pontos quentes. E na formação dos ventos os ares quentes descem e os ares frios sobem.

2. Através do Sol que gera a fotossíntese que se relaciona com combustíveis fósseis e biomassa, por meio de restos de animais. A água e o vento, também através do Sol, geram energia e eletricidade, pelas usinas hidrelétricas e eólicas.

Vemos aqui uma visão limitada de fotossíntese (associada apenas à produção de oxigênio) e uma forma pouco usual de falar sobre correntes de convecção, talvez identificada pelo grupo com a expressão “ciclo da água”, mencionados no enunciado do problema. Na resposta ao item 2, vemos uma concepção causal de energia (o Sol gera fotossíntese), e uma visão limitada dos processos de decomposição da matéria orgânica (com possível indiferenciação entre biomassa e combustíveis fósseis). Notamos, ainda, uma correta associação entre energia solar e energia produzida em usinas hidrelétricas e eólicas.

O conceito de radiação solar média, da atividade 6, foi comentado pelo professor com a turma em sua apresentação usando simuladores e animações gráficas. Na atividade 6, foi o movimento aparente do Sol no céu. Na atividade 7, não houve entrega de respostas escritas pelos estudantes. Esta atividade foi importante para que os estudantes conseguissem perceber a importância do posicionamento de um painel fotovoltaico, de forma que ele possua maior produção de energia elétrica.

Também a atividade 8, que era dividida em duas partes, embora tenha havido entrega de respostas pelos estudantes ao professor, não temos como fazer uma análise do domínio e apropriação dos estudantes, dos conceitos/conteúdos abordados na atividade. Isso porque os estudantes completaram e entregaram somente os dados da segunda parte da atividade, a partir da exploração, pelo professor, de um simulador solar. Na primeira parte, os estudantes deveriam considerar os dados contidos na “conta de luz” da escola e em um selo do INMETRO de um PF para estimarem o dimensionamento de um sistema fotovoltaico para a escola. Na segunda parte, os estudantes deveriam explorar o simulador solar, algo que foi feito pelo professor com a turma.

Continuando nossa busca pela apreensão de indícios do domínio e apropriação dos estudantes de conceitos/conteúdos físicos, iremos agora analisar as atividades 9 e 10 que abordaram os conceitos/conteúdos semicondutores tipo P e N, junção PN e efeito fotovoltaico.

Importante ressaltar que, antes da realização das atividades 9 e 10, pelos estudantes, o professor deu uma aula expositiva e dialogada para a turma sobre semicondutores, abordando a dopagem dos semicondutores, a junção PN e de forma bem superficial o efeito fotovoltaico. Outra coisa a ser dita é que a atividade 10 era mais restritiva, onde os estudantes deveriam completar lacunas em frases sobre semicondutores e o efeito fotovoltaico, além de completarem o esquema de uma célula solar, indicando onde ocorre o efeito fotovoltaico, onde se localiza a junção PN e o movimento de cargas, quando da incidência de luz sobre ela.

Na resolução das questões, das atividades 9 e 10, os estudantes contaram, como recurso mediacional, com um vídeo sobre a dopagem de semicondutores e a junção PN, além de um texto sobre uma célula solar e o efeito fotovoltaico. As questões da atividade 9 e as respostas dos estudantes se encontram a seguir.

De posse de LEDs de cores diferentes (vermelho, azul e branco) e associando alguns do mesmo tipo (brancos de alto brilho), em série e/ou paralelo, seu professor irá lhe mostrar que um LED também pode funcionar como uma célula solar e o conjunto deles como um painel fotovoltaico.

Vamos fazer alguns testes com o multímetro (tensão e corrente elétrica geradas pelos LEDs, quando atingidos por luz solar ou por uma lâmpada incandescente) e tentar ligar pequenos dispositivos (relógios, calculadoras...) na nossa placa alternativa.

Após os testes, em grupos, responda (Lembre-se de entregar suas respostas ao professor)

1. Por que um LED é tão eficiente em converter energia elétrica em luz e não o contrário, transformar “luz” em energia elétrica?
2. O espectro de cores que compõe a luz solar (luz branca) são as cores do arco-íris e cada cor possui um valor específico correspondente de energia. Qual LED (vermelho, azul ou branco) seria mais indicado para termos o maior aproveitamento da energia solar para geração de energia fotovoltaica? Explique.

Grupo X (Charlene, Bruna, Wendel, Carina e Steve)

1. Por ter uma área menor será necessário mais LEDs, de tal forma que sua utilização será mais cara que o painel. Além disso, por fluir a corrente em apenas um sentido, o LED consome mais energia para vencer a barreira de potencial do que gera (luz).

2. A luz branca. Por ser a soma de todas as frequências possui uma frequência única e maior. A frequência é diretamente proporcional à energia, logo terá maior aproveitamento de energia.

Grupo Y (Silvia, Pietra, Patrício, Bárbara e Bianca)

1. O LED gasta mais energia para transformar luz em energia elétrica porque o trabalho é bem maior do que converter energia elétrica em luz, gastando mais energia e tendo menos eficiência.

2. O LED branco. Porque ele emite do vermelho ao azul, se tornando mais eficiente na produção de energia elétrica.

Grupo Z (Pablo, Marina, Rodolfo, Júlio e Kepler)

1. Para realizar esse processo, de forma contrária, gastaria muito mais energia e não seria compensativo, pois os fótons precisariam percorrer por um caminho alternativo ou então gastar mais energia durante a conversão.

2. A luz branca é a soma de todas as frequências, logo possui maior frequência e assim maior rendimento de energia, pois energia é diretamente proporcional à frequência.

A solução canônica para a questão 1 envolve calor dissipado no semicondutor, não há qualquer indício de resposta dos estudantes nesta direção. Os estudantes exploram bem o tema, fazem algumas observações relevantes (por exemplo, a pequena área de um LED o que tornaria mais caro usar esse dispositivo em lugar de um painel fotovoltaico) e outras confusas (como a resposta do grupo Z). O grupo Y transforma a pergunta em resposta, mas não explica o porquê do fato mencionado.

O grupo Z parece confundir os fótons de luz que atingem a junção PN do LED com os portadores de carga elétrica que se movem ao ganhar energia dos fótons. Já em relação à questão 2, o grupo X e o grupo Z parecem entender que a soma das frequências gera uma frequência única e de maior intensidade, algo que não procede. Nessa questão, o grupo Y parece ter tido maior compreensão e domínio do que representa dizer que a luz branca é a soma das frequências das outras cores. Na verdade, isto significa que o LED branco consegue aproveitar a energia relativa a todas as cores do espectro de cores.

Após as 8 primeiras atividades da SE, os estudantes fizeram uma prova mensal (apêndice H) na qual ela era dividida em duas partes. Na primeira os estudantes deveriam resolver questões sobre a instalação de painéis fotovoltaicos em residências e num condomínio de apartamentos, envolvendo os conceitos/conteúdos abordados até a atividade 8. Já na segunda parte eles deveriam escrever uma redação se posicionando a favor do uso de fontes de energia solar num congresso internacional, tendo como base os seminários (atividade 3) por eles apresentados.

Relativa à primeira parte da prova, na busca por mais indícios do domínio e apropriação dos estudantes sobre os conceitos/conteúdos estudados, construímos os gráficos, a seguir. Neles temos o percentual de acertos na resolução das questões da primeira parte da prova, indicadas adiante. Um total de 30 estudantes fez a prova mensal.

1. Dois fabricantes, A e B, produzem placas fotovoltaicas com as seguintes especificações:

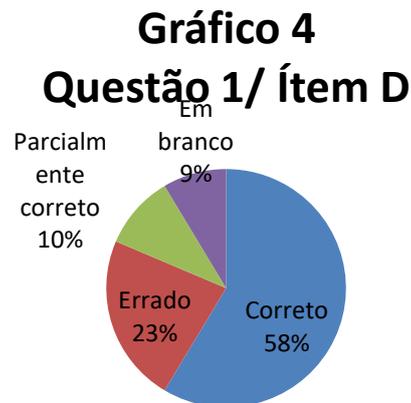
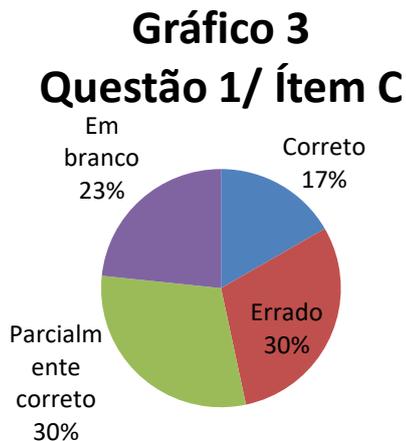
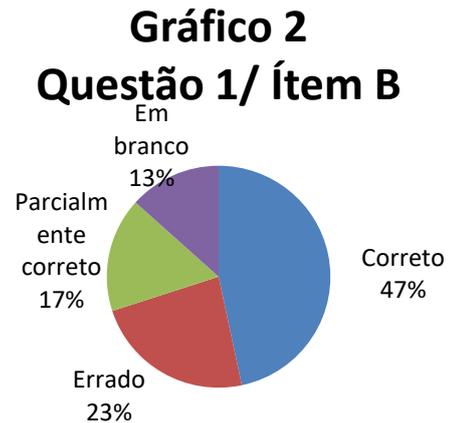
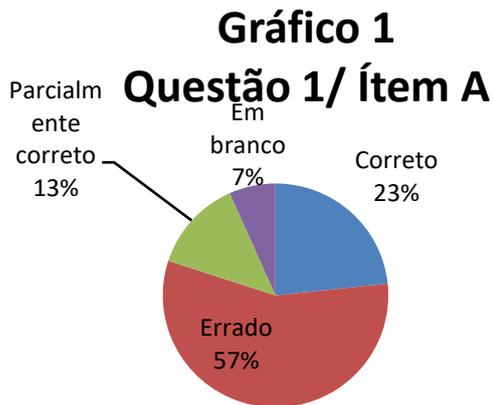
Fabricante	Área (m ²)	Eficiência (%)	Potência (W)
A	1,92	13,7	264
B	1,63	15,3	250

a) O que significa dizer que a placa A tenha eficiência de 13,7% e a placa B uma eficiência de 15,3%. O que define a eficiência das placas?

b) Explique como é possível a placa A, de menor eficiência, ter maior potência (em Watts) que a placa B.

c) O que é potência de um aparelho elétrico ou de um gerador de energia?

d) Um consumidor compra a placa B e instala numa casa na cidade de Januária (observe o mapa de radiação solar na prova em anexo). Outro consumidor compra a placa A e instala em sua casa na região de Pouso Alegre. É possível que, ao final de um mês, o valor total de energia produzida pela placa B tenha sido maior do que o da placa A? Justifique.

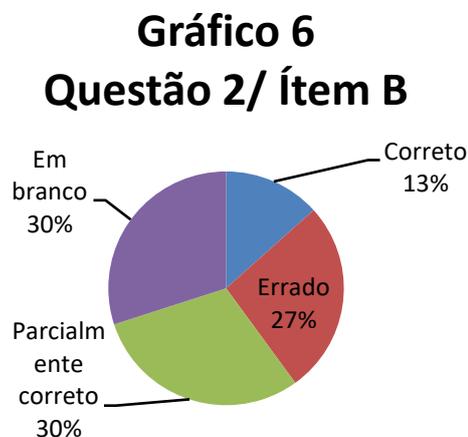
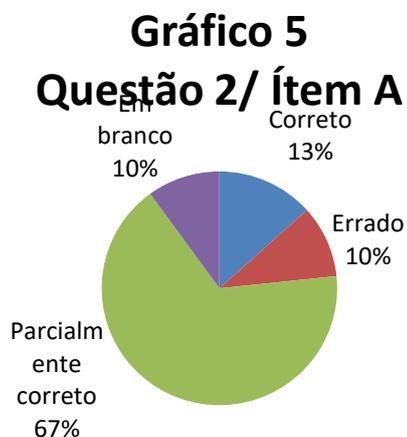


Podemos perceber pelos gráficos 1 e 3 (itens A e C da questão 1) que os estudantes não conseguiram ter um domínio satisfatório em relação aos conceitos de eficiência e potência num PF. Já relativo aos gráficos 2 e 4 (itens B e D da questão 1) percebemos indícios que houve um domínio maior em relação a conceitos como constante solar e radiação solar média.

2. Um conjunto de apartamentos (30 unidades) está em construção no bairro. Os futuros moradores fazem uma reunião e avaliam a possibilidade de usarem um financiamento para compra de um sistema solar fotovoltaico, que seria usado para suprir parte da energia elétrica do condomínio.

a) Quais os fatores que devem ser levados em consideração para saber a dimensão (quantas placas) e viabilidade (quantas placas, qual custo, entre outros) deste sistema?

b) Faça um esboço do que deve ser feito para obter uma estimativa do número de placas que precisam ser usadas para realizar tal projeto, ou seja, quais os passos necessários para um cálculo aproximado do número de placas (quais informações você precisa ter e o que fazer com elas).



Analisando os gráficos 5 e 6 (itens A e B da questão 2) podemos ter indícios de que houve maior domínio dos estudantes sobre fatores ligados ao dimensionamento e viabilidade de um sistema fotovoltaico.

Não podemos afirmar com certeza, mas talvez pelo fato dos estudantes terem realizado uma redação numa mesma prova, juntamente com a resolução de questões totalmente abertas, algo que não estão habituados, sobretudo em provas de Física, isso pode ter gerado certa tensão nos estudantes, levando alguns deles a priorizarem a redação e não tendo tempo suficiente para a resolução das outras questões de caráter mais conceitual.

Como já citamos no início desta seção, temos algumas ideias chave que são ligadas ao tema da SE e ao enfoque CTSA, mais voltadas para a formação cidadã dos estudantes. Essas ideias foram abordadas principalmente nas atividades 2, 3 (seminários), 11, 12, e 13. De forma a apreendermos indícios do domínio e da apropriação dessas ideias chave e aprofundarmos nessa busca, em relação aos conceitos/conteúdos físicos, iremos analisar a segunda parte da prova mensal e a resolução da atividade 14 (carta ao estudante) pelos estudantes. Nessa carta, os estudantes deveriam contar a um colega faltoso o aprendizado deles sobre energia solar fotovoltaica com a SE. Eles também poderiam escrever sobre algo que gostariam de aprofundar na SE ou aprender, mas que a sequência não contemplou.

A seguir iremos escrever alguns trechos da redação sobre energia solar feita pelos estudantes, como segunda parte da prova mensal.

(Sara)

[...] Este sistema quando colocado ao Sol é capaz de absorver os raios solares e assim sendo capaz de poder transformá-los em energia elétrica. [...] O sistema

fotovoltaico é capaz, além de trazer benefícios financeiros, também nos traz benefícios ecológicos, pois ele consegue produzir energia limpa.

(Deivison)

[...] Conservando e revisando a placa, você pode economizar 25 anos em contas de energia normais. Existem baterias para o armazenamento de energia para dias sem Sol ou para noites. Se o sistema não utiliza dessa tecnologia, ele envia a energia absorvida para postes, que são revertidas em créditos que, por sua vez, pode ser utilizado quando necessário.

(Charlene)

[...] A energia fotovoltaica é uma alternativa limpa e renovável e consiste na transformação de energia solar em energia elétrica. Contudo, ainda que tenha grande potencial de utilização no Brasil, devido às condições climáticas e geográficas, é a de menor demanda em todo país. Isso ocorre por ter no mercado um elevado custo.

(Rodolfo)

[...] Uma ótima região para a instalação dessas placas seria o nordeste, pois o índice de radiação e luz solar é muito alto e também não atrapalharia o ecossistema de forma radical, mantendo assim a biomassa praticamente intacta, o que facilitaria muito o uso de placas de energia solar.

(Charles)

[...] Como eu já disse, o ganho é a longo prazo, mas se todos conseguirem implantar esses equipamentos em suas casas, teremos a diminuição na conta de luz e também na poluição, pelo fato de ser uma energia limpa e renovável.

(Kepler)

[...] A energia solar é o processo em que mais nos apresenta esperança, pois é um processo eficiente que não desmata uma área tão significativa da natureza, é um processo renovável que possui um alto custo. Porém, a longo prazo, é totalmente compensativo, visto que não exige alto custo de manutenção.

(Isabela)

[...] As placas fotovoltaicas podem ser a solução para a diminuição no valor das contas de luz. O custo da instalação das placas depende de qual placa e da quantidade que será instalada, porém esse valor será recompensado, gerando mais lucros futuramente e contribuindo para o desenvolvimento sustentável.

Os trechos anteriores, transcritos da redação de alguns estudantes, demonstram que eles deram bastante importância para a possibilidade de economia na conta de energia elétrica, por meio do uso de sistemas fotovoltaicos (sistemas de geração distribuída e conectados à rede elétrica “pública”). Alguns trechos ressaltam o potencial do Brasil para a utilização de energia fotovoltaica, mas alguns estudantes também destacam o alto custo do sistema. Contudo, os estudantes parecem compreender que, a longo prazo, o sistema pode levar a uma economia significativa, pois sua manutenção é baixa e ele possui grande durabilidade. Além disso, ele pode contribuir para a preservação do meio ambiente, por produzir energia elétrica de forma muito mais limpa.

Embora mais genéricas, as “falas” dos estudantes sobre vantagens e desvantagens dos sistemas fotovoltaicos parecem indicar que houve certo domínio acerca de ideias chave como

autogeração de energia elétrica distribuída e que eles podem representar um ganho financeiro, a médio e longo prazo, além de causar menor impacto ambiental.

Já nos trechos escritos pelos estudantes, transcritos adiante, podemos perceber indícios de que houve maior domínio e possível apropriação pelos estudantes de conceitos/conteúdos a transformação de energia solar em energia elétrica no PF e das ideias chave dimensionamento de um sistema fotovoltaico e energia elétrica e seus possíveis impactos socioambientais.

No entanto, a respostada estudante Carina demonstra que ela confunde onde ocorre a transformação de energia solar em elétrica. Ela afirma que esse processo ocorre num conversor (provavelmente ela quis dizer inversor). O trecho da resposta de Kelvin também demonstra indícios de que ele não possui o domínio e apropriação sobre o conceito de eficiência da placa, pois ele atribui esse conceito à quantidade de energia solar que chega nela e não composição do painel fotovoltaico.

(Carina)

[...] Para haver o funcionamento destas placas é necessário ter um bom contato com o Sol que leva cerca de 8 minutos e 20 segundos para os raios solares atingirem as placas, assim movimentando os elétrons, transportando a energia solar para um conversor, transformando-a em energia elétrica para consumo.

(Kelvin)

[...] As placas solares dependem muito da sua localidade e até mesmo sua inclinação, porque assim poderá receber uma maior quantidade de radiação solar e sua eficiência será melhor, gerando assim uma maior quantidade de energia.

(Wendel)

[...] Utilizar esta energia é uma forma de diminuir os impactos ambientais causados na geração de energia elétrica que utiliza, por exemplo, o petróleo como fonte primária de energia, liberando grande quantidade de CO₂ na atmosfera, causando assim o agravamento do efeito estufa. [...] Converter a energia solar em elétrica é relativamente simples, mas ainda possui preço elevado. Para converter essa energia é necessária uma placa fotovoltaica que com a irradiação da energia solar, os elétrons desta placa entram em movimento criando assim, uma diferença de potencial.

(Pablo)

[...] Várias pessoas usam essa fonte de energia em suas casas. Por exemplo, as placas fotovoltaicas que são feitas de silício, uma matéria em abundância em nosso planeta. O Sol entra em contato com esse material deslocando elétrons, assim produz a energia que será utilizada na residência, passando pelo inversor que transforma corrente contínua em alternada, que vai para o quadro de luz onde é distribuída em todos os aparelhos e a energia que não é utilizada vira um crédito na conta de luz.

As respostas de Wendel e Pablo nos dão indícios de grande apropriação, por parte deles, do funcionamento de um sistema fotovoltaico (sobretudo do PF) e das discussões sociais, inclusive ambientais, sobre o uso desses sistemas distribuídos.

Os próximos trechos foram retirados da atividade 14 feita pelos estudantes, Carta ao Colega. Nessa atividade, um total de 25 estudantes a entregaram ao professor.

Os trechos transcritos da atividade 14, a seguir, demonstram indícios de que houve certo domínio sobre ideias chave, relacionadas ao tema da SE, como geração distribuída de energia elétrica e seus possíveis impactos socioambientais como, por exemplo, a possível economia nos valores das contas de energia elétrica. Os estudantes afirmam de maneira bem superficial que o sistema fotovoltaico é uma fonte limpa e renovável de energia elétrica não causando impactos negativos significativos sobre o meio ambiente. Contudo, os estudantes não utilizam em suas “falas” conceitos/conteúdos físicos trabalhados ao longo da SE.

(Isabela)

[...] Nessas últimas aulas sobre energia fotovoltaica que você esteve ausente conhecemos muito mais sobre a energia fotovoltaica e em especial sobre as placas fotovoltaicas. Vimos como ela pode ser eficiente para o nosso planeta, por ser menos poluente e por ajudar famílias de baixa renda, devido sua economia, por contribuir com a rede elétrica, temos uma diminuição do valor das contas.

(Sara)

[...] Foi-nos ensinado tanto dentro quanto fora de sala sobre o projeto fotovoltaico. Este projeto seria a instalação de placas que capturam a luz solar e a transforma em energia. [...] Pelo que nos foi ensinado e entendido, tais placas tem vários benefícios, pois ela é econômica, apesar do alto custo de instalação. Pois, gera benefícios na conta e, além disso, é uma fonte de energia limpa e renovável.

(Anderson)

[...] Então amigo, estamos estudando uma forma de energia sustentável, que é a energia fotovoltaica. Aprendemos muitas coisas sobre a mesma, como os benefícios que ela nos traz, tanto financeiro quanto para o meio ambiente. Pois, é uma fonte de energia que depende do Sol, ou seja, não traz nenhum mal ao ambiente, a não ser em caso onde a energia é instalada em meio à floresta, gerando desmatamento para a instalação da mesma. Mas, se tratando do projeto instalado em residência pode ser muito benéfico ou também pode não valer a pena. Ele pode ser benéfico, pois você tem sua própria fonte de energia e isso pode gerar descontos na conta de energia, mas também é um projeto muito caro e se a localização da sua casa não tiver uma boa luz solar pode não valer a pena o investimento.

(Joana)

[...] Com os conhecimentos que tive vi que o sistema renovável é bem mais econômico. No princípio o gasto é bastante alto, mas depois você vê a economia em sua conta de luz. As placas fotovoltaicas são bastante utilizadas em empresas. Se o governo investisse nesse projeto de sistema solar, seria melhor pra economia e para o meio ambiente.

Já nos trechos transcritos, adiante, os estudantes utilizam conceitos/conteúdos físicos em suas escritas. Porém, eles não demonstram ter tido o domínio pleno sobre tais conceitos. Sabrina parece associar a geração de energia elétrica no PF pelo seu aquecimento e Carina parece confundir onde ocorre a transformação da energia luminosa em eletricidade, ela diz que isso ocorre no inversor.

(Sabrina)

[...] As placas fotovoltaicas são usadas para captar o calor do Sol para gerar energia elétrica nas residências, empresas ou lugares que consomem um alto índice de energia elétrica.

(Carina)

[...] Nesses dias em que você não esteve presente conhecemos muitas coisas relacionadas a energia solar, como no processo fotovoltaico em que são instaladas placas fotovoltaicas na parte superior da casa ou empresa e que ao ter contato com a luz solar, os elétrons contidos na placa se movimentam passando para o conversor (inversor) que passa de energia solar para elétrica, seguindo para o seu uso. Vimos que a instalação do projeto fica cara, mas como a placa gera toda ou boa parte da energia é muito significativo o retorno, lembrando que é uma energia renovável e limpa.

Os próximos trechos de escrita dos estudantes indicam que houve um nível grande de domínio e possível apropriação dos conceitos/conteúdos essenciais para o dimensionamento de painéis fotovoltaicos e como ocorre o processo de geração de eletricidade nele. Eles também parecem ter se apropriado mais das possíveis questões ligadas ao meio ambiente que foram suscitadas nas atividades da SE.

(Julio)

[...] Nesse bimestre aprendemos sobre a placa fotovoltaica que é uma boa opção para captação de energia limpa e renovável. Então vamos começar falando sobre a placa. A placa fotovoltaica tem custo relativamente alto, onde precisa de uma infraestrutura correta para a implantação do projeto e que não tenha nenhum obstáculo para a diminuição da captação de raios solares. A implantação deste projeto tem que levar em conta o ângulo em relação ao Sol que muda de cidade para cidade. Sua eficiência é relativamente baixa, de 11,0 a 19,3%, aproximadamente nas placas residenciais. Porém, tem um retorno ao longo dos anos, variando com o preço da placa. [...] Antes que eu me esqueça, o sistema da placa é bem simples. Primeiro ela capta a radiação do Sol, transformando-a em energia (elétrica) que passa pelo conversor de energia e manda-a para o quadro de energia. Ela tem dois caminhos, o da sua casa, abastecendo-a com a energia da placa, ou a rede da fiação que vai coletando a energia não usada na sua casa, virando um tipo de crédito para você.

(Charlene)

[...] Querido colega, venho por meio desta carta orientar a ti sobre as aulas que você tem perdido. Primeiramente, começamos a aprender um pouco além da energia que prevalece no cotidiano de todos, sobre teu funcionamento, transformação e a interação desta com o meio socioeconômico. Quando falamos de energia deve vir logo em nossa mente conceitos como potência, voltagem e conservação. Além disso, há de vir também as diversas maneiras de chegarmos na geração de energia elétrica e como é possível conciliar a geração desta com a preservação do meio ambiente. [...] A energia fotovoltaica é a transformação da energia solar luminosa em energia elétrica. Embora seja uma alternativa de bom grado para com o meio ambiente e altamente favorecida no Brasil, posição geográfica e clima, essa energia é a menos utilizada em todo o país, devido ao alto custo que é preciso investir inicialmente. Contudo, é necessário que você entenda que, a longo prazo, a utilização dessa fonte vai gerar um alta economia nas contas de energia elétrica.

(Tarsis)

[...] Somos capazes de aproveitar a energia solar utilizando painéis solares. Tais painéis captam a luz do Sol e a transforma em energia pronta para ser utilizada. Isso tudo causando muito pouco, quase nenhum, dano ao meio ambiente. [...] Uma das coisas mais importantes que leva a placa a produzir ao máximo é o fator da localização e posicionamento. É necessário que a placa esteja localizada em um local que bata muito Sol, estar localizada e apontada ao norte de uma região e ter a inclinação igual a latitude. Eficiência é o nome dado a capacidade da placa de transformar a energia solar chegada nela em corrente elétrica. Por exemplo, uma placa com 10% de eficiência significa que ela só vai transformar em corrente elétrica

10% da energia solar chegada nela e tal fator é influenciado pela temperatura da placa.

Sabemos das limitações em buscarmos indícios do domínio e apropriação dos estudantes por meio das suas atividades escritas que foram entregues ao professor. Percebemos que existe, em muitos estudantes, grande dificuldade em se expressarem por meio de um texto, ainda mais se tratando de conceitos/conteúdos físicos, algo que eles não estão muito habituados ao longo das suas trajetórias escolares. Contudo, respeitando as limitações de cada indivíduo, pudemos perceber avanços no domínio e apropriação de conceitos físicos ligados ao tema da SE, conceitos como potência, eficiência, energia fotovoltaica, dentre outros. Destacamos que parece ser mais significativo no aprendizado dos estudantes, por meio da SE aplicada, uma maior apropriação das ideias chave ligadas às discussões socioambientais e econômicas que a SE propiciou, através do enfoque CTSA.

5 INTERPRETANDO OS SENTIDOS ATRIBUÍDOS À SEQUÊNCIA DE ENSINO: A VOZ DO PROFESSOR, ESTUDANTES E BOLSISTAS PIBID

Neste capítulo, com o intuito de detectarmos algumas das potencialidades e limites da SE desenvolvida, para o aprendizado dos estudantes e à prática docente, de forma que pudéssemos a reelaborar e disponibilizá-la como material de apoio para professores de Física do EM, analisamos as entrevistas feitas com os sujeitos da pesquisa (estudantes, estagiários PIBID e professor). De maneira a preservarmos o anonimato dos sujeitos da pesquisa, como já feito em momentos anteriores, iremos adotar nomes fictícios para os sujeitos. Lembramos que o nome do professor é o real, pois ele, como já explicado anteriormente, concordou no uso da sua imagem e nome, para fins da pesquisa realizada.

5.1 As categorias significado e sentido

Com a finalidade de abstrairmos os possíveis sentidos dados pelos sujeitos da pesquisa à SE aplicada, seguimos os passos constantes na próxima seção para a análise das entrevistas realizadas com os sujeitos, por meio dos núcleos de significação do discurso. Mas, antes, entendemos ser importante definirmos as categorias sentido e significado. Para tal, explicitamos algumas das ideias expostas em Aguiar e Ozella (2006, p. 226-229) a esse respeito, que tomaram como referência algumas concepções e princípios desenvolvidos por Vygotsky.

O significado está relacionado ao simbólico, sendo que, na tentativa de se compreender o sujeito, ele é o ponto de partida. Ele contém mais do que aparenta e por meio de um trabalho de análise e interpretação pode-se chegar a zonas mais instáveis, fluídas e profundas, pode se chegar ao sentido, que está ligado ao emocional, à motivação. Pode-se dizer que o sentido é mais amplo que o significado, sendo o último um conjunto de eventos psicológicos, articulados, frente a uma realidade.

Como coloca Gonzalez Rey (2003), o sentido subverte o significado, pois ele não se submete a uma lógica racional externa. O sentido refere-se a necessidades que, muitas vezes, ainda não se realizaram, mas que mobilizam o sujeito, constituem o seu ser, geram formas de colocá-lo na atividade. O sentido deve ser entendido, pois, como um ato do homem mediado socialmente. (AGUIAR e OZELLA, 2006, p. 227)

Para compreender melhor a categoria sentido e também o homem, Aguiar e Ozella (Ibdem), dizem que devemos considerar que todas as expressões humanas são cognitivas e afetivas. Segundo eles:

Como afirma Heller “... não pode haver um rosto completamente desprovido de expressão” (1986, p. 74). Segundo a autora (1986), o sentir – seja positiva ou negativamente, sempre significa estar implicado em algo; a implicação vai, assim, ser vista como um fator constitutivo e inerente do atuar e do pensar. As emoções não podem, assim, ser vistas como passivas, como epifenômenos. [...] Na perspectiva adotada, portanto, a separação entre pensamento e afeto jamais poderá ser feita, sob o risco de fechar-se definitivamente o caminho para a explicação das causas do próprio pensamento, pois a análise do pensamento pressupõe necessariamente a revelação dos motivos, necessidades e interesses que orientam o seu movimento. Desse modo, além de apontarmos a relação dialética entre o aspecto afetivo e o simbólico, destacamos a importância de agregarmos a noção de necessidade e motivos para a compreensão do sujeito e, assim, dos sentidos. (AGUIAR E OZELLA, 2006, p. 227)

Além de se apresentar a relação dialética entre o afetivo e o simbólico, de forma a se compreender melhor o sujeito (e o sentido), faz-se importante destacar a noção de necessidades e motivos.

As necessidades estão relacionadas a uma carência do indivíduo que o leva ao seu mover em busca de uma satisfação, dependendo das suas condições. Mas, para que as necessidades impulsionem o sujeito, ele deve significar algo do mundo social que satisfaça suas necessidades. Esse movimento de satisfação leva o sujeito a novas necessidades e novas formas de atividade. Dessa maneira, as necessidades não conhecem o seu objeto de satisfação, mas ela o descobre na realidade social e esse movimento se define como a configuração das necessidades em motivos.

Ao se apreender o processo por meio do qual os motivos se configuram, avança-se na apropriação do processo de constituição dos sentidos, definidos como a melhor síntese do racional e do emocional. Aproximamo-nos, dessa forma, do processo gerador da atividade, ao mesmo tempo gerado por ela. Apreendemos o que é a atividade para o sujeito, e, assim, algumas zonas de sentidos da atividade, claro que atravessadas pelos significados, mas, no caso, revelando uma forma singular de

vivê-las e articulá-las. A apreensão dos sentidos não significa apreendermos uma resposta única, coerente, absolutamente definida, completa, mas expressões do sujeito muitas vezes contraditórias, parciais, que nos apresentam indicadores das formas de ser do sujeito, de processos vividos por ele. (Ibdem, p. 228).

Destacamos na última fala que a apreensão de sentidos, pelos sujeitos, apresenta-nos indicadores de processos vividos por eles. Algo que buscamos apreender na análise das entrevistas dos sujeitos da pesquisa, por meio da ferramenta núcleo de significação do discurso.

5.2 Núcleos de significação dos discursos

Inicialmente transcrevemos todas as entrevistas feitas com o maior grau de fidedignidade possível e, após isso, construímos o que Aguiar (2001, p. 135) tem chamado de “núcleos de significação dos discursos”. Segundo ela: “cabe ao pesquisador ir em busca dos temas/conteúdos/questões centrais apresentados pelo sujeito, entendidos assim menos pela frequência e mais por ser aqueles que motivam, geram emoções e envolvimento”.

Segundo Aguiar e Ozella (2006), após termos o material da entrevista transcrito, devemos realizar várias leituras flutuantes do texto, de forma a familiarizarmos com ele, apreendendo o que é denominado por pré-indicadores (temas que aparecem com maior frequência e/ou a ênfase maior dada a certas palavras/expressões que surjam durante a entrevista). Após isso, aglutinamos os pré-indicadores por meio de similaridade, complementaridade ou contraposição entre eles. Podemos fazer um refinamento dos pré-indicadores, com base nos propósitos e objetivos da pesquisa, dando origem ao que temos por indicadores. Esses indicadores trazem temas/conteúdos/questões que são recorrentes nas entrevistas dos sujeitos, mesmo elas tendo sido feitas de forma individual e mais aberta, estando eles contidos no quadro 5, a seguir.

Quadro 5 – Indicadores dos núcleos de significação dos discursos

	INDICADOR	DEFINIÇÃO DO INDICADOR
1	Interesse/Engajamento	Elementos indicadores das características da SE e dos seus recursos que aumentam o interesse e/ou engajamento dos estudantes pelas aulas de Física
2	Insegurança	Elementos indicadores do estranhamento/desconforto dos estudantes/professor com a abordagem CTSA, a partir da SE
3	Contextualização	Elementos indicadores de aspectos da SE que aproximam a Física do mundo vivenciado pelo estudante
4	Aprendizagem científico-escolar	Elementos indicadores das contribuições ou limitações dos recursos/atividades da SE para o aprendizado científico-escolar dos estudantes
5	Formação cidadã	Elementos indicadores das contribuições ou limitações dos recursos/atividades da SE para a formação de cidadãos mais

		críticos e reflexivos acerca do tema energia solar/energia elétrica
6	Formas de avaliação	Elementos indicadores das contribuições ou limitações das formas de avaliação dos estudantes propostas pela SE
7	Prática pedagógica	Elementos indicadores dos aspectos da SE que favorecem ou dificultam a prática pedagógica do professor
8	Orientação	Elementos indicadores das contribuições dos estagiários para a aprendizagem dos estudantes e para a prática do professor
9	Formação docente	Visão dos estagiários sobre as contribuições da abordagem CTSA, por meio da SE, nas suas formações como professores

(Elaborado pelos autores)

A partir dos indicadores e dos seus conteúdos, constantes no quadro anterior, voltamos aos textos e selecionamos trechos que ilustram e esclarecem os indicadores, sendo que esse momento, segundo Aguiar e Ozella (2006, p. 230), já caracteriza uma fase do processo de análise, mesmo que ainda não interpretativa, pois essa seleção de trechos, das falas dos sujeitos, contribui para a formação dos núcleos de significação dos discursos.

Nesse processo de organização dos núcleos de significação – que tem como critério a articulação de conteúdos semelhantes, complementares ou contraditórios –, é possível verificar as transformações e contradições que ocorrem no processo de construção dos sentidos e dos significados, o que possibilitará uma análise mais consistente que nos permita ir além do aparente e considerar tanto as condições subjetivas quanto as contextuais e históricas. Espera-se, nessa etapa, um número reduzido de núcleos, de modo que não ocorra uma diluição e um retorno aos indicadores. (AGUIAR e OZELLA, 2006, p. 231).

De posse dos indicadores, sempre orientando nossos propósitos e objetivos de pesquisa, criamos os núcleos de significação constantes no quadro 6, adiante.

Quadro 6 – Núcleos de significação dos discursos

NÚCLEOS DE SIGNIFICAÇÃO	DEFINIÇÃO DO NÚCLEO	INDICADORES RELATIVOS AO NÚCLEO
A- Potencialidades e limites para o aprendizado dos estudantes	Características da SE que permitem sua avaliação, a partir da visão dos seus sujeitos, evidenciando seus limites e potencialidades para o aprendizado dos estudantes acerca de conceitos físicos e na formação de cidadãos mais críticos e reflexivos	1, 2, 3, 4 e 5
B- A prática docente	Impressões acerca dos impactos da abordagem CTSA, a partir da SE e das suas formas de avaliação propiciadas, na prática do professor de Física	6, 7, 8 e 9

(Elaborado pelos autores)

O núcleo A está ligado àquelas características da SE, segundo a visão dos seus sujeitos/agentes, que podem limitar ou favorecer a aprendizagem dos estudantes, tanto em termos de conceitos físicos como de valores ligados à abordagem CTSA, valores esses que colaboram para a formação de cidadãos mais críticos e reflexivos, atuantes na sociedade e no meio ambiente. Já o núcleo B está relacionado às impressões dos sujeitos/agentes acerca dos possíveis impactos

da abordagem CTSA nas práticas do professor e levantamento de indícios, na visão dos estagiários, de que a forma de abordagem da SE possa favorecer a formação docente.

A análise desses dois núcleos, a partir dos sentidos atribuídos à SE pelos sujeitos da pesquisa, nos permite termos indícios de alguns dos limites e potencialidades das suas atividades, a partir dos recursos didáticos nelas utilizados, de forma que possamos reestruturá-la para ser disponibilizada como material de apoio pedagógico para os professores de Física do EM.

5.3 De onde falam os sujeitos da pesquisa

De forma a facilitar a nossa compreensão das vozes dos sujeitos envolvidos nessa pesquisa e os sentidos dados por eles a SE, entendemos ser importante nos colocarmos no lugar do outro que fala (nos colocarmos no mundo do outro). A nossa reação às palavras desse outro nos orienta em seu mundo, de maneira que assimilamos suas palavras e a riqueza da cultura humana, cultura essa expressa por palavras ou em outros recursos semióticos. (BAKHTIN, 2003, apud FARACO, p. 379)

Ao nos colocarmos no lugar do outro, na tentativa de assimilar suas palavras, tentamos apreender o subjetivo do indivíduo, buscamos apreender os sentidos dados por eles a SE desenvolvida, a partir do uso feito por eles dos seus diversos recursos didáticos (a partir da significação por eles construída nas aulas de Física).

Desse modo, iremos descrever um pouco, a partir das nossas observações e das informações obtidas nas entrevistas, esse possível lugar de onde fala os estudantes, o professor e os bolsistas PIBID. Ainda segundo Vygotsky (2008):

Para compreender a fala de outrem não basta entender as suas palavras— temos que compreender o seu pensamento. Mas nem mesmo isso é suficiente – também é preciso que conheçamos a sua motivação. Nenhuma análise psicológica de um enunciado estará completa antes de se ter atingido este plano (VYGOTSKY, 2008, p. 188, apud MELK, 2016, p. 76).

A seguir, tentamos retratar um pouco melhor o perfil dos sujeitos entrevistados, de forma a apreendermos algumas das suas expectativas e motivações relacionadas ao plano social da sala de aula da escola campo de pesquisa e sobre o ensino de Física.

Ressaltamos que em nossas transcrições, de forma a assegurarmos o anonimato dos entrevistados, iremos utilizar nomes fictícios para eles. Os estudantes entrevistados receberam os

nomes de Charlene, Pietra, Tarsis, Samanta, Kelvin e Kepler. Também os bolsistas PIBID receberam nomes fictícios, sendo eles chamados por Mozart e Monalisa.

Fizemos entrevistas com 6 estudantes da turma observada pelos pesquisadores, sendo que foi escolhido um estudante de cada grupo que apresentou o seminário sobre a energia solar, nas aulas de Física. O perfil desses estudantes, com base na observação dos pesquisadores e nas entrevistas, foi o de estudantes que possuíam maior iniciativa, engajamento e interesse na realização das atividades feitas pelos grupos, tanto nas atividades cotidianas como na apresentação dos seminários. Destacamos que não foi usado aqui o critério de notas para a escolha dos estudantes que seriam entrevistados, pois entendermos que nem sempre um estudante que possua boa nota teve maior aprendizado e o contrário também se aplica, nem sempre aquele que teve menor nota obteve menor aprendizado.

Dos estudantes entrevistados (3 moças e 3 rapazes), a metade estudou em alguma escola particular, pelo menos, em parte do seu ensino fundamental ou médio. A outra metade sempre estudou em escola pública, sendo que uma das estudantes sempre estudou na escola campo de pesquisa, desde a antiga quinta série (6º ano do ensino fundamental). Algo a se destacar, em relação ao perfil dos estudantes entrevistados é o fato de que todos eles, não somente com base nas suas falas nas entrevistas (mas do convívio diário nas aulas), consideravam que a escola campo de pesquisa se destaca positivamente, sendo uma escola melhor, comparada com outras escolas públicas estaduais. A fala de Tarsis, a seguir, ilustra um pouco isso:

TARSIS: Olha, o ensino fundamental eu estudei numa escola pública, no... se chama... (*escola municipal*) a escola até o sétimo ano. Do oitavo ano pra cima eu fui pra uma escola particular Y... e fiquei lá até o primeiro ano. Completei o primeiro ano, eu fui pro segundo ano no X (*outra escola estadual*) e aí o terceiro eu vim pra cá. (**ENTREVISTADOR:** Tá. É... você saiu do X por que, assim... é mais longe? Ou...) Não era mais por questão de ser mais longe. É que... achei... a diferença é muito grande entre o Y e o X. OX ele é bom, é uma escola que dá pra você aprender se quiser. Só que eu não sou aquele cara que chega em casa e estuda duas horas por dia, três horas por dia, esse tipo de coisa. Aí minha mãe, quando chega o final do ano, ela chega e pergunta: Como é que você foi na escola? Como é que tá? Aí eu falei a verdade, falei: mãe, eu não estudei muito, eu não fui dos mais responsáveis... não que eu não tenha feito as coisas, eu passei de ano tranquilo... (**ENTREVISTADOR:** Nível de exigência um pouco menor...) É. Nível de exigência um pouco menor. Aí minha mãe falou: ok! Então eu vou te mudar de escola pra uma mais rigorosa e ela achou aqui mais rigoroso. (**ENTREVISTADOR:** Você acha que é?) Olha, eu acho que é, mas não a questão... muito grande sabe? Tipo... (**ENTREVISTADOR:** Não do rigor, mas eu digo assim, em termos do ensino você acha que...) De ensino? Eu acho super mais rigoroso. Eu acho o X ainda bom pra quem quer realmente aprender. Agora, um dos problemas é que se a pessoa não quiser aprender ela ainda consegue se dar bem lá entende? Coisa que aqui você tem que ser esforçar de qualquer maneira.

Os estudantes das turmas onde foram desenvolvidas a SE, inclusive da turma que foi acompanhada na coleta de dados da pesquisa, em geral podem ser classificados, em termos

econômicos, como sendo de classe média baixa. Eles estão, em sua maioria, na faixa etária adequada para o 3º ano do ensino médio, entre 17 e 18 anos.

Até aqui temos algumas pistas que nos levam a crer que esses estudantes, ao menos em sua maior parte (e provavelmente muitos dos seus pais também), atribuem à escola campo de pesquisa um grau maior de qualidade de ensino, critério utilizado quando da escolha da instituição por eles. Isso pode ser reforçado pelo fato de que aqueles estudantes que estudavam em alguma escola particular da região (teoricamente melhores que escolas públicas em geral), quando tiveram que estudar em uma escola pública, acabaram por escolherem a escola campo de pesquisa.

Também compreendemos que seria importante para a obtenção dos limites e potencialidade da SE entrevistarmos o professor de Física da turma acompanhada e os dois bolsistas do PIBID/Física que acompanhavam o professor em suas aulas.

O professor das turmas que foram palco da aplicação da SE, José Cassimiro, é aberto a novas práticas pedagógicas e já teve outras vivências semelhantes, sendo que ele é um dos supervisores de escola do projeto PIBID/Física, do qual a escola é parceira. Ele é licenciado, bacharel e mestre em Física, todos diplomados pela UFMG. O professor também possui uma experiência de 20 anos de docência, sendo que da sua experiência docente, podemos destacar que ele já lecionou por 3 anos em um importante colégio técnico federal de Belo Horizonte, onde afirma ter tido vivências CTS também, e na escola atual leciona desde 2005. Além disso, ele também é técnico educacional no ICEX/UFMG, algo que, juntamente com o PIBID/Física, o faz estar próximo ao mesmo tempo do mundo acadêmico e da educação básica pública.

O grupo do PIBID/Física, do qual o mestrando/pesquisador que aqui fala fez parte na sua formação acadêmica, até o ano de 2012, quando se graduou em Física, se caracteriza por inserir novas práticas de ensino nas escolas públicas participantes. Nos últimos anos, como o próprio professor afirma em sua fala na entrevista, esse grupo tem focado suas atividades na pesquisa em ensino de Física por meio da abordagem CTS e ECI (Ensino de Ciências por Investigação).

Podemos perceber que o professor é experiente na educação básica, sobretudo no ensino médio regular. Também vemos que ele, ao longo da sua carreira docente, tem buscado novas abordagens de ensino. Em muitas falas do professor, como poderemos ver na análise das entrevistas, percebemos que houve grande motivação por parte dele para o desenvolvimento da SE, inclusive pelo fato dele ter se engajado num projeto, a aplicação da SE, que possuía elementos de práticas docentes nas quais ele acredita ser o caminho para o ensino de Física.

Os bolsistas entrevistados estão em fases bem distintas no curso de graduação e o tempo de participação deles no projeto PIBID também é bem diferente. Mozart, de 33 anos, no momento da entrevista, já se encontrava no último período do curso de licenciatura em Física. Ele está na escola há dois anos e meio e acompanha as aulas do professor, sujeito da pesquisa, a um ano, sendo que ele diz já ter certa experiência em sala de aula e com a abordagem CTSA. Essa experiência com essa forma de abordagem, segundo ele, é tanto em disciplinas que ele realizou na FaE/UFMG como da sua experiência ao lecionar, num certo período. Ressaltamos que pela sua fala, nas entrevistas, sua experiência docente ligada à abordagem CTSA era mais uma tentativa de contextualizar o ensino de Física, não havendo um aprofundamento nas questões ligadas ao social e ambiental.

Já Monalisa, de 19 anos, no momento da entrevista ainda estava no 3º período da graduação. Ela afirmou que sua experiência docente é apenas com aulas particulares ou em alguns momentos em que ela lecionou dentro do contexto do próprio PIBD/Física. Sobre a abordagem CTSA, ela disse já ter ouvido falar, mas não tinha nenhuma experiência prática com tal enfoque, nem como estudante do ensino básico, tampouco na sua graduação. Ela está a cerca de um ano no projeto, sempre na escola parceira da pesquisa e com o professor, um dos sujeitos da pesquisa.

Percebemos a maior experiência de Mozart, inclusive por já estar em um período bem mais avançado da graduação que Monalisa. No entanto, em alguns momentos das entrevistas que analisamos e também em algumas conversas mais informais, ambos demonstraram um prazer e um interesse muito grande em auxiliar os estudantes nas atividades da SE e o próprio professor em sua prática de ensino.

A nosso ver, durante a aplicação da SE, os bolsistas falavam de um lugar privilegiado para a formação docente, o projeto PIBID/Física, num contexto real de sala de aula e vivenciando uma abordagem que visa fazer a Física ter maior sentido para os estudantes, contribuindo para uma mudança na prática docente tradicional. Isso não somente pelo fato da SE ter um enfoque CTSA, mas por ela ser estruturada a partir de atividades temáticas que buscam dar maior autonomia aos estudantes em seu aprendizado.

5.4 Núcleo A: potencialidades e limites da sequência de ensino para o aprendizado dos estudantes

Antes de iniciarmos a nossa análise, destacamos que iremos utilizar as propriedades da TAM (Teoria da Ação Mediada) de Wertsch (1998) que foram sintetizadas por Paula e Moreira (2014). Dessa forma, quando denotarmos, por exemplo, propriedade 1, estamos nos referindo não

diretamente à propriedade 1 de Wertsch, mas à propriedade 1 sintetizada por Paula e Moreira, no quadro 1, e assim por diante.

Na tentativa de aumentarmos o interesse e o engajamento dos estudantes pelas aulas, de forma a propiciar a eles um maior sentido para o ensino de Física que pudesse contribuir para o aprendizado deles, construímos a SE que foi aplicada. As atividades e as aulas dessa SE contaram com recursos didáticos diversos como: o artefato tecnológico (PF/miniusina solar), simuladores e aplicativos, vídeos, textos científico-escolares (contendo gráficos, tabelas, mapas e diagramas), além do suporte do caderno de atividades que foi elaborado pelos pesquisadores.

Ressaltamos que o próprio formato das atividades (seminários, produção de vídeos, debates, demonstrações e produções textuais) em si são RM (recursos mediacionais), uma vez que eles modificam a ação de aprender dos estudantes e a própria prática do professor, algo que será analisado com maior ênfase no núcleo B.

Iniciamos a nossa fala destacando os principais RM que foram utilizados na SE por entendermos e concordarmos com as ideias de Wertsch (1998) de que toda ação humana é mediada, havendo uma tensão irreduzível entre o agente e o RM (propriedade 1). A ação a que nos referimos aqui, no plano social da sala de aula, é aprendizagem dos estudantes. Daí a importância de avaliarmos os RM utilizados pelos agentes (os estudantes) na ação executada. Devemos também destacar que os RM podem tanto possibilitar quanto constrianger a ação (propriedade 3). Ou seja, eles podem ter auxiliado ou dificultado o aprendizado dos estudantes. Dessa forma, buscamos nas falas dos sujeitos da pesquisa apreender alguns dos limites e potencialidades da SE por meio dos sentidos que eles deram a ela, na utilização desses recursos que mediaram a realização das atividades da SE.

Destacamos que o professor e os estagiários (bolsistas PIBID) que acompanharam as aulas de Física também são sujeitos da pesquisa e como todo conhecimento é construído por meio da interação entre os mais experientes, concordando com Vygotsky, não podemos deixar de inferir a importância deles no aprendizado dos estudantes, sendo que, em muitos momentos, suas vozes se fazem presentes nessa análise do núcleo de significação A. Ressaltamos que a opção em entrevistar os bolsistas deve-se ao fato deles terem atuado de forma direta e constante, na sala de aula, junto aos estudantes na resolução de atividades e auxiliando-os no esclarecimento de dúvidas relativas aos conteúdos da matéria. Além disso, esses bolsistas já vinham acompanhando as atividades com as turmas de 3º ano, tendo familiaridade com os estudantes e com o trabalho do professor.

5.4.1 Conferindo maior significado para a aprendizagem em Física

Nas falas que se seguem podemos perceber que os estudantes atribuíram maior significado para o ensino de Física, a partir da abordagem CTSA propiciada pela SE, dando maior relevância para as questões sociais e ambientais, ligadas ao tema da sequência.

CHARLENE: [...] Eu acho interessante porque ele, o professor, envolve dinâmica, principalmente os vídeos que ele passou. Muitos deles, muito deles fala mais do nosso cotidiano e... é quando a gente chega em casa ou então vai em qualquer lugar na rua a gente vai percebendo tudo que a gente tá aprendendo nas aulas de Física, tanto que eu tive uma conversa com meu pai uma vez no carro, acho que a gente tava falando sobre o trabalho, que ia tê dele né, de energia em locais públicos e eu não sabia que os nossos postes de luz, eles tinham uma mini bateria que, um mini fotovoltaico que ele só acende quando escurece como se fosse um... [...] É... sobre os projetos que ele passou também achei muito interessante porque eu envolvi mais com a energia fotovoltaica e é uma energia que eu não, que eu desconhecia e que eu via assim e achava que era totalmente sem sentido alguém ter. É... até descobrir que o meu pai também teve, já teve na nossa casa um tempo, só que depois ele tirou por causa da crise e eu acho interessante o país inovar com a energia fotovoltaica porque pro Brasil, pro nosso país, é uma coisa muito econômica porque... nossa localização é boa, nossa posição geográfica, nosso clima e seria muito melhor porque evitaria a poluição e também geraria mais economia pro país porque poderia ser gerada pra educação e pra outros casos.

Na fala de Charlene podemos perceber que ela passou a associar o que está aprendendo nas aulas de Física com o cotidiano dela, conseguindo contextualizar melhor o seu aprendizado e aumentando o seu interesse pela Física. Isto parece estar ligado ao fato de que um novo RM utilizado nas aulas, os vídeos, favoreceram uma maior contextualização do ensino, algo intimamente ligado à abordagem CTSA, além de favorecerem também um maior dinamismo nas aulas. Também podemos perceber quando a estudante fala da possibilidade do uso da energia fotovoltaica, pelo Brasil, que ela passou a ter uma visão mais macro do processo, refletindo sobre alguns dos possíveis impactos do uso dessa forma de energia, ligados à sociedade e meio ambiente.

Podemos inferir que o uso do RM vídeo, com conteúdos mais próximos do cotidiano de Charlene, conferiu uma transformação na ação mediada dela (propriedade 4), conferindo maior sentido para o ensino de Física. Isso também pode ser percebido quando ela cita os projetos (seminários sobre energia solar) que acabou auxiliando a estudante no domínio e na apropriação (propriedade 5) do tema discutido, pois podemos perceber em sua fala que ela passa a ter um envolvimento muito mais profundo com o tema energia fotovoltaica.

PIETRA: [...] Depois que nós começamos a estudar apareceram milhares de coisas que tava na matéria, que eu não sabia que fazia parte do dia-a-dia. Então eu fui mais atenta a isso, a essa transformação mesmo de energia.

Em sua fala Pietra explicita que ela e seus colegas, após começarem a estudar (fazer as atividades da SE), conseguiram perceber uma proximidade entre os conteúdos/conceitos de Física

e o dia-a-dia deles, conferindo maior significado para o estudo da Física, passando a atentar inclusive para um conceito importantíssimo para a Ciência, a capacidade de uma forma de energia se transformar em outra num processo natural e/ou artificial.

Podemos inferir da fala de Pietra algo que está ligado à propriedade 2 (a ação mediada costuma ser dirigida por múltiplos propósitos que podem estar em conflito). Pensando no ensino tradicional de Física, muitas vezes, ele atende ao propósito, ainda hoje, de servir como ferramenta para futuros engenheiros e físicos, mas a ação dos estudantes, mediada pela SE, fornece a eles outra perspectiva, a Física passa a servir como ferramenta para qualquer indivíduo, mesmo os que não serão engenheiros ou físicos.

TARSIS: Olha eu não diria bem pela aula de Física porque a minha área não é muito essa. Eu gosto mais de Astronomia, esse tipo de coisa, esse negócio. Então fugiu um pouco da minha área assim que eu gosto realmente. Mas, abriu meu olho assim completamente sabe? Primeiramente, em questão de método de ensino, eu achei super legal. Sair lá pra fora, mostrar, que é uma coisa que não acontece. Deve ser a primeira vez que aconteceu no ano. Olha que tipo, tô aqui há muito tempo... eu não falto muito e mesmo assim foi a primeira vez, aula "livre" que eu tive. Então teve essa variação, não foi só escrever no quadro, copiar e explicar. Teve mostra, teve exemplo, você conseguiu elaborar o que você queria falar de maneira livre, como no caso do vídeo. Então, vocês deram pra nós assim, uma liberdade pra falar é... o que você quiser, dando uma variada no método de ensino, que eu achei assim, super interessante, sério. Fora também que é um assunto de extrema importância que não é muito debatido sabe? Por exemplo, esta questão do meio ambiente... por exemplo, eu vejo que hoje em dia tem gente que não tá acreditando em aquecimento global, esse tipo de coisa. Não tá acreditando em escassez de recursos, coisa que pro século 21 já é um absurdo já que nós vemos os reflexos atualmente. Então, o que falta para as pessoas entenderem que realmente tá... que essas coisas tão afetando o mundo atual? Eu não penso em outra coisa a não ser falta de conhecimento sabe?

Na fala anterior de Tarsis fica claro que a abordagem CTSA, por meio de atividades e fugindo do ensino tradicional, atribuiu maior significado para o estudo da Física por parte dele. Ele se mostrou extremamente preocupado com questões ambientais que possam estar ligadas ao tema energia. Ele ainda ressalta a necessidade em se abordar esses assuntos com a população, pois ainda hoje existem pessoas que não se preocupam com estas questões, mesmo estando vivendo suas consequências no dia-a-dia delas, sendo que um exemplo disso seria o aquecimento global.

SAMANTA: Eu particularmente não gosto nenhum pouquinho de Física. Mas, esse bimestre, com esse tema, com esses vídeos e todos esses equipamentos, todos esses... essas coisas, eu passei a gostar um pouco mais. [...] Claro! É... tanto porque agora nós estamos pensando em instalar o sistema fotovoltaico lá em casa... (**ENTREVISTADOR:** Ah que legal!) E, acho que isso acabou me ajudando muito, por causa, nessa questão de economia e na diminuição dos impactos ambientais.

Samanta afirma que a partir da SE, cujo tema era as *Transformações de Energia Solar em Energia Elétrica*, e seus RM, ela passou a ter um maior interesse pela Física, algo que parece estar ligado diretamente à maior contextualização possibilitada pela problematização inicial da SE (sobre a possibilidade de instalarmos um sistema fotovoltaico na escola), levando-a até mesmo a

pensar em instalar também em sua casa. Isso parece estar relacionado à possibilidade de economia financeira e redução de impactos ambientais proporcionados por um sistema fotovoltaico. A partir da fala dela, também nos parece que podemos inferir que a estudante passou a refletir de forma mais crítica sobre aspectos sociais e ambientais que foram discutidos ao longo da SE.

KELVIN: Ajudaram. Porque antes era aquela aula que você só via só explicação, explicação... Mas, igual, quando ele trouxe o painel todo mundo gostou, todo mundo mostrou mais interesse. Porque viu como funciona de verdade, como que é. Isso eu achei muito bacana e os power-points também, mostra as imagens, a explicação também, você entende mais.

Kelvin fala da importância da abordagem CTSA no aumento do seu interesse e de seus colegas pelas aulas de Física, algo relacionada à fuga do ensino tradicional para uma nova forma de abordagem, com novos RM (no caso o painel fotovoltaico e os slides das aulas) e atividades diferentes do que os estudantes estão acostumados (normalmente somente problemas de lápis e papel).

KEPLER: [...] Acho que foi algo além da matéria, entendeu? Foi algo que eu vou levar pra vida inteira, foi algo que tá me ajudando a me formar um cidadão, tá me melhorando... Como é que eu falo? A maneira como eu vejo as coisas, tipo eu vejo com um caráter mais reflexivo agora, tento avaliar as coisas melhor assim e fora isso, é... eu acho que é basicamente isso. Eu preferia... eu me interessei mais pelas aulas.

Kepler, em sua fala anterior, mostra bem como a SE teve um impacto positivo sobre a sua vida escolar e cidadã. Ele afirma ter ficado mais interessado pelas aulas de Física, dando maior sentido para a ela em sua vida e reforçando que a SE impactou tanto em seu aprendizado que ele irá levar esses conhecimentos para a sua vida, não deixando na escola como outros conteúdos e matérias.

Algo importante que podemos abstrair das falas de alguns dos estudantes é a percepção da existência do artefato tecnológico estudado (o painel fotovoltaico) em seus cotidianos, algo que passava despercebido por eles, até então, indicando que o painel, esse novo RM, pode ter contribuído para aferir maior sentido à Física na vida dos estudantes, aproximando-a do mundo real deles.

Relacionado às potencialidades da SE, podemos perceber nas falas anteriores que ela contribuiu para dar um maior significado, por parte dos estudantes, para as aulas de Física, aumentando, em muitos momentos o interesse/engajamento deles pela própria Física e pelas aulas. Isso parece estar relacionado fortemente à maior contextualização do ensino científico-escolar que a SE propiciou por meio da abordagem CTSA e das suas atividades que contaram com diversos RM na sua composição. Houve um impacto no aprendizado dos estudantes que acabaram

atribuindo maior sentido para a Física em suas vidas, pois novos RM transformam a ação mediada (propriedade 4).

5.4.2 Tensão inicial entre a abordagem CTSA e o aprendizado tradicional da Física

Nas entrevistas transcritas também pudemos perceber, pela fala de alguns estudantes que, ao menos inicialmente, houve um estranhamento e certo desconforto com a abordagem CTSA usada na SE (indicando o que poderia ser uma limitação dela). Isso por eles não estarem habituados a terem, nas aulas de Física (ao longo da trajetória escolar), discussões socioambientais relacionadas à CT (algo que demanda maior tempo nas aulas), criando um sentimento inicial de que o conteúdo de Física não estava sendo abordado em sua totalidade, dentro do esperado por eles para a realização de exames de vestibular e/ou o ENEM. No entanto, passado o início da SE, as falas também indicam que eles aprovaram a forma de aprender que foi proposta, por meio da abordagem CTSA e das atividades da SE.

CHARLENE: Sim, eu tive assim, muita, muito preconceito, porque eu não entendia. E quando eu não começo a entender uma coisa eu deixo de lado. [...] Quando começou as atividades eu achei que na metade, eu achei que tava prejudicando porque é... a matéria que a gente tava aprendendo que era Termodinâmica tava passando muito rápido e ele tava focando na pesquisa mais sobre energia. Só que depois eu percebi que ajudou bastante. Eu sei muito mais sobre meio ambiente agora que quando eu comecei o ano e se caísse uma redação num vestibular sobre meio ambiente e como conciliar e tudo mais eu acho que eu iria bem porquanto das aulas de Física.

TARSIS: [...] Eu fico preocupado em relação à vestibular, esse tipo de coisa. Porque é um método que querendo ou não consome um pouco mais de tempo. Então se for em relação, tipo: você conseguir adaptar entre passar o conhecimento necessário pra vestibular, por exemplo pro ENEM, pra entrar na faculdade, esse tipo de coisa e passar... colocando esse método vou achar assim, muito bom! [...] Hum, não acho que seja essa a questão. Eu acho que, eu acho até esse método de ensino melhor do que o usado usualmente, vamos dizer assim. Mas em questão é... por exemplo, eu senti falta, como posso explicar? Por exemplo, vocês passaram muito texto explicando sobre placa fotovoltaica. É... por exemplo, foi um bimestre. Placa fotovoltaica assim, em geral. [...] Geral, geral. Em um bimestre, por exemplo, normalmente você estuda pelo menos umas duas matérias. O que passou pela minha cabeça? Será que estudar placas fotovoltaicas dessa maneira me prejudicou em alguma coisa, me deixou de ver alguma coisa, de aprender alguma outra coisa, alguma matéria? Vamos dizer assim. Então, isso me preocupou. (**ENTREVISTADOR:** Entendi.) Mas, não muda o fato de ser um método de ensino é... que eu acho muito melhor em relação aos outros.

A fala de Mozart, a seguir, corrobora em parte com a visão de Charlene e Tarsis de que com a abordagem usada na SE, CTSA, você pode perder um pouco no aprofundamento de conteúdos/conceitos físicos.

MOZART: Então, atrapalha e ajuda, em relação ao ENEM. Porque no final das contas você tá trabalhando interpretação de texto, você tá trabalhando você notar

conceitos de Física dentro de um texto, a relação de conceitos de Física em vários níveis. Mas, ao mesmo tempo você perde na definição fina, na definição mais é... Como que eu vou falar? Mais rigorosa de conceitos e exercício matemático também. O ENEM tem as duas coisas. Acho que hoje em dia tá quase virando... mais quantitativo do que qualitativo, mas ele tinha um equilíbrio bom sobre essas duas coisas. Então eu acho que de um ponto você tá ajudando nessa questão de interpretação e inter-relação dos conceitos de Física com outras coisas, mas você perde pela falta de prática de exercício e tal. (**ENTREVISTADOR:** Matemáticos né...) É... e uma coisa mais quantitativa, da aplicação de fórmulas, essas coisas.

Embora possamos perceber, em algumas falas iniciais, a ansiedade de que a abordagem CTSA (devido às discussões socioeconômicas e ambientais) possa prejudicar o ensino do conteúdo tradicional de Física, outros estudantes, quando perguntados sobre a possível contribuição da abordagem CTSA para o ENEM, afirmaram que ela pode contribuir para tal.

SAMANTA: [...]Ah não, ajuda muito mais! Porque teve uma questão, só que foi uma questão de interpretação de texto nesse ENEM agora, que falava de energia, só que citou mais a hidrelétrica. Aí como eu já sabia um pouco mais sobre isso, acho que foi muito mais interessante porque, por ser mais dinâmico, acho que a gente acaba absorvendo mais coisa.

KELVIN: Não, eu acho que ajuda. Apesar de eu não ter feito, eu acho que deve ter ajudado bastante. Não sei explicar, mas porque ele não só trabalha... só na Física, tipo... trabalha com a Física com questões sociais e isso ajuda. (**ENTREVISTADOR:** Você acha que essa forma assim, você sente assim que... nossa, a gente deixou de aprender Física... teve esse sentimento assim?) Não, em nenhum momento.

KEPLER: Bom, eu acho que acrescenta, apesar de eu pessoalmente achar que a prova do ENEM não cobra muito isso, mas eu acho inclusive mais importante abordar esse... esse viés mais social, ambiental, econômico do que focar só no conteúdo entendeu? Ficar só em termos científicos, uma matéria mais assim, eu prefiro esse meio que tá sendo usado pra conquistar a gente. (**ENTREVISTADOR:** Você acha que então embora o ENEM, porque o ENEM, o que baliza a elaboração das provas do ENEM tem certo enfoque neste tipo de abordagem também. Então você acha que as questões dele não contemplam isso como teoricamente deveriam.) Não, eu acho que deveria dar mais importância. (**ENTREVISTADOR:** Mas você acha que neste momento, que você fez essas atividades, isto te atrapalhou?) Não, em momento algum, só acrescentou.

A nosso ver, tanto o desconforto inicial de alguns estudantes (ligado ao receio de não estudarem todo o conteúdo de Física que eles julgam ser importante para a realização de exames vestibular e/ou ENEM) como o entendimento dos outros estudantes, de que a abordagem CTSA da SE pode ajudar no ENEM, parece estar ligado ao fato de que a ação mediada (pelos recursos/atividades da SE) costuma ser dirigida por múltiplos propósitos que podem estar em conflito (propriedade 2). Pois, o propósito pelo qual a SE foi elaborada foi o de potencializar o aprendizado dos estudantes em Física, mas considerando os seus impactos e das tecnologias relacionadas, no meio social e ambiental. Contudo, alguns estudantes podem não perceber, a menos inicialmente, que a forma de abordagem proposta não deixa de contemplar os conteúdos Físicos, somente os aborda de forma mais contextualizada, buscando propiciar maior sentido para o seu ensino.

Na visão de Monalisa, em sua fala seguinte, vemos que ela entende que a SE pode contribuir muito para os estudantes na realização do ENEM, algo que é partilhado na fala de Samanta. Sua fala também é partilhada com a do professor, mais adiante, ressaltando que a SE não deixa de ensinar Física, mas ela é ensinada de uma forma diferente, contribuindo para a formação cidadã dos estudantes (um dos objetivos da abordagem CTSA), fazendo o seu ensino ter mais significado para eles.

MONALISA: Eu acho que sim, ajuda no ENEM. É... os alunos que tão preocupados com o ENEM, eles tem que saber que o ENEM é uma prova... Por exemplo: prova de Matemática, é Matemática e suas tecnologias. Então, é uma prova que tenta né, pelo menos, ser lincada com as tecnologias, com é... o dia-a-dia, digamos assim, ela tenta trazer é, coisas, elementos é... da sociedade e aplicando conceitos. Se o aluno que tá dentro da sala tá realmente preocupado com ENEM e ele consegue é... fazer né, assim, acompanhar essa sequência e absorver, não só a parte tecnológica, mas também a parte dos conteúdos é, ele vai conseguir aplicar a parte dos conteúdos em qualquer questão, não só nessas ligadas à tecnologia fotovoltaica é... e também ter essa parte de energia solar. Então, assim é... só que isso eu não sei se acontece porque muitas vezes o aluno que está preocupado com o ENEM, ele tá muito fechado, às vezes, nessa... na parte de cursinho sabe? Na aula tradicional, eu preciso aprender conteúdo, conteúdo, conteúdo. Então às vezes com uma sequência dessa, ele não dá tanta importância e não absorve é... o conceito das coisas, que é o que ele talvez ache o mais importante, é... e a parte tecnológica é, também não, mas eu acho que num conceito quando você pensa em ENEM, mesmo, e você tá... consegue ter uma visão ampliada né, do que é o ENEM, de como as questões são apresentadas aos alunos, como as questões são feitas, eu acho que... quando você consegue ter essa visão, você consegue aproveitar é, a sequência, pro ENEM. Quando você não tem essa visão eu acho mais difícil. (**ENTREVISTADOR:** Não vai ter tanto sentido né, vai ser algo...) É, porque é aquela coisa tipo... focada no conteúdo e na aula tradicional, sabe? E às vezes os alunos que fazem cursinho ou que entendem que essa é a forma de aprender pro ENEM, eles não, tipo... tão focados nisso, acham que essa é a única forma de aprender pro ENEM.

PROFESSOR: Eu acho que assim, primeiro né, eu sou muito crítico quando você compara o ENEM com que está no ensino médio. Acho que não é função do ensino médio ser um replicador das atividades do ENEM. Na verdade o ENEM surgiu como Exame Nacional do Ensino Médio, ou seja, ele devia refletir é... a matriz curricular do EM, em muitos momentos eu acho que não o faz. É, acho que então a gente tem que fazer uma certa... um certo senão aí. Mas pensando... nós não estamos ensinando uma Física diferente, nós não tamos deixando de ensinar a Física pros alunos quando você usa uma abordagem CTS, você tá utilizando de uma maneira diferente de lidar com o mesmo, com o conteúdo, com a matriz curricular. É... com a abordagem que eu acredito ser mais dinâmica e mais relevante. Nesse sentido, eu acho que ele, que essa maneira de abordar é muito mais interessante, é muito mais enriquecedora e traz muito mais aprendizado, não só dentro da área de Física porque ela é interdisciplinar. Então você, por exemplo, quando você tá discutindo energia solar, você tá discutindo conceitos físicos, mas ali você traz temas da Geografia, da História, de política, de Sociologia... Então quer dizer, você tá na verdade trabalhando um conteúdo mais amplo que aquele que você trabalharia dentro de uma sequência formal de ensino de eletricidade. Então eu acho que uma abordagem como essa, ela enriquece o aluno, enriquece os conhecimentos, a forma do aluno... ela traz, eu acho que inclusive, é... ajuda o aluno a interpretar melhor o que ele tá lendo numa questão, numa prova de ENEM, por exemplo, que em geral as questões né, pelo menos elas tentam ser né, na medida do possível bastante contextualizadas né, esse tem sido o espírito do ENEM. Às vezes é meio, às vezes é meio falso. Às vezes as questões... você tem um texto longo que contextualiza, mas que não ajuda a responder, entendeu? Então às vezes não acho que... mas em princípio a ideia seria

isso né, que as questões deveriam refletir a realidade do aluno. Não... acho que hoje o ENEM tá virando um grande vestibular, virou né, se tornou um grande vestibular e com isso as questões tão muito mais com cara de vestibular, apesar dessa contextualização toda, o nível das questões ele às vezes sai fora completamente da realidade da escola pública. Então isso tinha que ser repensado, mas de certa forma eu acho que nós demos uma contribuição muito melhor pra esse aluno que vai enfrentar desafio do ENEM e alguns alunos me falaram isso né, quer dizer, tanto a sequência de eletricidade que nós trabalhamos dentro de uma abordagem CTS como a sequência de energia solar, quando eles fizeram o ENEM eles falaram: ah professor nós vimos aqui caiu uma questão do jeito que tinha colocado e tudo mais e etc... não é que caiu uma questão igual, mas é que ele passou a ter uma compreensão melhor da leitura, do texto, de como, de que essas coisas, de temas muito disciplinares, que eles tão engajados, que Física não é só Física, que ela se conecta com as Ciências Sociais, que se conecta com economia, com a política, com o desenvolvimento científico, com o desenvolvimento tecnológico, com a democracia... Então, esse tipo de abordagem ele ajuda o aluno a ter uma visão cidadã, eu acho que isso é importante.

O professor levanta um ponto importante da abordagem CTSA que, em tese, poderia ajudar muito os estudantes no ENEM, o fato de que essa forma de ensinar possui características interdisciplinares. Quando dizemos em tese é pelo fato de que, nem sempre, as questões do ENEM carregam essa que seria, teoricamente, uma das suas características.

5.4.3 A sequência de ensino e o aprendizado de conceitos/conteúdos físicos/CTSA

Quando os estudantes foram perguntados sobre a importância da SE para o aprendizado de conteúdos científico-escolares e valores ligados a abordagem CTSA, relacionada à formação de cidadãos mais críticos e reflexivos, atuantes na sociedade e ambiente, eles afirmam que a SE foi importante para o aprendizado deles em Física e na apreensão dos valores relacionados à abordagem CTSA.

CHARLENE: Com certeza, acho que da escolar não tem nem o que perguntar porque energia é, acho que é uma questão pouco discutida nas escolas e que deveria ser mais. E... cai bastante no ENEM que é o nosso foco do terceiro ano agora. Transformação de energia, potência, eficiência cai bastante. Então foi interessante a gente ver. E... como cidadã também porque a gente consegue ver o mundo com mais amplitude. É... como a gente pode desenvolver uma economia melhor e preservar o meio ambiente.

A fala de Charlene é interessante para notarmos como a visão inicial dela da SE foi modificada (algo que parece estar ligado ao fato de que um novo RM, a SE, transforma a ação mediada), reconhecendo inclusive que a SE contribuiu para seu entendimento do conceito de energia, algo que, segundo ela, poderia ajudá-la muito no ENEM. Concordamos com a fala dela de que entender o conceito de energia é importante, inclusive para o ENEM, mas o que notamos como mais interessante é que ela parece ter criado uma consciência maior em relação a questões sociais e ambientais que estejam relacionadas ao tema energia.

Na fala de Pietra, adiante, podemos apreender que a SE foi muito mais relevante pra ela no tocante à sua formação cidadã, mas isto também está ligado ao uso do artefato tecnológico (o painel solar) nas aulas de Física, indicando que houve uma contribuição da tecnologia estudada nas discussões das questões sociais e ambientais. Sua fala parece corroborar em parte com a visão do bolsista sobre a relevância maior da nossa SE para a apreensão de valores formadores de cidadãos mais críticos e reflexivos que em termos conceituais.

PIETRA: [...] Eu acho bastante importante porque antes a gente não tinha nenhum conhecimento sobre isso, a gente nem conversava sobre isso na sala. Acho que foi muito importante porque a maioria dos alunos começou a ter mais visão, tanto dentro quanto fora da escola, a probabilidade de ter painel na escola e tudo mais... Vários amigos meus que, nem, eu também nem sabia que tinha um painel em casa né, acho que foi bastante... (**ENTREVISTADOR:** Relevante) É, foi muito importante.

MOZART: Ó, sinceramente eu acho que ela contribui muito mais pra uma formação cidadã do que pra uma formação escolar, mas eu também considero que uma formação cidadã é muito mais importante do que uma formação escolar. Acho que, é... não deve deixar completamente de lado uma formação escolar, mas eu como professor se eu pudesse escolher, se eu tivesse... (**ENTREVISTADOR:** Tivesse que escolher.) Um ou outro pra escolher eu escolheria formar cidadãos e não é... não sei como que eu defino muito, mas eu privilegiaria a formação cidadão do que a formação escolar. Eu acredito que a formação escolar é importante, mas o que a gente ensina na Física é, muitas vezes, a pergunta dos alunos é real mesmo, é... pra quê que eu vou usar isso aqui? Tem gente que vai ver aquilo ali mais nunca realmente. É... então se eu puder contribuir pra uma formação de todos porque todos serão cidadãos, é... ao invés de contribuir pra formação de alguns que talvez vire engenheiro, faça Física e tal, eu prefiro contribuir pra formação de todos. (**ENTREVISTADOR:** Porque seria uma coisa muito mais geral né...) É, vai ser uma coisa... e assim, mais importante também pra sociedade.

Na fala de Mozart percebemos a visão que muitos estudantes e até mesmo professores possuem da Física, eles a enxergam como algo distante do cotidiano dos indivíduos, como se o fato de haver um aprendizado conceitual não haja também uma formação cidadã. Entendemos que essa visão está ligada ao ensino tradicionalista da Física, algo que buscamos mudar com as atividades da SE.

Entre as falas de Charlene e Pietra, temos a fala de Samanta na qual parece ter tido um ganho maior na sua formação conceitual, interligando isso ao estudo do artefato tecnológico utilizado na SE.

SAMANTA: Ai eu acho que ajuda muito mais, é bem mais válido que... eu nunca ia saber a questão conceitual de potência nem nada desse tipo. Acho que tipo, por ter sido da modernidade que foi, acho que foi bem mais interessante e... é isso.

Tarsis demonstra que, a partir da SE desenvolvida, mais em específico focando no artefato tecnológico estudado (o painel fotovoltaico), ele passou a ter um maior interesse pela Física, pelos conceitos estudados e por alguns aspectos científicos como o desenvolvimento de pesquisas sobre o aumento de eficiência dos painéis solares. Isto nos indica que o estudante parece estar refletindo

mais sobre as questões de cunho CTSA ligadas a SE desenvolvida, relacionadas ao uso da energia solar fotovoltaica.

TARSIS: Olha, é muito importante em questão de conhecimento e de cidadão, principalmente. Porque... é como eu falei... você não pode ficar de olho fechado. Fora também que isso desperta um interesse incrível. Por exemplo, eu sabia que existia energia fotovoltaica, energia solar, não sabia como que era, não sabia... e, deu mais interesse de outras fontes de energia, coisas que eu pudesse fazer. Por exemplo, a eficiência da placa, a maioria, se não me engano, é 16%, só que, por que não consegue chegar a 50%, por exemplo? Será que com mais pesquisa, com mais estudo, com mais financiamento a gente consegue chegar ao número de 50%? Porque, por exemplo, se chegarmos a uma placa de 50% de eficiência, vai ser tipo assim, muito bom! Eu acho que... foi muito boa pra despertar o interesse também sobre questão científica, sobre... é, pesquisa, sobre as descobertas que você pode fazer, entendeu?

Percebemos nas falas de alguns estudantes que a SE, mais especificamente pensando no seu recurso painel solar (PF), teve uma função dupla na ação de aprendizagem deles. Para alguns ela contribuiu para a melhor compreensão de conceitos físicos, mas outros ele contribuiu mais para a formação cidadã. Isso é perfeitamente compreensível, pois a ação de aprender é mediada pelo recurso da SE (painel) e como os agentes são únicos e singulares, eles podem atribuir significados diferentes no uso do mesmo RM.

Kelvin fala sobre a sua mudança de visão da Física, a partir da SE. Ele atribui um maior sentido para a Física, conectando-a com o dia-a-dia, passando a vê-la nos processos que acontecem na vida. Ele também fala de uma mudança na dinâmica das aulas, indicando uma fuga do ensino tradicional, por meio da SE. O estudante parece indicar uma maior contribuição da SE para sua formação cidadã que científico-escolar.

KELVIN: Sim (**ENTREVISTADOR:** Por quê?) Porque, sabe? Igual eu falei antes. Você passa a ver as coisas de um jeito diferente, você passa a ter outra visão, uma visão que você não tinha antes. E isso eu acho muito interessante essa dinâmica. Você ter outra... porque ele não abordou, igual você, ele também abordou questões sociais e isso tudo ajuda muito a você ter uma outra visão. [...] Porque você vê no que ela interfere no seu dia-a-dia, você vê o que... porque antes você acha que a Física não é nada, depois você vai entendendo como que ela tá ali, tipo, no meio, como que você usa ela.

Na fala de Kepler, adiante, ele destaca a atividade de produção de um vídeo no qual deveria ser feito um debate sobre os prós e contras do uso da energia fotovoltaica no Brasil e a mudança da sua visão sobre o tema energia fotovoltaica, aumentando o seu interesse por questões sociais e ambientais.

KEPLER: Com toda certeza. Eu acho que acrescentou de mais. É, eu passei a ver a coisa por um outro viés, entendeu? Agora, antes eu não pensava muito em energia fotovoltaica, agora, a partir do vídeo lá que a gente teve que fazer um debate sobre os prós e contras eu acabei concluindo que eu acho uma coisa positiva, já penso em colocar em casa, eu converso com os meus familiares sabe? Tentando estimular porque ele tem mais prós do que contras, né. Eu consegui enxergar algo bom da

coisa. Acho que é um caminho pra gente tentar aliar sustentabilidade com desenvolvimento.

A fala de Monalisa, a seguir, em relação à relevância da SE para a formação cidadã dos estudantes e apreensão de conceitos/teorias físicas, por parte deles, nos mostra que sua visão está em consonância com a de Kelvin e Kepler.

MONALISA: Sim. Eu acho que sim. É... igual eu falei anteriormente, acho que a função do ensino médio é essa né. Então, quando você tem uma abordagem dessa traz mais é... realidade né... eu acho que você tem uma reflexão maior porque o aluno não pode simplesmente olhar aquele conceito, decorar aquilo pra fazer na hora da prova, mas ele vai conseguir ver aquilo no dia-a-dia dele. Então, é uma reflexão maior que ele tem que ter, de fazer essa conexão entre o dia-a-dia ali e o que ele tá vendo na escola do que simplesmente o que ele vê na sala de aula e aqui acabou.

Em relação à formação dos estudantes, podemos perceber nas falas anteriores que a SE, por meio do uso de seus recursos e atividades, foi relevante para a formação escolar deles, mas principalmente cidadã. Podemos inferir como algo extremamente positivo, propiciado pela SE, foi a impressão de que nas discussões socioambientais os estudantes parecem ter se apropriado de muitos valores, como pensamento coletivo e respeito ao próximo, que contribuem para a formação de cidadãos mais atuantes na sociedade e meio ambiente.

Segundo a propriedade 5, na apropriação o indivíduo (estudante) toma posse da palavra do outro, ressignificando-a. No nosso caso, os estudantes demonstraram que os valores trabalhados nas discussões impactaram mais profundamente a vida deles, dando maior sentido para o estudo da Física.

Não entendemos o fato de que os estudantes conferiram à SE uma aprendizagem menor de conceitos científicos, que de preceitos cidadãos, como um limite da nossa SE em si, mas algo relacionado a toda abordagem CTSA que acaba por demandar a necessidade de um tempo maior para sua execução, em relação ao ensino tradicional. No entanto, consideramos que devemos buscar formas de se estender as discussões sociais e ambientais para além da sala de aula, de forma que os conceitos e teorias físicas sejam mais aprofundados em sala, sendo esse um dos nossos desafios aqui no futuro.

Nas falas anteriores dos estudantes, até aqui, pudemos perceber, em muitas delas, que alguns RM utilizados nas atividades da SE impactaram positivamente para a significação da Física, aproximando-a com o mundo deles e gerando um maior sentido em aprender Física.

5.4.4 Os recursos mediacionais da sequência de ensino e o aprendizado de conteúdos físicos

Iremos agora, com base em outros trechos de falas desses sujeitos, buscarmos apreender alguns dos possíveis limites e potencialidades dos RM para a aprendizagem dos estudantes de aspectos físicos abordados nas aulas.

Quando os estudantes foram perguntados sobre aqueles recursos que mais contribuíram e os que menos contribuíram para o aprendizado deles, em termos dos conceitos científico-escolares(físicos), eles responderam:

CHARLENE: Eu acho que quando ele (o professor) começou a pesquisar sobre um site que calculava quanto de energia recebia na nossa residência... (**ENTREVISTADOR:** Simulador solar.) Isso. Eu acho que eu entendi mais porque lá eu pude pegar uma coisa que tá no meu dia-a-dia, eu peguei, ele colocou a minha residência, aí a gente fez o cálculo da energia, da potência, do quanto de Sol que chegava e é uma coisa mais legal. [...] E o que eu menos acho que contribuiu, acho que é ficar fazendo atividade em sala sabe e na maioria das vezes não dá tempo de terminar e acaba quebrando o nosso raciocínio de uma coisa que a gente tá querendo saber e aí perde o raciocínio... (**ENTREVISTADOR:** Você acha que em muitos momentos essas atividades em sala de aula, elas eram em excesso, muita quantidade?) Isso. Aí ele colocava pressão sobre a gente né, porque tinha que terminar e entregar no dia, não podia terminar no outro, aí a gente fazia com mais rapidez e fazendo assim a gente não entendia bem o que a gente tava colocando.

Podemos perceber no trecho da fala anterior de Charlene que o uso do simulador solar, utilizado pelo professor, fez a Física ter mais sentido para ela, pois a partir do uso da energia elétrica, algo do dia-a-dia da estudante, foram abordados conceitos como energia e potência.

Já o uso do caderno de atividades, quando a estudante se refere às atividades em sala, parece não ter tido um significado tão grande em relação à apreensão dos conteúdos físicos. No entanto, isso parece estar relacionado ao fato de que existia uma cobrança, por parte do professor, para que elas fossem entregues no mesmo dia e que eles também tivessem as questões em seus cadernos, algo que nem sempre era possível, levando os estudantes a fazerem as atividades sem entender muito bem e quebrando o raciocínio deles.

Como veremos mais adiante, o professor passou a fazer essa cobrança dos estudantes terem as atividades resolvidas em seu caderno com a intenção deles estudarem para a prova bimestral/mensal que seria aplicada posteriormente. Talvez uma forma de resolver esse problema seria permitir aos estudantes que tirassem uma foto das questões que seriam entregues, de forma a estudarem depois em casa, ficando à critério do professor cobrar que eles copiassem no caderno ou não.

Na fala de Pietra, embora ela inicie sua fala dizendo não saber qual recurso contribuiu mais para seu aprendizado físico, ela acaba por afirmar que a placa fotovoltaica (o artefato

tecnológico da SE) contribuiu para tal, contribuiu para as discussões sobre transformação de energia solar em energia elétrica. Ela ressalta que a SE teve várias atividades relacionadas a esse recurso, tendo como suporte o caderno de atividades utilizado pelos estudantes.

PIETRA: Ai... não sei dizer... acho que o que contribuiu mais foi, essa, essa que você falou da transformação de energia solar em energia elétrica porque teve bastante atividade que pegou nisso mesmo e aí eu descobri que lá em casa também tinha e eu... (**ENTREVISTADOR:** Você fala do painel em si?) Do painel, humrum. (**ENTREVISTADOR:** E as atividades do caderninho que estavam relacionadas ao selo do INMETRO?). Humrum, essa.

Embora Pietra não tenha especificado um recurso/atividade que contribuiu menos para o seu aprendizado conceitual, podemos apreender, de sua fala que se segue, que ela teve certa dificuldade na resolução das atividades em sala (do caderno de atividades) que deveriam ser entregues ao professor.

PIETRA: Acho que foi bastante corrido porque o professor, no final, ele pedia pergunta no caderno e na folha, mas no começo o tempo dava certinho. Mas, no final foi bem corrido porque tinha muita pergunta também e o texto no caderninho. (**ENTREVISTADOR:** Porque aí ele tinha a exigência tanto de entregar o material do grupo...)Isso. (**ENTREVISTADOR:** Mais você ter no caderno.)É. O primeiro caderninho foi bem mais tranquilo. (**ENTREVISTADOR:** Porque não tinha essa cobrança?)Não.

A fala de Pietra, retomando a discussão sobre o tempo de execução das atividades em sala, pode nos dar um indício de um dos motivos pelos quais o tempo para a resolução delas, muitas vezes, era insuficiente. Pelo que observamos, por opção didática do professor, ele exigia que os estudantes tivessem as respostas das atividades, juntamente com as perguntas, também em seus cadernos, além de ser entregue uma por grupo para o professor, ao final da aula. No entanto a estudante ressalta que isso não acontecia no primeiro caderninho. (Explicamos aqui que, por uma questão de logística, devido à quantidade de cópias que poderiam ser tiradas para os estudantes, pelo professor, num dado período, o caderno de atividades foi dividido em duas partes).Pelas nossas observações, o professor parece também ter assumido esta postura, com a segunda parte das atividades, devido ao fato de que alguns estudantes estavam colocando a responsabilidade de fazer as atividades nas “costas” dos outros colegas.

A fala de Kelvin, a seguir, confirma o que Pietra disse. Contudo, Kepler destaca que, embora tenha sido um pouco corrido o tempo para fazer as atividades do caderno, pois tinha muito exercício, ele indica que as aulas eram participativas e contavam com demonstrações. Como o tempo de aula semanal para a Física é pequeno, duas aulas por semana, não dava muito tempo pra fazer os exercícios, mas não foi nada que atrapalhou o ensino.

KELVIN: Não, não era suficiente. Ainda mais que ele pediu pra copiar a pergunta, então isso aí tornou o tempo mais curto pra você conseguir resolver as questões.

(**ENTREVISTADOR:** Ele pediu pra copiar a pergunta porque cada um teria que ter no caderno?) Isso. Aí eu acho que isso diminuiu o nosso tempo. (**ENTREVISTADOR:** É... e se não fosse isso, você acha que daria o suficiente pra discutir, de forma geral?) Dependendo da atividade sim, daria.

KEPLER: Bom, eu acho que foi um pouco corrido porque tinha muito exercício, mas acho que isso inclusive tem haver com a carga horária né, como você tem duas aulas por semana e como tinha muita aula demonstrativa, participativa, a gente não tinha muito tempo pra ficar em sala fazendo exercício. Mas, eu acho que apesar de ter sido corrido deu pra pegar, não foi nada que atrapalhou meu ensino nem nada não, foi tranquilo.

Tarsis destaca o caderno de atividades por ter contribuído bastante na construção do seu conhecimento, aqui mais especificamente de conceitos físicos. Ele também destaca o uso do artefato tecnológico (a placa fotovoltaica) citando, por exemplo, uma aula na qual o professor fez uma demonstração com o painel solar indicando que a produção de eletricidade por ele depende de seu posicionamento e do clima da região em que ele é colocado, além do material que ele é feito. A fala do estudante mostra que ele apreendeu bem alguns procedimentos mais técnicos/conceituais ligados ao painel fotovoltaico.

TARSIS: Olha, é... eu acho que as atividades do livrinho que você passou, de atividades, acho que ajudaram muito. Também... que contribuíram menos? Deixa eu pensar... não sei se tem alguma coisa que contribuiu menos. Cada coisa teve a sua função. Por exemplo, é... aquela aula que a gente teve ao ar livre, a gente não mostrou muita coisa, a gente mostrou como funcionava o negócio, mostrou a... como funcionava sobre a luz. Esse tipo de coisa. Mas continua tendo uma extrema importância. Não acho que tem alguma coisa que... ah, isso trouxe menos conhecimento pra mim, eu acho que tudo tem o seu ponto e o seu motivo, entende? [...] Olha, uma coisa que me ajudou bastante a entender, em relação, a própria placa mesmo... [...] Por exemplo: a relação de potência da placa e a de eficiência. Por exemplo, pode chegar radiação, radiação grande no solo, mas que vai variar de muita coisa pra placa funcionar bem e criar muita energia, como eficiência, potência, localização... esse tipo de coisa. Mostrou muita coisa também que não é só... você colocar a placa e você vai tê lá, ter muita energia de graça, entre aspas. Mas também que tudo tem seu custo e depende de muita coisa e... depende de muita coisa basicamente.

Embora Tarsis tenha citado o caderno de atividades como importante ferramenta para a construção de conhecimentos físicos, ele cita, na fala adiante, alguns problemas ligados a resolução dessas atividades. No entanto, estas dificuldades parecem estar mais ligadas à forma como as atividades foram conduzidas, em grupo. O estudante destaca que ter muitos elementos no mesmo grupo acaba por dificultar a realização das atividades, pois alguns integrantes se acomodam ou querem tomar para si toda a responsabilidade e fazer tudo sozinho.

TARSIS: Uma coisa que eu não gostei muito foram das... atividades em grupo. Eu acho que porque... acho que é porque mais pela quantidade de grupo. Não é que ajudasse... eu lembro que passava a folhinha... aí tinha algumas questões, tinha grupo de seis pessoas. Claro que você é profissional e tudo sabe mais que os alunos, mas na minha opinião, como aluno, o grupo devia ser tipo... de no máximo três pessoas. (**ENTREVISTADOR:** Menos alunos.)É, com menos aluno. Porque consequentemente tem alunos que pensam: ah não, tem muita gente e não vão precisar de mim; tem alunos que excluem os outros pensando deixa que eu faço e

que acaba excluindo os outros de ter a total participação, entende? (**ENTREVISTADOR:** Em relação a isso, você acha que o tempo que a gente tinha de aula, você acha que as atividades nesse termo, nesse ponto né, em grupo, elas tinham tempo suficiente pra isso? Você acha que foi muita atividade pra ser resolvida numa aula?) Não. Olha eu acho que foi o tempo suficiente. Uma coisa que eu senti dificuldade, em algumas questões, em alguns exercícios, mas o bom é que vocês prestavam total apoio sabe? Qualquer dúvida você ia lá e respondia de forma que não dava a resposta, mas te levava pra um caminho em que você conseguisse deduzir a resposta, basicamente. Então, eu acho que, eu acho que... mesmo assim tipo, ah não fosse assim muito tempo pra fazer o negócio, mesmo que talvez tivesse pouco tempo, mas com a ajuda de vocês era, se tornava suficiente entende?

Entendemos que Tarsis tem razão em dizer que um grupo com menos estudantes pode “render” melhor. Mas, sabemos que, devido ao grande número de estudantes em uma turma normal de EM, numa escola pública, nem sempre é possível fazer grupos com menos integrantes, pois isto acaba por dificultar a avaliação das atividades que são entregues ao professor. Contudo, acreditamos que essa configuração, grupos com menos estudantes, seja a mais adequada, mesmo que isso signifique que o professor deva escolher algumas questões a serem corrigidas com maior profundidade e as outras de forma mais superficial, sempre compartilhando as impressões com a turma.

Outro ponto importante a se destacar na fala de Tarsis é que prestávamos total apoio aos grupos, auxiliando-os na resolução das atividades, pois, em muitos momentos, como já mencionado, o professor contava com o auxílio em sala de aula de dois bolsistas do projeto PBID/Física, além do auxílio do mestrando. Mais adiante iremos destacar algumas outras falas dos estudantes que denotam a importância dos bolsistas na aplicação desta SE.

SAMANTA: Eu acho que o que contribuiu mais foi exatamente o caderninho porque eu tenho mais o costume de ler. Eu aprendo mais lendo e ouvindo do que em outra coisa. Igual eu achei muito bacana trazer a placa, a miniplaca, só que pra mim não foi tão interessante. (**ENTREVISTADOR:** Você não achou a parte mais prática assim em si...) É pra mim não porque eu só entendo na hora que eu tô fazendo.

Embora Samanta afirme que foi bacana o professor ter levado a placa fotovoltaica para as aulas de Física, ela diz que o artefato não despertou tanto o seu interesse, destacando que como ela tem o costume de ler, o caderno de atividades foi o recurso que a melhor ajudou na compreensão dos conceitos físicos abordados. A fala da estudante ao dizer que só entende quando está fazendo, a atividade de lápis e papel, talvez esteja relacionado ao fato dela estar acostumada com aulas mais tradicionais de Física/Ciências. Algo interessante que podemos inferir, em relação à fala da estudante, é o fato de que numa sala de aula, como temos sujeitos com dinâmicas e histórias diferentes, devemos ter recursos mediacionais diversificados para conseguirmos atingir o mesmo objetivo de aprendizagem.

Na fala que se segue de Samanta, podemos perceber sua dificuldade no manuseio de alguns recursos da SE, inclusive relacionados ao caderno de atividades.

SAMANTA: Tentei. Eu não consegui de jeito nenhum acessar o site, nem fazer cálculo, nem simulação, nem nada. Agora, quanto aos outros, eu achei muito interessante. A questão do vídeo, eu achei um pouco corrido porque tava passando o vídeo ao mesmo tempo que nós tínhamos que fazer a atividade do caderno e... pra entregar. Aí eu achei um pouco corrido, mas foi bem interessante também. **(ENTREVISTADOR:** Já que você falou da atividade em sala, você achava um pouco corrido, você acha que a quantidade de atividade que você fazia em sala, daquele caderninho, é... eram muitas atividades pra um tempo curto?)É... em parte. Mas eu acho que era mais complicado porque a gente além de ter que fazer pra entregar, a gente tinha que fazer pra colocar no caderno. Acho que se fosse só um, acho que seria muito... bem interessante. **(ENTREVISTADOR:** Ficaria o suficiente.)Isso. É porque... mas pelo fato de ser pra gente ter que colocar no caderninho e entregar, acho que ficava muito corrido e a gente priorizava o caderno e pra entregar, aí ficava meio pendente.

Quando Samanta diz em sua fala anterior que tentou acessar o site e não conseguiu, ela se refere ao simulador de energia solar da atividade 8, do caderninho. O professor abordou esse recurso em sala utilizando a conta de energia elétrica da escola. Algo interessante de perceber na fala da estudante é que ela teve um engajamento com a atividade, pois ela tentou usar o recurso num momento extraclasse. Outro ponto interessante da sua fala é que ela confirma a fala de Pietra em que os estudantes deveriam ter as atividades do caderninho resolvidas em seus cadernos, além de serem entregues ao professor, uma por grupo.

Entendemos que isso se trata de uma escolha pedagógica do professor. Mas, talvez, os estudantes poderiam entregar as respostas do grupo num momento posterior. Eles discutiriam as atividades, respondendo nos cadernos, e um dos estudantes do grupo, de forma consensual e intercalada, faria um apanhado geral das respostas dos cadernos para entregar na próxima aula ao professor. A seguir temos uma fala do professor relacionada às atividades do caderninho.

PROFESSOR: **(ENTREVISTADOR:** Mas assim, pelo número de questões que cada atividade envolvia, pra ser discutida em sala, você viu que ficou é... uma quantidade excessiva ou você acha...)Não, eu acho que ficou bem razoável, as questões eu acho que ficaram bem razoável, acho que elas foram bem pensadas, até porque eu acho que você como professor conhece a realidade da sala de aula. Então eu acho que... agora algumas, pelo menos dois ou três, nós tivemos né ao todo 14 atividades né, nosso caderno tinha 14 atividades, é... algumas não davam pra trabalhar numa aula só, então os alunos continuavam desenvolvendo a atividade em outras aulas. Algumas eram perfeitamente... você conseguia trabalhar em uma aula. então assim, dependendo muito do tipo de... mas a grande maioria das atividades é... elas se encaixavam dentro daquilo que nós prevíamos, a grande maioria, algumas outras nós tivemos de nos adaptar e houve sempre aqueles probleminhas né, às vezes por exemplo: você precisa de um projetor, no dia o projetor não tá funcionando, rsrs, nós já enfrentamos essas coisas né. Então você tem que adaptar o dia. Então às vezes isso um pouco atrapalha a dinâmica, mas de maneira geral nós conseguimos cobrir o conteúdo de um bimestre com uma sequência bem feita, bem construída, desafiadora, mas que é perfeitamente possível ser aplicada em qualquer é... sala de aula do ensino médio...

Na fala de Kelvin podemos perceber a importância dada por ele ao artefato tecnológico estudado na SE, na verdade ao sistema tecnológico (miniusina solar fotovoltaica), em relação à sua apreensão de conhecimentos físicos. Ele também destaca o uso do simulador *SunCalc*, do movimento aparente do Sol no céu, ao longo do dia, para tal. O fato de que a aula se tornou mais dinâmica, segundo o estudante, parece estar ligado ao fato de que os estudantes estão muito acostumados com aulas de Física mais tradicionais e quando alguma abordagem em sala de aula foge disso, normalmente os estudantes passam a ter um maior interesse pelas aulas.

KELVIN: Todos contribuíram muito, mas principalmente igual eu falei a usina, a miniusina né, que trouxe o painel e o aplicativo que ele mostrou, que ele mostrava o ângulo que tinha que ficar. Tudo ajudou. (**ENTREVISTADOR:** Aquele do movimento do sol?) Sim, isso. E os power-points também ajudaram. Não ajudaram pra mim pelo menos como ajudaram a miniusina, mas também ajudou... a entender mais. (**ENTREVISTADOR:** É... você acha que ter o artefato igual, no caso à placa em si, o artefato tecnológico, é... assim, pra poder pegar e demonstrar...) Eu acho que ajuda, eu acho que ajuda bastante. A aula fica mais dinâmica né, se torna mais dinâmica né.

Kepler reforça em sua fala que os vídeos apresentados em sala de aula, os textos (do caderno de atividades) e o trabalhado apresentado por eles (seminário) foram significativos na sua aprendizagem dos conceitos físicos. Entretanto, o estudante considera que o uso da placa solar em demonstrações pelo professor, embora aumente o interesse pelas aulas, não foi tão significativo na construção de conhecimentos físicos. Isso parece estar relacionado ao fato de que os estudantes, nas aulas, tinham sempre que responderem questões contidas no caderno de atividades, tendo elas que serem entregues ao professor, ao final de cada aula. Talvez, em função disso, muitos estudantes se sentiram pressionados em realizar essas atividades e não deram tanta importância para demonstrações feitas pelo professor, com o artefato tecnológico, se preocupando com possíveis “penalidades” (perda de pontos) pela não entrega das atividades do caderninho ao professor.

KEPLER: Ah, o que contribuiu mais pra isso que você falou foram... acho que foram os vídeos. Os vídeos e as aulas né e as apresentações e os próprios vídeos... (**ENTREVISTADOR:** Apresentações que você fala dos trabalhos?) Isso, os próprios textos e os vídeos, os vídeos que ele passava sabe? [...] Em relação à sequência. e... bom, o que menos, não tanto nesses termos que você falou, mas que não deixa de ser interessante, foi... quer vê? A própria placa fotovoltaica, ele demonstrando como que a gente coisa... já que a gente usava muito os termos como potência e tal, mas eu acho que foi interessante, mas não acrescentou nisso que você falou. (**ENTREVISTADOR:** Você acha que o uso da placa em si pra esses conceitos não contribuiu...) É, eu acho que os vídeos acrescentaram mais, entendeu? (**ENTREVISTADOR:** Sim.) Mas foi bom pra gente ver como que funcionava e deu uma maior interessada mais na aula também.

Podemos perceber em todas as falas dos estudantes, sobre aqueles RM que mais contribuíram e os que menos contribuíram para o aprendizado conceitual da Física, algo que consideramos um ponto positivamente relevante na SE, o fato dela conter vários RM

relacionados entre si, de forma complementar. Segundo Paula e Talim (2012), baseado na perspectiva da semiótica social (mais especificamente na TAM), uma SE que possua uma maior diversidade de RM potencializa o aprendizado dos estudantes, pois como temos numa sala de aula vários indivíduos, cada qual com suas experiências próprias de vida, faz-se necessário termos RM diversos que permitam a ação dos estudantes na construção dos seus conhecimentos, no aprendizado escolar e no seu próprio desenvolvimento pessoal.

5.4.5 Os recursos mediacionais da sequência de ensino e a formação cidadã dos estudantes

Continuando na busca em apreendermos os sentidos dados pelos estudantes à SE e aos seus diversos RM perguntamos aos estudantes sobre os recursos/atividades que mais contribuíram e os que menos contribuíram para a apreensão de valores CTSA, para formação de cidadãos mais atuantes na sociedade e ambiente, mais críticos e reflexivos.

CHARLENE: Eu acho que contribuiu bastante porque, tanto que quando começou as aulas dele, eu comecei a ficar mais preocupada com essa questão do meio ambiente e comecei a pesquisar, tanto que no trabalho dele eu comecei a pesquisar o quanto poluía o planeta a hidráulica, a nuclear, as que mais são utilizadas, e pesquisamos que é muita coisa que... que fosse usada mais energia solar que é o que o nosso planeta é capaz... eu acho que seria muito mais consciente pro meio ambiente e seria uma forma de desenvolvimento sustentável que todo mundo bate na tecla pra saber como preservar e gerar energia. [...] Acho que foi o trabalho que ele passou, o meu grupo ficou com o tema de energia em locais públicos, energia fotovoltaica pública. Eu achei interessante que no Mineirão eles colocaram tipo uma usina fotovoltaica lá e ela acaba gerando energia pra 1200 residências e eu acho interessante... (*ENTREVISTADOR:* Tem um excedente né...) Sim. Aí eu fui pesquisar mais sobre porque é interessante pesquisar mais. Eu acabei me interessando pelo meio ambiente devido ao trabalho.

Charlene inicia sua fala afirmando que quando começou as aulas da SE ela passou a ficar mais preocupada com as questões de caráter ambiental, algo que foi reforçado quando ela fala sobre o trabalho dele (do professor), se referindo ao seminário, em grupo, que os estudantes apresentaram sobre energia solar. Sua fala nos revela que essa atividade, o seminário, foi muito importante para o seu desenvolvimento como cidadã mais consciente, reflexiva e crítica, tanto em termos sociais como ambientais. Essa atividade acabou por conferir um significado maior para o ensino da Física à estudante, por ser mais contextualizada e próxima a situações cotidianas dela.

Outra atividade da SE que tinha como objetivo claro a apreensão de valores CTSA foi a produção de um vídeo pelos estudantes, em grupo. Nessa atividade eles teriam que se posicionar a favor ou contra um hipotético projeto de lei que visava viabilizar economicamente a instalação de sistemas fotovoltaicos distribuídos no Brasil, por meio de redução de carga tributária na produção dos equipamentos fotovoltaicos e através da criação de linhas de crédito para financiamento

desses sistemas. Eles deveriam se posicionar com base no conhecimento construído ao longo da SE. Embora Charlene não tenha participado diretamente do desenvolvimento deste vídeo, ela fez a conclusão desse trabalho que deveria ser entregue ao professor. Em sua fala sobre a atividade ela relata:

CHARLENE: Sim. Não só retratar um lado, mas tratar os dois lados porque não adianta você passar pra uma pessoa só os pontos negativos pra poder desestimular ela ou só os pontos positivos pra poder estimular ela. Acho que devia, a gente deveria debater sobre os prós e contras, mesmo que muitas vezes as pessoas não gostem é... a alta, o alto custo da energia fotovoltaica ela pode gerar, pode gerar na pessoa como se ela não, não... (**ENTREVISTADOR:** Ela não tenha condições...) Isso, não compensasse. (**ENTREVISTADOR:** Não compense.) Mas, os prós eles vão mostrar que, que sim compensa, não só pra ela, mas também pro meio ambiente e eu acho interessante isso ter feito o debate, foi ideia deles ter feito o debate. Eu queria mostrar só um ponto, mas depois eu entendi o que eles queriam mostrar.

Podemos perceber pela fala de Charlene que o seu grupo resolveu não se posicionar a favor ou contra o projeto de lei hipotético, mas eles fizeram um debate acerca dessa proposta, algo que parece ter sido mais efetivo para o objetivo da atividade, pois o debate é uma das formas de atividades (RM) CTSA que podem favorecer a formação de cidadãos mais críticos e reflexivos.

Embora o grupo tenha tirado bom proveito da atividade de produção do vídeo, parece-nos adequado que essa atividade tenha uma maior orientação para a aplicação de uma SE futura. O uso do recurso de um debate nessa atividade, no próprio grupo, parece ser mais produtivo em termos de aprendizado para os estudantes que eles se posicionarem a favor ou contra o projeto de lei hipotético. Pois, pelo simples posicionamento deles, corremos o risco de os estudantes terem um posicionamento ingênuo a respeito do uso dos sistemas fotovoltaicos distribuídos no Brasil. Talvez seja o caso de se definir algumas orientações mais específicas para esse debate como tempo estimado para o posicionamento dos integrantes e a elaboração de algumas questões chave a serem respondidas no debate, tanto em relação aos pontos positivos como aqueles negativos, ligados ao tema.

PIETRA: Acho que é a da carta. A última que nós fizemos do... escrever a carta mesmo pro colega. Acho que essa dá pra ver tudo que eu tinha aprendido... contribuiu.

Pietra ressalta um dos RM utilizados como forma de avaliação dos estudantes, na qual eles deveriam, ao final de toda a SE, escrever uma carta para um colega contando o que haviam aprendido com as atividades da sequência, o que eles gostariam de aprofundar ou ter aprendido e a possível relevância desse estudo para sua vida. Embora ela não tenha destacado um recurso específico, ao longo da SE, podemos perceber a importância que uma forma de avaliação pode ter para a construção de conhecimento pelo estudante, pois a carta acabou, nesse caso, servindo como uma forma de consolidação do conhecimento construído ao longo da SE.

Outra fala dela, em outro trecho da entrevista, nos revela que a atividade do seminário que os estudantes apresentaram, sobre formas de aproveitamento da energia solar, foi significativa em sua apreensão de valores CTSA. O trecho está transcrito, a seguir.

PIETRA: Sim. Acho que o trabalho que a gente fez a maquete e tudo mais, acho que ele foi o melhor, que mais contribuiu. Dos outros grupos também deu pra, pra entender bastante. O vídeo eu achei que não... acho que ele falava a mesma coisa que o trabalho sabe? Pelo menos o meu grupo a gente ficou meio perdido né, no que fazer...

Podemos perceber que Pietra e o seu grupo tiveram um alto engajamento na atividade do seminário, pois, inclusive, eles fizeram uma maquete sobre o sistema termossolar (Heliotérmico) para melhor explicação de seu funcionamento para os outros colegas, algo que não era pedido no trabalho. Outro RM comentado na fala da estudante é o vídeo que seria produzido pelos grupos, sobre o projeto hipotético de lei sobre sistemas fotovoltaicos distribuídos no Brasil, mas, pela fala da estudante, seu grupo não compreendeu bem o que deveria ser feito, reforçando a necessidade de melhor orientação em tal tarefa.

Tarsis não cita nenhum recurso em específico que melhor contribuiu, ou que não contribuiu, para a sua apreensão de valores CTSA, nem mesmo alguma que tenha desfavorecido tal. No entanto, podemos perceber em sua fala que o estudante se mostrou altamente impactado pela SE, se tornando mais engajado nas discussões voltadas, principalmente, para as questões de caráter ambiental.

TARSIS: Olha, isso com certeza. Sério, até falei com você a questão do meio ambiente, que as pessoas têm vivido e tudo. mas, a questão da conscientização é pra mostrar que tem um caminho pras coisas sabe? Tipo... tem como realmente melhorar essa situação, tem como melhorar a situação do planeta e a energia fotovoltaica é uma das coisas pra isso sabe? É muito bom você ter essas consciência e passar essa consciência pro outro porque... porque, não sei se é um filósofo que fala, mas ele diz que não adianta você ter conhecimento e guardar ele só pra você. Você tem que passar pras outras pessoas, pra que... pra, pra ver o resultado e pra que ele experimente ter o conhecimento que é uma coisa muito boa.

Quando perguntado se as atividades do caderninho foram efetivas em contribuir no entendimento acerca de questões de caráter mais social, político, econômico e ambiental, ligadas ao artefato tecnológico (painel fotovoltaico), ele respondeu:

TARSIS: Olha, em questão... abriu meu olho como às vezes, como muitas vezes... como posso dizer? Como muitas vezes a resposta tá na nossa cara e a gente não vê. Até questão política sabe? Por exemplo, a gente podia, podia diminuir os impostos da... em relação à construção das placas fotovoltaicas, podia... o governo na verdade né... podia impulsionar mais o uso delas, esse tipo de coisa, podia fazer campanhas, podia colocar mais... porque traria uma economia, traria uma melhoria pro planeta. Mas, mesmo assim ele não faz. Acho que assim, de caráter social abriu o meu olho como tem muita coisa errada.

Nessa fala de Tarsis fica nítido que as atividades desenvolvidas na SE contribuíram para sua mudança de visão em termos dos aspectos CTSA, indicando que ele se tornou mais crítico e reflexivo sobre as discussões ligadas ao uso da energia fotovoltaica, inclusive sobre os aspectos políticos e interesses econômicos que possam estar relacionados ao uso dessa forma de energia.

SAMANTA: Eu acho que sim. Acho que foi até mais válida que as outras formas. Acho que foi mais dinâmico também, acho que contribuiu bem.

Essa fala de Samanta é relativa ao seminário que seu grupo apresentou sobre o uso da energia solar. Embora sua fala seja bem curta e contida, podemos destacar o fato que ela considera que a atividade foi mais dinâmica. A fala dela também é importante porque ajuda a corroborar que, nessa SE, o RM seminário teve um peso significativo para os estudantes, em relação à apreensão de valores CTSA por parte deles. A estudante também não indica diretamente algum recurso/atividade que tenha corroborado menos para a apreensão desses valores.

Já Kepler ressalta não um recurso/atividade em específico, mas os aspectos gerais CTSA das perguntas feitas, nas atividades do caderninho, demonstrando que ele passou a ter bem mais interesse acerca do tema da SE, refletindo e se posicionando criticamente em relação a questões de interesse nacional, tanto pensando economicamente como ambientalmente. Essas questões eram ligadas ao setor de energia elétrica, no caso a venda de hidrelétricas pelo governo federal, do então presidente Michel Temer (PMDB). Ele não destacou nenhum aspecto da SE que pudesse não ter contribuído para sua apreensão de aspectos CTSA.

KEPLER: Sim, eu acho que influenciou muito, como eu tinha acabado de te falar, tem perguntas políticas, onde ele pergunta a sua opinião, sabe? Ele coloca questões que você nunca tinha parado pra pensar antes. Ele fala: pô, a usina é do estado, mas o governo tá vendendo ela, isso é bom pra quem? Entendeu? O estado perde com isso? O estado ganha? Então eu acho que isso ajuda muito assim na formação minha, inclusive como cidadão. Então eu achei muito importante, inclusive, essas perguntas que ele colocou na sequência. (**ENTREVISTADOR:** Você acha que as atividades te levam a hoje em dia a pensar um pouco diferente? De forma assim mais reflexiva, mais crítica?) Sim, exatamente. (**ENTREVISTADOR:** Você conseguiu se posicionar a respeito desse tema em específico, da energia solar?) Sim. Ele abordou temas inclusive que eu nunca tinha pensado, como esse da venda de usinas.

Algo interessante nas respostas dadas pelos estudantes sobre os recursos que mais, ou que menos, contribuíram para a formação cidadã deles, contribuindo para que eles sejam mais críticos/reflexivos e atuantes na sociedade e meio ambiente, foi o fato de que eles terem destacado formas de avaliação (seminários, produção de vídeo e escrita da carta ao colega) como sendo mais expressivos para tal propósito.

Entendemos que o RM avaliação deve ser compatível com as formas de abordagem do conteúdo nas aulas, algo que parece ter sido atendido por essas formas de avaliação citadas,

conferindo poder e autoridade aos estudantes. Relacionando esses RM, com a TAM, destacamos a sexta propriedade (os RM interferem nas formas de poder e autoridade), pois ela confere à ação mediada um posicionamento diante de temas contemporâneos, rompendo com uma visão de CT como neutras e imparciais. É bom lembrarmos aqui que essa autoridade e poder não são do indivíduo em separado, mas da ação mediada em si. Segundo Paula e Moreira (2014):

A avaliação restrita a provas e testes tende a tornar os estudantes objetos da avaliação e não seus sujeitos. Além disso, provas e testes são, geralmente, revestidos de um poder que advém de sua identificação com a suposta neutralidade dos RM gestados a partir da racionalidade cognitivo-instrumental. Contudo, como já dissemos, a perspectiva de avaliação, que aqui denominamos como dialógica, afirma que, na educação escolar, só se beneficia da avaliação quem se faz sujeito do processo. Sendo assim, a diretriz de rever o papel secundário, normalmente atribuído aos estudantes nas práticas de avaliação, implica conceber novas ações que promovam a participação desses sujeitos e que se realizem a partir de RM que lhes transfiram poder. (PAULA e MOREIRA, 2014, p. 26)

A visão dos estudantes acerca das formas de avaliação que a SE propiciou também são relevantes para apreendermos os possíveis significados e sentidos dados por eles ao ensino de Física, por meio da abordagem CTSA, evidenciando o aprendizado científico-escolar deles e também em relação à formação de cidadãos mais atuantes na sociedade e meio ambiente, mais críticos e reflexivos, pois o próprio RM avaliação pode ser um momento de aprendizado. No entanto, por entendermos que as avaliações dos estudantes fazem parte das práticas do professor em sala de aula, iremos analisar este quesito mais afundo no núcleo de significação B, não deixando também de considerar a visão dos estudantes em relação a elas.

5.4.6 Considerações finais dos estudantes sobre a sequência de ensino

Finalizamos agora o nosso entendimento, a partir da perspectiva dos sujeitos envolvidos sobre o núcleo A (relativo à aprendizagem e oportunidades de formação dos estudantes), expressas nas entrevistas. Essas considerações foram feitas a partir das respostas à pergunta sobre eventuais experiências anteriores com abordagem de ensino CTSA em aulas de Ciências, Física, Química ou Biologia. Também foi aberto espaço para eles falarem algo mais que julgassem importante dizer, a respeito da SE e dos seus recursos/atividades.

Em todas as falas dos estudantes, a seguir, percebemos que nenhum deles teve ou ao menos não tinham lembranças de alguma experiência anterior com aulas ou sequências de ensino que envolvesse uma abordagem CTSA. Também é unânime nas falas deles que gostariam de ter outras aulas e/ou sequências de ensino com uma abordagem CTSA, nas aulas de Física.

CHARLENE: Nenhum (nunca teve aulas CTSA antes). Por isso que eu falei antes que acho que deveria ser uma questão mais elaborada nas escolas, nenhuma vez. nem sabia o que era transformação de energia. [...] Sim (gostaria de ter outras aulas CTSA), Acho interessante. Mas, conciliando com a matéria que deveria ser apresentada, do mesmo jeito, tipo... é, no primeiro ano quando a gente aprende, no segundo, quando a gente aprende sobre ondas, aí conciliar um pouco com, sobre tecnologia, com essa questão da energia fotovoltaica porque tem haver um pouco...

Na fala anterior de Charlene podemos perceber que a abordagem CTSA deveria ser algo mais trabalhado nas escolas. Ela parece indicar que através da SE que foi trabalhada, ela passou a dominar o conceito de transformação de energia, algo básico e importantíssimo para a Ciência. Embora em sua fala inicial a estudante tenha indicado que a abordagem CTSA pode ser significativa para o seu aprendizado escolar. Ela, logo depois, demonstra que a abordagem deve ter uma preocupação maior com os conteúdos científicos que devem ser abordados nas aulas, no caso de Física.

PIETRA: Não. Não que eu me lembre (nunca teve aulas CTSA antes). Esse ano pelo menos não. [...] Sim (gostaria de ter mais aulas CTSA). Desde o começo do ano seria bem mais interessante. Se tivesse tido né, rs.

SAMANTA: Não. Essa foi a primeira vez (nunca teve aulas CTSA antes) [...] Ah, seria muito melhor! (gostaria de ter mais aulas CTSA)

Pietra e Samanta afirmaram que não tiveram outras aulas com abordagem CTSA e essa forma de ensinar Física torna as aulas bem mais interessantes. Como suas falas foram muito contidas e diretas, não podemos inferir nada mais a seu respeito.

Na fala de Tarsis podemos perceber que o ensino de Física, por meio da abordagem CTSA utilizada na SE, impactou muito na vida do estudante, aumentando o seu interesse pelas aulas, algo que parece estar ligado intimamente com o fato de que as vivências que ele possuía das aulas, antes da SE desenvolvida, parecia ser mais tradicional. Com a mudança do método de ensino houve um impacto em sua forma de encarar a Física.

TARSIS: Hum, não (nunca teve aulas CTSA antes). Porque... basicamente, tipo, já teve questão de meio ambiente no estudo, mas não associado a tecnologia. Nunca foi abordado nas minhas outras escolas, professores que eu tive, tipo... maneiras realmente como vocês fizeram de trabalhar a questão do meio ambiente com a tecnologia. Foram basicamente, as questões... as relações de meio ambiente que eles fizeram na escola foi basicamente: a reciclagem, reutilização, os 3r's, esse tipo de coisa, não jogar lixo no chão, esse tipo de coisa mais educacional, não mais puxada pra área de conhecimento e questão de tecnologia sabe? [...] Ah, com certeza (gostaria de ter mais aulas CTSA). É, tipo assim: eu acho o método que vocês fizeram de ensino, eu achei muito bom, de verdade. Acho que eu repeti isso umas três vezes, mas por mim repetiria mais, porque eu achei realmente muito interessante.

Kelvin demonstra em sua fala que a partir do tema trabalhado nas aulas de Física, por meio da abordagem CTSA, verificou a ele maior interesse pela Física. Em sua fala ele demonstrou ter ficado mais engajado nas aulas devido ao uso de tecnologias, tanto do artefato tecnológico

painel solar como de tecnologias da informação. Ele também salientou que fazer trabalhos usando slides é algo bacana, indicando que ele atribuiu maior significado ao seminário apresentado devido ao uso de novas tecnologias da informação, talvez por viver num mundo impetrado por elas.

KELVIN: Não (nunca teve aulas CTSA antes). É a primeira vez assim que eu vejo. Porque tanto... eu não gostava muito de física até esse ano. Aí esse ano eu passei a ter uma visão diferente. Então eu comecei a gostar mais desse tema, dessa aula. [...] Sim (gostaria de ter outras aulas CTSA). Que ele passasse mais trabalhos envolvidos com power-point, que você tem que fazer uma apresentação bacana. Acho que isso ajuda bastante também. [...] Igual eu gostei muito, igual vou repetir de novo da miniusina tá! Acho muito bacana ele trazer o material, sei que não é sempre que dá né porque é caro. Mas, dá mais vontade de aprender física. Você tá vendo ali na sua frente como que funciona, entendeu? Aí torna melhor. [...] É, você tem uma visão melhor sobre aquilo. Uma visão que você não tinha antes.

Na fala de Kepler percebemos que a abordagem CTSA foi importante para conferir ao estudante maior interesse e engajamento pelas aulas de Física, tendo sido importante também para sua formação cidadã, refletindo sobre questões de caráter socioambiental. Ele diz que a SE, a abordagem CTSA, impactou na sua vida para sempre, foi algo que acrescentou para sempre em sua vida.

KEPLER: [...] Não, não tinha (nunca teve aulas CTSA antes), a primeira vez foi com vocês mesmo, você e o professor, e eu achei inclusive mais interessante. Eu comecei a me interessar mais pelas aulas de Física, tava mais empenhado em fazer os exercícios... porque é como eu te falei mesmo, acho que não vai ficar só no colégio, não vai ser só mais uma matéria que eu vou esquecer em algum tempo, eu acho que foi algo que constituiu e tá me ajudando a formar um cidadão, entendeu? Eu acho que acrescentou muito e não vai ser só uma matéria que eu vou esquecer em algum tempo... vai acrescentar na minha vida... [...] Com certeza, eu achei muito bom (gostaria de ter outras aulas CTSA). (**ENTREVISTADOR:** Vai acrescentar na sua vida?) É, foi algo que eu guardei entendeu? Eu achei muito interessante este método que vocês usaram, eu tava realmente interessado pelas aulas. [...] Eu gostei bastante. Não tem o que reclamar não. Eu achei muito interessante a proposta que vocês fizeram.

Com base em tudo que foi exposto, até o momento, podemos inferir que a SE, por meio dos seus recursos diversos e atividades (pelos seus RM) propiciou aos estudantes maior significado para o estudo da Física. Ela passou a fazer mais sentido para os estudantes, mudado seu status de uma disciplina chata e difícil para algo que faz parte do dia-a-dia dos estudantes, sendo importante para suas vidas. Sem medo de errar podemos inferir que o RM SE, de forma geral, foi significativo para a ação de aprender dos estudantes sobre conceitos físicos importantes, ligados ao estudo da energia solar, e na formação de cidadãos mais críticos e reflexivos, atuantes na sociedade e meio ambiente.

5.5 Núcleo B: potencialidades e limites da sequência de ensino para a prática docente

No núcleo de significação B buscamos apreender nas falas dos sujeitos participantes da SE (sobretudo professor e bolsistas) os principais impactos dela para a prática docente, evidenciando seus limites e potencialidades para tal. Também buscamos ter alguns indícios da possível contribuição da abordagem CTSA, por meio da SE, para a formação docente dos futuros professores de Física que acompanharam as aulas desenvolvidas em nossa pesquisa.

5.5.1 Contribuições dos bolsistas PIBID para a prática do professor

Sabemos que nossas salas de aula de Física, tratando aqui mais especificamente do EM, possuem uma grande quantidade de estudantes e isto acaba por impactar diretamente na didática do professor, nas suas práticas de sala de aula. Muitas vezes esse fato acaba por limitar a forma de trabalho do professor a um ensino mais tradicional, por entender que o “domínio” de turma, mais exclusivamente a disciplina dos estudantes, se torna maior com essa prática. Neste sentido, o professor que pode contar com estagiários para auxiliá-lo, com o manejo da turma, pode ter uma “ferramenta” extremamente significativa para a mudança da sua prática e, conseqüentemente, para o aumento do aprendizado dos estudantes.

Ao longo da aplicação da SE o professor pôde contar, em várias das aulas e mais exclusivamente em algumas turmas (principalmente na turma em que acompanhamos mais de perto nessa pesquisa), com o acompanhamento de bolsistas do PIBID/Física que auxiliaram os estudantes no desenvolvimento das atividades. Dessa forma, achamos importante buscar apreendermos, a partir da visão deles sobre a SE, tanto no que diz respeito ao aprendizado dos estudantes como acerca dos possíveis impactos na prática docente, os sentidos e significados dados por eles a SE, a partir da abordagem CTSA da Física.

Pelas nossas observações, a função do professor no processo de ensino de Física, mediante a abordagem CTSA pautada em atividades, acaba sendo modificada. O professor passa a não ser mais a única voz do discurso, ele passa a ser o responsável pela organização do ambiente de ensino e aprendizagem. Nesse processo, o professor (e também no caso da aplicação da nossa SE também os bolsistas) passa a ser um agente mediador do processo de ensino, alimentando as discussões dos estudantes na resolução de problemas.

Em nossas observações de sala de aula pudemos perceber que os bolsistas contribuíram na resolução das atividades da SE, pelos estudantes, auxiliando os grupos nas discussões das

atividades e/ou explicando a matéria de forma mais individual, sanando as suas dúvidas. Isso fica claro na fala de alguns estudantes.

TARSIS: Ah não sô, com certeza. Igual eu falei, tipo assim, as atividades é... tanto o estagiário quanto a estagiária explicam muito bem e assim, te dão o total apoio e fazem de tudo pra você conseguir deduzir a resposta sem te dar a resposta na cara que isso é muito importante assim, pro aprendizado mesmo sabe? Então, com certeza, teve muita, muita ajuda.

KEPLER: Sim, acrescentou muito porque... foi bom ter os dois, porque as vezes o professor tava passando matéria e você fica meio que relutante de interromper a aula, então você ia lá e conversava, tirava uma dúvida com a estagiária. Aí ela já te respondia numa boa, com toda calma, conseguia te explicar e isso conciliando com o professor conseguindo dar aula pra turma inteira. Então foi muito bom sim, deu pra poder pegar bastante coisa.

Reforçando as falas dos estudantes a respeito da importância dos bolsistas no desenvolvimento da SE, temos a fala que se segue, do professor.

PROFESSOR: Ah com certeza! Eu acho que assim, os bolsistas... pois é, esse é um grande desafio para o professor que não tem os bolsistas do PIBID, né? Vai entrar na sala de aula sem esse suporte extraordinário que é você ter os bolsistas, como a gente tem do PIBID. Uma coisa, na parte de energia solar, inicialmente eles aprenderam como os alunos porque eles ainda não tinham visto tópicos de energia solar, acho que a estagiária não tinha visto nada ainda de física quântica, mas eles correram atrás. Então foram, estudaram, naquilo que eles já tinham uma compreensão bem aprofundada de eletromagnetismo, então eles deram uma contribuição fundamental, mas não pegando na mão do aluno e fazendo por eles, mas ajudando eles a entenderem o fenômeno, do que se tratava e ajudando a melhorar a qualidade das discussões. Então onde eles interviam, eles ajudaram muito no debate, então foi uma colaboração importante pra melhorar o debate interno dos grupos, inclusive pra ajudar os alunos a aprenderem a fazer um debate de grupo, como é que se discute temas desses em grupos, né? Então acho que a participação dos bolsistas, ela foi fundamental. [...] Ter eles presentes na aplicação da atividade foi um ganho, não é impossível como teve momentos, em turmas, que eu não contei com eles e eu trabalhei, sem os bolsistas. Então, nos dois momentos, aí eu fiz muito esse papel de mediador nos grupos, de orientador... e aí gente? Aí de repente eu via que a discussão, eles tinham dispersado a discussão. Eu ia lá no grupo... e aí gente, como é que vocês viram aqui essa coisa das células? Isso aqui tá ligada em série, tá ligada em paralelo? Pra ajudar eles a retomarem a discussão, né? Então isso ajudava a produzir.

Em nossas observações vimos que os bolsistas e o professor, como ele próprio reforçou, principalmente no início da aplicação da SE, eram muito demandados por parte dos estudantes, auxiliando-os nas atividades e no entendimento de conceitos físicos. Isso parece ter sido resultado do perfil da SE que foi pautada em atividades, em grupo, que demandavam a resolução de problemas/questões de caráter, em muitos momentos mais investigativos, buscando dar maior autonomia aos estudantes.

A nosso ver, essa alta demanda inicial dos estudantes pelos bolsistas e/ou pelo professor está ligada à propriedade 4 da TAM. Ela nos diz que novos RM transformam a ação mediada, no caso, transformam tanto a ação de aprender dos estudantes quanto a ação de ensinar do professor.

Na fala de Mozart, em seguida, ele relata um pouco a sua sensação sobre o fato dele conseguir ajudar os estudantes em sala de aula, tirando suas dúvidas.

MOZART: Olha, eu faço essa pergunta pra mim várias vezes porque como a gente tá presente, igual eu tô a bastante tempo no PIBID aqui e a gente já aplicou algumas sequências de ensino, é... e algumas CTS é... eu fico na dúvida se a intervenção que a gente consegue fazer é simplesmente ajudar o aluno pensar ou dar a resposta. Eu sempre tento fazer mais perguntas que respostas. Então, eu acho que sim né, contribui, mas talvez tire um pouco de autonomia do aluno. Mas, eu acho importante por quê? Pelo fator tempo. Pro aluno ser mais autônomo a gente precisa de mais tempo, pra ele amadurecer aquela ideia, não... pelo tempo que a gente tem, a gente não teve tempo pra isso acontecer. Então, no final da conta, das contas, a gente precisa de um... alguns empurrãozinhos. É... e aí eu, a estagiária, o outroàs vezes também tava, contribuem mesmo pra isso. Acho que é isso, é um ganho de tempo talvez por uma perda de autonomia assim.

Voltando à última fala de Tarsis, temos um indício de uma resposta para a pergunta do bolsista, ele ajuda os estudantes a pensarem, não dá simplesmente a resposta pronta. O estagiário diz que às vezes reduz a autonomia dos estudantes quando, em razão do tempo para realização da atividade, acaba dando respostas prontas ou dicas demasiadamente estruturadas em direção à resposta esperada. Os estudantes não aprendem por si mesmos, sem orientação docente para tal. Denotamos aqui a importância da interação social entre os indivíduos na apropriação das ferramentas culturais do contexto da sala de aula.

5.5.2 A visão dos sujeitos sobre a abordagem CTSA e suas implicações na prática do professor

Continuando a nossa análise do núcleo B, entendemos que é importante para compreendermos melhor as falas dos estagiários e professores, acerca da SE desenvolvida e dos seus possíveis impactos na prática docente, quais devem ser, na visão deles, as principais características de uma abordagem CTSA de ensino em Física/Ciências.

Ressaltamos que essas dinâmicas da SE, que aproximam a Física do dia-a-dia dos estudantes, são ações mediadas não somente pelos recursos da SE que são organizados pelo professor. Os recursos didáticos da SE sozinhos não modificam a sala de aula, mas a forma como as atividades são propostas e conduzidas pelo professor, aliadas aos recursos, conseguem modificar esse lugar. A quinta propriedade da TAM nos diz que a relação entre agentes e RM pode ser caracterizada em termos de domínio e apropriação. Por meio do domínio de alguns conceitos científicos importantes, com o auxílio do professor que provê os RM/atividades reconhecidos por ele como mais adequados, para o desenvolvimento da SE, os estudantes podem

se apropriar de tais conceitos de forma a modificar o meio em que vivem, no caso em contextos envolvendo discussões sobre energia solar fotovoltaica.

PROFESSOR: [...] É... eu acho que primeiro, uma coisa assim, a própria maneira de aplicar a sequência, de trabalhar, tem que ser diferente. Ela tem que ter um foco no aluno, o aluno tem que ser um agente, ele não pode ser só um receptor do conhecimento e do saber do professor. Essa é... essa sequência, ela tem que trazer uma conexão com a realidade é... do mundo contemporâneo, não só com a realidade do aluno, mas de uma percepção de desafios modernos. Nesse sentido, uma sequência sobre o tema de energia solar é bem conveniente porque ela lida com uma questão que tá com um tema de grande interesse por parte dos alunos, de grande relevância social, política e econômica. Então, de repente, você tem alunos discutindo por exemplo, a viabilidade da implantação de um projeto de energia solar pra escola, de como eles podem participar, a participação de alunos em discussões políticas sobre a crise energética brasileira, o que não é muito comum mesmo quando você trata temas como eletricidade, eletromagnetismo na sala de aula, essas abordagens mais sociais, elas quase sempre escapam. Então é muito interessante quando você tem uma sequência deste tipo porque você pode tratar os mesmos temas de eletricidade né, potência, eficiência, é... geração, geradores, todos aqueles temas que são caros né, dentro daqueles que fazem parte do estudo, do ensino da temática de eletromagnetismo, mas a partir de uma abordagem que os alunos vão interagir com o tema, vão ver como esse tema se aplica no mundo real, como eles mesmos podem lidar com essas questões, os desafios que são postos pelo problema proposto. Além disso, eu acho que é fundamental, nós insistimos muito nisso, que uma sequência desse tipo, ela tem que ter um caráter investigativo. Isso eu acho que é fundamental. Ou seja, você tem que construir assim, problematizar... Você tem que ser possível o que é parte dela, você problematiza... acho que o caderno de atividades que nós desenvolvemos, nesse sentido, ele ajudou muito é... e que o aluno, que ele lance questões, traga problemas e que a partir da solução de alguns outros, questões novas surjam.

Destacamos da fala do professor que uma abordagem CTSA deve ser problematizada e o seu foco deve estar no estudante, ele deve passar de um agente receptor (passivo) como ocorre no ensino tradicional para um agente ativo no processo de construção do seu conhecimento, algo que pudemos perceber que prevaleceu em boa parte das atividades da SE.

Devemos lembrar que, pela TAM, quando falamos do agente ativo, na verdade estamos falando do agente agindo com o RM. Como exemplos disso, temos: as várias discussões em grupos para a resolução de problemas ligados ao tema da SE e a realização dos seminários pelos estudantes sobre energia solar. Nessas atividades os estudantes agiam com diversos RM, já citados anteriormente, mas sempre sob a supervisão do mais experiente do contexto da sala de aula, o professor ou os bolsistas (em alguns momentos, o próprio pesquisador).

Monalisa destaca em sua fala que a Física deve ser integrada com o dia-a-dia, ressaltando que, no caso da nossa SE, isso foi facilitado pelo uso do RM placa fotovoltaica, tornando a Física parte da realidade do estudante. Para alguns dos estudantes que entrevistamos o contato com o artefato tecnológico é citado como importante por ter despertado seu interesse pelas aulas.

MONALISA: Acho que você aproxima os alunos porque eu acho que o ensino de Física na escola né, no ensino médio, ele tem que ser algo integrado. Quando você tem uma abordagem CTSA você tem uma integração da Física com o dia-a-dia, com algo efetivo realmente na vida dos alunos. É, por mais que, por exemplo, o projeto fotovoltaico né, eles possam não instalar na casa deles por uma questão de custo é... eles têm uma ideia de que isso é possível sabe, de que isso é real. Eles tocaram uma placa fotovoltaica. Então eu acho que você quebra esse distanciamento entre a Física que é ensinada na escola e a Física que existe no dia-a-dia que eles, na maioria das vezes, não conseguem identificar.

Segundo Mozart, a principal característica de uma abordagem CTSA deve ser o equilíbrio entre o ensino de conceitos/teorias científicas e as discussões sociais e ambientais ligadas ao tema de ensino. No entanto, para tal, é importante que tivéssemos um número maior de aulas de Física. Ele nos faz abstrair um dos problemas que enfrentamos numa abordagem do tipo CTSA, o tempo curto disponível para o ensino de Física em nossas escolas públicas (normalmente duas aulas por semana). Isso nos remete, em muitos momentos, a termos que fazer escolhas entre o aprofundamento de um conceito/teoria da Ciência ou das discussões sociais e ambientais relacionadas ao tema estudado.

MOZART: As características de CTS? Eu acho que a... eu acho bem complicado a aplicação de aula CTS. Por quê? Porque você tem que fazer algumas escolhas, ou você perde em conteúdo de Física mesmo né e ganha numa discussão é... crítica da sociedade, uma visão mais geral, ou você perde nessa discussão e reforça conteúdos de física. E essa... isso é bem complicado, porque assim, no final das contas os alunos precisam saber determinadas coisas em Física, porque tem o ENEM, tem tudo mais. Mas ao mesmo tempo pra uma formação de cidadão é muito melhor ele fazer uma discussão crítica de... que uma aplicação CTS normalmente propõe. É... então eu acho que tem que ter esse equilíbrio. OCTS pra mim, o principal ponto dele é esse equilíbrio entre o conteúdo de Física e essa discussão social. É... tem que ser bem contextualizado, eu acho que tem que trazer bons textos, é... acho que uma coisa que, em escola estadual é difícil, mas tem que ser tentado, é... fazer os alunos trabalharem em casa, que é uma coisa difícil deles fazerem né... é esse tipo de coisa né, tentar fazer eles viverem aquilo por um tempo.

Diante desse desafio, um caminho poderia ser o que Mozart disse como fazer os estudantes trabalharem em casa, tentar fazer com que eles tenham maior familiaridade com aqueles conteúdos por um tempo. Nesse sentido, podemos compreender que atividades como o seminário apresentado pelos estudantes e o vídeo produzido por eles, com as devidas orientações, pode ser algo que ajude nessa direção.

Além desses aspectos favoráveis da sequência de ensino pudemos também, nas entrevistas, vislumbrar algumas de suas dificuldades/obstáculos de implementação prática em sala de aula.

Mozart, em várias de suas falas, considera que o tempo é o principal limitador dessa abordagem nas aulas de Física (algo que também encontramos nas falas do professor). Segundo ele, o estudante precisa ter mais tempo para “amadurecer” as ideias na cabeça, pois essa

abordagem traz discussões que precisam de estudo, indicando que devemos ter uma problematização maior numa abordagem CTSA.

MOZART: Com certeza. Eu não tenho dúvida nenhuma disso. Porque... sinceramente, duas aulas por semana é... eu acho muito pouco só pra explicar os próprios conteúdos de Física assim, do modo padrão de antigamente. Então imagina trazendo discussões que precisam de estudo, que precisa de tempo pra amadurecer aquela ideia na cabeça, não pode ser uma coisa assim: ah, você fala e o aluno responde. O aluno tem que ir amadurecendo a ideia, tem que ir vendo... (**ENTREVISTADOR:** Um tempo próprio deles...)É... então é... você precisa de tempo mesmo e com duas aulas por semana é muito difícil.

Podemos pensar que o “amadurecer a ideia” é relativo ao desenvolvimento das funções mentais superiores do indivíduo, algo que pode ocorrer somente com o auxílio dos mais experientes, no caso o professor (e os bolsistas). A mediação entre o ensino e o aprendizado será feita com a ajuda do professor na realização das atividades da SE, por meio dos RM.

A fala de Monalisa, a seguir, revela outro obstáculo possível à abordagem CTSA, o fato de que ela exige muito trabalho, pois sair do tradicional exige trabalho. No desenvolvimento da SE, os estudantes sempre trabalharam em grupos e todas as atividades eram entregues ao professor para correção. Mas, além disso, o professor tinha um papel de orientador nas atividades, ele estava próximo dos grupos, auxiliando na problematização das questões e discussões que surgiam entre os estudantes. Nesse caso específico, os bolsistas e até mesmo o mestrando/pesquisador, em muitos momentos, auxiliaram o professor nessas intervenções. No entanto, um professor sozinho teria uma carga de trabalho muito grande, sendo esse um desafio da SE trabalhada, por ter características de uma abordagem CTSA.

MONALISA: É... eu acho que essa abordagem é uma abordagem muito interessante é... mas ela exige muito trabalho, né? Como fugir do tradicional exige trabalho. Então assim, como foi é... executado né, o projeto e tal, é... quando você tem, por exemplo, três estagiários na sala ou dois estagiários mais um professor na sala é muito melhor e é muito mais fácil você aplicar um projeto desse. É... principalmente na maneira como foi né, foi dividido em grupos e tal. É, mas eu acho que essa abordagem CTSA, como eu falei anteriormente, é importante o contato do aluno com, é... esses objetos tecnológicos, o que nem sempre é possível por exemplo se você pegar um professor é... sozinho, digamos assim. Um professor assim que não tem estagiário e tal. Acho que é muito mais difícil pela carga de trabalho que ele vai ter ao aplicar uma sequência dessa né, ter uma abordagem dessa é... e também se ele sozinho consegue esses materiais sabe? Eu acho que... (**ENTREVISTADOR:** Tem a questão também que entra o econômico também né?) Sim, sim.

Outro fator abordado pela estagiária é a dificuldade que muitas vezes o professor tem em termos financeiros, pois normalmente as escolas públicas não têm os recursos financeiros necessários para o desenvolvimento de projetos como o da nossa SE. No nosso caso, como o professor mostra em sua fala, a seguir, no nosso projeto tivemos um parceiro que nos cedeu o artefato tecnológico (a miniusina), algo que numa SE com abordagem CTSA parece ser

importante, o contato dos estudantes com o artefato tecnológico relacionado ao tema da SE. Contudo, caso não se tenha a condição de se ter o artefato tecnológico, isso não deve impedir a abordagem CTSA, pois o professor pode recorrer a outros RM, como vídeos, simuladores e imagens, que aproximem o estudante da tecnologia discutida.

Na fala adiante, do professor, assim como na fala anterior de Monalisa, podemos perceber que uma SE, como foi a nossa, trabalhada num contexto CTSA e pautada em atividades, vem romper como tradicional, algo que acaba por gerar estranhamento e desconforto dos estudantes e até mesmo de professores.

PROFESSOR: É curioso primeiro que você tem que vencer uma certa tradição na sala de aula né, uma tradição da cultura escolar, tanto de professores quanto de é... de alunos, os próprios alunos. [...] Muitas vezes... primeiro que o professor saber trabalhar com isso, com essa nova forma de abordar dentro de sala de aula; segundo é... os próprios alunos no início tem um certo estranhamento porque eles estão acostumados, muito habituados, a serem passivos na sala de aula e esse, e essa abordagem propõe uma participação mais ativa do aluno, é, com um conjunto de atividades e que não basta ele dar respostas automáticas ou ficar parado esperando o professor dizer o quê que é correto, o quê que é certo e o quê que não é. Então eu acho esse um grande desafio. [...] Quer dizer: você tem é... dificuldades em construir os materiais, né, às vezes pra obter os materiais, no caso, a gente teve bastante sorte, a gente conseguiu é... os painéis solares, uma pequena estrutura pra poder fazer os experimentos em sala de aula com os alunos e algumas em caráter mais demonstrativos, outras que os alunos puderam experimentar é... mas você às vezes tem o desafio de construir uma sequência e que exija materiais novos e também formas novas de avaliar, você não pode avaliar da mesma maneira que numa sequência tradicional. É... veja só: não são poucos os desafios que são colocados pro professor dentro disso aí. Uma das coisas, um problema que nós vimos dentro da sequência é que às vezes, e dependendo da turma que você for trabalhando, o tempo da atividade... de aula é muito pequeno, né. Então, você às vezes pensa uma sequência, você acha que ela vai dar certo em uma aula e às vezes não dá, muitas vezes uma atividade que tá prevista numa aula ir pra aula seguinte, é... e o tempo também de organização, é, da aula, entre a entrada do professor, os alunos se organizarem em grupo, você perde às vezes, dependendo do ritmo da turma, entre 5 a 10 minutos. [...] Tipo assim, o tempo é um grande desafio. Outro é... talvez, principalmente no início, é os alunos irem se habituando com uma dinâmica nova, né, não é trivial pra eles, eles não estão acostumados... quando você faz uma atividade que reúna em grupo e aí eles ficam perdidos como... como é que se faz atividade em grupo? Uns acham que é cada um lá dar a resposta no seu caderno e... ou um faz uma parte outro faz a outra. Então, exige aí um aprendizado também de como é... você tem que ser capaz de orientar o aluno oh, o quê que é desenvolver uma atividade em grupo, sobretudo com uma sequência dessa: vocês discutem entre si, leiam antes... nossos alunos não têm hábito de leitura, então às vezes eles já querem ir lá pro final da resposta e ficar catando no texto a resposta e aí, ah eu não tô achando a resposta... lógico que não tá achando a resposta, não é, ali não tem uma resposta pronta, é fruto de uma discussão onde a partir do debate do grupo você vai é... tem o tema, a problematização e a partir disso você vai ter... você vai construir as respostas. e mesmo depois disso você tem uma outra etapa que é ter uma discussão posterior, junto com o professor e com os outros, em si, sobre o quê cada grupo debateu, como foi discutido, é... verificar se aquilo que o grupo respondeu se aproxima do conhecimento referencial, né, daquilo que se sabe né, daquilo que a comunidade científica... os educadores sabem sobre o tema né? Então assim, são alguns desafios que você tem no início, mas que são desafios superáveis. À medida que você entende a dinâmica e... nós trabalhamos com oito turmas e o que eu posso dizer é o seguinte: cada turma foi uma experiência diferente. É... algumas se

engajaram profundamente nas atividades, outras tiveram maiores dificuldades é... algumas ficaram ali assim, tentando entender, mas cada turma evoluiu de maneira distinta porque são grupos distintos, com práticas e dinâmicas distintas. Então isso também tem que ser levado em consideração, então o professor tem que conhecer a sua turma e adaptar a atividade ao trabalho, com o perfil de cada turma.

O professor ressalta que devemos respeitar as dinâmicas e o tempo de cada turma, de cada grupo, de cada estudante. Isto é extremamente trabalhoso para o professor, pois ele acaba por ter que se reinventar, criando dinâmicas novas em cada turma. Nesse sentido, a nossa SE parece favorecer isto, uma vez que suas atividades contam com RM diversos, buscando atingir os vários estudantes.

5.5.3 As vozes dos sujeitos sobre os possíveis impactos dos recursos/atividades nas aulas de Física

Podemos ver nas falas dos estudantes, a seguir, alguns indícios da mudança da dinâmica (ação mediada) do professor nas aulas da SE, saindo do tradicional para o novo, buscando contextualizar a Física, ajudando os estudantes a darem maior significado para o seu ensino, fazendo ela ter sentido para suas vidas.

CHARLENE: [...] Ah, só que eu achei bem interessante debater sobre... no começo eu tava sendo muito contra por causa do acúmulo de atividade, mas eu gostei muito da dinâmica do trabalho, que ele não criticou muito e, porque ele mesmo disse que tava aprendendo com a gente, o professor... e eu achei interessante a dinâmica dele, do trabalho, a forma como ele pegava os objetos fotovoltaicos, o led... mostrava pra gente como funcionava... (*ENTREVISTADOR:* As demonstrações?) Isso. E os vídeos que ele passava também contribuiu bastante pra capacidade intelectual. [...] E, com as atividades que, que o professor começou a passar, acho que houve até mais interação entre a sala, porque lá é cheio de panelinha, e com as atividades acho que começou a ter mais é, interação. Eu posso falar porque eu pulei de grupo em grupo né! Eu não fiquei em um grupo só.

Podemos perceber na fala de Charlene em que ela diz ter gostado da dinâmica do trabalho e que o professor não os criticou muito e disse também aprender com os estudantes. Isso nos dá indícios de que as aulas da SE foram mais dialogadas. Também podemos perceber que quando a estudante fala da dinâmica das aulas, isso está ligado à ação mediada do professor por meio do uso de demonstrações envolvendo o artefato tecnológico, além do uso de vídeos que contribuíssem para a sua capacidade intelectual. Outro aspecto interessante das aulas, indicado pela estudante, é que a partir das atividades da SE houve maior interação entre os estudantes da sala, quebrando com “panelinhas”, ou seja, a forma como as aulas foram conduzidas também contribuiu para a socialização entre os estudantes e na maior colaboração entre eles para a construção dos seus conhecimentos.

A fala de Pietra, a seguir, nos indica que as aulas da SE mudaram o ambiente de aprendizagem, mas devemos ressaltar que nesse processo o papel do professor se fez fundamental. Pois, os RM em si, sozinhos, não são capazes de realizar a ação. Todas as atividades que a estudante cita (demonstração com a miniusina fora da sala de aula e a exploração da simulação) foram conduzidas pelo professor. Ressaltamos aqui que a estudante dá especial importância ao fato de que a aula inaugural foi num espaço externo à sala de aula. Isso parece ter aumentado o interesse dos estudantes pelas aulas.

PIETRA: [...] Acho. A primeira aula que foi, a aqui ao lado da quadra... (**ENTREVISTADOR:** Miniusina.) Isso. Foi muito boa. Ah, quase ninguém não gostou porque foi fora da... do nosso ambiente ali, porque as aulas, não antes... não, na verdade antes de você chegar com esse projeto era muito... muito a mesma coisa, muito massante. E aí depois todo mundo gostou, bastante. Do caderninho também. Do programa também... (**ENTREVISTADOR:** Do simulador?) Do simulador... (**ENTREVISTADOR:** Ou do movimento do Sol?) Não. Do simulador. Não, teve um que a gente fez no computador, do horário, do Sol... (**ENTREVISTADOR:** É esse é do movimento do Sol.) É esse foi muito legal! Mesmo é... na primeira aula, na primeira e na última, o povo ia ficar bem mais, interesse, interesse do pessoal, porque nesse dia todo mundo falou assim... nó que legal, porque a gente nunca sai da sala de aula, então foi...

Na fala de Tarsis temos uma dimensão do quanto que a SE corroborou para dar maior sentido ao ensino da Física para ele. Fica evidente que na percepção do estudante a SE, por meio das suas atividades, foi um método de ensino diferenciado que o levou a ver maior significado no aprendizado da Física. Ele também reconhece em sua fala a importância do papel do professor (e do mestrando) nesse processo, transformando positivamente o espaço de ensino.

TARSIS: Justamente. Então, trazer esse conhecimento para as pessoas, principalmente pra alunos novos assim que não são nem adultos ainda, a grande maioria, do ensino médio, acho muito importante. [...] Olha, tipo... eu sempre gostei muito de Física, esse tipo de coisa e só gostaria de te falar que, por exemplo: muitos professores me marcaram é... durante o meu projeto de ensino, mas muitos por serem divertidos, engraçados ou, sei lá. É... por serem mais desse tipo sabe? Mais largados, esse tipo de coisa. E vocês eu tenho certeza que marcaram a minha sala com as suas inteligências e método de ensino. Diferente de outros professores que marcam por outros motivos. Eu acho que vocês marcaram pelo ensino. Que é uma coisa tipo assim, que eu acho muito boa e interessante, que eu vou guardar pro resto da minha vida.

Já Kepler demonstra o quanto a SE aumentou seu interesse pelas aulas de Física e nos reforça indícios de que a prática do professor teve uma mudança, algo que conferiu aos estudantes um maior significado para a Física em suas vidas.

KEPLER: Ah, com certeza, eu gostei muito! Até porque o professor pegava a gente, levava aquele projeto de placa, conseguia demonstrar o funcionamento sabe? Levava a gente pra fora da sala, não precisava ser em algum lugar. Aí colocava uma mão no sol e tocava o medidor lá e aí a gente conseguia ver, tipo, quanto que a placa captava. Aí... (**ENTREVISTADOR:** Um voltímetro né?) Isso. Aí colocava na sombra e a gente já via que já caía bastante o rendimento da placa, os vídeos também foram muito bons. Ele pegou uns vídeos lá bem explicativo, deu pra gente

interessar bastante, fora que as atividades ele coloca uns embates políticos muito bom. Igual teve uma lá do vídeo que tava falando... durante a pergunta tinha, perguntava sua opinião e falava do governo Temer que ele quer vender usinas e tal e eu acho super importante pra nossa formação sabe? Acho que isso acrescenta muito, colocar esses embates da gente no meio das questões, acho muito bom.

Pela propriedade 4 da TAM, temos que novos RM transformam a ação mediada. Pelas falas anteriores isso fica evidenciado. Os RM utilizados nas atividades da SE, por meio da mediação do professor, ajudaram a fazer das aulas algo mais significativo e interessante para os estudantes. Podemos perceber isto quando os estudantes falam que as demonstrações feitas com a miniusina, os vídeos usados nas aulas e o caderno de atividades os ajudam a apreender conceitos físicos e valores relacionados à abordagem CTSA. Ou seja, os RM utilizados na SE, pelo professor, contribuíram para a atribuição de maior sentido para a Física na vida dos estudantes, impactando também na sua didática.

Quando os bolsistas e o próprio professor foram perguntados sobre aqueles recursos/atividades da SE que mais e os que menos contribuíram para o aprendizado dos estudantes acerca dos conceitos físicos e dos valores ligados às discussões de questões sociais e ambientais, eles disseram:

MOZART: É... no caso eu já acompanhava as turmas e elas carregavam algum problema de conceitos de corrente elétrica, potência e diferença de potencial, elas já tinham essa deficiência. É... e eu acho que o que mais ajudou a discutir sobre isso foi o livrinho, foram os textos trabalhados. É... eu acho que foram mais os textos mesmo porque os vídeos, a maioria, contextualizavam e tal, é... isso falando dos conceitos físicos né...

Então, o que eu acho que contribuiu mais pros alunos... porque numa sequência CTS acho que não adianta nada a gente trazer um monte de coisas, textos e tal, é... e não deixar o aluno trabalhar por si só. Então, pra mim, os seminários foi o que mais acrescentou pros alunos porque eles tiveram que pesquisar, é... auxiliados por todos os textos, mas eram eles que estavam pesquisando também e aí quando eles preparam aquele seminário é que, ao meu ver, tá se formando o... mais os conceitos na cabeça deles, aonde eles estão se posicionando no lugar lá igual: ah, tô falando de iluminação rural, aí é onde eles se colocam e poxa, é mesmo né, uma ideia boa, é... pra se aplicar numa moradia rural, aí ele começa a ver essas possibilidades. Então, pra se formar cidadão acho que é essa coisa prática mesmo que eles fizeram nos seminários.

MONALISA: Eu acho que assim, é... os vários fatores nesse, nesse projeto, nessa sequência de ensino, eles têm diferentes efeitos. Então é... eu acho que pro efeito que você falou, assimilação de conteúdo mesmo e tal, eu acho que os vídeos não são muito eficientes nisso. Acho que a apresentação dos trabalhos em grupo foi bacana e os textos também ajudam, né! (**ENTREVISTADOR:** Você acha que principalmente os trabalhos em grupo eles ajudaram mais...) Sim, os trabalhos em grupo, não só o seminário de apresentar, mas essa parte de discussão ali... porque nessa parte de discussão, pelo menos a parte em que eu estive presente, foi onde os estagiários iam de mesa em mesa, conversava com os alunos: ah, vocês estão tendo alguma dúvida e tal? E muitas vezes a gente é, acabava ajudando eles a entenderem estes conceitos.

Sim. Eu acho que desses recursos, por exemplo, o vídeo que eu falei que antes não era eficiente pra aquele objetivo eu acho que agora já contribui mais. A leitura dos

textos também e... eu acho que esses dois, os mais eficientes. (**ENTREVISTADOR:** E aqueles que você acha que contribuem menos?) Ah não sei. Eu acho que e também a... eu não vejo nenhum como... talvez um pouco menos os textos. Eu acho que os vídeos é... o contato com a placa né, a miniusina, e os seminários atuam mais pra esse objetivo, contribuem mais pra esse objetivo do que talvez os textos. (**ENTREVISTADOR:** E leitura de textos, diagramas, gráficos contribuem menos?) Isso, porque o que acontece... eu acho isso não por um defeito da sequência, mas talvez da formação do aluno ou a falta de interesse deles pela leitura. E então assim, eles leem pra fazer a atividade, eles não leem às vezes, tipo, realmente refletindo aquilo, tipo, na vida mesmo. Eu acho que muitas vezes eles leem pra fazer a atividade. [...]É, talvez. Acho que leem de forma superficial assim. Acho que não por se sentirem desmotivados, mas porque eu acho que acaba tendo ao longo dessa formação a falta do incentivo à leitura. Então a leitura é, principalmente de textos mais científicos, por mais que a linguagem ali nos textos, por mais que a linguagem não tenha sido muito carregada de termos e tal, é... a falta de interesse deles... [...]É, pela leitura em geral, que é algo assim é... que não foi incentivado, sabe? A leitura é tida como algo chato e massante, mas por uma questão de informação sabe, porque não foi incentivado ao longo da formação deles.

Os dois bolsistas destacam que os textos do caderninho e suas atividades em si ajudaram mais os estudantes a apreenderem os conceitos físicos ligados a SE, destacando as discussões que eles geravam em torno do tema trabalhado. Já em relação aos valores interligados a formação de cidadãos mais críticos e reflexivos, os seminários são apontados como mais eficientes, sendo essa afirmação recorrente também entre os estudantes.

Monalisa destaca a dificuldade de leitura dos estudantes, segundo ela e a nossa experiência, eles não possuem este hábito. Isto acabou por atrapalhar em alguns momentos o desenvolvimento das atividades do caderninho que sempre contavam com textos para auxílio das suas resoluções e na interpretação do que as questões pediam em si. Essa dificuldade também foi relatada na fala do professor, a seguir.

PROFESSOR: Eu acho que todos tiveram algum tipo de contribuição, mas aí vamos por partes então, vamos pensar um pouco o que cada um traz pra esses alunos. Bem, eu sou fã de simulações. Eu uso simulações no meu trabalho desde 2012. [...] Essas simulações do cálculo de energia solar, que é muito interessante, muito... e dá uma aproximação, então tem softwares disponíveis aí na internet pra isso e a simulação do *SunCalc* que permite você vê posição do sol no céu o... quando que o dia nasce, quando que ele se põe, é... posicionar, como eu vou saber qual que é a posição é... onde o Sol vai tá, em tal hora na escola X. Eu acho que esse recurso, os alunos acharam fantástico isso. Então é... e como é que eles interviram com isso porque pra ir embora nós tínhamos só um computador e a projeção, mas eles podiam manipular a atividade. [...] Tiveram conclusões bem interessante do quê que é equinócio, o quê que é solstício. Então eu acho que esse uso desse tipo de simulação ajudou muito e é um tipo de conhecimento que vai, que serve pra além da sequência de energia solar, né? [...] É... a simulação do cálculo de energia era interessante por que ele dá pra os alunos, por exemplo, a partir dos dados coletados pelos alunos a quantidade, o mês, ele tinha exata noção de quantos painéis ele ia precisar, de qual modelo, de quanto que seria o gasto, de como... de qual que é o ângulo que o painel deveria ser colocado e se a nossa escola consegue se adaptar, se nós tínhamos como fazer isso na nossa escola ou não e também o aluno fez né, como é na sua casa? ah, faça um teste. Aí eles faziam em casa porque dá pra fazer em casa, dá pra você fazer no celular, como é... e isso gerou uma discussão de excelente qualidade. Então acho que as simulações, elas foram fundamentais nessa sequência. Uma outra coisa que foi importante foi o experimento com os painéis solares. Os

alunos ficaram abismados, por exemplo, quando eles pegaram um led conectado ao painel solar, um conjunto de leds na verdade, conectado ao painel solar e aí no momento que você colocava no Sol o led acendia de uma vez e por alguma razão eles esperavam que fosse demandar um tempo e aí parece que ia aquecendo... ele liga não? Colocava o painel, o led acendia. Tirava, apagava. E aí assim, sem um tempo perceptível, mas é, quer dizer, isso é uma outra característica do efeito fotovoltaico e da produção de corrente elétrica. Então isso também produziu um debate muito bom sobre a natureza de corrente elétrica, o quê que significa é... a corrente em um circuito né! Então isso foi muito importante. É, deu como eu te falei da uma pincelada no quê que é o efeito fotovoltaico, na compreensão pelo menos elementar do efeito fotovoltaico. [...] Ah, as atividades de leitura, elas produziram... eu acho que primeiro, nós temos um desafio muito grande né, que é os nossos alunos lerem. É uma coisa curiosa né, a gente percebe em suas... nas avaliações como SIMAVE, IDEB já revelam isso, às vezes dificuldade na leitura, dificuldades na interpretação de texto. Eu acho que essas atividades, como elas exigiram muita leitura, eles tinham que fazer leitura em praticamente todas as atividades, em todas as aulas, então isso é... eu acho que contribuiu, foi também uma contribuição nossa a uma tarefa que a escola propõe, de engajar os alunos em boas leituras. Nesse sentido os textos eram bem didáticos, gostosos de ler, interessantes é... não sem a sua dificuldade né, não sem os seus desafios, às vezes o professor era obrigado né, levado a intervir pra ajudar a compreender um tópico ou outro e isso também é uma boa discussão... mas de qualquer forma esse conjunto de atividades, de uso de mecanismos né, de experimentos, simulações que foram utilizados é... eu acho difícil imaginar a sequência sem eles, ficaria uma sequência muito monocromática né, ou seja, muito linear. Acho que eles introduziram coisas, inclusive problemas novos, que às vezes não tavam tão explícitos pra gente quando a gente montou a sequência, mas os alunos tão cedo notaram.

O professor não faz uma distinção entre aquelas atividades que mais contribuíram para o aprendizado de conceitos ou de valores ligados a formação de cidadãos mais críticos e reflexivos. Ele destaca o uso dos simuladores, tanto o de estimativa de um sistema fotovoltaico para a escola como o do movimento aparente do Sol no céu, dizendo que foram fundamentais na SE. Outros RM significativos foram as demonstrações com o painel solar e LED's, além do uso do caderno de atividades

É interessante que, normalmente, um recurso que auxilia mais na construção do conhecimento conceitual/científico, auxilia menos na formação de cidadãos mais críticos e reflexivos. Por exemplo: os seminários foram unanimidade na formação cidadã, mas não na apreensão conceitual, enquanto que os simuladores e o painel solar se destacaram na apreensão conceitual e não na formação cidadã. Isso parece estar relacionado com as propriedades 3 e 2 da TAM, pois os RM podem tanto potencializar quanto constranger a ação e muitas vezes o RM é utilizado para uma finalidade diferente para qual ele foi criado.

Porém, a nosso ver, qualquer um dos recursos empregados pode contribuir para ambos os tipos de aprendizado. Por exemplo, o painel solar (o artefato tecnológico) é o gancho que temos entre a Ciência e as discussões socioambientais. A sua exploração como objeto material leva-nos mais para o aprendizado conceitual da Física, mas a exploração da sua representação nos leva à discussão dos seus impactos sobre a sociedade e meio ambiente.

Continuaremos a nossa tentativa em apreendermos das falas dos bolsistas e do professor alguns dos facilitadores e dificultadores da SE desenvolvida, para a prática docente. Com isso buscamos um refinamento das atividades/recursos da SE, pensando num professor que esteja sozinho em sala de aula, como é o caso de praticamente todos os nossos colegas.

Mozart, em sua fala a seguir, nos afirma que uma grande contribuição para a prática do professor em sala de aula (um facilitador) foi o caderno de atividades que foi desenvolvido para a SE, sendo que todos os estudantes receberam um exemplar. Isso facilitou o trabalho, pois alguns estudantes até mesmo já se antecipavam ao assunto, tentando adiantar as atividades em casa, embora elas fossem pensadas para serem feitas em grupo. Uma coisa importante a se ressaltar é que o uso do caderno não foi como o uso de um livro didático, como estamos acostumados, onde o professor normalmente segue o conteúdo disposto no livro de forma linear e obrigatória. Na nossa SE contamos com outros diversos RM, sendo o caderno de atividades uma espécie de plataforma física que continha as atividades da SE, daí sua importância.

MOZART: É no caso eu gostei muito do esquema do caderninho que assim, você já prepara textos, já tem as questões, você imita um livro didático, um minilivro didático né! Eu achei assim um material bem interessante, o jeito que ele foi feito também, de deixar com os alunos. Então por exemplo, tinha aluno ali, em algumas salas, que eles adiantavam questões assim... eles fizeram em casa, ou seja, eles estudaram em casa com o caderninho.

[...] É... o problema de uma sequência, de uma sequência CTS é, por exemplo, você conseguir acompanhar os alunos mesmo. [...] O professor sozinho dentro de sala ele não consegue acompanhar os grupos e ele tem pouco tempo. Então ele precisaria acompanhar os grupos com mais eh... com mais proximidade pra fazer aquilo que eu falei né, meio que fazer perguntas que vão fazer os alunos desenvolverem um pouco mais rápido. [...] É... então eu acho que isso complica bastante. E... aí é um problema que assim não é bem da sequência é... sempre que você vai abordar algo interdisciplinar é complicado, essa mistura de conceitos e tal. Então essa discussão de área é difícil, mas ela é gratificante. Então... e o manejo do tempo. o manejo do tempo é sempre a pior coisa que tem.

Um dificultador para a prática do professor apontado por Mozart, também em outros momentos, é o fato de que a SE, como a que foi desenvolvida, necessita de um tempo maior de aula, pois ela envolve aspectos interdisciplinares e as discussões entre os estudantes e com o professor precisam ser amadurecidas, uma vez que essas discussões são importantes no processo de problematização do tema abordado. Além disso, o professor sozinho pode ter dificuldades em acompanhar mais de perto os grupos, pois os estudantes, ao menos num momento inicial, demandam muito a presença do professor nos grupos e sua consequente aprovação.

No desenrolar da SE essa necessidade de aprovação dos estudantes, pelo professor, diminuiu, dinamizando mais as aulas e colaborando para a prática do professor. Aqui vemos uma implicação da propriedade 6 da TAM, que os RM interferem na relação de poder e autoridade.

Não estamos falando de um poder e autoridade no sentido de que o estudante fique acima na hierarquia da sala de aula, contestando a autoridade do professor, mas no sentido de que os estudantes passam a dominar e se apropriam de determinadas ferramentas culturais, com maior propriedade.

Também com base na fala dos bolsistas surge outro possível limitador da SE, pensando num professor que esteja sozinho em sala de aula, é o peso da carga de atividades a serem corrigidas, uma vez que se fazia a cobrança delas sempre serem entregues ao professor, ao final de cada aula. Porém, a própria Monalisa dá uma dica importante que poderia reduzir essa carga de atividades, o fato do professor poder avaliar o estudante mais de perto, nos grupos, durante as aulas e reduzindo a quantidade de atividades a serem recolhidas. Também ressaltamos que o fato do professor recolher todas as atividades não requer, necessariamente, que ele tenha que corrigi-las na íntegra. Mas, ele pode dar prioridade àquelas que tenham maior relevância para o conteúdo.

MONALISA: [...] Você tem uma carga nessa sequência muito grande de atividades pros alunos e pra você avaliar essas atividades você precisa ler essas atividades, pra você avaliar realmente. Então assim, essa carga é pesada pro... igual eu falei, pro professor sozinho, sabe? Então, você tem um professor com oito salas e por mais que seja em grupos são muitas atividades é... tipo assim, pequenas mas várias dessas atividades pro professor avaliar sozinho. Então eu acho que isso dificultaria, assim.

[...] Na minha formação foi importante esse contato. Eu acho que esse contato professor-aluno é... facilita até mesmo a avaliação do professor em relação ao andamento da turma. Então é, quando você tem essa abordagem que abre mais, a participação maior dos alunos é... eu acho que isso facilita pra avaliação, assim, e o relacionamento professor-aluno e talvez, por exemplo, diminuísse um pouco a carga de atividades e tal... eu acho que é... facilitaria o ensino mesmo, os alunos entenderiam melhor.

Retomando um possível dificultador da prática do professor, citado pela estagiária em sua fala anterior, o professor entende que as atividades em grupo podem favorecer o engajamento dos estudantes nas aulas, sendo que devemos respeitar o fato de que eles possuem dinâmicas próprias e nem sempre o fato dele estar fazendo outras coisas, em paralelo, deve significar que ele não está produzindo. Ele entende que as atividades em grupo, num primeiro momento, podem parecer criar certo tumulto na sala, mas elas podem contribuir para que as aulas se tornem mais agradáveis e produtivas, aproveitando melhor o tempo de aula.

PROFESSOR: Oh, então, veja só: é a primeira coisa que eu falo é que assim, eu me diverti muito com a sequência, acho que essa é a primeira coisa pra eu falar quando eu... eu sinto que a coisa foi boa, não só eu, os alunos também se divertiram muitas vezes. Acho que dentro da sequência, com as atividades, o clima ficou menos pesado dentro de sala de aula, acho que as coisas ficaram mais leves assim. Os alunos entremeavam debates sobre a sequência com troca de habilidades ali. Então assim, coisa que é intolerável quando você tá lá no quadro e giz lá, etc. O professor quer atenção 100%, né isso? Então eu acho que isso, essa maneira da sequência, quando o engajamento é melhor, quando a sequência é bem feita, então há um engajamento melhor, você aproveita melhor o tempo de aula. Acho que isso é

fundamental porque, por exemplo, um dos grandes desafios, eu vi uma pesquisa recente mostrando que até 50% do tempo de aula é gasto com questões disciplinares, ou seja, você perde um tempo enorme numa aula tradicional preocupado com a disciplina, mandando os alunos ficarem quietos, menino no celular, não sei o quê, não sei o quê... nesse tipo de abordagem, conversar faz parte da atividade, não dá pra fazer a sequência né, de grupo, com uma sequência de atividades CTS igual essa que nós montamos sem os alunos interagirem entre si, certo? [...] É lógico que você tem que intervir um pouco pra ajudar a aprimorar alguma coisa que você acha que tá deficiente, né! Mas, sem ser controlador de mais porque se não você acaba matando a galinha dos ovos de ouro, você acaba matando a discussão.

Na sua próxima fala o professor coloca que a SE exigiu muito planejamento e estudo por parte dele e dos bolsistas, mas pensamos que isso se faz importante em qualquer intervenção que queira fugir do tradicional, de forma que se tenha não somente o domínio da nova ferramenta cultural, mas para que haja a sua apropriação. Outra coisa que uma SE como a nossa exige do professor é que ele esteja revendo a efetividade das atividades em todo momento, sendo que isto pode ser amenizado pelo fato dele acompanhar mais de perto os estudantes nos grupos. Também se percebe pela fala do professor e por observação de Monalisa que é necessário se fazer certos momentos de parada com as atividades nos grupos, de forma a socializar esse conhecimento construído com o resto da sala e reforçando conceitos chave do conteúdo abordado, mas de forma dialogada com os estudantes.

PROFESSOR: [...] É... eu sempre planejo minhas aulas, mas essa sequência, ela exigiu um nível de compromisso muito maior, de engajamento muito maior, meu e dos meus bolsistas, nós nos reunimos praticamente toda semana pra poder discutir a sequência, isso é importante, é... inclusive pra fazer uma crítica do quê que precisava melhorar ou não, o quê que às vezes a gente sentia falta. Por exemplo, a estagiária, ela colocou pra mim que às vezes sentia falta da gente amarrar as coisas, estruturar um pouco mais ali, precisava fazer essa discussão entre eles, mas precisava da gente num momento dar uma parada e fazer uma estruturação, estruturar melhor os tópicos e de compreensão porque alguns poderiam ter tido uma compreensão melhor, outros tavam lá atrás, apesar das aparências e não compreenderam muita coisa. Então é importante a gente intervir é... com uma aula mesmo, né, abordando os tópicos que foram tratados nas atividades anteriores. Então, em alguns momentos, a gente deu uma quebra e fez alguma coisa parecida com isso, né! É, mas procurando produzir uma coisa mais dialogada, né, não um... oh, agora eu vou ensinar pra vocês é... o certo, né? Isso, isso e isso. Não, isso não ajuda em nada.

A próxima fala do professor reforça a fala inicial de Monalisa, sobre o peso da quantidade de atividades a serem avaliadas pelo professor. No entanto, essa fala do professor também indica que houve grande engajamento e interesse dos estudantes nas atividades realizadas em grupo.

PROFESSOR: [...] Eles realmente passaram a lidar com a sequência com um grau de seriedade muito grande e inclusive exigiam... oh você não avaliou a sequência 12 ainda... então tinha que o material... você vai recolher o material hoje? Então vamos recolher, vamos avaliar. E aí? Eles cobravam isso, eles queriam saber como que tava né! E olha só, cada atividade em sala, todos os dias você ter que pegar 6/7, 7 né questionários lá dos alunos, que estavam as respostas dos grupos e avaliar aquilo e retornar pra eles, você fez isso muitas vezes, né! Então você sabe do que eu tô falando, né! Não é brincado, né, dá trabalho pra caramba né? Então é... você precisa de outro cargo pra poder fazer isso tudo, né, rsrs. [...] Na medida que o

tempo foi passando e eles foram entendendo a dinâmica das atividades, eles dependeram menos da gente do que no início. No início eles... no início eu lembro que nós éramos muito demandados, mas muito, eu não conseguia parar um momento tá... indo num grupo e no outro... e você mesmo experimentou isso também. Então noutros, já pra metade da sequência em diante, que eles ganharam uma certa expertise, vamos dizer assim, uma certa maturidade no lidar com... era praticamente chegar, gente juntem os grupos, vamos fazer a atividade 13, atividade 11... já iam pros grupos, já sabiam onde que tava, já tinham as leituras que eles tinham que fazer em sala e como é... conduzir aquela dinâmica. É lógico que eventualmente sempre você ia ali nos grupos pra poder dar uma aproximada, ver se é... se eles estavam realmente dando conta, porquê, em algum momento também: ó, eu tive dúvida aqui... e aí de repente eles gostavam muito de colocar a opinião deles antes de escrever, (o professor perguntava) o quê você acha? Então assim, mas eu coloquei isso aqui, tá certo, né? Parece aquela... necessidade de ter o aval do professor. Vamos ver a sua resposta. Mas aí quando eu via algum problema, alguma coisa que eu achava muito desviada daquilo que eu esperava eu colocava alguma questão, mas ah, tal... eu lembro muito disso quando tava discutindo os conceitos de potência/ eficiência. Ah, mas a eficiência aqui você acha que (o professor dizia)... então tipo assim, ia fazendo com que ele voltasse a pensar na questão com um pouco mais de qualidade.

A abordagem CTSA depende do professor maior dedicação de tempo para atingir os seus objetivos de fazer com que o estudante, além de aprender conceitos físicos/científicos, também se torne um cidadão mais crítico e reflexivo, atuando no meio em que vive. Contudo, acreditamos que essa abordagem imprime maior significado para o ensino da Física, contextualizando-o e fazendo com que os estudantes consigam ver uma aproximação maior entre a Física e o dia-a-dia deles.

5.5.4 As vozes dos sujeitos sobre os possíveis impactos das avaliações na prática do professor

Outro tema presente nas falas dos participantes (professor, bolsistas e estudantes) foi relativo às formas de avaliação da aprendizagem. Neste caso, procuramos delimitar nessas falas os possíveis impactos da SE nos modos como a avaliação foi conduzida.

Ressaltamos aqui que a SE propiciou várias formas de avaliação dos estudantes, sendo que muitas delas já foram, em algum momento, abordadas na análise do núcleo A e também no núcleo B. As diversas formas de avaliação passam desde as atividades em grupo pelos estudantes, aos seminários que foram apresentados por eles, a produção de um vídeo onde eles deveriam se posicionar a favor ou contra um projeto de lei sobre energia fotovoltaica, a prova bimestral (de caráter mais técnico e matemático), a prova mensal (escrita de um texto dissertativo sobre o uso da energia solar) até uma carta contando para um colega faltoso o que o estudante aprendeu com a SE e sua possível relevância para sua vida.

Em sua fala Mozart destaca que as atividades em grupo propiciaram grande aprendizado para os estudantes, por meio das discussões que ocorriam entre eles, pois a fala entre os estudantes se torna às vezes mais produtiva do que as interações com o professor. Ele reitera que a avaliação das respostas produzidas nessas discussões/debates, também foi uma importante forma de avaliar os estudantes.

MOZART: É, as duas formas que eu tive bastante contato foi a prova mensal que eu ia corrigir até de algumas turmas, tive esse contato maior né, li várias... Porque a prova tinha uma parte de questões mesmo e a parte que era uma redação. Então, lendo as redações eu pude ter uma, um contato maior né com o que os alunos absorveram disso tudo e os seminários que eu acho que é extremamente importante, tanto que... pra eles pesquisarem quanto pra eles apresentarem, acho importante também eles exercitarem e exporem as ideias deles. É... e assim... não foi bem, foi também... um sistema de avaliação mais, as questões do caderninho que eles faziam em grupos na sala... (**ENTREVISTADOR:** Os debates que aconteciam...). É. Eu acho extremamente importante. É... acho que aí a conversa entre eles que é... você tá com aquela conversa mais próxima, naquela linguagem de um aluno pro outro, muito mais próxima do que do professor pro aluno... é nessa discussão que eles é... acho que aprendem muito assim, eles constroem muito conhecimento.

As outras duas formas de avaliação que Mozart destaca são o seminário apresentado pelos estudantes e a prova mensal. Essa prova continha um caráter mais técnico, envolvendo fatores relevantes para implementação de um sistema fotovoltaico distribuído, e uma dissertação sobre energia solar. Para a produção desse texto, os estudantes poderiam utilizar as informações dos seminários, algo destacado na fala de Charlene, a seguir:

CHARLENE: Sim. tipo é... na questão da gente se agarrar às formas, tipo o que é energia foi mais difícil porque quando começa a juntar um pouco de Matemática e teoria a gente começa a complicar mais. Porém é... eu acho que ajudou bastante a dissertação tanto quanto a carta e eu vejo que eu vi mais, maior evolução quando a gente escreveu a carta do que no começo que a gente escreveu a dissertação porque eu vi que a carta era mais informal, uma coisa que a gente não teria tanto medo de fazer, porque quando a gente escuta dissertação vem na mente aquele texto certinho, bonitinho... sem um errinho. (**ENTREVISTADOR:** A dissertação, inclusive a proposta feita pelo professor... [...] então, assim, eu vi que ele propôs uma dissertação que vocês deveriam é... estarem expondo o ponto de vista num congresso... [...] internacional, então realmente uma forma mais rigorosa em termos de conceitos...) Mas não foi tanto isso porque ele colocou que a gente poderia usar o que a gente adquiriu no nosso trabalho, então eu achei bem tranquilo na hora de escrever... (**ENTREVISTADOR:** Fazer o link com o trabalho, contribuir...) Sim, isso, exatamente, porque o trabalho foi bem tranquilo pra fazer, pro meu grupo. Então, quando eu fui, é... escrever a dissertação eu fui lembrando de cada coisa que eu vi nele e foi mais fácil desenvolver. Mas, o da carta eu achei melhor porque é como se a gente tivesse falando pra alguém que não entendia também. Então foi tranquilo.

Podemos perceber na fala de Charlene que existia um desconforto inicial ao fazer uma avaliação na forma dissertativa, pois o termo carrega um peso grande. No entanto, como o professor deu a oportunidade de fazer um “link” com o seminário apresentado pelo seu grupo, ela se sentiu mais confortável em escrever o texto sobre energia solar, defendendo seu ponto de vista por meio de argumentos já construídos ao longo da SE e mais exclusivamente no seminário. Outro

elemento importante é que a redação final tinha um portador, um colega que supostamente não teria acompanhado as aulas. Escrever, nesse sentido, se aproxima de um relato pessoal de experiência vivida, o que dá sentido à escrita, muitas vezes ausente no contexto escolar. Outra fala da estudante nos mostra que ela sentiu que as formas de avaliação propostas pela SE favoreciam mais uma avaliação de aspectos CTSA que da apreensão de conceitos físicos.

CHARLENE: (**ENTREVISTADOR:** Bacana! Então é... você acha que em termos do entendimento que você teve essas avaliações foram mais pertinentes para os aspectos das discussões econômicas, ambientais, sociais do que dos conceitos físicos em si.) Sim, porque os conceitos é uma coisa mais didática então fica mais, o aluno fica receoso, fica meio... não liga. (**ENTREVISTADOR:** Quando entra a Matemática você acha que trava um pouco...) Trava um pouco, mas quando a gente parte pra dissertação e pra carta a gente desenvolve, mesmo sabendo que energia tem uma forma e tal, na hora da gente transcrever a gente escreve energia e sabe o que é e nem percebe que tá fazendo isso na dissertação e na carta.

Charlene afirma que a Matemática, envolvida nas teorias e conceitos físicos, acaba por bloquear os estudantes em seu processo de aprendizado, algo também percebido na fala de Tarsis, adiante, onde ele também diz em sua fala que achou incrível numa avaliação de Física ele não ter que fazer nenhum cálculo, pois nem todo mundo tem facilidade quando uma questão envolve Matemática. Essa fala reafirma que os estudantes se sentiram mais seguros ao serem avaliados numa produção textual, no caso da redação. Ligado a isso, algo interessante a se ressaltar na fala do estudante é o fato dele dizer que ele aprendeu também Português nessa avaliação, mostrando inclusive uma das características de uma abordagem CTSA, a de ser interdisciplinar.

TARSIS: Ah, sim, com certeza! Acho que tanto as provas como as atividades foram muito bem nisso sabe? Conseguiram demonstrar bem, é... tais coisas. Sim, acho que foi muito bom. [...]Tá, com certeza! Porque... primeiramente, a questão conceitual, teve uma prova que... não lembro se foi nessa aula ou na bimestral, mas que você não precisava fazer nenhuma conta pra resolver ela. (**ENTREVISTADOR:** Foi a mensal.) Isso, foi a mensal. Então, tipo assim, eu achei aquilo incrível. Tipo, em Física não precisar fazer nenhuma conta. (**ENTREVISTADOR:** Não necessariamente precisava.) É. Eu na minha, por exemplo, eu resolvi uma questão criando uma fórmula. Tava pedindo tipo: como posso saber tal coisa? Então, eu resolvi isso com uma fórmula. Mas assim, eu achei esse método muito bom. Por exemplo, nem todo mundo é bom em Matemática, nem todo mundo tem facilidade pra esse tipo de coisa, é bom em Física, Matemática, em Química, esse negócio. Achei assim, é um modo que abrange todo mundo e um método assim, inovador, como eu já falei. Por exemplo, igual aquela da redação, naquilo também eu aprendi muita coisa. Eu aprendi Português, produção de conhecimento a partir do que você aprendeu no bimestre, esse tipo de coisa. Eu achei muito bom.

Ainda na fala anterior de Charlene, ela ressalta que usar a dissertação e a carta (uma escrita mais informal) contribui até mesmo para ela expor o seu aprendizado científico-escolar, ela sente menos o peso da cobrança de uma avaliação. Essa fala está condizente com o trecho da fala do professor, adiante, onde ele ressalta que devemos ter certo cuidado ao avaliar um texto escrito pelos estudantes, não pode ser uma leitura se valendo somente da norma culta, pois, muitas vezes, temos que apreender o aprendizado do estudante nas entrelinhas do seu texto escrito. Em sua fala

ele também ressalta o estranhamento dos estudantes em fazerem uma redação como avaliação em Física.

PROFESSOR: [...] Durante a sequência nós produzimos duas dissertações. Acho que esse foi um momento muito interessante porque foi muito curioso pros alunos, o estranhamento deles, o choque, eles assim: eu nunca fiz redação em Física (risos do professor). Então é uma coisa assim, é... aquilo que nós chamamos de redação basicamente... ou seja, ele ia apresentar numa atividade avaliativa, fazer uma dissertação, num mínimo de 20 num máximo de 30 linhas, sobre o tema energia solar, sobre o tópico, sobre aqueles tópicos que ele já tinha visto e ele ia fazer usando todas aquelas regras da norma culta padrão da língua portuguesa, como se fosse uma redação mesmo, mas trazendo pra dentro desse texto a... os temas de Física pertinentes que eles estudaram, abordando... então pra eles foi uma coisa diferente, né, foi algo assim inusitado. Depois eles tiveram que fazer isso uma segunda vez, num segundo momento. [...]As minhas amigas que são da área de Língua Portuguesa já tinham me alertado o que é corrigir uma redação, né! Então quer dizer, é um desafio tremendo porque são trezentos alunos, tem que ler uma por uma, né! E outra coisa, extrair daquilo o que se quer porque às vezes a linguagem do aluno é muito diferente da linguagem formal do professor. Então você tem que também ler nas entrelinhas o que os alunos escrevem e ter essa percepção, não pode ser uma leitura chapada.

Na próxima fala o professor ressalta a importância de termos formas diferenciadas para se avaliar abordagens que fogem do tradicional, de forma que possamos apreender os distintos ganhos que a SE trouxe para o aprendizado dos estudantes. Essa fala é interessante e já comentamos algo relacionado às suas formas de avaliação. O fato de que elas não devem ser pensadas de forma a tornar o estudante um objeto dela, mas sim como seu sujeito, está ligado à sexta propriedade da TAM, quebrando com a neutralidade da ação do estudante mediada pelo RM avaliação.

PROFESSOR: Sim, com certeza. Eu acho que assim... eu sempre defendi, eu falo isso nas reuniões do PIBID, quando você muda, quando você muda o... a abordagem de ensino, você também tem que mudar a forma de avaliar, né? [...] Às vezes, é você, nesse modelo, pegando os três modelos de avaliação: o vídeo, os seminários e os textos dissertativos, você... e também um pouco a avaliação bimestral pra não deixar uma forma tradicional de fora, quando você pega esse conjunto é que você consegue ter uma dimensão, uma avaliação, de pra que lado que a sequência foi pra alguns alunos e pra outros. Então isso, realmente pegar todos os significados físicos né, o... a Física, a natureza física dos fenômenos, tiveram uma compreensão melhor disso. Outros ficaram um pouco mais na abordagem de caráter social, tecnológico, das aplicações. Mas veja só: são ganhos distintos e são nuances, matizes distintas que você tem que tá avaliando.

A fala a seguir de Monalisa corrobora com a fala anterior do professor de que temos que ter formas de avaliar diferenciadas para práticas que não são tradicionais. Ela ressalta que foi ideal termos uma avaliação mais voltada para a parte teórica, envolvendo cálculos, e outra mais ligada às discussões sociais e ambientais.

Concordamos com esse posicionamento, pois se temos RM diversos, também devemos ter formas de avaliação diversificadas, mas condizentes com os RM utilizados no decorrer das aulas da SE.

MONALISA: É, eu acho que, em relação ao conteúdo mesmo e tal, uma prova mais dissertativa e uma prova mais técnica é o ideal porque eu vejo, escuto né, muitas queixas dos alunos é... que falam que a Física é focada na Matemática, que não conseguem aprender Física porque... por causa das fórmulas, que é muito complicado a parte matemática. Já a parte conceitual, teórica, eles costumam achar mais fácil de entender. Então quando você tem é... duas provas que avaliam essas duas formas né, de conhecimento, tanto a teórica quanto a matemática eu acho que é o ideal. Assim, é... quando você tem um texto né, a parte dissertativa mesmo, que eles têm que elaborar um texto, escrever, eu acho que é nesse texto que você vai avaliar a parte tecnológica e de cidadania e de ambiente e tudo mais, não... (**ENTREVISTADOR:** Essas relações.) Sim. (**ENTREVISTADOR:** Da Ciência, sociedade e ambiente com a tecnologia...) E a concepção que os alunos tiveram disso. É... eu corriji algumas provas e eu consegui ver muito o fator ambiental que eles é... obtiveram, que eles aplicavam nos textos, os fatores tecnológicos que... é muito engraçado porque nessa hora dos textos geralmente eles é... falam né, quando eles vão dar um exemplo, alguma coisa, do trabalho que eles apresentaram. Então assim, eles apresentaram, eles estudaram pra fazer o trabalho, nem todos né, enfim... Mas, os que realmente estudaram, os que realmente fizeram o trabalho, que absorveram aquele conteúdo CTSA, eles conseguiram aplicar isso no texto e fazer essas ligações.

Na fala anterior, Monalisa reafirma algo já dito anteriormente pelos outros sujeitos da SE, a relevância atribuída aos seminários nessa SE. Parece estar quase que explícito que os estudantes se engajaram muito com essa forma de avaliação, levando inclusive o aprendizado que eles tiveram, a partir dele, para as outras formas de avaliação utilizadas nas aulas de Física. Também na fala do professor, adiante, fica evidente o quanto significativo foram os seminários para os estudantes, sendo que eles se engajaram muito nesta atividade, de tal forma, que a partir dela muitos deles cogitaram a intenção de instalar um sistema fotovoltaico em suas casas.

PROFESSOR: Os seminários, exatamente. Eles tiveram os seminários, 7 temas de seminários, foram formados grupos de 5/ 6 alunos em que eles tinham que apresentar um seminário, no tempo entre 5/ 10 minutos. É, foi uma atividade que demandou tempo, o tempo das aulas é curto, o tempo de organização come um pouco, então, por exemplo, acabou que a gente pensou que poderia ser feito em duas aulas, em alguns momentos teve que ser feito em três, em três aulas em algumas turmas. Então eles fizeram e você percebe que alguns se dedicaram profundamente o tempo, investigaram, conseguiram trazer questões novas pro debate, é... conseguiram fazer um trabalho de excelente qualidade. Outros foram um pouco mais devagar e a gente deu a oportunidade pra eles reformularem. Então àqueles que a gente sentiu que tavam muito abaixo, foram poucos, é... que tavam muito abaixo, os alunos que realmente ficaram muito perdidos a gente, em algum momento a gente precisou... foram muito poucos, talvez uns dois assim. Agora, a grande maioria é, realmente, se percebe que fizeram um bom investimento de tempo, de estudo, de leitura, é de discussão no grupo... então tinham alunos que tiveram grande domínio do tema, tiveram grande interesse e alguns começaram a cogitar como é que eu faço pra colocar isso na minha casa? Como é possível, né? Que dizer, ficaram é... foi um tema que despertou discussões porque que por exemplo um país com tanto sol como o Brasil a energia solar é tão incipiente, né? Então assim, houve um engajamento de fato dos alunos, é... na sequência de ensino.

Samanta afirma em sua fala, adiante, que o vídeo produzido pelos estudantes foi o que melhor contribuiu para sua avaliação acerca da sua aprendizagem de conceitos físicos e sobre a apreensão de valores CTSA, pois outras formas de avaliar, como o seminário, por exemplo, acaba não refletindo o conhecimento do indivíduo. Muitas das vezes, ela fica nervosa e acaba esquecendo o que sabe, fato esse ligado à terceira propriedade da TAM, os RM tanto possibilitam quanto constroem a ação.

Essa fala da estudante é interessante porque ela nos revela que muitas vezes o estudante não vai bem numa avaliação por questões de ordem emocional, mas ela também nos reafirma a importância de termos, numa SE com RM diversos, formas de avaliações também diversificadas.

SAMANTA: Eu acho que sim. Principalmente o vídeo porque acaba que na apresentação em sala, na frente da turma inteira a gente acaba ficando nervosa e esquece metade do que a gente aprendeu, aí acho que por ser o vídeo, não ter esta questão, acho que é bem mais tranquilo. (**ENTREVISTADOR:** Você acha que também uma gravação em vídeo também vocês ir refazendo...) Isso.

A fala do professor, adiante, atribui aos vídeos produzidos um alto nível de engajamento dos estudantes, onde eles produziram vídeos diversificados, uns abordando mais questões sociais e ambientais, outros puxando para o conceitual, alguns defendendo o projeto de lei e até mesmo debates foram produzidos. Entendemos que o objetivo dessa atividade de levar os estudantes a um debate não foi bem atingido por faltar maior orientação aos estudantes e também por eles já estarem engajados em outro trabalho que deveria ser apresentado para toda a escola, em outro projeto.

PROFESSOR: É... uma outra coisa foi a atividade dos vídeos que eles tiveram de...a proposta era a seguinte: você está, você é um político e recebeu um projeto em Brasília é... em que você tem que defender/ refutar a implantação de energia solar em larga escala no Brasil. Então você vai fazer um vídeo defendendo ou refutando o próximo projeto. Quando você vê... você ainda não viu os vídeos, quando você vê, o grau de engajamento... você percebe que houve investimento de tempo, de energia, de leitura, até de leituras extras, é... desses jovens, desses meninos e meninas no tema, mesmo que às vezes não era aquilo que era esperado. Em alguns momentos /eles ficaram mais na abordagem mais social, mais nas questões de ordem política, de impacto ambiental. Outros trouxeram mais pra... para problemas de natureza física, outros trouxeram pra discussão energética, mas você consegue perceber que houve um engajamento.

A fala inicial de Kelvin, adiante, é sobre o seminário apresentado em grupo, sobre energia solar. É interessante que o estudante destaca esta forma de avaliação propiciada pela SE, indicando uma estratégia de ensino do professor que sorteava um estudante para apresentar o seminário para a turma, no dia da apresentação, o que obrigava a todos os integrantes do grupo a estudarem e pesquisarem sobre o trabalho, pois todos perderiam ponto, caso a apresentação não fosse boa. Pudemos observar nas apresentações dos seminários que essa estratégia do professor

foi aprovada pelos estudantes, em geral, imprimindo a eles um maior compromisso na realização da atividade avaliativa.

Kelvin também afirmou que a carta foi uma boa forma de avaliação, não dando mais detalhes ou indícios sobre sua relevância para ele, mas o vídeo que foi produzido pelos grupos, segundo ele, não foi significativo. Nessa última atividade parece ter havido certa falta de compromisso por parte dos estudantes. Talvez isso tenha se devido ao fato de que a atividade foi pedida aos estudantes num período onde outra atividade, de outro projeto da escola, já estava sendo desenvolvida pelos estudantes, sendo que esta outra atividade possuía uma quantidade de pontos bem maior atribuídos a ela.

KELVIN: Isso ajudou bastante porque ali te obriga... porque ele falou que só um ia apresentar. Do que você falou que a gente teve que apresentar... ele falou que só um ia apresentar, então isso obrigou a todo mundo ter que estudar. E eu achei bem interessante isso. (**ENTREVISTADOR:** Você acha que estratégia do professor...) Acho, que ajuda muito. Porque sempre tem aqueles que... ah eu vou ficar só com essa parte e acaba que não estuda. Aí no caso obrigou todos a estudar. Aí todos, aí fez uma apresentação muito boa. [...] Ah, essa do vídeo particularmente, mais por causa... não sei, porque todo mundo tinha que ter juntado, tinha que ter conversado e sempre algum deixa de ir... aí, essa, eu particularmente não gostei muito. (**ENTREVISTADOR:** Mas e as outras?) Aqueles textos que ele pediu pra escrever né, igual a carta... isso sim, ajudou muito.

A fala de Kepler parece indicar que as formas de avaliação da SE foram mais voltadas para a tentativa de se verificar a apreensão de valores CTSA que de conceitos científicos. Num primeiro momento, podemos até ter a sensação de que isso é um fato. No entanto, como já foi dito, houve várias formas de avaliação, sendo que dentre elas havia algumas, como a prova bimestral e a prova mensal, que também buscavam a verificação da aprendizagem desses conhecimentos físicos, por parte dos estudantes, de forma mais direta. Mas, como em todas as avaliações buscávamos contextualizar a Física, por meio do tema abordado na SE, talvez o estudante tenha ficado com essa impressão, a de que as avaliações e atividades da SE foram muito mais focadas nas discussões socioambientais e, por conseguinte, na apreensão de valores CTSA.

KEPLER: (**ENTREVISTADOR:** Você acha que te deu elementos pra você ser avaliado, se você aprendeu esses conceitos, ou não, essas atividades?) Sim. Apesar de que eu acho que ele não focou muito em termos como você falou, potência, eficiência e tal... ele preferiu explicar mais o meio, como funciona, se é benéfico ou não, como a gente pode aliar sustentabilidade com... esqueci a palavra... desenvolvimento. Acho que ele preferiu abordar isso. Inclusive, pessoalmente, eu acho até mais importante do que esses próprios termos científicos, mas eu acho que deu pra conciliar bem, ele não deixou passar batido, sabe? Ele explicou sim. Então eu acho que tem critério pra ser avaliado.

Continuando nossa explicitação acerca da fala anterior de Kepler, entendemos que, em vários momentos da SE, houve um foco maior na abordagem mais social e ambiental da Física,

mas sem deixar de abordar certos conceitos físicos mais essenciais para o entendimento de circuitos elétricos básicos e geração de eletricidade, no caso, através de um sistema fotovoltaico.

Concluindo nossas apreensões sobre as formas de avaliação da SE, temos a fala do professor, abaixo, que evidencia que as diversas formas de avaliação dos estudantes, que a SE propiciou, trouxeram também grande contribuição para as adequações da sequência que se fizeram necessárias ao longo da sua aplicação. Ele também ressalta que desenvolver novas formas de avaliação, fugindo do tradicional, é algo que exige preparação e tempo, mas acaba sendo gratificante. Isso porque conseguimos melhores resultados de aprendizagem dos estudantes, como na SE que foi aplicada em suas aulas.

PROFESSOR: [...] Então, essas formas que nós escolhemos de abordar os alunos, eu acho que elas nos trouxeram melhor essas nuances, essa capacidade de avaliar, ver, investigar, de entender como... inclusive de nos reposicionar, olha tá precisando reforçar um pouco isso aqui, tá precisando ir um pouco pra esse lado aqui porque aqui acho que não ficou bom. E, agora, isso exige do professor e da equipe que tá com ele um tempo adicional que em geral também não tá acostumado, né? Porque o tempo pra leitura... também durante a avaliação dos seminários é tentar né, trazer pro... porque às vezes o universo do docente é muito diferente do universo do aluno, né, às vezes não, é sempre. Então quando né, então esse avaliar, esses modelos de apresentação né, essas formas novas de avaliação utilizadas exige também que você dedique tempo. Primeiro aprender como fazer isso. Lê né, ver na bibliografia científica, é... [...] Então quer dizer, é um conjunto de coisas que tá sendo avaliado, não é uma só. Então eu lancei muito esse olhar na hora... e também contando com a colaboração que nós tivemos dos bolsistas e sua e veja só: a gente... nós definimos pelo menos um conjunto mínimo de regras, lógico que cada um tem o seu método, pra cada um... pudesse ter uma convergência na avaliação, né? A gente tentou um pouco uniformizar, mas você não consegue 100%, mas se aproxima e o objetivo também não é fazer uma avaliação do tipo é tudo ou nada né? Então eu acho que nesse sentido foi muito positivo. Somando o conjunto de coisas a gente conseguiu, primeiro, produzir muita informação nova de qualidade, é... [...] Então foi um conjunto de coisas que nos permitiu avaliarmos o desenvolvimento da sequência e que também nos permitiu ir fazendo acertos quando nós achávamos necessário, melhorar aquilo que não tava muito bom e também se divertir muito, eu acho que eu sempre me divirto nessas coisas, me diverti muito é... vendo que você tá fazendo uma coisa que é extremamente gratificante, rica, bem desenvolvida, que tem uma aplicação no mundo real, que inclusive eles começaram... como é que nós pensamos isso aqui na realidade da escola? Então foi muito interessante. Nós pegamos a conta de luz da escola, calculamos quantos painéis solares nós precisaríamos usar é... quanto seria, quanto que seria o custo disso pra escola, quais seriam os benefícios que viriam futuramente, então realmente é... eu acho que essas coisas é... eu acho que o conjunto de atividades avaliativas, ele foi muito importante, ele se encaixou no espírito da sequência.

Podemos perceber em todas as falas anteriores, de todos os sujeitos da aplicação da SE, que as formas de avaliação propostas foram adequadas aos seus propósitos de contribuir para o aprendizado conceitual e para a formação de cidadãos mais críticos e reflexivos, criando neles maior consciência social e ambiental. Podemos perceber que as atividades que funcionaram como formas de avaliação dos estudantes (e também da SE), o uso desses RM, foi um ponto forte para o

aprendizado dos estudantes e favoreceu grandemente a prática do professor, pois com maior engajamento e interesse dos estudantes o ambiente de aprendizagem se tornou mais efetivo.

Sabemos que uma abordagem CTSA de ensino em Física, fugindo de uma abordagem de ensino mais tradicional, requer avaliações diversificadas, algo trabalhoso e que exige um tempo maior de dedicação por parte do professor. Contudo, mediante o ganho na aprendizagem dos estudantes e devido o grande aumento no interesse/engajamento deles nas avaliações, podemos inferir que isso reflete o interesse/engajamento que eles tiveram pela SE como um todo, impactando positivamente na prática docente.

5.5.5 Possíveis modificações na sequência de ensino de acordo com as vozes do professor e dos bolsistas

Continuando as nossas análises das falas dos bolsistas e do professor, agora procurando evidenciar eventuais modificações que eles fariam na SE, para uma nova aplicação, temos as seguintes falas:

MOZART: É... eu gostei muito da sequência e eu acho que uma das coisas que prejudicou bastante foi essa falta de organização assim que aconteceu. Não da organização da sequência né... da própria escola que a gente perdeu algumas aulas e tal. É... eu acho que talvez alguns textos no caderninho, a linguagem teve um pouco distante dos alunos. Acho que poderia ser mais próximo e talvez devia ter um pouco mais de textos em determinadas questões que eu acho que faltou. Mas, talvez isso seja por causa desse déficit que os alunos tinham de algum conceito. Então tinha hora que os alunos, eles não conseguiam diferenciar determinados conceitos e o caderninho não tinha nada pra esclarecer e tal, mesmo citando aqueles conceitos recorrentemente. Mas é, acredito que provavelmente é porque os alunos já deviam tá carregando aqueles conceitos teóricos assim...

Acreditamos que a fala anterior de Mozart está relacionada com os conceitos de potência, energia e eficiência que foram recorrentes nas atividades da SE. Essa dificuldade conceitual dos estudantes foi por nós percebida, tanto que o professor, num dado momento, fez uma pausa nas atividades e deu uma aula expositiva dialogada acerca desses conceitos. Também em sua fala Mozart indica certa desorganização da escola, atrapalhando o desenvolvimento da SE. Essa fala também se faz presente no próximo trecho transcrito. Mas, entendemos que, pela nossa experiência, o ambiente escolar sempre está sujeito a imprevistos, sendo que devemos tentar nos anteceder a eles.

MOZART: Olha, eu acho que alguns vídeos... é porque assim né, aqui na escola é meio louco, vamos dizer assim, e... a gente perde aulas, de forma assim que não estavam planejadas... Então, a sequência, algumas vezes, acabou ficando desorganizada. Por exemplo, eu vi vídeos é... em momentos que não cabiam ali sabe? E uma coisa eu tiraria que é falar o funcionamento da placa fotovoltaica com profundidade. Que aí... eu não lembro se... tem sim, tem no material. Porque aquela parte é muito complicada para os alunos. Nós, falarmos de semicondutores, falar

daquelas placas... (**ENTREVISTADOR:** Do efeito fotovoltaico em si...)É, não. Do efeito tudo bem, mas falar do efeito em forma de conceito. É... ah, o quê que tá acontecendo? Olha, essa placa tem a função de fazer isso. Não como isso acontece lá dentro, acho que não precisa. Porque é uma coisa muito específica na Física mesmo... é, por exemplo, eu nem lembrava, eu fiz o experimento é... de placas desse tipo lá nas experimentais da UFMG, mas eu nem lembrava mais como é que funcionava e tal. então é muito pouco próximo dos alunos esses conceitos sabe? É... então eu acho que essa parte eu tiraria.

Mozart, em sua fala anterior, indica que algo que ele mudaria na SE é relativo ao efeito fotovoltaico em si. Ele afirma que não vê necessidade em explicar para os estudantes exatamente, de forma conceitual, o que é o efeito. Mas, ele considera que somente dizer a função da placa e dizer qual efeito ocorre nela já seria suficiente. Essa fala do bolsista recai um pouco sobre a fala de Monalisa, adiante. Pois, como tivemos alguns imprevistos relacionados à dinâmica da escola (perda de aulas devido a atividades diversas), na aplicação da SE, sentimos que não houve um momento que possibilitasse o entendimento mais correto do efeito fotovoltaico, faltou um tempo maior para a formalização. Embora o professor até o tenha explicado, como foi algo mais corrido, eles não compreenderam tão bem tal conceito, mas conseguiram abstrair o funcionamento da placa solar.

Em nossa análise, entendemos que dentre todas as atividades da SE, as atividades 9 e 10, relacionadas ao efeito fotovoltaico devem ser melhores reformuladas, pois faltou algum RM ou elemento de algum RM que pudesse propiciar a apropriação do efeito fotovoltaico. No entanto, se considerarmos tratar o efeito num plano mais secundário, priorizando apenas o funcionamento do painel solar, devemos nos perguntar: Será que elas atendem a esse objetivo? Será que elas possibilitam a ação do estudante em aprender o funcionamento do painel?

Na fala de Monalisa, adiante, vemos que ela sentiu falta, em muitos momentos da SE, de uma pausa nas atividades em grupo, de maneira que o professor pudesse formalizar conceitos chave e tirar dúvidas que apareciam nos grupos e no âmbito geral da turma. Concordamos com sua fala, mas também entendemos que essa pausa e formalização dependem muito do sentir a turma, por parte do professor. Ou seja, o professor deve sentir através da sua participação nos grupos as principais dificuldades dos estudantes para que elas sejam sanadas.

Também vemos nas falas de Monalisa e de Mozart, na visão deles, que alguns vídeos foram passados em momentos que não cabiam, fugindo um pouco da atividade que estava sendo desenvolvida naquele momento. Isso se deu realmente em alguns momentos, mas ao menos na turma em que acompanhamos mais de perto, a intenção do professor era resgatar algum conceito ou problema de atividades anteriores que poderiam auxiliar de alguma forma nas próximas atividades, acabando por ser um momento de formalização utilizado pelo professor.

MONALISA: Olha, eu acho que foi até algo que eu comentei com o professor que, durante a sequência, você tem um debate muito grande entre os alunos, assim, várias atividades que é pra eles discutirem, que é pra eles absorverem os conceitos. Só que às vezes é, nessas atividades, a gente foca muito, fala muito pra eles focarem, né, no que eles já sabem. Então é... o que eu vi muitas vezes, não só é... nessa sequência, mas em sequências que tem essa característica de debate entre os alunos e de discussão pra produção de atividades, elas... às vezes os alunos, eles ficam um pouco é... meio que nadando assim, será que o que eu sei tá realmente certo? Então se eu fosse aplicar essa sequência é, eu teria, eu faria esses debates, né, em conjunto nos grupos e tal e eu, é... faria algumas pausas entre eles pra formalizar. Então assim, por exemplo: ah gente, essa primeira parte aqui, essas três atividades primeiras, por exemplo, a gente discutiu os conceitos de potência e eficiência, por exemplo. E aí, é... faz uma aula mais interativa, pergunta os alunos: ah, o quê que vocês responderam em tal questão, o quê que vocês responderam em tal questão... **(ENTREVISTADOR:** É como uma retomada de questões, mas...) Isso. E formalizando porque eu acho importante essa formalização sabe. Porque às vezes você acha que, tipo assim, ah não eu acho que potência é isso. Mas, você não tem certeza que potência é realmente isso porque a figura de conhecimento que você tem, de saber é o professor. Então é... eu acho que você ter uma concepção de autoavaliação apenas pela sua nota no final eu acho que não é efetivo pra você saber se você tá realmente sabendo ou não. Mas, quando o professor vai lá e formaliza, tipo assim, fala... beleza, antes o que eu pensava tava completamente errado, ah eu tava certa. Tá tudo bem sabe. Eu acho que eu faria essas pausas de formalização. Talvez, eu não sei se mudaria alguns vídeos ou tentaria trazer vídeos mais é... que chamassem mais a atenção dos alunos. O... eu acho só... porque o que prejudicou bastante a gente na aplicação dessa sequência foi o tempo né!

O professor afirma em sua fala seguinte que gostaria e vai aplicar a SE em suas turmas do próximo ano, porém ele ressalta que a SE foi pensada para estudantes que já tivessem algum conhecimento básico de eletricidade (corrente elétrica, voltagem, resistência elétrica, circuitos série e paralelo, potência...) e ela poderia ser feita, de forma mais longa, abrangendo esses tópicos. No entanto, ele pensa em aplicá-la mais para o final do ano, após ter trabalhado todos esses conceitos básicos de eletricidade e mais alguns de Física Quântica, para melhor entendimento do efeito fotovoltaico. Bem, aqui reiteramos que os conceitos básicos de eletricidade foram retomados ao longo da SE, sendo eles aprofundados e introduzindo outros como semicondutores e junção PN.

O professor disse também que algo que iria alterar para a próxima aplicação da SE é o uso de pequenos experimentos utilizando módulos solares, de forma que se possam estudar circuitos elétricos com essas montagens e aprofundar nos conceitos ligados ao efeito fotovoltaico, algo que entendemos que pode ser significativo para o aprendizado dos estudantes e, conseqüentemente, favorecer a prática do professor, pois novos RM transformam a ação mediada (propriedade 4), no caso o aprendizado dos estudantes e a prática do professor.

PROFESSOR: Sim, só que eu gostaria de... veja bem, se fosse depois dessa sequência aplicada, algumas coisas eu faria um pouco diferente. Por exemplo, é... nós aplicamos um pouco a sequência, inicialmente a ideia era aplicar a sequência no primeiro semestre. Então a própria estrutura... organização né das aulas, é... exigiu que a gente levasse pro segundo semestre porque, por exemplo, algumas coisas que eu acho que são importantes. Por exemplo, a sequência, ela foi pensada, a meu ver,

pra alunos que já tivesse um domínio de temas de eletricidade, que tivessem né, pelo menos um nível bem básico de alguns tópicos de eletricidade. Então se nós fossemos aplicar essa sequência no primeiro semestre isso não seria possível né... então, por exemplo, conceitos, esses... nós poderíamos ter pensado a sequência de maneira que todo tópico de eletricidade fosse introduzido a partir dela. Se fosse assim a gente teria que ter pensado numa sequência um pouco maior, né? [...] Então antes disso eu vi, nós vimos a necessidade de vermos os temas fundamentais da eletricidade pra que os alunos não entrassem mito cru dentro do tópico e não fosse só um exercício de é... de conceitos, né, mas que lidasse com problemas reais, pudesse inclusive realizar pequenos cálculos simples, básicos, usasse bem conceitos como de potência, como de eficiência, que nós reforçamos durante a sequência, né? Então nesse sentido eu acho, uma coisa que eu introduziria nisso hoje, né, pensando nas minhas turmas, oito, penso a sequência um pouco mais pro fim, pensando, introduzindo os tópicos de eletricidade e mais alguns tópicos de Física Moderna pra que a gente pudesse ficar com uma compreensão dos fenômenos que envolvem energia solar com mais solidez. Tanto que nós vamos fazer um pouso disso agora né, quer dizer, a parte, por exemplo... entender o efeito fotovoltaico, que era uma das atividades, nós deixamos pra uma etapa posterior à sequência, né? Nós introduzimos todos os conceitos de energia solar que tinham haver com eletricidade. Um tópico, o único ponto que exigiu um conhecimento mais elaborado de Física Moderna, que era justamente a compreensão né, do efeito fotovoltaico, nós vimos, mas vimos passando, né? [...] Então alguns conceitos fundamentais de Física Quântica é interessante que os alunos se apropriem deles antes de, por exemplo, tentar ter uma compreensão do efeito fotovoltaico. Acho que é o único senão assim que eu... de modificação mais relevante na sequência. Uma outra coisa que eu modificaria, que eu já modificaria na sequência, eu já tô pensando nisso, por exemplo, é... nós fizemos alguns pequenos experimentos, eu acho que foram poucos, talvez nós poderíamos ter feito mais com os painéis solares e a partir disso eu comecei a montar um material que... já pensando pro ano que vem, com pequenos painéis, pequenas células solares separadas que possa ir montando circuitos com essas células solares, que os alunos possam fazer experimentos nos grupos, né, invés de ter um experimento só, separado né, igual aquele painel, a gente vai ter aquilo também, mas que a gente tenha pequenos (experimentos).

5.5.6 O tema energia e a sequência de ensino: suas contribuições para a Física do ensino médio

Retomando o dito no parágrafo anterior, acreditamos que alguns temas de Física são mais caros para uma abordagem CTSA, dentre eles o tema energia, de uma forma geral. Nas falas seguintes, temos algumas impressões sobre a importância do uso do tema energia no ensino de Física para o EM e como ele pode ser potencializado pela abordagem CTSA.

MOZART: Eu acho que, é... o tema energia é um dos que eu mais gosto, pessoalmente. É... eu sou discípulo do Orlando (pesquisador e orientador do mestrando) né (rsrs). É... então eu acho muito importante porque no final das contas, é... é muito legal a gente pensar que toda energia que a gente tem no planeta, quase toda né, no final das contas vem do Sol e vê esses ciclos, vê assim, a comida que a gente come, a energia do nosso corpo vem do Sol, energia elétrica, o mar, os ventos, tudo vem do Sol. E aí a gente trabalhou com a energia fotovoltaica que é um meio de colher essa energia diretamente né, mais diretamente. É... então eu acho que de modo geral o tema energia é muito rico, ele tem muitas possibilidades. Tem a possibilidade de você trabalhar ciclo da água, ciclo do vento, é... ciclo do carbono, tudo vinculado à energia. (**ENTREVISTADOR:** É algo que pode ser favorecido pela abordagem CTS, na sua visão?) Sim, porque é... quando você trabalha com CTS, o CTS normalmente, sempre ele é interdisciplinar e... é isso que é o legal, você ver o

conceito de energia, da Física, aplicado a outras matérias. Então sei lá... você vai falar do ciclo do carbono? Você vai tá vinculado à Química, à Geografia, você vai ver assim: olha, a Física não é esse trem isolado aqui que vocês têm medo não. Ela tá presente em tudo quando a gente fala.

A fala anterior de Mozart corrobora para as nossas expectativas e apostas feitas sobre o tema “As Transformações de Energia Solar em Energia Elétrica” da SE desenvolvida. Percebe-se na sua fala que o tema energia, de forma geral, é relevante para a Ciência como um todo, sendo que seu ensino pode levar a uma interdisciplinaridade maior entre as disciplinas estudadas, não somente aquelas ligadas às Ciências da Natureza, mas entre as outras Ciências também. Ao dar um enfoque CTSA para a SE conseguimos nos aproximar um pouco mais dessa interdisciplinaridade que é potencializada pelo tema energia.

Já Monalisa, em sua próxima fala, afirma ser relevante o tema energia para o ensino de Física, mas ela acaba abordando outra questão, a relevância do ensino de Física no EM. Percebe-se em sua fala que ela compreende, hoje em dia, que o ensino de Física, no EM, só tem sentido se o estudante conseguir levar esse aprendizado para ser aplicado em sua vida, algo que a SE com o tema relacionado à energia fotovoltaica conseguiu fazer.

MONALISA: Sim. Sim, acho que é muito relevante pra... saindo um pouco assim talvez do tema da pergunta... assim, eu já me perguntei assim várias vezes pra quê o ensino médio sabe? Ou então, é... pra quê que a gente tá dando Física no ensino médio? Então quando... eu me fiz essa pergunta é... eu pensei, tipo, se eu tô ensinando Física no ensino médio é pra, e por exemplo, esse aluno não vai seguir uma carreira é... na exatas ou na Física, pra quê ele vai aprender isso sabe? Então eu mudei a minha forma de ver o ensino de Física no ensino médio. Eu acho que o ensino de Física, ele tem que ser algo que o aluno consiga aproveitar na vida. Então quando você tem é, essa abordagem, quando você tem uma sequência que fale disso, é... uma sequência diferente da tradicional de ensino, você tem uma forma do aluno conseguir enxergar a isso, a vida dele, e consequentemente levar isso pra vida dele. (**ENTREVISTADOR:** Você acha isso gera um sentido maior pra ele aprender Física?) Sim. Eu acho que é... dá sentido ao ensino da Física.

Na próxima fala do professor, ele ressalta a importância de que todo professor, que irá aplicar uma SE com enfoque CTSA, no caso sobre energia solar, deve estudar sobre o tema proposto, se inteirando dos conteúdos associados ao tema e das discussões que podem ser mais relevantes envolvendo os aspectos sociais e ambientais da SE. Isso não é fácil, exige comprometimento e emprego de tempo por parte do professor, mas pode ser algo extremamente satisfatório e relevante para a prática do professor e para a formação escolar e cidadã dos estudantes de EM.

PROFESSOR: Então pra mim não foi muito difícil essas questões de energia solar, de energia limpa, socioambiental, já eram temas com que, com os quais eu já estava engajado a muito tempo, estudei bastante sobre isso. Mas, pro professor que não tem esse nível de engajamento todo, esse nível de conhecimento todo, acho que assim é... fazer a sua parte assim, dedicar tempo a leitura antes de aplicar uma sequência dessa, buscar conhecer o tema, há muitos bons livros na área, teses, dissertações na

área sobre o tema, há artigos sobre ensino e abordagem CTS, sobre temas, desse... como esse, energia solar ou próximos a eles. Então o professor tem que fazer um investimento. É... né? Antes de ensinar ele tem que aprender né? Porque quase sempre os nossos estudantes que se formam nos cursos de licenciatura, mesmo nas boas universidades públicas como a nossa, UFMG, veem quase nada disso, né? Eles aprendem Mecânica, Termodinâmica, Eletromagnetismo, Óptica, Física Moderna. Mas, vão aprender toda a teoria, mas não vão ver... poucos... agora de vez em quando aparece lá uma disciplina como física do clima, essas coisas, mas pouco sobre isso e muito pouco ainda, eu espero que esteja mudando, sobre abordagem CTS e Ensino de Física por Investigação. Então nossos estudantes saem completamente... então pra esses bolsistas nossos, essa sequência foi um aprendizado também, eles tiveram de ler, tiveram... eu mandei material pra eles lerem, estudar... agora na sequência de Física Moderna que nós fomos montar essa sequência é... uma série de reuniões no PIBID pra construir essa sequência de Física Moderna é... eles tiveram de ler bastante e até sobre termos né, essa coisa de... até porque no nosso grupo lá no PIBID a gente tem investido muito nas diversas leituras desses textos, História da Ciência, Ensino de Ciências por Investigação, abordagem CTS, o quê que significa... então isso... nós temos feito no nosso grupo e pra além disso estudar sobre como trabalhar, desenvolver uma sequência de ensino de Física Moderna. Então eu acho que essa sequência de energia solar ajudou-os também a aprender mais sobre o quê que é uma abordagem CTS, o que é Ensino de Física por Investigação, quais outros instrumentos você pode utilizar na sala de aula, além do giz e do quadro, porque se depender, rsrs, de muitos dos nossos professores lá na sala de aula de física é... quando não é giz né, é pincel, rsrs... e quando não é pincel é aqueles slides mal feitos, chatos toda vida né, quer dizer, então existem outras maneiras de você ensinar, de você trabalhar com os estudantes em sala de aula, até porque esses estudantes não são, não são é... passivos, são objetos passivos né, tem experiência dinâmica da vida e a gente tem que ter essa compreensão.

A fala anterior do professor está intimamente ligada ao fato de que, mesmo universidades reconhecidas como de excelência, como é o caso da UFMG, os licenciandos em Física possuem, normalmente, um contato muito pequeno com formas de ensino de Física que fujam do tradicional, como é o caso do ECI e enfoque CTSA. Dessa forma, pelo fato dos bolsistas terem tido uma atuação direta na aplicação da SE desenvolvida, inferimos que isso pode ter contribuído em suas formações acadêmicas, como futuros professores. Pois, eles puderam compreender melhor o que é a abordagem CTSA, as possibilidades de se trabalhar com essa abordagem no ensino de Física, as suas possíveis formas de avaliação mais apropriadas, além de terem estudado sobre o tema energia fotovoltaica.

5.5.7 Índícios de contribuições da sequência de ensino para a formação dos bolsistas PIBID

Buscando agora indícios de que a SE desenvolvida, numa abordagem CTSA e pautada por atividades, possa ter contribuído para a formação docente dos estagiários, além de mais algum impacto nas práticas do professor, selecionamos os trechos que se seguem das suas entrevistas transcritas.

PROFESSOR: Agora eu acho que quanto à minha prática, então me ajudou primeiro, eu acho que esse tipo de atividade... primeiro a ver que esse é o caminho, eu acredito muito que... acho que há momentos importantes que se passam por uma

aula tradicional, mas eu acho que essa abordagem é uma maneira da gente transformar a realidade da sala de aula e, conseqüentemente, de transformar a qualidade do ensino e mudar a forma que os nossos alunos aprendem, tornando esse aprendizado mais eficaz, mais eficiente. Eu acho que a gente tem que pensar um pouco em eficiência né! Não naquele sentido é... dos economistas, mas pensar em quais os objetivos que nós queremos alcançar com uma atividade dessa. Porque uma atividade dessa, ela exige muito planejamento.

[...] Então assim... então acho que é... dentro do conjunto de atividades, acho que primeiro ela reforçou algumas crenças que eu tinha em relação às seqüências de ensino, é algo que a gente tem apostado no meu grupo do PIBID, tem apostado muito, é... a defesa de Ensino de Ciências por Investigação, no que pese ser um termo muito elástico né, aberto, nós temos mais ou menos ali algumas ideias do que nós acreditamos que sejam suficientes pra uma situação e a gente acha que isso é importante em sala de aula, ou seja, é... o aluno também participar do seu processo de aprendizado, não ser só um agente passivo, eu acho que isso é... nessa seqüência de ensino reforçou muito essa compreensão que de certa maneira a gente já tinha um foco, que a gente já apostava de certa maneira. é, agora, foi uma seqüência brilhante. Eu acho que uma das coisas, eu já trabalhei com outras seqüências de ensino, trabalhei... [...] Mas eu, particularmente, é... achei essa seqüência muito bem feita, muito bem desenvolvida. Lógico, você sempre vai querer melhorar, né? Sempre vai ter coisas que você vai aperfeiçoar e que em outros momentos você vai fazer um pouco diferente, mas foi uma seqüência muito bacana de trabalhar, foi divertida, muito produtiva, produziu conhecimento, os alunos produziram conhecimento. É... você percebe que os alunos têm muito a oferecer. Então os vídeos, por exemplo, deixam isso muito evidente. Você vê como, o que eles falam, o que esses alunos falam, eles colocando os seus pontos de vista, eles não são atores passivos... [...] então, mas foi muito legal! Então assim, me aperfeiçoou a minha prática docente, me trouxe questões... me trouxe questões que eu gostaria de investir mais... por exemplo, essa questão de formas alternativas de energia é um tema que, que... com o qual é... nós devemos tratar ele com o máximo de seriedade possível, nós estamos num momento de transição da sociedade pra formas novas de energia, nós estamos buscando formas alternativas de energia. Agora, em que grau, né, de intervenção, nós como cidadãos temos tido nesse debate? Se ele não é produzido em algum lugar, na escola, por exemplo, ou em círculos públicos, quer dizer, as pessoas vão ser passivas nesse debate e é um debate de alta relevância. Então trazer isso pra escola é fundamental, isso não é só função do professor de física. E aí tá uma outra coisa que talvez a gente podia pensar pra uma seqüência no futuro, que é como produzir uma seqüência de ensino junto com outras disciplinas?

Podemos perceber na fala anterior do professor que a aplicação da SE contribuiu para afirmar de forma positiva que o caminho que ele e seus colaboradores, do projeto PIBID/Física, têm trilhado está correto. Eles têm tratado do ECI (Ensino de Ciências por Investigação) e abordagem CTSA. Não reconhecemos nossa SE como tendo características predominantes de ECI, tanto que não focamos e momento algum, em nossas análises, esta forma de ensino de Ciências. No entanto, qualquer abordagem CTSA deverá ter questões que levem a uma boa problematização dos conteúdos e que levem os estudantes a serem agentes mais ativos na construção dos seus conhecimentos, agentes agindo com o RM, algo que está intimamente ligado ao ECI e CTSA.

Na fala seguinte do estagiário também podemos perceber indícios de que a SE desenvolvida possa ter contribuído sua formação, inclusive despertando o interesse para o tema

energia e ampliando suas visões acerca de novos métodos de ensino de Física, por meio do uso de novos RM, no caso a SE.

MOZART: É... ah, toda sequência, toda experiência assim, ela te dá várias ideias mesmo pra se aplicar entendeu? A própria sequência, o próprio assunto assim eu já penso em abordar talvez que... no futuro assim.

Já a fala de Monalisa, a seguir, nos mostra o quanto impactante foi para ela em sua formação o contato mais próximo dos estudantes, olho no olho, tendo uma percepção mais ampla do entendimento e do aprendizado deles, algo que foi propiciado em vários momentos pela SE e pelos seus RM.

MONALISA: E, de positivo pra minha formação, é... eu acho muito... foi muito legal o contato que eu tive com os alunos, de ir de mesa em mesa e de conversar e de tipo, olhar no olho do aluno e vê tipo se ele tá realmente entendendo aquilo que eu tô falando ou se ele não tá entendendo e se ele não tiver entendendo explicar de novo, explicar tipo, chegar a explicar três vezes, de formas diferentes né, que é importante pra ver se o aluno entende. É, então assim, esse contato de conhecer o aluno mais íntimo, digamos assim...

Na fala do professor, a seguir, percebemos o alto grau de planejamento que uma SE com enfoque CTSA deve ter. É claro que isso impacta na prática do professor, pois o planejamento das aulas é algo que requer bastante trabalho. Outra característica do planejamento do professor é a sua necessidade em estudar sobre o tema a ser abordado.

Pensar cada atividade RM, seus possíveis resultados de aprendizagem, pensar nas melhores formas de avaliação dos estudantes e também avaliar constantemente a própria SE são práticas que requerem um trabalho e um tempo de dedicação muito grande. Porém, ao final, percebe-se a evolução dos estudantes em seu aprendizado, além de um maior interesse e engajamento pela Física. Isso tudo faz com que o planejamento de uma SE faça valer a pena.

PROFESSOR: [...] No caso dessa sequência que a gente aplicou agora, de energia solar, nós fomos desenvolvendo ela primeiro é... em várias discussões de caráter teórico, com muita leitura e escrita sobre o tema e, posteriormente, a gente aplicou a sequência piloto num modelo que a gente acabou descartando né, que era pra ser construída uma sequência, inicialmente foi uma sequência pensada pra ser construída no *WISE*, né, num *software* de... interativo e depois é, pelas próprias limitações da escola em termos de recursos computacionais, nós percebemos que era preferível construir a sequência de uma outra maneira e quando a gente foi aplicar a sequência na sua etapa definitiva, então nós construímos os cadernos de leituras e as atividades em grupos que eu achei que foram extraordinárias. Assim, foram realmente muito enriquecedoras, dinamizaram as atividades em sala de aula e trouxeram muitos benefícios pros alunos. É lógico, mesmo depois de ter passado pela etapa piloto, como essa etapa definitiva é... foi completamente diferente do modelo piloto, nós vamos ter sempre alguns probleminhas aqui e ali que a gente vai acertando ao longo... fomos acertando ao longo da sequência, repensando as atividades em algum momento ou é, e... a partir, né, da finalização do quadro geral da sequência acho que a gente pode pensar alguns desafios. É... interessante pra uma futura aplicação dessa sequência em 2018, que é algo que eu pretendo fazer.

Na próxima fala do professor conseguimos notar que a SE causou grande satisfação nele, evidenciando o seu nível de engajamento pela SE, pela abordagem CTSA.

PROFESSOR: Não. Acho que assim, eu tenho muito a agradecer é, tanto ao Orlando quanto a você, a oportunidade da gente ter trabalhado essa sequência na escola. No início eu fiquei muito preocupado porque, como é que, lá no ano passado, eu fiquei muito preocupado de como é que a gente ia talvez encaixar a sequência, mas depois eu vi que dava perfeitamente pra gente poder colocar a sequência dentro da matriz curricular, sem ter perdas significativas pro aluno, sem deixar de abordar outros conteúdos e campos (trecho sem compreensão), isso foi muito interessante. Então é... eu acho que essa foi uma sequência muito bem vinda, foi uma grande experiência, foi um ano é, foi um ano abençoado é... porque realmente a gente produziu muita coisa, nós fizemos um grande conjunto de atividades, não só dentro, com essa sequência, mas ao longo do ano todo, mas essa sequência foi um ponto alto nas nossas atividades e realmente foi muito prazerosa de trabalhar, um modelo muito certo né, até pelo assim, foi um... o tema é uma coisa extremamente positiva que eu acho que não ficou muito explícito, mas que vale a pena ressaltar, que foi a... o fato de você já ter uma experiência no PIBID e com a escola, né, acho que isso foi importante, você também já estar em sala de aula. Acho que seria muito diferente se fosse alguém que não tivesse uma vivência de sala de aula que tivesse construído essa sequência, acho que... ou que tivesse experiência só em sala de aula particular, privada. Acho que o fato também de você estar numa escola pública, ter sido nosso bolsista no PIBID aqui, lá no início, é... lembro logo quando o PIBID começou aqui... acho que deu pra você o tom de também como trabalhar nessa escola, eu acho que isso só ajudou a enriquecer o trabalho. Então eu acho que foi extremamente positivo, é... extremamente rico e eu acho que assim, foi uma ótima parceria, eu acho que isso vai produzir uma dissertação que vai nos ajudar a ter uma compreensão melhor de abordagem CTS, de Ensino de Ciências por Investigação, vai servir de referência pra outros professores que quiserem trabalhar de uma forma diferenciada em sala de aula, é isso.

Em nossa análise do núcleo de significação B, sobre as práticas do professor, pudemos perceber que a SE, por meio dos seus diversos RM (inclusive aqueles ligados ao formato das atividades/avaliações), de forma geral, impactaram positivamente na prática do professor. Embora o professor tenha que ter um planejamento muito maior das aulas (inclusive estudar/pesquisar sobre o tema), a princípio, entendemos que o limite relacionado a isso é o tempo extra de serviço (fora da escola), algo que é ligado fortemente à ausência de políticas públicas que favoreçam a melhora da nossa educação básica, pois não é fácil encontrar um professor que não tenha que trabalhar em duas ou três escolas para complementar sua renda financeira.

Outro limite relacionado ao fator tempo, agora mais diretamente ligado à abordagem CTSA, como a que foi feita em nossa SE, é o pequeno número de aulas de Física que possuímos nas escolas públicas e os diversos contratemplos, típicos de uma escola pública. No tocante a isso, entendemos que uma das maneiras de se amenizar tal fator possa ser o uso de redes sociais para discussões CTSA, dinamizando-as, de maneira que na sala de aula ocorra uma socialização de tais discussões, mais num plano geral da turma. Esse é um desafio no qual estaremos tentando buscar respostas nos próximos trabalhos, sendo essa reflexão um importante ponto de partida.

A SE potencializou o aprendizado dos estudantes, tanto em termos físicos com na formação de cidadãos mais críticos e reflexivos, atuantes na sociedade e meio ambiente (pudemos concluir isto não somente a partir das análises dos núcleos, mas pelas próprias avaliações em sala de aula). Esta implicação é um indicador das mudanças positivas na prática do professor, propiciadas pela SE através da abordagem CTSA, havendo nesse processo um rompimento com o formato predominantemente tradicional das aulas de Física, como podemos perceber num plano geral. O papel do professor no aprendizado dos estudantes é fundamental e sendo ele o mais experiente do contexto social da sala de aula, ele é capaz de indicar caminhos, por meio das problematizações feitas em sala acerca do tema, que transformam a ação dos estudantes em sala.

6 À GUIA DE CONCLUSÃO

6.1 Os sentidos do ensinar e do aprender Física na escola

Iniciamos esta dissertação descrevendo algumas das inquietações que moveram o mestrando/pesquisador a participar do processo de seleção do Mestrado Profissional Educação e Docência (PROMESTRE) da FaE/UFMG. Essas inquietações profissionais estavam relacionadas ao desinteresse e falta de engajamento dos estudantes pelas suas aulas, algo que, conseqüentemente, acabava por levar a uma baixa aprendizagem dos estudantes acerca dos conceitos/ideias/conteúdos da Física. Na verdade, a principal questão que pairava sobre a mente do pesquisador era: Será que o problema de aprendizagem dos estudantes se deve por termos um ambiente de ensino, muitas vezes, tradicionalista? Será que o problema de aprendizagem dos estudantes pode ser resumido à falta de interesse deles, pelo fato da Física não fazer sentido para suas vidas?

Para tentarmos responder essas questões devemos refletir sobre os sentidos de ensinar e aprender Física na escola, na educação básica. Devemos pensar qual Física queremos ensinar aos nossos estudantes e o que seja, de fato, importante eles aprenderem para suas vidas. Queremos ensinar uma Física para a formação de futuros físicos e engenheiros, onde a resolução de problemas matemáticos é o foco principal, deixando de lado aqueles que não possuem essas expectativas? Ou queremos ensinar uma Física na qual o seu aprendizado tenha impacto direto e significativo na vida dos estudantes, em seus cotidianos, sejam eles futuros físicos e engenheiros ou profissionais de outras áreas?

Ao longo dessa pesquisa e, conseqüentemente, do processo de construção, aplicação e análise da SE sobre energia fotovoltaica, em conjunto com ideias e teorias discutidas nas disciplinas do mestrado e com o orientador ou mesmo “batendo papo” com colegas nos corredores

da Faculdade de Educação e com o professor da escola campo de pesquisa, chegamos à conclusão de que o principal sentido do ensinar Física está relacionado na busca em se ensinar algo que tenha relevância e significado para os estudantes, para a vida deles e que tenha impacto em suas formações como cidadãos. Não que tenhamos que abrir mão de problemas matemáticos ou do uso de “fórmulas”, mas isso de nada adianta se não fizer sentido para os estudantes. Na verdade, devemos abrir mão da prioridade que muitas vezes é dada a esses problemas matemáticos.

Pela nossa própria experiência em sala de aula e fortemente baseado nas vivências dessa pesquisa, entendemos que todas as formas de abordagem do conteúdo, em uma aula de Física, são relevantes. Existem momentos em que há necessidade de uma aula mais expositiva e dentro do possível dialogada com os estudantes, de forma que certos conceitos e ideias sejam formalizados pelo sujeito mais experiente do plano social da sala de aula, o professor. Já em outros momentos se faz importante uma aula apoiada em questões problematizadoras do conteúdo (seja pelo ECI ou pelo enfoque CTSA). Contudo, seja qual for a abordagem de ensino, devemos estar atentos aos nossos propósitos de ensino e que eles tenham um significado para os estudantes, que esses propósitos levem a Física a ter sentido para suas vidas.

Dentro dessa perspectiva de que o ensino de Física deve fazer sentido para a vida dos estudantes e que o aprendizado seja significativo, colaborando para a formação cidadã deles, entendemos que o uso de novos recursos mediacionais (RM) e o enfoque CTSA podem ajudar nessa demanda. Entretanto, a ação mediada possui uma tensão irreduzível entre a ferramenta cultural e o agente, pois um não atua sem o outro. Dessa forma, faz-se fundamental o papel desempenhado pelo professor e estudante na aula ou numa sequência de ensino. Podemos afirmar que a utilização de RM diversos colabora para uma abordagem também diversificada do professor (como uso de demonstrações, pequenos experimentos, problematização do conteúdo, mediação de discussões temáticas, entre outras), se fazendo fundamentais para que um maior número de estudantes consiga aprender Física.

Na construção da SE fizemos a opção de organizar o espaço da sala de aula com atividades que fossem realizadas sempre em grupos, na resolução de situações problemas. Aí entra a mudança no papel do professor que deve passar de um ser detentor de todo conhecimento, transmitindo-o numa via de mão única, para um ser que atua como um “mediador” na construção do conhecimento pelos estudantes. Pudemos perceber que essa forma de organização se faz extremamente relevante para o aumento da autonomia dos estudantes na construção dos seus conhecimentos, favorecendo também a apreensão de valores ligados ao enfoque CTSA, como trabalho em equipe e respeito ao próximo.

Vimos que o ato do professor atuar como mediador é algo, a princípio, trabalhoso. Porém, após os estudantes interessarem e engajarem nas atividades, esse papel se mostra extremamente favorecido, os questionamentos dos estudantes vão se tornando mais profundos e significativos para a construção do conhecimento (eles não requerem somente a resposta do professor, mas o entendimento da situação problema vivida).

Através dessa pesquisa e apoiados nos resultados obtidos em outras na área de educação, no ensino de Ciências da Natureza (em Física, Química e/ou Biologia), temos fortes indícios de que conseguir fazer o ensino de Física ter sentido para a vida dos estudantes passa pela problematização dos seus conteúdos e isso pode ser extremamente favorecido pela organização de sequências de ensino (ou aulas) por meio de uma abordagem temática. O uso de temas centrais para a Ciência, como é o caso da energia (e seus processos de transformação e conservação), permeia vários contextos (sociais, políticos, econômicos, ambientais, entre outros), favorecendo o uso de abordagens problematizadoras como é o caso do enfoque CTSA.

Essas problematizações devem ser contextualizadas, levando os estudantes a refletirem sobre CT (Ciência e Tecnologia) e seus impactos na sociedade e ambiente. Uma forma interessante de se fazer isso é partir de problemas num plano mais micro (no caso da nossa SE, a instalação de um sistema fotovoltaico para a escola) para problemas num plano mais macro (em nossa SE, a instalação em larga escala de sistemas fotovoltaicos no Brasil). Analisamos assim, inicialmente, os possíveis impactos sociais, econômicos e ambientais no plano micro (para a escola e sua comunidade) e depois esses possíveis impactos no plano macro (para a matriz elétrica do Brasil e consequentemente para a sociedade e meio ambiente num plano nacional).

Por meio das nossas observações de sala de aula, nessa pesquisa, e através das vozes dos sujeitos (estudantes, professor e bolsistas PIBID), podemos inferir que sequências de ensino semelhantes a por nós construída, com enfoque CTSA e pautada em atividades coletivas, imprimem maior sentido para o aprendizado de Física pelos estudantes, corroborando para a formação de cidadãos mais críticos e reflexivos, atuantes na sociedade e ambiente. Também nos faz nítido, pelos indícios construídos, que isso leva a uma mudança nas práticas docentes tradicionais, colocando o professor como um importante “mediador” no processo de ensino-aprendizagem, na construção do conhecimento pelos estudantes.

Em nossa pesquisa, na aplicação da SE, mais relativo ao papel de professor na sala de aula como mediador do processo de ensino-aprendizagem, auxiliando na construção de autonomia dos estudantes em sua aprendizagem, devemos destacar a importância da participação dos bolsistas PIBID/Física. Eles atuaram de forma ativa nos grupos fazendo, em muitos momentos, esse papel

de mediação. Conseguimos perceber em alguns trechos das suas entrevistas, transcritas na análise dos dados, indícios que a aplicação da SE (com enfoque CTSA, pautada por atividades e RM diversos) impactou de forma significativa em suas formações acadêmicas, como futuros professores de Física. Essa proximidade parece ter feito com que os bolsistas tenham se apropriado melhor da realidade de uma sala de aula de EM de uma escola pública do Brasil e de uma das possibilidades de planejamento e execução de aulas (ou sequências de ensino), relativo ao tema energia. No caso, uma SE com enfoque CTSA e pautada na utilização de RM e atividades/avaliações diversificadas. Parece ter havido também, por parte deles, o entendimento de que o ensino de Física deva ser mais contextualizado e problematizado, levando a uma maior significação do ensino pelos estudantes, dando sentido à Física em suas vidas e auxiliando na formação cidadã deles.

6.2 O resgate do estudante como sujeito de conhecimento e aprendizagem

Fato comum nas escolas públicas de educação básica do Brasil, relacionado ao ensino de Ciências (Física, Química e/ou Biologia), é a fala de que essas disciplinas são difíceis e que não possuem importância alguma para a formação escolar dos estudantes, afinal, muitos deles perguntam: Por que tenho que aprender Física se eu nunca vou usá-la em minha vida?

Essa pergunta, tão recorrente nas salas de aula de Física, nos faz retomarmos em parte a discussão da importância em se fazer o ensino de Física fazer sentido para os estudantes. Mas isso não basta, pois, mesmo que isso leve a um aumento de interesse e engajamento inicial dos estudantes, não temos sua perduração. Também é ingênuo pensarmos que somente RM diversificados irão dar conta desse recado.

Com base em nossas observações e nos resultados de análise dos dados, dessa pesquisa, compreendemos que para termos um maior êxito, na empreitada de se ensinar Física (fazendo do estudante um sujeito de aprendizagem ativo na construção do seu conhecimento), devemos fazer um somatório do uso de RM diversos com uma abordagem que seja problematizadora e contextualizada, algo que buscamos em nossa SE como enfoque CTSA. Contudo, isso ainda não é (e na verdade nada nunca será) a garantia de que o estudante seja um agente ativo na construção do seu conhecimento e no seu processo de aprendizagem. Para que tenhamos maiores possibilidades para que esse protagonismo do estudante ocorra, devemos suscitar meios (formas de atividades diversas) para que ele participe ativamente nesse processo.

Na busca em fazer do estudante um agente ativo na construção do seu conhecimento e do seu aprendizado, optamos por pautar a SE que foi aplicada em atividades, realizadas em grupos, tentando levar o estudante ao protagonismo do seu conhecimento. Essas atividades possuíam formatos diversificados como debates/discussões em grupos, seminários, utilização de pequenos experimentos/simulações e até a produção de um vídeo sobre o uso de energia fotovoltaica no Brasil. Mesmo nas formas de avaliação utilizadas na SE (provas de cunho mais dissertativo, seminários e produção de um vídeo), buscamos fazer dos estudantes um sujeito ativo no processo de construção do seu conhecimento e no seu aprendizado.

A utilização de atividades diversificadas mostrou ser algo extremamente importante na formação de estudantes mais autônomos, no processo de ensino-aprendizagem em Física. Associado a essas atividades, o fato de que elas, em muitos momentos, suscitavam discussões relacionadas aos possíveis impactos sociais, econômicos e ambientais da tecnologia abordada na SE (o painel fotovoltaico), isso nos mostrou ser extremamente significativo para que os estudantes se fizessem ativos na construção dos seus conhecimentos, em sua aprendizagem de conceitos físicos centrais ao tema da SE.

Na análise dos dados que foram construídos com a aplicação da SE temos indícios de que houve domínio por parte de muitos estudantes, indicando o aprendizado, de conceitos e ideias ligadas ao dimensionamento de um sistema fotovoltaico distribuído. Conceitos esses como transformação de energia luminosa do Sol em energia elétrica no PF, potência, eficiência, constante solar, radiação média solar, junção PN, posição geográfica adequada dos painéis e, mesmo que mais superficialmente, do que seja o efeito fotovoltaico (isso por não termos tido tempo para abordagem de conceitos de Física Moderna importantes para uma compreensão mais aprofundada do fenômeno). Ainda, em relação ao aprendizado dos estudantes, tivemos indícios de que muitos se apropriaram dos conceitos anteriores e se apropriaram fortemente das discussões de cunho social, econômico, político e ambiental, relacionados ao uso de sistemas fotovoltaicos distribuídos pelo Brasil, auxiliando na formação de cidadãos mais críticos e reflexivos sobre o tema energia solar fotovoltaica, atuantes na sociedade e meio ambiente.

Ressaltamos que dizer que o estudante é mais autônomo no processo de ensino-aprendizagem, na construção do seu conhecimento, não quer dizer que ele não necessite da figura do professor. Precisamos entender que o papel do professor e sua prática acabam se modificando nessa nova configuração de sala de aula, pautada em atividades que são realizadas em grupos, na resolução de problemas mais contextualizados. Devemos lembrar que numa ação, no caso a ação de ensinar pelo professor, sempre temos o agente atuando com as ferramentas. Logo, o professor sendo o mais experiente no plano da sala de aula, ele deve atuar como mediador desse processo de

construção do conhecimento pelos estudantes. Ele atua junto com as atividades na aprendizagem dos estudantes.

6.3 As lições tiradas do processo vivido

Ao longo dessa pesquisa, muitos e densos foram os caminhos percorridos, desde a definição do projeto apresentado ao COEP (Comitê de Ética em Pesquisa), passando pelas diversas etapas de construção da SE (sendo a versão que foi aplicada a 7ª elaborada, desde o início do mestrado) até sua aplicação nas aulas de Física e análise dos dados coletados que resultaram na escrita dessa dissertação final.

Nos primeiros encontros com meu orientador, ele me disse o quão exigente e difícil é o PROMESTRE, aconselhando que eu deixasse um dos meus dois cargos como professor de Física na rede pública estadual (no caso o cargo em que eu era designado). Como não podia deixar de contar com essas fontes de renda, por ter esposa e filhos que dependem de mim, tentei em um dos cargos (no qual sou efetivo) a obtenção de uma licença remunerada, mas por estar ainda em estágio probatório, naquela ocasião, isso não foi possível. Vi-me então, em muitos momentos, pressionado por prazos, pelas expectativas de terceiros sobre meu trabalho e pela minha própria expectativa em conseguir realizar um bom trabalho, também significativo para minha profissão docente.

Todas as etapas desse processo foram importantes e significativas para o aprimoramento da minha formação profissional e pessoal. Desde a realização das disciplinas do mestrado, passando pelo árduo processo de elaboração da SE até a escrita que aqui se fez. Todos esses momentos me ajudaram a tornar-me um profissional mais crítico e reflexivo em meu trabalho.

Mesmo não tendo aplicado a SE para fins de coleta de dados, em minha própria sala de aula, apliquei algumas das atividades em uma das minhas turmas de 3º ano, uma turma do EJA (Educação de Jovens e Adultos), com resultados semelhantes à aplicação da SE no campo de pesquisa. Entendi o significado em dizer que cada sala de aula (cada estudante) é única e possui uma história que também é única. Fazer com que esses sujeitos, individuais e únicos, se reúnam em torno de um mesmo propósito, o de aprender Física, não é trivial.

O trabalho de pesquisa realizado contribuiu grandemente para a quebra de concepções mais ingênuas que eu possuía, acerca do ensino-aprendizagem de Física. Criar e manter o interesse e engajamento dos estudantes por um tema/conteúdo da Física não é simples, mas devemos buscar alternativas. Hoje percebo que, para tal, um caminho possível é o de aliar

recursos mediacionais e atividades diversificadas numa abordagem que permita a problematização e a contextualização dos conteúdos, possibilitando discussões em sala de aula sobre os possíveis impactos sociais, econômicos, políticos e ambientais da relação entre CT. Duas possibilidades significativas, para tal, são o enfoque CTSA e o ECI.

Entretanto, o quadro criado no parágrafo anterior exige uma mudança na prática do professor, passando de um professor tradicionalista (que entende o processo de ensino-aprendizagem como uma via de mão única, sendo ele o detentor do conhecimento), para um mediador do processo de ensino-aprendizagem da Física. Sabemos que nem sempre podemos abrir mão de uma aula expositiva, mas tenho a convicção, reconhecendo-me (antes das minhas experiências nessa pesquisa e no âmbito do PROMESTRE) como um professor tradicionalista, que é fundamental dar maior autonomia aos estudantes (envolvendo-os em atividades cooperativas), fazendo com que eles sejam sujeitos ativos na construção dos seus conhecimentos e contribuindo para a formação cidadã crítica e reflexiva deles.

7 O PRODUTO: MUDANÇAS NA SEQUÊNCIA DE ENSINO E ORIENTAÇÕES PARA O PROFESSOR

Entendemos que a dissertação apresentada ao Mestrado Profissional Educação e Docência (PROMESTRE) da FaE/UFMG é o principal produto da nossa pesquisa intitulada “*A Energia Fotovoltaica num Contexto CTSA: uma Sequência de Ensino sobre as Transformações de Energia Solar em Energia Elétrica*”, sendo significativo para professores de Ciências/Física que buscam alternativas para fazer o aprendizado dos estudantes algo efetivo em suas salas de aula.

Contudo, escrevemos este capítulo indicando as principais mudanças que foram realizadas na SE, após sua aplicação e análise, com algumas orientações (dicas) do seu uso, pelos professores. Aconselhamos fortemente que os professores que forem utilizar a SE (Sequência de Ensino) proposta façam uma leitura da dissertação, buscando compreender melhor algumas das escolhas feitas por nós na construção das atividades da SE e as suas diversas possibilidades para o ensino-aprendizado de Física.

Na dissertação, as atividades reelaboradas encontram-se no apêndice J, logo após a SE aplicada na pesquisa (apêndice I). Entretanto, a SE completa e reestruturada, juntamente com as orientações para professores apresentadas neste capítulo, será disponibilizada no endereço <http://www.fae.ufmg.br/promestre/trabalhos-finais-2/produtos/>.

Construímos um recurso didático voltado para os professores de Física e Ciências da educação básica, que corresponde a SE cujo título é “*As Transformações de Energia Solar em Energia Elétrica*” que foi aplicada em nossa pesquisa e reestruturada, a partir das nossas análises e no decorrer da sua própria aplicação no contexto de coleta de dados da pesquisa.

Reiteramos que esse produto, como já citado, foi sendo moldado já ao longo da aplicação da SE, em conversas com alguns dos sujeitos da pesquisa (professor e bolsistas do PIBID/Física) e pelas nossas próprias observações, em sala de aula, sobre o desenvolvimento das atividades pelos estudantes. Além disso, como explicitado em nosso percurso metodológico (algo que ficou evidente em uma das falas do professor ao ser entrevistado), não empreendemos mudanças tão significativas na estrutura da SE, pois ela já havia sido discutida amplamente em seu planejamento, com base no referencial teórico CTSA (Ciência, Tecnologia, Sociedade e Ambiente), ECI (Ensino de Ciências por Investigação) e implicações do tema energia para o ensino de Física, antes da sua implementação pelos pesquisadores, em conjunto com o professor José Cassimiro, parceiro na escola campo de pesquisa. Esse professor foi um grande colaborador no desenvolvimento desse produto e do nosso trabalho.

Esclarecemos aqui que esse produto não é algo rígido no qual o professor deve aplicar exatamente do jeito que foi por nós planejado e pensado. Compreendemos que cada professor, por ser único e singular, com experiências próprias de vida, pode e deve dar o seu “toque” ao material, levando em consideração também, é claro, o público a que se destina a intervenção didática. Dessa forma, não ousamos introduzir, no material, orientações ao professor no sentido de uma cartilha a se seguir, mas, com base em nossas observações e análises, introduzimos essas orientações aos colegas professores como o que denominamos “dicas para o professor”, compartilhando um pouco da nossa visão mais geral sobre a aplicação da SE numa turma de 3º ano do EM (Ensino Médio) de uma escola pública.

Também esclarecemos que a SE a ser disponibilizada aos estudantes é a mesma que do professor. A diferença do produto destinado ao professor é que ele contém, além das atividades da SE, as dicas (recomendações e comentários) aqui apontadas por nós.

Algumas mudanças na SE

Uma das mudanças feitas na SE aplicada foi a adição do que denominamos por “Para aprender mais”, ao final de algumas atividades (1, 2, 5, 7 e 10), onde consideramos pertinente. Outras atividades (11, 12 e 13) já possuíam essas questões. Elas são de aprofundamento do

conceito/ideia/conteúdo, discutido na atividade, e/ou de discussões de cunho CTSA que sejam pertinentes à atividade que estava sendo trabalhada.

Também alteramos a ordem das atividades 14 e 15, pois a carta ao colega (atividade 15) é uma forma de avaliação dos estudantes que pode contribuir para a avaliação da aplicação da SE em si, propiciando ao professor a possibilidade de inferências para outra aplicação do material, em outro contexto. Dessa forma, entendemos que a escrita da carta deve ser uma atividade de fechamento da SE.

Consideramos importante destacar que modificamos um pouco a estrutura da atividade⁹, na qual o professor iria fazer uma demonstração com LEDs, individuais e associados em série, para demonstrar que eles também podem se comportar com uma célula solar. A ideia central da atividade, em mostrar que um LED pode se comportar como uma célula permaneceu, mas no lugar da demonstração os estudantes deverão realizar a prática, com o auxílio do professor, respondendo algumas questões ao final.

Algumas recomendações para o professor

1) Tempo estimado para a SE

Cada atividade da SE foi planejada para ser trabalhada em uma aula de 50 minutos, totalizando 15 aulas. Contudo, como esperamos que alguns momentos devam ser separados para formalização de conteúdo e considerando alguma eventualidade, pensamos ser suficiente um total de 18 a 20 aulas, no máximo, para trabalhar a SE, o equivalente a um bimestre escolar.

2) Possível alternativa para promoção de debates e ganho de tempo

Uma possível alternativa para a promoção de debates/discussões, ligadas às atividades da SE, ganhando tempo em sala de aula, é a promoção desses debates/discussões como tarefa extraclasse, por meio do uso de redes sociais (*Facebook, WhatsApp*, entre outros).

Ressaltamos que não utilizamos esses recursos em nossa SE, sendo algo que ainda pretendemos investigar em aplicações futuras dessa SE e de outras com características semelhantes. Contudo, talvez seja uma possibilidade de engajar e aumentar o interesse dos estudantes pelas atividades da SE.

3) Resolução das atividades em grupo

Na resolução das atividades da SE, optamos por pedir aos estudantes que as realizassem em grupos e que as respostas fossem sempre entregues ao professor. Pela nossa experiência na aplicação da SE, entendemos que esses grupos devam conter, no máximo, 3 ou 4 integrantes cada. Também percebemos ser importante a manutenção dos grupos, ao longo do desenvolvimento da sequência. Isso se justifica pelo fato de que, com um número reduzido de integrantes e a manutenção dos seus integrantes, as discussões que surgem na resolução das atividades acabam por serem mais proveitosas e aprofundadas.

Também pela nossa experiência com a SE, entendemos que o professor deve pedir aos estudantes, inicialmente, que eles discutam entre si as questões propostas, tentando resolvê-las sozinhos. Porém, sabemos que muitas vezes eles irão precisar do auxílio do professor. Quando isso ocorrer, o professor deve tentar não dar uma resposta direta e acabada sobre a questão, ele será um mediador na construção do conhecimento pelos estudantes. Uma forma de proceder pode ser responder as perguntas dos estudantes com outras perguntas, os fazendo pensarem e buscarem o caminho para resolução dos problemas abordados.

4) Entrega das atividades ao professor

Uma questão que foi levantada por alguns estudantes, ao serem entrevistados, foi o fato de que em alguns momentos eles consideraram que o tempo para a execução das atividades constantes no livreto (caderno de atividades) foi pequeno. Com base em nossas observações e nas falas dos próprios estudantes, entendemos que isso ocorreu porque o professor aplicador da SE, por uma escolha didática, passou a exigir dos estudantes que as atividades, além de serem entregues pelo grupo ao professor, deveriam constar no caderno de cada estudante, inclusive contendo a pergunta.

Entendemos que a cobrança feita é uma escolha pedagógica de cada professor. A nosso entender, talvez os estudantes possam resolver em conjunto as questões e entregar uma folha de resposta para o grupo e o professor pode permitir que eles tirem uma foto das respostas, com o celular, de forma a completar o caderno em casa.

Sobre as respostas entregues ao professor, entendemos que não é necessário corrigir todas elas com fino rigor, de todos os grupos, mas o professor pode escolher as mais relevantes para tal e dar uma olhada mais geral em outras. Porém, algo extremamente importante, é o professor dar um retorno para a turma. Isso pode ser feito retomando as questões com toda a turma, tirando as principais dúvidas que tenham surgido nos grupos.

5) Para aprender mais

Ao final de algumas atividades introduzimos algumas questões que denominamos “Para aprender mais”. Essas questões geram um aprofundamento do conteúdo/conceito que estava sendo trabalhado na atividade ou das discussões CTSA relacionadas a esse conteúdo/conceito. Indicamos que essas questões sejam feitas em casa pelos estudantes (realizando pequenas pesquisas na internet) e que o professor possa comentá-las na aula seguinte. Contudo, se o professor entender que elas são relevantes para serem abordadas em sala, nada o impede de fazer.

6) Demonstrações e pequenos experimentos

Nas atividades que envolvam o uso de materiais extras (demonstrações ou pequenos experimentos), como é o caso das atividades 1 e 9, recomendamos o professor verificar o material necessário com antecedência, de forma a verificar as possibilidades em providenciá-los junto à escola, aos estudantes ou mesmo substituí-lo por outro material alternativo. No caso do uso do painel fotovoltaico, o professor pode utilizar módulos menos potentes encontrados em luminárias de jardim, por exemplo.

Uma alternativa visual ao uso do multímetro (na atividade 1) que se mostrou bastante interessante, causando espanto e admiração nos estudantes é o uso de LEDs, associados em série, conectados à saída do painel fotovoltaico (PF). Num certo momento da aplicação da SE, em nossa pesquisa, fizemos isso e foi bastante impactante para os estudantes, pois eles perceberam que a geração de eletricidade no PF é algo quase instantâneo, algo que com o multímetro não gerou tanto impacto.

7) Simuladores, aplicativos e vídeos

Em várias atividades temos o uso de algum vídeo (2, 6, 9 e 11), simuladores e/ou aplicativos (7 e 8). No caso dos vídeos, o professor pode baixá-los com antecedência, de forma a reproduzi-los nas aulas que necessitem deles. Para tal, o professor precisará de pelo menos uma TV com entrada USB. No entanto, no caso dos simuladores/aplicativos que dependem da internet, o professor deverá ver com antecedência tal possibilidade.

Caso seja muito difícil para o professor conseguir utilizar a internet, ou mesmo uma TV, uma alternativa é ele buscar explorar tais recursos com o uso de *smartphones* dos estudantes e/ou pedir a eles que usem os recursos em casa, de forma que tenham mais elementos para resolver a atividade. Entretanto, ressaltamos que a exploração dos simuladores e aplicativos pelo professor, com os estudantes, é algo que pode gerar grande engajamento e interesse deles pelo

conteúdo/conceito abordado. Dessa forma, recomendamos fortemente que o professor dê prioridade a explorar esses recursos em sala com os estudantes.

8) *Exploração dos textos*

Nas atividades 4, 6, 10, 11, 12 e 13 temos textos de apoio que contêm gráficos, diagramas, fluxogramas e imagens que são relevantes para a resolução das atividades. Por isso, entendemos ser importante o professor explorar esses recursos, projetando-os e discutindo questões ligadas a eles.

9) *Formalização de conceitos*

De acordo com o andamento da SE o professor sabe o momento de intervir para a formalização, introdução e/ou aprofundamento de conceitos/ideias importantes. Entretanto, pela nossa experiência em sala de aula, com essa SE, temos a indicação de alguns momentos onde isso deva ocorrer, provavelmente.

Na atividade 1, por meio da demonstração com o painel fotovoltaico, o professor deverá introduzir a problematização inicial da nossa SE, a possibilidade e os possíveis impactos da instalação de um sistema fotovoltaico para a nossa escola. Essa discussão é aprofundada na atividade 2.

Outro momento em que consideramos importante essa formalização é logo após a atividade 5, retomando e aprofundando nos conceitos de energia, potência e eficiência energética. Além disso, o professor também deve explorar as ideias iniciais de dimensionamento de um sistema fotovoltaico, como fatores importantes para maior eficiência do sistema e como estimar a quantidade de placas para um sistema.

Após a atividade 8, pela nossa experiência, recomendamos que os seminários (atividade 3) sejam apresentados pelos estudantes e que haja uma formalização de conceitos e ideias como o correto posicionamento geográfico de uma placa solar. Também após a atividade 8 e a esta formalização, consideramos um bom momento aplicação de uma avaliação de caráter mais conceitual/dissertativa. O modelo da avaliação que utilizamos na aplicação da SE, em nossa pesquisa, se encontra como anexo da dissertação de mestrado na qual faz parte este produto.

Outro momento importante de formalização/introdução de conceitos deve ocorrer após a atividade 9. Nesse momento, o professor deve explorar o conceito de semicondutores e sua dopagem, podendo chegar a falar da junção PN e a ocorrência do efeito fotovoltaico nela.

Um último momento que consideramos importante haver uma formalização, agora mais focado nas discussões CTSA, é após a atividade 14 (produção do vídeo-debate). Nesse momento, o professor deve retomar, a partir dos vídeos produzidos pelos estudantes, a problematização inicial da SE e formalizar as ideias que foram desenvolvidas ao longo da SE, sobre sistemas fotovoltaicos distribuídos e seus impactos socioambientais num plano mais macro, o nosso país, isso por meio da discussão da nossa matriz elétrica.

10) Seminários sobre projetos de energia solar (atividade 3)

O seminário sobre projetos de energia solar foi uma das atividades da SE que mais despertou o interesse e o engajamento dos estudantes. Ao final de nossas análises, em nossa pesquisa, percebemos o quão relevante foi essa atividade para, além das avaliações dos estudantes pelo professor, o aprendizado deles sobre aspectos conceituais e, principalmente, no auxílio da formação de cidadãos mais críticos e reflexivos acerca do tema proposto.

Indicamos, com base em nossa experiência, que o tempo de apresentação dos grupos seja limitado, de forma que todos apresentem em, no máximo, duas aulas de 50 minutos cada, pois se tomarmos um tempo maior que esse os estudantes ficam entediados e perdem o interesse pela atividade. Também indicamos que os temas sejam sorteados, com base nos grupos que foram formados na primeira aula, evitando a perda de tempo no sorteio dos trabalhos.

Uma estratégia interessante do professor que participou da nossa pesquisa e que indicamos sua utilização é a de deixar claro para eles que somente um deles irá apresentar o trabalho, mas que isso ocorrerá por meio de sorteio somente no dia do seminário. Com essa estratégia, que foi inclusive aprovada por muitos dos estudantes participantes da pesquisa, todos passaram a estudar e pesquisar sobre o tema do trabalho, de forma que não prejudicasse os outros integrantes e, conseqüentemente, a si próprio.

11) Prova mensal

Sobre as formas de avaliação dos estudantes, entendemos que possa auxiliar aos professores terem uma visão da prova mensal (apêndice H da dissertação, resultado da pesquisa realizada) que foi aplicada aos estudantes quando da execução da SE, relacionada aos conteúdos e discussões abordadas nas atividades 1 ao 8. Ressaltamos que a nossa intenção não é a de implicar ao professor que ele deva usar essa atividade avaliativa exatamente como ela foi elaborada, mas que ele possa ter um exemplo de uma das tantas possibilidades que podemos ter para avaliar os estudantes nessa SE.

12) Produção do vídeo-debate (atividade 14)

O professor deve deixar claro para os estudantes que o vídeo produzido deve ser curto (cerca de 3 minutos) e que eles exponham os argumentos do posicionamento deles acerca do uso em larga escala de sistemas fotovoltaicos distribuídos no Brasil. Após a produção dos vídeos, no momento de formalização que indicamos, em orientação anterior, entendemos ser importante que o professor reproduza os vídeos produzidos pelos estudantes, embasando o debate com a turma e a retomada de conhecimentos já construídos.

13) Carta ao colega (atividade 14)

Nessa atividade, aconselhamos que o professor deixe o mais claro possível, para os estudantes, que eles devem escrever com o coração aberto, buscando transmitir ao colega o que realmente aprenderam e o que gostariam de saber mais e/ou aprofundar. Talvez o professor possa colocar alguns termos chave (potência, eficiência, ambiente, socioeconômico, placa solar, constante solar, semicondutores, entre outros) que devam constar no texto do estudante, de forma que eles associem esses termos ao que aprenderam com a SE.

REFERÊNCIAS

- AGUIAR, W. M. J. A pesquisa em psicologia sociohistórica: contribuições para o debate metodológico. In: BOCK, A. M. B., GONÇALVES, M. G. M. e FURTADO, O. (orgs.) **Psicologia sociohistórica: uma perspectiva crítica em psicologia**. São Paulo: Cortez Editora, p. 129-140, 2001.
- AGUIAR, W. M. J.; OZELLA, S. Núcleos de significação como instrumento para a apreensão da constituição dos sentidos. **Psicologia: Ciência e Profissão**, Brasília, v. 26, n. 2, p. 222-245, 2006.
- AGUIAR JR, O. G. **O planejamento do ensino**. Governo do Estado de Minas Gerais – Secretaria de Estado da Educação, PDP, 2005.
- AGUIAR JR, O. G. (in press). **Sequências de ensino de Física orientadas pela pesquisa**. In: Orlando G. A. Jr. (org.). Belo Horizonte: CECIMIG/ UFMG, 2018.
- ANGOTTI, J. A. P. Conceitos unificadores e ensino de Física. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, vol. 15, nºs 1-4, p. 191-198, 1993.
- AULER, D. Novos caminhos para a educação CTS: ampliando a participação. In: SANTOS, W. L. P. e AULER, D. (orgs.). **CTS e educação científica: desafios, tendências e resultados de pesquisa**. Brasília: Ed. Universidade de Brasília, p. 73-97, 2011.
- AZEVEDO, M. C. P. S de. **Ensino de Ciências: unindo a pesquisa e a prática**. In: Anna M. P. C. (org.). São Paulo: Ed. CENCAGE, p. 19-33, 2004.
- BECKER, H. S. Tradução Marco Estevão e Renato Aguiar. Revisão Márcia Arieira. **Métodos de pesquisa em Ciências Sociais**. São Paulo: Ed. Hucitec, 1999.
- BELEI, R. A. et al. O uso de entrevista, observação e videogravação em pesquisa qualitativa. **Cadernos de Educação**. Pelotas, vol. 30, p. 187-199, jan/jun 2008.
- BRASIL. **PCN+: Ciências da Natureza, Matemática e suas Tecnologias**. Brasília: MEC/ Secretaria de Educação Básica, v. 2, p. 56-57, 2006. Disponível em <http://portal.mec.gov.br/seb/arquivos/pdf/book_volume_02_internet.pdf> Acesso em 15 Fev 2017.
- CARVALHO, A. M. P. **Ensino de Ciências: unindo a pesquisa e a prática**. In: Anna M. P. C. (org.). São Paulo: Ed. CENCAGE, p. 1-17, 2004.
- CARVALHO, A. M. P. O ensino de Ciências e a proposição de sequências de ensino investigativas. In: Anna M. P. C. (org.). **Ensino de Ciências por Investigação: condições para implementação em sala de aula**. São Paulo: Cengage Learning, p. 21-39, 2013.

CARVALHO, A. M. **Análise de uma experiência de ensino de Termodinâmica baseada em uma abordagem CTS (Ciência, Tecnologia e Sociedade) em uma escola técnica federal de Minas Gerais.** 2017. 148 p. Dissertação (Mestrado Profissional em Educação e Docência), Faculdade de Educação, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, MG.

DAGNINO, R.; SILVA, R. B.; PADOVANNI, N. Por que a educação em Ciência, tecnologia e sociedade vem andando devagar? In: SANTOS, W. L. P. e AULER, D. (orgs.). **CTS e educação científica: desafios, tendências e resultados de pesquisa.** Brasília: Ed. Universidade de Brasília, p. 99-134, 2011.

FARACO, C. A. O estatuto da análise e interpretação dos textos no quadro do Círculo de Bakhtin. In: GUIMARÃES, A. M. de M.; MACHADO, A. R.; COUTINHO, A. (Org.). **O interacionismo sociodiscursivo: questões epistemológicas e metodológicas.** Campinas: Mercado das Letras, 2007.

LABURU, C. E.; ZOMPERO, A. F. Atividades investigativas no ensino de Ciências: aspectos históricos e diferentes abordagens. **Revista Ensaio**, vol. 13, n. 13, p. 67-80, Belo Horizonte, 2011.

LIU, X.; PARK, M. Contextual dimensions of the energy concept and implications for energy teaching and learning. In: Robert Chan et al (Eds.). **Teaching and Learning of Energy in K-12 Education.** New York: Springer, p. 175-186, 2014.

MARQUES, S. G.; HUNSCHE, S. Enfoque CTS no Brasil: olhar sobre as práticas implementadas no ensino médio. **UNIPAMPA.** Caçapava do Sul, 2015.

MORTIMER, E. F.; SANTOS, W. L. P. Uma análise de pressupostos teóricos da abordagem CTS no contexto da educação brasileira. **Revista Ensaio**, v. 2, n. 2, p. 110-132, Belo Horizonte, 2002.

MUNFORD, D.; LIMA, M. E. C. C. Ensinar Ciências por investigação: em quê estamos de acordo? **Revista Ensaio**, v.9 (1), p. 72-89, Belo Horizonte, 2007.

NUNES, M. M. **Possibilidades do uso de vídeos e videoaulas no ensino de Física.** 2017. 185 p. Dissertação (Mestrado Profissional em Educação e Docência), Faculdade de Educação, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, MG.

PAULA, A. C.; ARAÚJO, I. S. C. James Wertsch: influência de Vygotsky, ideias principais e implicações para a educação científica. **33º EDEQ – Movimentos curriculares da Educação Química: o permanente e o transitório,** UNIJUÍ, Ijuí, RS, 2013.

PAULA, H. F. As tecnologias de informação e comunicação, o ensino e a aprendizagem de Ciências Naturais. In: Alfredo Luis Mateus (org.). **Ensino de Química mediado pelas TICs.** Belo Horizonte: Ed. UFMG, p. 169-195, 2015.

PAULA, H. F.; TALIM, S. L. Uso coordenado de ambientes virtuais e outros recursos mediacionais no ensino de circuitos elétricos. **Cad. Brasileiro de Ensino de Física**, v. 29, n. especial, p. 614-650, 2012.

PAULA, H. F.; MOREIRA, A. F. Atividade, ação mediada e avaliação escolar. **Educação em Revista**. Belo Horizonte, v.30, n.01, p. 17-36, 2014.

PEREIRA, A. P.; OSTERMANN, F. A aproximação sociocultural à mente, de James V. Wertsch, e implicações para a educação em Ciências. **Ciência e Educação**, v.18, n. 1, p. 23-39, 2012.

PIUZANA, T. M. **O blog como ferramenta de apoio didático no desenvolvimento de atividades investigativas nas aulas de Química**. 2015. 189 p. Dissertação (Mestrado Profissional em Educação e Docência), Faculdade de Educação, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, MG.

SÁ, E. F. de; LIMA, M. E. C. de C.; AGUIAR JR., O. G. **A construção de sentidos para o termo ensino por investigação no contexto de um curso de formação**. *Jornal: Investigações em Ensino de Ciências*. Vol. 16, p. 79-102, 2011.

SANTOS, M. E. Ciência como cultura. **Revista Química Nova**, v. 32, n. 2, p. 530 a 537, 2009.

SANTOS, W. L. P. Contextualização no ensino de Ciências por meio de temas CTS em uma perspectiva crítica. **Rev. Ciência e Ensino**, vol. 1, n. especial, nov 2007.

SANTOS, W. L. P. Significados da educação científica com enfoque CTS. In: SANTOS, W. L. P. e AULER, D. (orgs.). **CTS e educação científica: desafios, tendências e resultados de pesquisa**. Brasília: Ed. Universidade de Brasília, p. 21-47, 2011.

SANTOS, W. L. P.; MORTIMER, E. F. Abordagem de aspectos sociocientíficos em aulas de Ciências. **Revista Investigação em Ensino de Ciências**, v. 14 (2), p. 191 a 218, 2009.

SILVA, S. M. C. **O uso do computador em projeto investigativo no ensino de Ciências: uma análise das interações e significação das transformações de energia**. 2015. 202 p. Dissertação de Mestrado (Programa de Pós-Graduação Conhecimento e Inclusão Social em Educação), Faculdade de Educação, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, MG.

STRIEDER et al. A educação CTS possui respaldo em documento oficiais brasileiros? **ACTIO: Docência em Ciências**. Curitiba, v. 1, n. 1, p 87-107, Jul/Dez 2016.

VIANNA, D. M.; BERNARDO, J. R. R. Introdução. In: VIANNA, D. M. e BERNARDO, J. R. R. (orgs.). **Temas para o ensino de Física com abordagem CTS**. Rio de Janeiro: Ed. Bookmakers, p. 9-15, 2012.

VILCHES, A.; PÉREZ, D. G.; PRAIA, J. De CTS a CTSA: educação por um futuro sustentável. In: SANTOS, W. L. P. e AULER, D. (orgs.). **CTS e educação científica: desafios, tendências e resultados de pesquisa**. Brasília: Ed. Universidade de Brasília, p. 161-184, 2011.

WERTSCH, J. V. **La Mente en Acción**. Madrid, Aique, 1998.

APÊNDICES

Apêndice A – Termo de compromisso (modelo)

Declaro que conheço e cumprirei os requisitos da resolução 466/12 e suas complementares. Comprometo-me a utilizar os materiais e dados coletados exclusivamente para os fins previstos no protocolo e publicar os resultados sejam eles favoráveis ou não. Aceito as responsabilidades pela condução científica do projeto. Tenho ciência que essa folha será anexada ao projeto devidamente assinada e fará parte integrante da documentação da mesma.

Carlos Eduardo Lima
carlosamil83@gmail.com (31) 98855-4555
(Aluno pesquisador do Mestrado)

Orlando Gomes de Aguiar Júnior
orlando@fae.ufmg.br
(Orientador da pesquisa)

Apêndice B – Termos de anuência da escola (modelo)

À direção da Escola Campo de Pesquisa

Prezado (a) diretor (a),

Solicitamos autorização institucional para realização da pesquisa intitulada “A energia fotovoltaica num contexto CTSA: uma Sequência de Ensino sobre as Transformações de Energia Solar em Elétrica”, a ser realizada em sua escola, pelo pesquisador Carlos Eduardo Lima, aluno do Mestrado Profissional Educação e Docência da Faculdade de Educação da UFMG, com orientação do Professor Dr. Orlando Gomes de Aguiar Júnior.

A pesquisa será realizada apenas com sua autorização e consentimento do professor das turmas, dos alunos e dos seus pais e/ou responsáveis. Informamos que a pesquisa não será remunerada e também não envolverá qualquer natureza de gastos, tanto para V. S^a. quanto para os demais envolvidos. Os gastos previstos serão custeados pelo pesquisador que também assume os riscos e danos que por ventura vierem a acontecer com os equipamentos e incidentes com os alunos em sua companhia, durante o processo. Está garantida a indenização em casos de eventuais danos, comprovadamente decorrentes da participação na pesquisa, conforme decisão judicial ou extrajudicial.

Os pesquisadores elaboraram uma sequência didática de ensino sobre o tema proposto que irá abordar os diferentes aspectos do ensino, como as relações entre o conhecimento comum e o conhecimento científico, as interações e o discurso em sala de aula, a argumentação em questões sociocientíficas, relacionando Ciência, Tecnologia, Sociedade e Ambiente (CTSA). Será analisada a aplicação da sequência, em sala de aula, pelo professor responsável pela turma, a partir de dados obtidos no seu desenvolvimento para constituir uma versão final do material didático com recomendações aos professores de Física do ensino básico.

A pesquisa envolverá coleta de dados através de repostas de exercícios e atividades realizadas em sala de aula, tanto escritos em papel como por meio do uso de computador, e gravação em vídeo das aulas de Física com o objetivo de analisar os impactos do uso da sequência didática de ensino sobre a aprendizagem dos alunos e sobre a prática do professor aplicador. Será focalizada a participação dos estudantes em momentos de discussão coletiva, as participações verbais durante as aulas e as suas produções escritas diversas.

Entende-se que a Física constitui um importante campo das Ciências e que o seu aprendizado traz benefícios tanto para aqueles estudantes que sigam profissões diretamente ligadas a ela como para os estudantes que não necessitem diretamente dela. Pois, a Física é uma ciência que está relacionada diretamente as tecnologias do mundo contemporâneo e o seu aprendizado pode favorecer a formação de cidadãos mais capazes para eventuais tomadas de decisão, relativas a problemas que envolvam CTSA. Por outro lado os materiais didáticos não vêm apresentando propostas de trabalho que priorizem a discussão, em sala de aula, dos aspectos que relacionam a ciência, a tecnologia, a sociedade e o ambiente. Considerando essa possibilidade propomos oferecer ao professor um material diferenciado que dialogue com o aluno, com os conteúdos da Física, com a tecnologia, a sociedade e o ambiente e permita a construção de conhecimentos significativos para a formação de cidadãos mais conscientes, reflexivos e ativos no meio em que vivem.

Os alunos não serão obrigados a fazerem qualquer atividade que extrapole suas tarefas escolares comuns e o registro dos vídeos será de uso exclusivo para fins da pesquisa. Não serão, portanto, utilizados para avaliação de condutas nem para público externo ou interno. Os resultados da pesquisa serão comunicados utilizando nomes fictícios, mantendo, assim, sua identidade preservada. Os registros em vídeo farão parte de um banco de dados que poderão ser utilizados nesta e em outras pesquisas do grupo do qual os pesquisadores fazem parte, ficando sob responsabilidade do pesquisador principal por um período de até 05 (cinco) anos e posteriormente será destruído.

A pesquisa apresenta riscos mínimos à saúde e bem estar dos participantes, porém os pesquisadores estarão atentos e dispostos a diminuir ao máximo esses riscos e desconfortos. Entendemos que o principal risco envolvido nesta pesquisa está na divulgação indevida de identidade dos participantes e nos propomos a realizar todos os esforços possíveis para assegurá-la (a identidade dos participantes ficará preservada por meio do uso de nomes fictícios e distorção das imagens). Também entendemos que a pesquisa oferece o risco de constrangimento aos participantes, devido à gravação em vídeo e áudio das aulas, mas agiremos para que a aula se desenvolva naturalmente.

Caso deseje que a escola não participe da pesquisa ou deixe de participar, o senhor poderá fazer em qualquer fase da pesquisa, com total liberdade. Em qualquer momento, a V. S^a. poderá solicitar esclarecimentos sobre a metodologia de coleta e análise dos dados através do telefone (31) 98855 4555 ou pelo e-mail: carlosamil83@gmail.com.

Sentindo-se esclarecido (a) em relação à proposta e concordando com a participação voluntária da Escola Estadual Três Poderes nesta pesquisa, peço-lhe a gentileza de assinar e devolver essa autorização em duas vias, sendo que uma das vias ficará com a V. S^a. e a outra será arquivada pelos pesquisadores por 05 (cinco) anos, de acordo com a Resolução CNS-466/2012, sendo que o Comitê de Ética em Pesquisa da UFMG (Fone: 31 3409-4592/ e-mail: coep@prpq.ufmg.br) poderá ser procurado, a qualquer momento, para o esclarecimento de dúvidas quanto aos aspectos éticos da pesquisa.

Atenciosamente,

Carlos Eduardo Lima (Aluno pesquisador do Mestrado) – Documento de Identidade

Orlando Gomes de Aguiar Jr (Coordenador da pesquisa) – Documento de Identidade

Agradecemos desde já sua colaboração

- () Concordo e autorizo a participação da escola na pesquisa, com gravação das atividades de Física, nos termos propostos.
 () Discordo e desautorizo a participação da escola na realização da pesquisa.

Nome do diretor (a): _____

Assinatura do (a) diretor (a) – Documento de Identidade
 Belo Horizonte _____ de _____ de 2017

Apêndice C – TALE (modelo estudante)

Aos Estudantes do 3º ano do Ensino Médio da Escola Campo de Pesquisa

Prezado estudante,

Estamos iniciando nas aulas de Física um acompanhamento para a pesquisa acadêmica no tema: “A Energia Fotovoltaica num Contexto CTSA: uma Sequência de Ensino sobre as Transformações da Energia Solar em Elétrica”, com a participação do professor de Física Carlos Eduardo Lima, aluno do Mestrado Profissional em Educação e Docência da Faculdade de Educação da UFMG, cujo orientador é o Professor Dr. Orlando Gomes de Aguiar Júnior.

A pesquisa será realizada apenas com seu consentimento e dos seus pais e/ou responsáveis. Informamos que a sua participação na pesquisa não será remunerada e também não envolverá qualquer natureza de gastos, tanto para você quanto para os demais envolvidos. Os gastos previstos serão custeados pelo pesquisador que também assume os riscos e danos que por ventura vierem a acontecer com os equipamentos e incidentes com os alunos em sua companhia, durante o processo. Está garantida a indenização em casos de eventuais danos, comprovadamente decorrentes da participação na pesquisa, conforme decisão judicial ou extrajudicial.

Os pesquisadores elaboraram uma sequência didática de ensino sobre o tema proposto que irá abordar os diferentes aspectos do ensino, como as relações entre o conhecimento comum e o conhecimento científico, as interações e o discurso em sala de aula, a argumentação em questões sociocientíficas, relacionando Ciência, Tecnologia, Sociedade e Ambiente (CTSA). Será analisada a aplicação da sequência, em sala de aula, pelo professor responsável pela turma, a partir de dados obtidos no seu desenvolvimento para constituir uma versão final do material didático com recomendações aos professores de Física do ensino básico.

A pesquisa envolverá coleta de dados através de repostas de exercícios e atividades realizadas em sala de aula, tanto escritos em papel como por meio do uso de computador, entrevistas e gravação em vídeo das aulas de Física com o objetivo de analisar os impactos do uso da sequência didática de ensino sobre a aprendizagem dos alunos e sobre a prática do professor aplicador. Será focalizada a participação dos estudantes em momentos de discussão coletiva, as participações verbais durante as aulas e entrevistas, além das suas produções escritas diversas.

Você não será obrigado a fazer qualquer atividade que extrapole suas tarefas escolares comuns e o registro dos vídeos será de uso exclusivo para fins da pesquisa. Não serão, portanto, utilizados para avaliação de condutas nem para público externo ou interno. Os resultados da pesquisa serão comunicados utilizando nomes fictícios, mantendo, assim, sua identidade preservada. Os registros em vídeo farão parte de um banco de dados que poderão ser utilizados nesta e em outras pesquisas do grupo do qual os pesquisadores fazem parte, ficando sob responsabilidade do pesquisador principal, em seu gabinete no DMTE/ FaE/UFMG, por um período de até 05 (cinco) anos e posteriormente será destruído.

A pesquisa apresenta riscos mínimos à sua saúde e bem estar, porém os pesquisadores estarão atentos e dispostos a diminuir ao máximo esses riscos e desconfortos. Entendemos que o principal risco envolvido nesta pesquisa está na divulgação indevida de sua identidade e nos propomos a realizar todos os esforços possíveis para assegurá-la (a identidade dos participantes ficará preservada por meio do uso de nomes fictícios e distorção das imagens). Também entendemos que a pesquisa oferece o risco de constrangimento a você, devido à gravação em vídeo e áudio das aulas, mas agiremos para que a aula se desenvolva naturalmente.

Caso deseje não participar da pesquisa ou deixe de participar, você o poderá fazer em qualquer fase da pesquisa, com total liberdade. Em qualquer momento, você poderá solicitar esclarecimentos sobre a metodologia de coleta e análise dos dados através do telefone (31) 98855 4555 ou pelo e-mail: carlosamil83@gmail.com.

Àqueles que forem menores de 18 anos de idade entregaremos, também, um Termo de Consentimento Livre e Esclarecido para os seus pais e/ou responsáveis para que eles possam ler e assinar, caso concordem com a sua participação na pesquisa.

Sentindo-se esclarecido (a) em relação à proposta e concordando com a sua participação voluntária nesta pesquisa, peço-lhe a gentileza de assinar e devolver o Termo de Assentimento Livre e Esclarecido do Menor (TALE), assinando em duas vias, sendo que uma das vias ficará com você e a outra será arquivada pelos pesquisadores por cinco anos, de acordo com a Resolução CNS-466/2012, sendo que o Comitê de Ética em Pesquisa da UFMG poderá ser procurado, a qualquer momento, para o esclarecimento de dúvidas quanto aos aspectos éticos da pesquisa.

Atenciosamente,

Carlos Eduardo Lima (Aluno pesquisador do Mestrado) – ID: MG-10.709.398

Orlando Gomes de Aguiar Júnior (Coordenador da pesquisa) – CPF: 534.417.616-34

Agradecemos desde já sua colaboração

- () Concordo e autorizo a realização pesquisa, nos termos propostos.
 () Discordo e desautorizo a realização da pesquisa.

Nome do aluno: _____

Assinatura do aluno – Documento de Identidade

Belo Horizonte 07 de Agosto de 2017

Comitê de Ética na Pesquisa/UFMG

Av. Antônio Carlos, 6627 - Unidade Administrativa II - 2º andar/ sala 2005 - Campus Pampulha - Belo Horizonte, MG Fone: 31 3409-4592 CEP 31270-901, e-mail: coep@prpq.ufmg.br

Apêndice D – TCLE (modelo pais/responsáveis)

Aos Srs. Pais e/ou Responsáveis pelos alunos do 3º ano do Ensino Médio da Escola Campo de Pesquisa

Srs. Pais e/ou Responsáveis,

Estamos iniciando nas aulas de Física um acompanhamento para a pesquisa acadêmica no tema: “A Energia Fotovoltaica num Contexto CTSA: uma Sequência de Ensino sobre as Transformações da Energia Solar em Elétrica”, com a participação do professor de Física Carlos Eduardo Lima, aluno do Mestrado Profissional em Educação e Docência da Faculdade de Educação da UFMG, cujo orientador é o Professor Dr. Orlando Gomes de Aguiar Júnior.

A pesquisa será realizada apenas com consentimento dos senhores e dos alunos. Informamos ainda que a participação dos alunos na pesquisa não será remunerada e também não envolverá qualquer natureza de gastos, tanto para V. Sª. quanto para os demais envolvidos. Os gastos previstos serão custeados pelo pesquisador que também assume os riscos e danos que por ventura vierem a acontecer com os equipamentos e incidentes com os alunos em sua companhia, durante o processo. Está garantida a indenização em casos de eventuais danos, comprovadamente decorrentes da participação na pesquisa, conforme decisão judicial ou extrajudicial.

Os pesquisadores elaboraram uma sequência didática de ensino sobre o tema proposto que irá abordar os diferentes aspectos do ensino, como as relações entre o conhecimento comum e o conhecimento científico, as interações e o discurso em sala de aula, a argumentação em questões sociocientíficas, relacionando Ciência, Tecnologia, Sociedade e Ambiente (CTSA). Será analisada a aplicação da sequência, em sala de aula, pelo professor responsável pela turma, a partir de dados obtidos no seu desenvolvimento para constituir uma versão final do material didático com recomendações aos professores de Física do ensino básico.

A pesquisa envolverá coleta de dados através de repostas de exercícios e atividades realizadas em sala de aula, tanto escritos em papel como por meio do uso de computador, entrevista e gravação em vídeo das aulas de Física com o objetivo de analisar os impactos do uso da sequência didática de ensino sobre a aprendizagem dos alunos e sobre a prática do professor aplicador. Será focalizada a participação dos estudantes em momentos de discussão coletiva, as participações verbais durante as aulas e entrevistas, além das suas produções escritas diversas.

Entende-se que a Física constitui um importante campo das Ciências e que o seu aprendizado traz benefícios tanto para aqueles estudantes que sigam profissões diretamente ligadas a ela como para os estudantes que não necessitem diretamente dela. Pois, a Física é uma ciência que está relacionada diretamente as tecnologias do mundo contemporâneo e o seu aprendizado pode favorecer a formação de cidadãos mais capazes para eventuais tomadas de decisão, relativas a problemas que envolvam CTSA. Por outro lado os materiais didáticos não vêm apresentando propostas de trabalho que priorizem a discussão, em sala de aula, dos aspectos que relacionam a ciência, a tecnologia, a sociedade e o ambiente. Considerando essa possibilidade propomos oferecer ao professor um material diferenciado que dialogue com o aluno, com os conteúdos da Física, com a tecnologia, a sociedade e o ambiente e permita a construção de conhecimentos significativos para a formação de cidadãos mais conscientes, reflexivos e ativos no meio em que vivem.

Os alunos não serão obrigados a fazer qualquer atividade que extrapole suas tarefas escolares comuns e o registro dos vídeos será de uso exclusivo para fins da pesquisa. Não serão, portanto, utilizados para avaliação de condutas nem para público externo ou interno. Os resultados da pesquisa serão comunicados utilizando nomes fictícios, mantendo, assim, sua identidade preservada. Os registros em vídeo farão parte de um banco de dados que poderão ser utilizados nesta e em outras pesquisas do grupo do qual os pesquisadores fazem parte, ficando sob responsabilidade do pesquisador, em seu gabinete no DMTE/ FaE/ UFMG, por um período de até 05 (cinco) anos e posteriormente será destruído.

A pesquisa apresenta riscos mínimos à saúde e bem estar dos alunos, porém os pesquisadores estarão atentos e dispostos a diminuir ao máximo esses riscos e desconfortos. Entendemos que o principal risco envolvido nesta pesquisa está na divulgação indevida de sua identidade e nos propomos a realizar todos os esforços possíveis para assegurá-la (a identidade dos participantes ficará preservada por meio do uso de nomes fictícios e distorção de imagens dos participantes). Também entendemos que a pesquisa oferece o risco de constrangimento aos estudantes com a gravação em vídeo e áudio das aulas, mas agiremos para que a aula se desenvolva naturalmente. Caso deseje recusar a participação do aluno ou retirar o seu consentimento, você o poderá fazer em qualquer fase da pesquisa, com total liberdade. Em qualquer momento, você poderá solicitar esclarecimentos sobre a metodologia de coleta e análise dos dados através do telefone (31) 98855 4555 ou pelo e-mail: carlosamil83@gmail.com.

Sentindo-se esclarecido (a) em relação à proposta e concordando com a participação voluntária do aluno nesta pesquisa, peço-lhe a gentileza de assinar e devolver o Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (TCLE), assinando em duas vias, sendo que uma das vias ficará com você e a outra será arquivada pelos pesquisadores por 05 (cinco) anos, de acordo com a Resolução CNS-466/2012, sendo que o Comitê de Ética em Pesquisa da UFMG poderá ser procurado, a qualquer momento, para o esclarecimento de dúvidas quanto aos aspectos éticos da pesquisa.

Atenciosamente,

Carlos Eduardo Lima (Aluno pesquisador do Mestrado) – ID: MG-10.709.398

Orlando Gomes de Aguiar Júnior (Coordenador da pesquisa) – CPF: 534.417.616-34

Agradecemos desde já sua colaboração

() Concordo e autorizo a realização da pesquisa, nos termos propostos. () Discordo e desautorizo a realização da pesquisa.

Nome do aluno _____

Assinatura do pai e/ou responsável – Documento de Identidade
Belo Horizonte, 07 de Agosto de 2017

Comitê de Ética na Pesquisa/UFMG

Av. Antônio Carlos, 6627 - Unidade Administrativa II - 2º andar/ sala 2005 - Campus Pampulha - Belo Horizonte, MG Fone: 31 3409-4592 CEP 31270-901, e-mail: coep@prpq.ufmg.br

Apêndice E – TCLE (modelo professor)

Ao Sr. Professor de Física das turmas do 3º ano do Ensino Médio da Escola Estadual Campo de Pesquisa

Sr. Professor,

Estamos iniciando nas aulas de Física um acompanhamento para a pesquisa acadêmica no tema: “A Energia Fotovoltaica num Contexto CTSA: uma Sequência de Ensino sobre as Transformações da Energia Solar em Elétrica”, com a participação do professor de Física Carlos Eduardo Lima, aluno do Mestrado Profissional em Educação e Docência da Faculdade de Educação da UFMG, cujo orientador é o Professor Dr. Orlando Gomes de Aguiar Júnior.

A pesquisa será realizada apenas com seu consentimento, dos alunos e dos seus pais e/ou responsáveis. Informamos que a sua participação na pesquisa não será remunerada e também não envolverá qualquer natureza de gastos, tanto para você quanto para os demais envolvidos. Os gastos previstos serão custeados pelo pesquisador que também assume os riscos e danos que por ventura vierem a acontecer com os equipamentos e incidentes com os alunos em sua companhia, durante o processo. Está garantida a indenização em casos de eventuais danos, comprovadamente decorrentes da participação na pesquisa, conforme decisão judicial ou extrajudicial.

Os pesquisadores elaboraram uma sequência didática de ensino sobre o tema proposto que irá abordar os diferentes aspectos do ensino, como as relações entre o conhecimento comum e o conhecimento científico, as interações e o discurso em sala de aula, a argumentação em questões sociocientíficas, relacionando Ciência, Tecnologia, Sociedade e Ambiente (CTSA). Será analisada a aplicação da sequência, em sala de aula, pelo professor responsável pela turma, a partir de dados obtidos no seu desenvolvimento para constituir uma versão final do material didático com recomendações aos professores de Física do ensino básico.

A pesquisa envolverá coleta de dados através de repostas de exercícios e atividades realizadas em sala de aula, tanto escritos em papel como por meio do uso de computador, entrevistas (dos alunos, professor e licenciandos do projeto PIBID – Física/FaE/UFMG) e gravação em vídeo das aulas de Física com o objetivo de analisar os impactos do uso da sequência didática de ensino sobre a aprendizagem dos alunos e sobre a prática do professor aplicador. Será focalizada a participação dos estudantes em momentos de discussão coletiva, as participações verbais durante as aulas e entrevistas, além das suas produções escritas diversas.

Entende-se que a Física constitui um importante campo das Ciências e que o seu aprendizado traz benefícios tanto para aqueles estudantes que sigam profissões diretamente ligadas a ela como para os estudantes que não necessitem diretamente dela. Pois, a Física é uma ciência que está relacionada diretamente as tecnologias do mundo contemporâneo e o seu aprendizado pode favorecer a formação de cidadãos mais capazes para eventuais tomadas de decisão, relativas a problemas que envolvam CTSA. Por outro lado os materiais didáticos não vêm apresentando propostas de trabalho que priorizem a discussão, em sala de aula, dos aspectos que relacionam a ciência, a tecnologia, a sociedade e o ambiente. Considerando essa possibilidade propomos oferecer ao professor um material diferenciado que dialogue com o aluno, com os conteúdos da Física, com a tecnologia, a sociedade e o ambiente e permita a construção de conhecimentos significativos para a formação de cidadãos mais conscientes, reflexivos e ativos no meio em que vivem.

Os alunos não serão obrigados a fazerem qualquer atividade que extrapole suas tarefas escolares comuns e o registro dos vídeos será de uso exclusivo para fins da pesquisa. Não serão, portanto, utilizados para avaliação de condutas nem para público externo ou interno. Os resultados da pesquisa serão comunicados utilizando nomes fictícios, mantendo, assim, sua identidade preservada. Os registros em vídeo farão parte de um banco de dados que poderão ser utilizados nesta e em outras pesquisas do grupo do qual os pesquisadores fazem parte, ficando sob responsabilidade do pesquisador principal, em seu gabinete no DMTE/ FaE/ UFMG, por um período de até 05 (cinco) anos e posteriormente será destruído.

A pesquisa apresenta riscos mínimos à sua saúde e bem estar, porém os pesquisadores estarão atentos e dispostos a diminuir ao máximo esses riscos e desconfortos. Entendemos que o principal risco envolvido nesta pesquisa está na divulgação indevida de sua identidade e nos propomos a realizar todos os esforços possíveis para assegurá-la (a identidade dos participantes ficará preservada por meio do uso de nomes fictícios e distorção das imagens). Também entendemos que a pesquisa oferece o risco de constrangimento a você, devido à gravação em vídeo e áudio das aulas, mas agiremos para que a aula se desenvolva naturalmente.

Caso deseje não participar da pesquisa ou deixe de participar, você o poderá fazer em qualquer fase da pesquisa, com total liberdade. Em qualquer momento, você poderá solicitar esclarecimentos sobre a metodologia de coleta e análise dos dados através do telefone (31) 98855 4555 ou pelo e-mail: carlosamil83@gmail.com.

Sentindo-se esclarecido (a) em relação à proposta e concordando com a sua participação voluntária nesta pesquisa, peço-lhe a gentileza de assinar e devolver o Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (TCLE), assinando em duas vias, sendo que uma das vias ficará com você e a outra será arquivada pelos pesquisadores por cinco anos, de acordo com a Resolução CNS-466/2012, sendo que o Comitê de Ética em Pesquisa da UFMG poderá ser procurado, a qualquer momento, para o esclarecimento de dúvidas quanto aos aspectos éticos da pesquisa.

Atenciosamente,

Carlos Eduardo Lima (Aluno pesquisador do Mestrado) – ID: MG-10.709.398

Orlando Gomes de Aguiar Jr (Coordenador da pesquisa) – CPF: 534.417.616-34

Agradecemos desde já sua colaboração

() Concordo e autorizo a realização da pesquisa, nos termos propostos. () Discordo e desautorizo a realização da pesquisa.

Nome do professor (a): _____,

Assinatura do professor (a) – Documento de Identidade
Belo Horizonte 07 de Agosto de 2017

Comitê de Ética na Pesquisa/UFMG

Av. Antônio Carlos, 6627 - Unidade Administrativa II - 2º andar /sala 2005- Campus Pampulha - Belo Horizonte, MG Fone: 31 3409-4592 CEP 31270-901 e-mail: coep@prpq.ufmg.br

Apêndice F – TCLE (modelo bolsistas)

Aos licenciandos de Física do PIBID – FaE/UFMG

Prezados licenciandos,

Estamos iniciando nas aulas de Física um acompanhamento para a pesquisa acadêmica no tema: “A Energia Fotovoltaica num Contexto CTSA: uma Sequência de Ensino sobre as Transformações da Energia Solar em Elétrica”, com a participação do professor de Física Carlos Eduardo Lima, aluno do Mestrado Profissional em Educação e Docência da Faculdade de Educação da UFMG, cujo orientador é o Professor Dr. Orlando Gomes de Aguiar Júnior.

A pesquisa será realizada apenas com seu consentimento, dos alunos e dos seus pais e/ou responsáveis. Informamos que a sua participação na pesquisa não será remunerada e também não envolverá qualquer natureza de gastos, tanto para você quanto para os demais envolvidos. Os gastos previstos serão custeados pelo pesquisador que também assume os riscos e danos que por ventura vierem a acontecer com os equipamentos e incidentes com os alunos em sua companhia, durante o processo. Está garantida a indenização em casos de eventuais danos, comprovadamente decorrentes da participação na pesquisa, conforme decisão judicial ou extrajudicial.

Os pesquisadores elaboraram uma sequência didática de ensino sobre o tema proposto que irá abordar os diferentes aspectos do ensino, como as relações entre o conhecimento comum e o conhecimento científico, as interações e o discurso em sala de aula, a argumentação em questões sociocientíficas, relacionando Ciência, Tecnologia, Sociedade e Ambiente (CTSA). Será analisada a aplicação da sequência, em sala de aula, pelo professor responsável pela turma, a partir de dados obtidos no seu desenvolvimento para constituir uma versão final do material didático com recomendações aos professores de Física do ensino básico.

A pesquisa envolverá coleta de dados através de repostas de exercícios e atividades realizadas em sala de aula, tanto escritos em papel como por meio do uso de computador, entrevistas (dos alunos, professor e licenciandos do projeto PIBID – Física/FaE/UFMG) e gravação em vídeo das aulas de Física com o objetivo de analisar os impactos do uso da sequência didática de ensino sobre a aprendizagem dos alunos e sobre a prática do professor aplicador. Será focalizada a participação dos estudantes em momentos de discussão coletiva, as participações verbais durante as aulas e as suas produções escritas diversas.

Entende-se que a Física constitui um importante campo das Ciências e que o seu aprendizado traz benefícios tanto para aqueles estudantes que sigam profissões diretamente ligadas a ela como para os estudantes que não necessitem diretamente dela. Pois, a Física é uma ciência que está relacionada diretamente as tecnologias do mundo contemporâneo e o seu aprendizado pode favorecer a formação de cidadãos mais capazes para eventuais tomadas de decisão, relativas a problemas que envolvam CTSA. Por outro lado os materiais didáticos não vêm apresentando propostas de trabalho que priorizem a discussão, em sala de aula, dos aspectos que relacionam a ciência, a tecnologia, a sociedade e o ambiente. Considerando essa possibilidade propomos oferecer ao professor um material diferenciado que dialogue com o aluno, com os conteúdos da Física, com a tecnologia, a sociedade e o ambiente e permita a construção de conhecimentos significativos para a formação de cidadãos mais conscientes, reflexivos e ativos no meio em que vivem.

Os alunos não serão obrigados a fazerem qualquer atividade que extrapole suas tarefas escolares comuns e o registro dos vídeos será de uso exclusivo para fins da pesquisa. Não serão, portanto, utilizados para avaliação de condutas nem para público externo ou interno. Os resultados da pesquisa serão comunicados utilizando nomes fictícios, mantendo, assim, sua identidade preservada. Os registros em vídeo farão parte de um banco de dados que poderão ser utilizados nesta e em outras pesquisas do grupo do qual os pesquisadores fazem parte, ficando sob responsabilidade do pesquisador principal, em seu gabinete no DMTE/ FaE/ UFMG, por um período de até 05 (cinco) anos e posteriormente será destruído.

A pesquisa apresenta riscos mínimos à sua saúde e bem estar, porém os pesquisadores estarão atentos e dispostos a diminuir ao máximo esses riscos e desconfortos. Entendemos que o principal risco envolvido nesta pesquisa está na divulgação indevida de sua identidade e nos propomos a realizar todos os esforços possíveis para assegurá-la (a identidade dos participantes ficará preservada por meio do uso de nomes fictícios e distorção das imagens). Também entendemos que a pesquisa oferece o risco de constrangimento a você, devido à gravação em vídeo e áudio das aulas, mas agiremos para que a aula se desenvolva naturalmente.

Caso deseje não participar da pesquisa ou deixe de participar, você o poderá fazer em qualquer fase da pesquisa, com total liberdade. Em qualquer momento, você poderá solicitar esclarecimentos sobre a metodologia de coleta e análise dos dados através do telefone (31) 98855 4555 ou pelo e-mail: carlosamil83@gmail.com.

Sentindo-se esclarecido (a) em relação à proposta e concordando com a sua participação voluntária nesta pesquisa, peço-lhe a gentileza de assinar e devolver o Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (TCLE), assinando em duas vias, sendo que uma das vias ficará com você e a outra será arquivada pelos pesquisadores por cinco anos, de acordo com a Resolução CNS-466/2012, sendo que o Comitê de Ética em Pesquisa da UFMG poderá ser procurado, a qualquer momento, para o esclarecimento de dúvidas quanto aos aspectos éticos da pesquisa.

Atenciosamente,

Carlos Eduardo Lima (Aluno pesquisador do Mestrado) – ID: MG-10.709.398

Orlando Gomes de Aguiar Jr (Coordenador da pesquisa) – CPF: 534.417.616-34

Agradecemos desde já sua colaboração

() Concordo e autorizo a realização da pesquisa, nos termos propostos. () Discordo e desautorizo a realização da pesquisa.

Nome do licenciando (a): _____,

Assinatura do licenciando (a) – Documento de Identidade

Belo Horizonte 07 de Agosto de 2017

Comitê de Ética na Pesquisa/UFMG

Av. Antônio Carlos, 6627 - Unidade Administrativa II - 2º andar /sala 2005- Campus Pampulha - Belo Horizonte, MG Fone: 31 3409-4592 CEP 31270-901 e-mail: coep@prpq.ufmg.br

Apêndice G – Roteiro das entrevistas

Professor

Qual seu nome e sua idade? Quantos anos você leciona Física na rede pública de ensino médio? E nessa escola em específico?

Você já havia trabalhado, anteriormente, com propostas de ensino que envolvesse uma abordagem da Física com enfoque CTSA? Você já conhecia essa proposta de ensino em Ciências? Qual sua experiência com esse tipo de proposta de ensino? Em seu entendimento, quais as principais características de uma abordagem CTSA de conteúdos científicos escolares?

A sequência de ensino que foi trabalhada em suas aulas possui o tema “As Transformações de Energia Solar em Elétrica”. Você considera que o tema Energia, de forma geral, é relevante para o ensino de Física no ensino médio? Como o conteúdo relacionado a esse tema pode ser favorecido pela abordagem CTSA? Você utilizaria outras atividades (sequências de ensino) com um enfoque CTSA? Por quê? Quais os principais obstáculos ou desafios para esse tipo de abordagem de ensino?

Em relação aos recursos utilizados (miniusina solar, textos, vídeos, seminários com apresentação de trabalhos dos grupos, demonstrações e aplicativos/simuladores, debates, produção de textos e de vídeo) nas atividades da sequência de ensino, quais deles você considera que foram mais relevantes (contribuíram mais) para o aprendizado dos alunos acerca dos conteúdos abordados como potência, eficiência, energia solar, semicondutores e efeito fotovoltaico? Quais deles contribuíram menos ou não contribuíram para tal?

Considerando ainda os aspectos relativos aos recursos didáticos empregados nas atividades da sequência, como você avalia as contribuições deles para a aprendizagem dos seus alunos, relacionados aos valores CTSA como os de formar cidadãos mais críticos, reflexivos e atuantes na sociedade e meio ambiente que vivem?

Você considera que o uso de sequências de ensino, como a que foi trabalhada nas aulas de Física, que associem os conceitos da Ciência com as Tecnologias atuais e seus impactos, na sociedade e meio ambiente, são relevantes para a formação escolar científica e cidadã dos alunos? Por quê?

Você considera que as atividades de avaliação propostas pela sequência de ensino (trabalho apresentado pelos grupos, debate/vídeo produzido, provas mensais de caráter mais dissertativo/conceitual e bimestral de caráter mais técnico/matemático), foram efetivas para uma averiguação da aprendizagem dos alunos, tanto dos conceitos físicos abordados como dos aspectos CTSA? De que maneira?

Se você for usar esta sequência de ensino em outra escola ou no próximo ano, que modificações você faria?

O uso da abordagem CTSA, por meio da sequência de ensino aplicada, contribuiu positivamente para sua prática docente? De que maneira? Quais aspectos da sequência você considera que foram facilitadores para sua prática profissional? Quais deles não favoreceram a sua prática docente?

Estudante

Qual seu nome e sua idade? Em quais escolas você cursou o ensino fundamental e médio?

Em relação aos recursos utilizados nas atividades da sequência de ensino (miniusina solar, textos, vídeos, seminários com apresentação de trabalhos dos grupos, demonstrações e aplicativos/simuladores, debates, produção de textos e de vídeo), eles ajudaram a aumentar o seu interesse pelas aulas de Física? Por quê? Quais desses recursos você considera que foram mais relevantes (contribuíram mais) para o seu aprendizado, acerca dos conteúdos abordados como potência, eficiência, energia, semicondutores e efeito fotovoltaico? Quais deles contribuíram menos para tal?

Você acha que as atividades da sequência de ensino auxiliaram em sua formação como cidadão? Caso positivo, que aspectos ou recursos mais contribuíram para tal?

As atividades de avaliação da sequência de ensino (trabalho apresentado pelos grupos, debate/vídeo produzido, provas mensais de caráter mais dissertativo/conceitual e bimestral de caráter mais técnico/matemático) foram adequadas aos propósitos da sequência de desenvolver entendimento conceitual (físico) sobre a temática? Elas foram adequadas aos propósitos de desenvolver o entendimento de questões de caráter social, econômico e ambiental de novas tecnologias?

Você considera que sequências de ensino, como a que foi trabalhada nas aulas de Física, que associem os conceitos da Ciência com as Tecnologias atuais e seus impactos, na sociedade e meio ambiente, são importantes para sua formação escolar científica? E para sua formação como cidadão? Por quê?

Algum professor seu de Física, Química ou Biologia, já havia trabalhado, anteriormente, com propostas de ensino que envolvesse uma abordagem do conteúdo semelhante à utilizada na sequência sobre “As Transformações de Energia Solar em Elétrica” (com atividades que envolvessem discussões de ordem mais econômica, social, política e ambiental)? Se sim, como foi? Você gostaria que as aulas de Física tivessem outras sequências de ensino com atividades que possuam essas características? Por quê?

Bolsistas PIBID

Qual seu nome e sua idade? Você já lecionou Física no ensino médio, em escolas públicas? Qual sua experiência docente? Há quanto tempo você desenvolve atividades como bolsista do PIBID nessa escola?

Você já havia trabalhado, anteriormente, com propostas de ensino que envolvesse uma abordagem da Física com enfoque CTSA? Você já conhecia essa proposta de ensino em Ciências? Qual sua experiência com esse tipo de proposta de ensino? Em seu entendimento, quais as principais características de uma abordagem CTSA de conteúdos científicos escolares?

A sequência de ensino que foi trabalhada nas aulas de Física possui o tema “As Transformações de Energia Solar em Elétrica”. Você considera que o tema Energia, de forma geral, é relevante para o ensino de Física no ensino médio? Como o conteúdo relacionado a esse tema pode ser favorecido pela abordagem CTSA? Você utilizaria outras atividades (sequências de ensino) com

um enfoque CTSA? Por quê? Quais os principais obstáculos ou desafios para esse tipo de abordagem de ensino?

Em relação aos recursos utilizados (miniusina solar, textos, vídeos, seminários com apresentação de trabalhos dos grupos, demonstrações e aplicativos/simuladores, debates, produção de textos e de vídeo) nas atividades da sequência de ensino, quais deles você considera que foram mais relevantes (contribuíram mais) para o aprendizado dos alunos acerca dos conteúdos abordados como potência, eficiência, energia solar, semicondutores e efeito fotovoltaico? Quais deles contribuíram menos ou não contribuíram para tal?

Considerando ainda os aspectos relativos aos recursos didáticos empregados nas atividades da sequência, como você avalia as contribuições deles para a aprendizagem dos alunos, relacionados aos valores CTSA como os de formar cidadãos mais críticos, reflexivos e atuantes na sociedade e meio ambiente que vivem?

Você considera que o uso de sequências de ensino, como a que foi trabalhada nas aulas de Física, que associem os conceitos da Ciência com as Tecnologias atuais e seus impactos, na sociedade e meio ambiente, são relevantes para a formação escolar científica e cidadã dos alunos? Por quê?

Você considera que as atividades de avaliação propostas pela sequência de ensino (trabalho apresentado pelos grupos, debate/vídeo produzido, provas mensais de caráter mais dissertativo/conceitual e bimestral de caráter mais técnico/matemático), foram efetivas para uma averiguação da aprendizagem dos alunos, tanto dos conceitos físicos abordados como dos aspectos CTSA? De que maneira?

Se você for usar esta sequência de ensino em outra escola ou no próximo ano, que modificações você faria?

O uso da abordagem CTSA, por meio da sequência de ensino aplicada, contribuiu positivamente para sua formação docente? De que maneira? Quais aspectos da sequência você considera que são facilitadores para a prática docente? Quais deles não favoreceram a prática docente?

Apêndice H – Prova mensal da sequência de ensino

Parte I (conceitual)

1. Dois fabricantes, A e B, produzem placas fotovoltaicas com as seguintes especificações:

Fabricante	Área (m ²)	Eficiência (%)	Potência (W)
A	1,92	13,7	264
B	1,63	15,3	250

a) O que significa dizer que a placa A tenha eficiência de 13,7% e a placa B uma eficiência de 15,3%. O que define a eficiência das placas?

b) Explique como é possível a placa A, de menor eficiência, ter maior potência (em Watts) que a placa B.

c) O que é potência de um aparelho elétrico ou de um gerador de energia?

d) Um consumidor compra a placa B e instala numa casa na cidade de Januária (observe o mapa abaixo). Outro consumidor compra a placa A e instala em sua casa na região de Pouso Alegre. É possível que, ao final de um mês, o valor total de energia produzida pela placa B tenha sido maior do que o da placa A? Justifique.

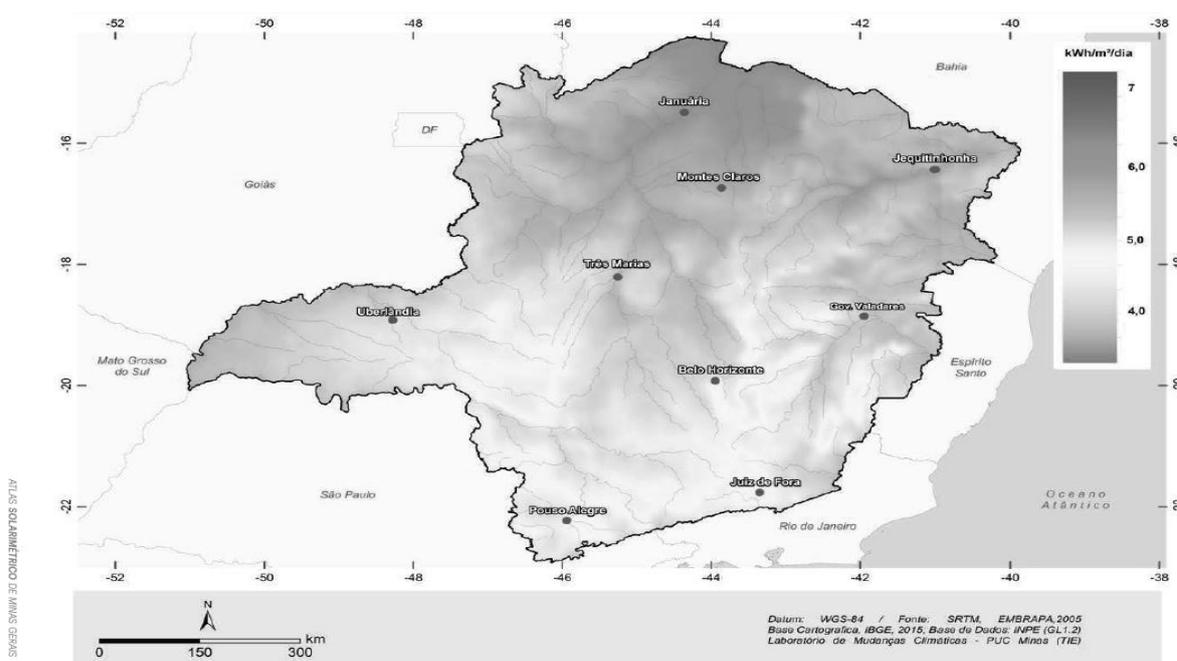


Figura 53. Radiação solar média diária anual.

2. Um conjunto de apartamentos (30 unidades) está em construção no bairro. Os futuros moradores fazem uma reunião e avaliam a possibilidade de usarem um financiamento para compra de um sistema solar fotovoltaico, que seria usado para suprir parte da energia elétrica do condomínio.

a) Quais os fatores que devem ser levados em consideração para saber a dimensão e viabilidade (quantas placas, qual custo, entre outros) deste sistema?

Faça um esboço do que devem fazer para obter uma estimativa do número de placas que precisam ser usadas para realizar tal projeto, ou seja, quais os passos necessários para um cálculo aproximado do número de placas (quais informações você precisa ter e o que fazer com elas).

Parte II (dissertação)

Governo de MG concede licença para instalação de usina de energia solar em Pirapora

A cidade de Pirapora, no Norte do Estado, está mais próxima de receber um parque de energia solar. Nesta segunda-feira (11), o Governo de Minas Gerais concedeu a licença de instalação da Usina Solatio Brasil Gestão de Projetos Solares Ltda. A liberação vai garantir um investimento de R\$6 bilhões por parte da empresa na instalação de todo o sistema de geração de energia fotovoltaica no Estado.

“Teremos ganhos para o Médio São Francisco em termos ambientais, com geração de energia alternativa em larga escala, compatível com o que é produzido pela Usina de Três Marias”, destaca Léo Silveira, prefeito de Pirapora, que destaca o ganho social da geração de emprego e renda para o município. “Temos também um ganho de arrecadação em ICMS para o Estado e em royalties para Pirapora, já que a usina atingirá 50% de todo o faturamento da atividade industrial do município”, ressaltou.

Essa foi a segunda etapa para a implantação do empreendimento. A primeira fase, de licença prévia, foi concedida em junho do ano passado. A próxima etapa para garantir a implantação da usina é obter a Licença de Operação, que neste caso trata da rede de distribuição.

O projeto de construção consiste na implantação de um parque solar fotovoltaico composto por 10 usinas de 30 MW cada, totalizando 300 MW; linha de transmissão de 9,2 km e 138 kV; área de manutenção de 0,6 ha e subestação de 1,5 há e 138 kV.

(<http://hojeemdia.com.br/horizontes/governo-de-mg-concede-licen%C3%A7a-para-instala%C3%A7%C3%A3o-de-usina-de-energia-solar-em-pirapora-1.397424><Acessado em 18 fev 2018>)

“O desafio de novas fontes de energia: a energia solar”

Suponha que após estudar alguns anos de Física e sobre fontes de energia convencionais e alternativas, você tenha se tornado especialista no assunto. Desta forma você foi convidado para fazer um breve discurso sobre “O desafio de novas fontes de energia: a energia solar” em um congresso internacional sobre energia (*International Meeting for Energy*). Escreva uma breve dissertação sobre o tema proposto com no mínimo 20 (vinte) e no máximo 30 (trinta) linhas que contenha breve introdução, desenvolvimento e conclusão.

Em sua dissertação você poderá apresentar vantagens e desvantagens da energia solar, poderá defender ou rejeitar seu uso, utilizando de argumentos científicos, em especial de conceitos fundamentais com potência, eficiência, etc (a introdução desses conceitos é fundamental para o convencimento dos outros participantes do *Meeting* e de quem lê sua dissertação).

Você também poderá apresentar um estudo de caso em um tema no qual você se considere mais preparado, tal como energia solar fotovoltaica, energia heliotérmica e energia solar para aquecimento. Também poderá tratar de usos específicos de energia solar, focando em aplicações em cidades, zona rural, população de baixa renda, usos em iluminação pública e energia de grande escala.

Em sua dissertação, obviamente será exigida o uso da norma culta da Língua Portuguesa e ela deverá ser escrita à caneta preta ou azul. Há no verso uma folha para rascunho.

Apêndice I – Sequência de ensino desenvolvida na pesquisa

Sequência de Ensino

As Transformações de Energia Solar em Energia Elétrica

Caro aluno,

O presente material corresponde a um conjunto de atividades de aprendizagem sobre a temática das Transformações de Energia Solar em Energia Elétrica, que aqui denominaremos de Sequência de Ensino.

Nessa sequência, vamos examinar as potencialidades e limitações de tecnologias hoje disponíveis para geração de energia elétrica a partir de luz solar. Trataremos do tema a nível local (seria um projeto destes viável em nossa escola ou em nossas casas? Quais seriam os custos e benefícios disso?) e a nível nacional (que implicações sociais, econômicas e ambientais poderia ter uma maior participação de energia solar na matriz de energia elétrica brasileira?).

A nível de conceitos, iremos revisitar conceitos de energia e potência, circuitos elétricos, voltagem, corrente e efeito joule. Iremos examinar fluxos de energia e examinar transformações de energia em dispositivos fotovoltaicos. Vamos entender como esses equipamentos transformam energia solar em energia elétrica. Para isso, vamos introduzir um pouco de física de semicondutores, os materiais que são usados para fabricação de LEDs e células fotovoltaicas.

Faremos atividades práticas, pesquisas, atividades individuais e em pequenos grupos. Os grupos serão sempre os mesmos, constituídos na primeira aula, com 4 alunos cada, em média.

Esperamos que este módulo permita a você um posicionamento consciente frente a problemas de ciência & tecnologia na sociedade contemporânea. Energia é um bem essencial para a vida e no funcionamento de dispositivos e aparelhos. Entender sobre energia e suas transformações é um requisito para a formação cidadã.

Este projeto pode ser um embrião de um projeto de financiamento e instalação de energia solar em nossa Escola. Vamos fazer parte desta história!

Todas as atividades desse caderno devem ser registradas e entregues ao professor ao final de cada aula ou em atividades programadas extraclasse.

Bons estudos!

Atividade 1: Explorando o Tema “Energia Solar Fotovoltaica”

Para iniciarmos a nossa conversa sobre um sistema fotovoltaico, vamos conhecer um protótipo de um sistema fotovoltaico, seus principais componentes e, logo em seguida, vamos discutir algumas questões sobre as possibilidades do uso dessa tecnologia.

Nesta aula, teremos um primeiro contato com um módulo didático que reproduz os dispositivos de uma instalação de energia fotovoltaica. Esta é uma miniusina de energia, ou seja, um dispositivo capaz de converter energia solar em elétrica, armazenar e disponibilizar esta energia para usos em dispositivos de baixa tensão e corrente contínua (Ex: carregar um celular, fazer funcionar um relógio ou um pequeno motor elétrico).

O professor fará uma breve apresentação dos equipamentos no pátio da escola e seu grupo deverá fazer uma síntese (relatório a ser entregue) do que foi visto e discutido.

As perguntas chave para o relatório são:

1. Quais os fatores que determinam a quantidade de energia elétrica que pode ser obtida pelo nosso painel fotovoltaico? Que evidências temos disso?
2. Em dias nublados este equipamento ainda funciona? Explique como.
3. A “miniusina solar” é composta por 3 equipamentos: o **painel fotovoltaico**, o **controlador de energia** e a **bateria**. Qual é o papel de cada um deles na operação da “miniusina”?
4. Você considera viável utilizar um equipamento como este para suprir **toda ou grande parte** da energia utilizada em uma residência ou mesmo em uma grande escola como a nossa? Justifique.

Atividade 2: AutoGeração de Energia Elétrica – Geração Distribuída

Dando continuidade, no Brasil, desde 2012, podemos gerar a nossa própria energia elétrica e “vender” seu excedente para o sistema nacional elétrico. A esse tipo de geração dá-se o nome de autoprodução de energia ou geração distribuída de energia.

O termo autoprodução remete ao fato de que cada consumidor (residencial, comercial ou industrial) pode gerar parte da energia que consome. Já o termo “distribuída” remete ao fato de que teremos nesse sistema um número muito grande de microusinas interligadas e próximas aos centros consumidores, em lugar de um modelo centralizado que funciona com poucas usinas de grande porte, distantes centenas ou milhares de quilômetros dos consumidores. Veja os vídeos:



Vídeo 1: Reportagem sobre a geração de energia distribuída

<https://www.youtube.com/watch?v=2jkyJoi-DZU> <Acessado em 22/05/17>



Vídeo 2: Reportagem: instalação de um sistema fotovoltaico numa escola pública

<http://g1.globo.com/minasgerais/triangulo-mineiro/noticia/2016/04/uso-de-energia-solar-gera-economia-de-r-20-mil-em-escola-de-uberlandia.html> <Acessado em 22/05/2017>

Pelo que podemos ver, em ambos os vídeos, existe uma possibilidade de você gerar sua própria energia elétrica, em sua casa ou escola.

Para podermos refletir um pouco sobre essa possibilidade e quais seus possíveis impactos na sua vida e das pessoas próximas a você, vamos agora discutir algumas questões.

Discuta em seu grupo e responda:

1. Será que em nossa escola é possível e viável desenvolver um projeto semelhante ao que foi desenvolvido na escola de Uberlândia? O que poderíamos fazer para isto?
2. Com os valores economizados na conta de energia da nossa escola, o que deveria e poderia ser feito, pensando na melhoria da escola e da qualidade do seu ensino?
3. A frase “em abril de 2015, quando o projeto foi instalado, o consumo caiu de 2.514 KWh para 402 KWh na conta de fevereiro deste ano” foi retirada da reportagem sobre a escola de Uberlândia. O que significa a unidade que aparece junto aos valores? Compare com os valores da sua escola (**veja os dados com o professor**).
4. A reportagem do Fantástico diz que a noite a energia vem da rede para a residência. É possível usar a energia gerada pelo sistema fotovoltaico, durante o dia, à noite? Caso positivo, explique como.

Atividade 3: Projetos de Energia Solar

Com seu grupo, você deverá fazer pesquisa sobre projetos de aproveitamento de energia solar. Cada grupo será responsável por um tipo de projeto. O grupo deve preparar um pequeno relatório com e uma breve apresentação (cerca de 10 min) para toda turma e professor. A apresentação e entrega dos trabalhos será no dia ____/____.

A apresentação será livre e o grupo poderá utilizar slides (PowerPoint), vídeos e/ou cartazes. Os temas que deverão ser abordados pelos grupos são:

- Grupo 1. Projeto fotovoltaico residencial;
- Grupo 2. Projeto fotovoltaico em comunidade rural sem acesso à rede elétrica;
- Grupo 3. Projeto fotovoltaico em construções esportivas;
- Grupo 4. Projeto fotovoltaico para iluminação pública (ruas, vias e avenidas);
- Grupo 5. Projeto de uma usina fotovoltaica de médio ou grande porte;
- Grupo 6. Projeto de uma usina heliotérmica (termossolar ou concentrada);
- Grupo 7. Projeto de energia solar para aquecimento de água.

Na apresentação e no relato escrito vocês deverão responder as seguintes questões:

1. Em que lugar o projeto está sendo implementado ou desenvolvido?
2. Qual o principal objetivo do projeto?
3. Qual a relevância do projeto em termos ambientais, econômicos e sociais?
4. Quais são os dados técnicos do projeto (potência do sistema, economia estimada de energia elétrica, entre outros)?

Atividade 4: Energia, Potência e Eficiência Energética

Para começar, discuta com seus colegas de grupo.

- O que significam as palavras energia, potência e eficiência energética?
- Existe alguma diferença entre potência e energia? E entre potência e eficiência?

Anote suas respostas em uma folha e se necessário recorra ao texto, a seguir. Não deixe de fazer também as questões ao final do texto.

Texto 1: Energia, Potência e Eficiência Energética

Na ciência, energia, potência e eficiência são conceitos mais precisos. Vejamos as diferenças entre eles.

Energia não é um conceito simples de definir. É uma quantidade física que está relacionada com a capacidade em produzir transformações, em realizar trabalho. Existem maneiras de calcular esta quantidade e ela se manifesta em muitas diferentes formas – movimento, eletricidade, calor, luz e muitas outras. O interessante é que essas formas de energia (cinética, elétrica, térmica, radiante, potencial química, potencial gravitacional e tantas outras) são interconvertíveis, ou seja, podem ser comparadas umas às outras e transformadas umas em outras. Outro ponto importante, é que a energia total é conservada nas transformações, ou seja, energia não pode ser criada do nada e não desaparece simplesmente. Ela se converte em outras formas de energia (algumas úteis, outras nem tanto).

Os diversos dispositivos que usamos são aparelhos de conversão de energia. No caso da placa fotovoltaica, ela é um dispositivo que converte energia luminosa em energia elétrica. Acontece que nem todo aparelho conversor é capaz de transformar toda energia disponível na forma de energia desejável.

No caso do painel fotovoltaico, a intenção é transformar toda energia radiante que recebemos do sol em eletricidade, mas não é isso que acontece. A imagem, a seguir, diz que a eficiência deste aparelho, aferida pelo INMETRO, é de 16%. Isso significa que apenas 16% da energia luminosa é convertida em energia elétrica. O que acontece com o restante? Bem, os outros 84% são desperdiçados na forma de calor (a placa se aquece e transfere continuamente calor ao ambiente). O calor gerado nas placas não é utilizado para nada. O ideal seria que a placa convertesse maior quantidade de energia em eletricidade e menos energia em calor. Boa parte das pesquisas nesta área consiste em buscar materiais e tecnologias mais eficientes.

Se formos a um dicionário (ou consultarmos a Wikipédia), vemos que eficiência é uma relação entre o esforço despendido em uma tarefa e os resultados obtidos. Na física e engenharia, este conceito é mais preciso. Falamos em eficiência energética (η) como sendo a relação entre a

energia útil obtida em uma conversão (normalmente designada por trabalho, símbolo W), e a energia total fornecida (símbolo E). Assim, temos:

$$\eta = \text{Energia Útil} / \text{Energia Total}$$

Mas, quanta energia o sol fornece para nossa placa?

Ora, isso depende de quanto tempo a placa ficar exposta ao Sol. Para comparar quantidades de energia fornecida ou utilizada por um aparelho (por exemplo, o consumo de um chuveiro elétrico), costumamos estabelecer um tempo padrão de comparação. O conceito de potência é exatamente isto, energia por tempo. Assim, a potência é a taxa de fornecimento (ou uso) de energia em um determinado intervalo de tempo. Temos:

$$P = \Delta E / \Delta t$$

Energia (Elétrica)		MÓDULO FOTOVOLTAICO
Fabricante	Marca	WE Brazil Schutten
Modelo		STP6-310/72
Mais eficiente		
Menos eficiente		
EFICIÊNCIA ENERGÉTICA (%)	16,0	
Área Externa do Módulo (m ²)	1,94	
Produção Média Mensal de Energia (kWh/mês)	38,75	
Potência nas condições Padrão (W)	310	
Requisitos de Avaliação de Conformidade para Sistemas e Equipamentos para Energia Fotovoltaica	Registro 005.797/2016	
Instruções de instalação e recomendações de uso, leia o Manual do aparelho.		
IMPORTANTE: A REMOÇÃO DESTA ETIQUETA ANTES DA VENDA ESTÁ EM DESACORDO COM O CÓDIGO DE DEFESA DO CONSUMIDOR		

(Acervo particular dos autores)

A unidade mais comum para cálculo de potência é o Watt (símbolo W). É muito comum também expressar o valor em múltiplos, como o quilowatt (kW ou $1000 W$). Um Watt é definido como um Joule (unidade padrão de energia) por segundo.

Veja na tabela, a seguir, a potência de alguns aparelhos elétricos de uma residência.

Aparelhos elétricos	Potência (W)
Chuveiro	5500
Ferro de passar roupa	1200
Lâmpada incandescente	60
Lâmpada fluorescente	15
Lâmpada de LED	7

(Elaborado pelos autores)

Pelo que foi dito acima, deduzimos que o Joule é a unidade de medida de energia. Acontece que um Joule é uma unidade muito pequena e, por isso, pouco utilizada para fins práticos. Para ter uma ideia, um Joule é a energia necessária para erguer uma massa de 100 gramas (peso de $1 N$) a uma altura de 1 metro. Algo como fazer um brinde com meio copo de cerveja. Muito pouco, não é mesmo?

Voltemos ao painel fotovoltaico. O Sol fornece uma quantidade de energia radiante que atinge a Terra com um valor que varia muito pouco ao longo de um ano, cerca de 1.350 Watt por metro quadrado, na parte mais alta da nossa atmosfera. No entanto, parte desta energia é absorvida pela

atmosfera, e temos então cerca de 1.000 Watt por metro quadrado (1000 W/m^2) que chega à nossa superfície, valor conhecido como constante solar. Este valor se refere ao Sol a pino, ou seja, com o Sol incidindo perpendicularmente sobre a superfície.

Pense e responda:

1. Consultando a tabela do texto 1, é possível que a lâmpada de LED tenha consumido, ao final do mês, mais energia do que o chuveiro? Será que o chuveiro é mais eficiente que a lâmpada incandescente?
2. Nas contas de energia, o valor consumido costuma ser expresso em outra unidade diferente do Joule, o quilowatt-hora (kWh). O que isso significa? Você saberia estimar o custo mensal de um banho diário de 15 min em um chuveiro que tem potência de 5000 W (5 kW), sabendo que 1 kWh custa cerca de R\$ 0,70?

Atividade 5: Energia, Potência e Eficiência: Examinado os Dados de uma Placa Fotovoltaica

Volte a consultar o selo da placa fotovoltaica fornecida no texto da atividade 4 e resolva as questões.

3. Considerando a área da placa, determine a potência solar máxima que atinge ela. (Dica: use o valor da constante solar)
4. Considerando a eficiência da placa, calcule potência elétrica máxima que ela é capaz de fornecer a um circuito.
5. De quais fatores irá depender a produção média de energia elétrica mensal desta placa, estimada pelo INMETRO como sendo de 38,75 kWh/mês?
6. Comparado com o consumo médio de energia da sua casa (procure saber em sua conta de energia qual é esse valor) ou da nossa escola (onde de acordo com os dados de 2015 esse valor é de aproximadamente 7500 kWh por mês), você acha que o valor obtido em 2 é razoável? Faça seus cálculos e argumente (Dica: 38,75 kWh por mês correspondem a 1,29 kWh por dia).

Atividade 6: O Sol como Fonte de Energia e os Processos Naturais e Tecnológicos na Terra

Para começo de conversa, vamos pensar:

- Quanta energia o Sol fornece para a Terra? De onde vem tanta energia? O que fazemos com ela?
- O que significa dizer que o Sol é fonte primária para a vida na Terra? O que isso tem a ver com crise energética?

Para responder a estas questões, vamos ver dois vídeos no YouTube feitos por pesquisadores e professores que atuam nestas áreas de pesquisa.



Vídeo 3: O Sol, da Série “ABC da Astronomia”, produzido pelo professor Walmir Cardoso, da PUC-SP. Neste vídeo, este professor fala sobre alguns dos nossos conhecimentos sobre a constituição do Sol.

<https://www.youtube.com/watch?v=ZEiJLhtkfGM> <Acessado em 05/08/2017>



Vídeo 4: O Sol, Fonte de Energia e Vida. Neste vídeo é mostrada a relação do Sol com alguns processos naturais fundamentais para a vida na Terra.

<https://www.youtube.com/watch?v=aR0mgGCIZKY> <Acessado em 20/08/17>

Em grupos, discuta com seus colegas e responda

2. Dentre os processos físicos naturais importantes para a vida em nosso planeta, que são dependentes do Sol, podemos citar a fotossíntese, o ciclo da água e a formação dos ventos na Terra. Explique a dependência de cada um desses processos com o Sol.
3. Qual a relação dos processos citados na questão anterior com fontes importantes de energia como combustíveis fósseis, biomassa e fontes de eletricidade (hidrelétricas e eólicas) que utilizamos em nosso dia-a-dia? Explique para cada caso citado.
4. O vídeo 2 diz que praticamente toda energia que mantém a vida na Terra é proveniente do Sol. Sabe-se ainda que a energia radiante do Sol que atinge a Terra é cerca de 10.000 vezes maior do que o consumo energético atual de toda humanidade. Ainda assim, temos crises de energia. Como se explica esse aparente paradoxo?

Vamos agora seguir os nossos estudos sobre um sistema fotovoltaico aprofundando um pouco mais a respeito do posicionamento mais adequado dos painéis solares num sistema. Mas, primeiro, vamos pensar:

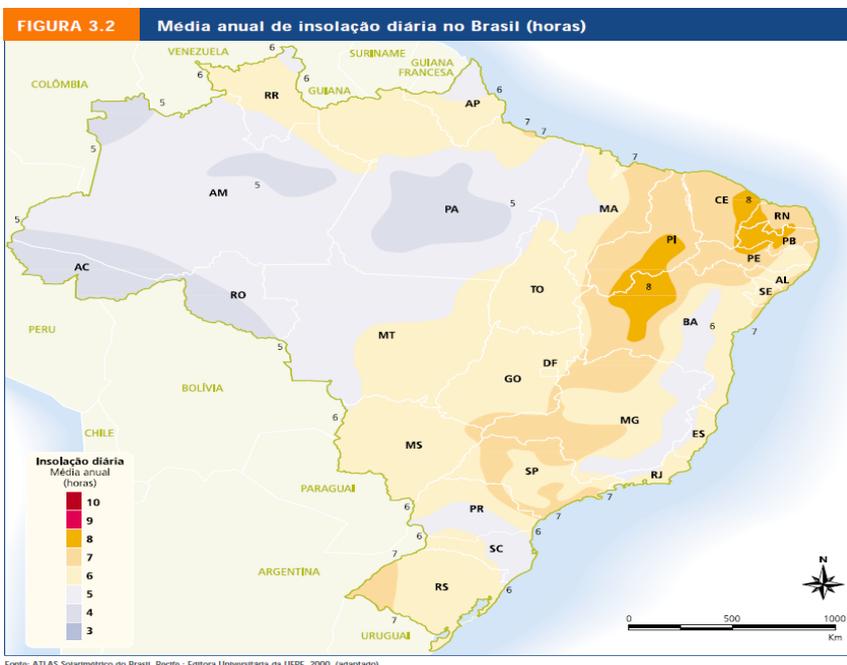
5. A radiação que chega a nossa cidade é sempre constante? Ela será sempre igual à constante solar? Qual seu valor médio?
6. O que significa a unidade usada para radiação solar média?

Leia o texto, a seguir, e responda com seus colegas as questões anteriores. Não se esqueça de entregar suas respostas ao professor.

Texto 2: Radiação Solar Média

O Instituto Nacional de Meteorologia faz medidas de insolação solar em estações meteorológicas distribuídas em várias regiões do País. Como há poucas estações, os dados são complementados

com medidas feitas por satélites (com menor precisão). Essas medidas são registradas em planilhas e geram médias diárias, anuais e mensais de insolação em uma dada localidade. Esses dados permitem fazer previsões da insolação diária média daquela localidade, permitindo construir gráficos como o de média anual, que reproduzimos abaixo:

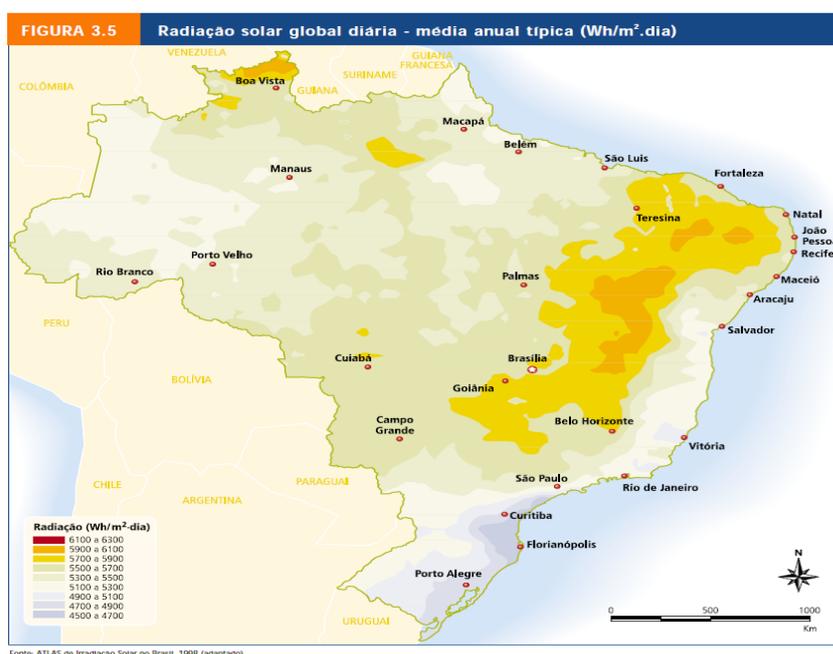


Consultando o mapa ao lado, quais valores de insolação média diária são estimados para Belo Horizonte, Florianópolis e Uberlândia? O que significam estes valores?

Você pode dizer, com razão, que Belo Horizonte certamente tem mais do que 6 horas diárias de sol. Mas, no início da manhã e no final da tarde, o Sol está baixo no horizonte. Nos meses de inverno, apesar de termos poucas nuvens, mesmo ao meio dia o Sol

também passa mais baixo no horizonte, aquecendo menos a superfície da Terra e incidindo menor quantidade de energia se uma placa fotovoltaica for colocada no solo. Além disso, no inverno, os dias mais curtos...

O valor de radiação solar média é na verdade uma medida de potência solar que é então convertida em número de horas equivalente de radiação com Sol a pino e céu sem nuvens. Assim, dizer que Belo Horizonte tem cerca de 6 horas de insolação média é o mesmo a dizer que a



potência média por metro quadrado de solo durante todos os dias do ano, equivale à 6 horas (na verdade, um pouco menos do que isso) de sol a pino. É claro que em alguns meses e dias do ano, teremos valores muito inferiores a este, outros meses, muito superior.

O mapa, ao lado, indica as médias anuais por localidade de potência solar diária.

Lembrando que a constante solar é de 1000 W/m^2 (potência solar por metro quadrado e sol a pino) e considerando que Belo Horizonte tem em média uma insolação equivalente a 6 horas de sol a pino, qual seria a média da energia total recebida em BH ao longo de um dia?

A conta seria de $1000 \text{ W/m}^2 \times 6 \text{ horas/dia} = 6.000 \text{ Wh /m}^2.\text{dia}$, ou seja, 6.000W por dia por cada metro quadrado. Veja que o gráfico 2 é mais preciso que o primeiro e nos dá valores entre 5.500 e 5.900 $\text{Wh/m}^2.\text{dia}$ (por baixo, vamos trabalhar com $5,5 \text{ kW/m}^2.\text{dia}$).

Guarde este valor, vamos precisar dele para projetar o sistema fotovoltaico a instalar em nossa escola.

Atividade 7: Seguindo o Sol – Como Posicionar as Placas Fotovoltaicas?

Para aproveitar ao máximo o Sol precisamos saber como é o caminho aparente do Sol durante o dia, de modo a apontar as placas fotovoltaicas para o local certo, ou para a melhor direção possível.

Sabemos que o Sol nasce a leste e se põe a oeste, mas não é assim tão simples... A posição do nascer e ocaso (Sol se pondo) do Sol e também o caminho aparente que ele traça no céu varia ao longo do ano, conforme as estações. Você deve saber disso: em sua casa não há lugares que ficam com sombra em uma época do ano e ensolarado em outra?

O caminho aparente do Sol também pode variar de lugar para lugar, dependendo da latitude. Para entendermos melhor isso e como posicionar as placas de um sistema fotovoltaico, vamos trabalhar com o aplicativo “*suncalc.net*” (cálculo da trajetória do Sol para diferentes localidades e datas) e um modelo tridimensional para o caminho do Sol no céu.

Parte I: Explorando um aplicativo

1. Acesse o site www.suncalc.net
2. Coloque na localidade (localization): City of Belo Horizonte, Minas Gerais, Brazil.
3. Modifique as datas no calendário, incluindo as datas que marcam o início das estações do ano (solstício de verão e de inverno – 22/12 e 23/06 – e equinócios de outono e primavera (21/03 e 21/09). Anote o que observou (duração do dia e por onde passa o Sol).
4. Coloque outras cidades ou localidades, usando o mouse sobre o mapa. Veja o que muda quando vamos para altas latitudes no Hemisfério Sul ou no Hemisfério Norte.
5. Como você explica as mudanças da passagem do Sol pelo céu?

Parte II: Um modelo tridimensional para o caminho do Sol no céu

Com ajuda de seu professor e com as folhas impressas em cartão, faça com seu grupo o modelo que indica o caminho do Sol no céu em Belo Horizonte para o solstício de verão, solstício de

inverno e equinócios (de outono e primavera). Esse modelo, assim como vários outros relacionados à Astronomia, pode ser encontrado no link <https://sites.google.com/site/astrocultura/diaenoite>.

Pense e responda

Onde posicionar as placas fotovoltaicas?

1. Discuta com seu grupo: em que posição você colocaria as placas fotovoltaicas, supondo que está em Belo Horizonte, em um terreno plano e sem sombras? Para onde as placas deveriam apontar de forma a termos o melhor aproveitamento da energia solar?
2. Verifique na sua escola qual seria o local mais apropriado para a instalação dos painéis. Lembre-se de considerar a orientação geográfica e se o local não tem sombras de muros ou prédios durante o dia. Consulte o *Google Maps* para saber a orientação geográfica do prédio da escola. Para tal, clique com o botão direito do mouse no local indicado no mapa e clique em “O que há aqui?”. Dessa forma as coordenadas aparecerão no canto inferior da tela.
3. Explore também outras simulações de dias e noites e estações do ano:

O site do *Nebraska AstronomyLab* (Laboratório Virtual de Astronomia da Universidade de Nebraska, EUA) têm vários simuladores, entre eles o de estações do ano (*Seasons-Ecliptic*) e o “céu que gira” (*The rotating sky*), que permite ver o movimento aparente de estrelas durante a noite de diferentes latitudes e datas.

http://astro.unl.edu/naap/motion1/animations/seasons_ecliptic.html

http://astro.unl.edu/naap/motion2/animations/ce_hc.html

Atividade 8 – Dimensionando um Projeto de Energia Solar para a EE Três Poderes

Parte I: Estimando alguns valores para o nosso sistema fotovoltaico

Energia (Elétrica)		MÓDULO FOTOVOLTAICO
Fabricante		WE Brazil
Marca		Schutten
Modelo		STP6-310/72
Mais eficiente		
Menos eficiente		
EFICIÊNCIA ENERGÉTICA (%)		16,0
Área Externa do Módulo (m ²)		1,94
Produção Média Mensal de Energia (kWh/mês)		38,75
Potência nas condições Padrão (W)		310
Requisitos de Avaliação de Conformidade para Sistemas e Equipamentos para Energia Fotovoltaica		Registro 005 797/2016
Instruções de instalação e recomendações de uso, leia o Manual do aparelho		
	PROGRAMA NACIONAL DE CONSERVAÇÃO DE ENERGIA ELÉTRICA	
IMPORTANTE: A REMOÇÃO DESTA ETIQUETA ANTES DA VENDA ESTÁ EM DESACORDO COM O CÓDIGO DE DEFESA DO CONSUMIDOR		

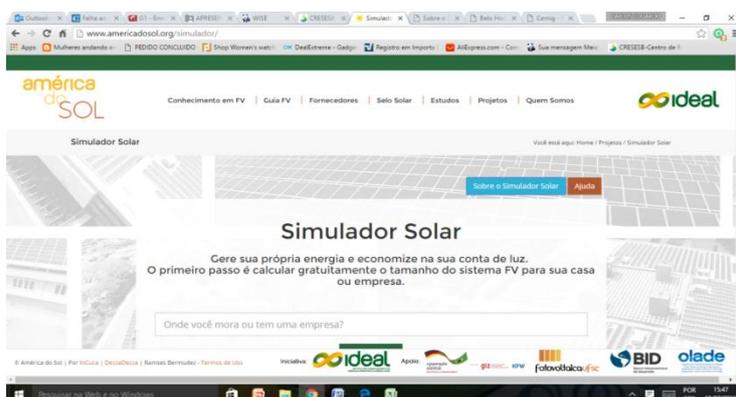
Considere que, para o projeto de Energia Solar na Escola, iremos utilizar a placa fotovoltaica que tem os dados técnicos reproduzidos na figura ao lado (selo do INMETRO).

Para tal, em seu grupo, responda as seguintes questões, com base nas características técnicas apresentadas. Prepare-se para apresentar seus resultados e discutir qual é a melhor solução para o problema com toda a classe.

(Acervo particular dos autores)

1. Consultando a conta de energia elétrica da nossa escola (*colocar abaixo*), determine qual será o consumo médio de energia por dia (kWh/dia) dela.
2. Uma informação importante: O valor de potência da placa fotovoltaica medido pelo INMETRO corresponde às condições padrão, em que o equipamento é instalado em um laboratório climatizado com temperatura constante de 25°C. No entanto, em condições normais, as placas colocadas ao Sol atingem temperaturas muito mais altas, com perda de cerca de 20% em seu rendimento (ou eficiência). Assim, os valores de potência e energia fornecidos pela placa devem ser multiplicados por um fator 0,80. Explique a razão desse procedimento.
3. Com os dados fornecidos, determine o número de placas fotovoltaicas, como aquela do selo do INMETRO, necessárias para as necessidades de consumo da escola. Mostre seus cálculos e explique o que vocês consideraram para o resultado apresentado.

Parte II: Usando um simulador fotovoltaico



Ainda utilizando os dados da conta de luz da nossa escola, vamos fazer uma estimativa do quanto de energia um sistema fotovoltaico precisaria gerar para conseguir suprir a nossa demanda elétrica. Para isso, entre no link, a seguir, e faça uma simulação de um possível sistema para a escola.

<http://www.americadosol.org/simulador/>

Para iniciar, você deverá colocar sua localização (cidade) e tipo de consumidor que consta na conta de energia (mono, bi ou trifásico). Daí, você irá acrescentar os dados, relativos ao consumo de energia elétrica, contidos na conta de luz da escola.

Com base no simulador, responda:

1. Qual a o valor e a unidade de potência que aparece no simulador para o seu sistema? O que representa essa unidade?
2. Qual é a área média ocupada pelo seu sistema fotovoltaico, de acordo com a simulação? Será que em sua casa você conseguiria ter essa área disponível numa localização adequada para o sistema? Onde?
3. Qual será a provável economia de energia elétrica anual, pela sua casa, de acordo com o simulador? Isso representaria, aproximadamente, quanto em termos financeiros? (Dica: considerar o preço do kWh da conta de energia)
4. Qual a melhor inclinação para os painéis, de acordo com o simulador?

Atividade 9 – LEDs: Uma Opção para a Geração Fotovoltaica?

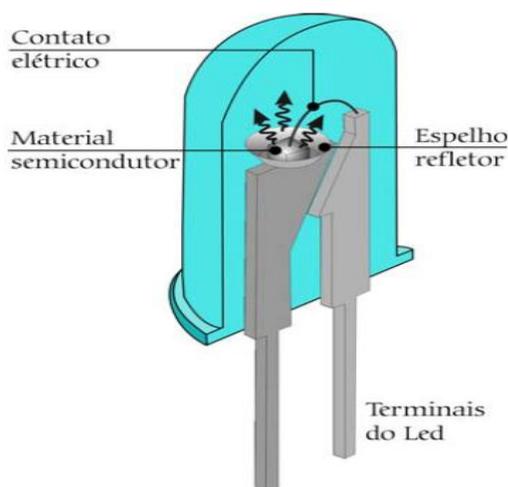
Assim como as células solares, os LEDs são compostos pela junção de dois semicondutores, um tipo P (possui falta de elétrons; também podemos dizer que possui excesso de lacunas ou buracos) e outro tipo N (possui excesso de elétrons).

Para clarear como um semicondutor tipo P ou tipo N são feitos, veja o vídeo, a seguir.



Vídeo 5: Os semicondutores tipos P e N.

<https://www.youtube.com/watch?v=-ZBZ3qZ7hOM&t=6s> <Acessado em 27/05/2017>



O LED (sigla em inglês para Diodo Emissor de Luz), aquela “pequena lâmpada” que você encontra em aparelhos de controle remoto e televisões, quando percorrido por uma pequena corrente elétrica (sempre no mesmo sentido), emite uma luz de cor bem definida (essa cor depende da concentração ou do tipo de átomo que é misturado ao semicondutor que é feito o LED para transformá-lo nos tipos P ou N). A figura, ao lado, nos mostra o esquema geral de um LED.

Fonte: <http://www.sbfisica.org.br/fne/Vol9/Num1/led.pdf>

De posse de LEDs de cores diferentes (vermelho, azul e branco) e associando alguns do mesmo tipo (brancos de alto brilho), em série e/ou paralelo, seu professor irá lhe mostrar que um LED também pode funcionar como uma célula solar e o conjunto deles como um painel fotovoltaico.

Vamos fazer alguns testes com o multímetro (tensão e corrente elétrica geradas pelos LEDs, quando atingidos por luz solar ou por uma lâmpada incandescente) e tentar ligar pequenos dispositivos (relógios, calculadoras...) na nossa placa alternativa.

Após os testes, em grupos, responda

(Lembre-se de entregar suas respostas ao professor)

3. Por que um LED é tão eficiente em converter energia elétrica em luz e não o contrário, transformar “luz” em energia elétrica?

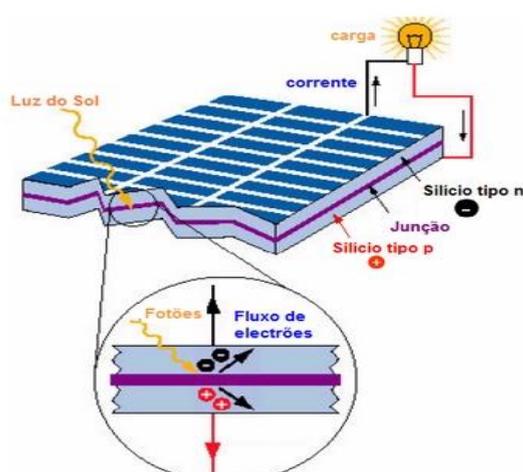
4. O espectro de cores que compõe a luz solar (luz branca) são as cores do arco-íris e cada cor possui um valor específico correspondente de energia. Qual LED (vermelho, azul ou branco) seria mais indicado para termos o maior aproveitamento da energia solar para geração de energia fotovoltaica? Explique.

Atividade 10: A Célula Solar – Entendendo o Efeito Fotovoltaico

Para realizar essa atividade você deverá lembrar dos conceitos abordados na aula sobre o efeito fotovoltaico e semicondutores, onde foi feita a atividade sobre LEDs. O texto que se segue irá auxiliá-lo nessa tarefa. Ao final entregue suas respostas ao professor.

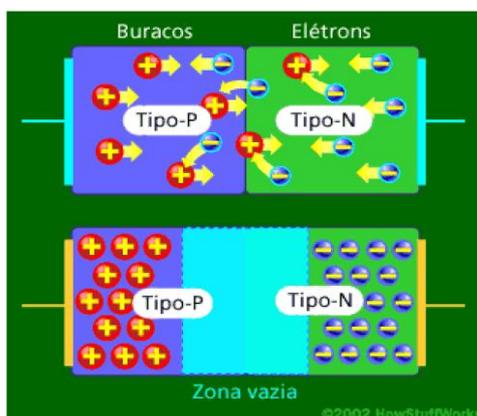
Texto 3: As Células Solares e o Efeito Fotovoltaico

Sabemos que um painel fotovoltaico é constituído pela junção de semicondutores tipo P e tipo N, transformando energia solar diretamente em energia elétrica, através do efeito fotovoltaico (veja a figura abaixo).



<http://energiainteligenteuffj.com/como-funciona/energia-solar-fotovoltaica/>

os isolantes mais que 4 elétrons na banda de valência (sendo eles mais fortemente ligados ao núcleo do átomo). Os dois principais semicondutores existentes são o Germânio e o Silício, sendo esse último o mais comum para a construção de painéis fotovoltaicos.



Ao se unir as duas camadas de semicondutores se têm um movimento inicial de elétrons livres e buracos (veja a figura ao lado), de uma camada para outra, que se reorganizam. Isso dá origem a uma região denominada região de depleção (zona vazia), como mostrado na figura, criando-se uma barreira de potencial elétrico na junção. Mas, por que não são todos os elétrons e buracos que se recombinam?

Na recombinação entre os elétrons e buracos, a partir de certo momento, cria-se um campo elétrico na região da

junção que passa a impedir que mais elétrons passem da região N para P. Nessa região passamos a ter uma barreira de potencial elétrico que atua como uma montanha, na qual os elétrons do lado P estão mais próximos do alto, possuindo maior facilidade em descer, em direção a N. Porém, os elétrons de N estão no pé da montanha e não conseguem escalá-la, em direção a P.

Quando a luz atinge a junção PN, com uma determinada energia, ela ioniza os átomos, liberando elétrons e criando novos pares de elétrons-buracos. Estes novos elétrons que absorveram energia da luz solar conseguem superar a barreira de potencial, indo para N. Já os buracos vão em direção a P. A isto se dá o nome de **efeito fotovoltaico** e causa uma maior interrupção da neutralidade elétrica. Se fornecermos um caminho externo para a corrente, os elétrons fluirão através do caminho para o lado P e os buracos irão, pelo caminho externo, para o lado N, como mostra a primeira figura desse texto. Dessa forma temos uma corrente elétrica contínua no circuito formado.

Pense e responda

1. Nas frases que se seguem, complete as lacunas.

Bandas de Energia



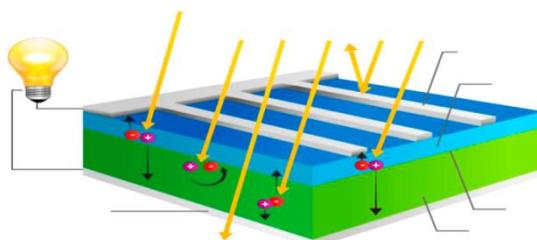
- a) isolante b) condutor c) semiconductor

<https://www.resumoescolar.com.br/fisica/condutores-isolantes-e-semicondutores/>

A) A figura ao lado nos mostra as bandas de energia para um _____, um _____ e um _____. Para um elétron passar da banda de _____ para a de _____ (onde temos a corrente elétrica) ele deve ganhar certa _____ para superar a banda de _____. Quanto _____ for a banda proibida, _____ condutor o material será.

B) Podemos fazer uma analogia entre uma pilha comum e uma célula solar. Em ambas temos uma região com concentração de carga _____ e outra com concentração de carga _____, algo que gera uma _____ de potencial _____ entre as regiões. Na pilha o que deixa as regiões separadas é uma substância _____, já na célula é a região _____ criada na junção PN. Portanto, para que possamos usar a _____ contida na pilha (ou na célula) devemos criar um caminho para a _____ elétrica que será _____ no circuito.

2. Observe a figura e complete-a, indicando: as regiões da junção PN; as camadas tipo P e tipo N; os contatos metálicos da célula; onde ocorre o efeito fotovoltaico e qual o sentido da corrente no circuito.



<http://www.strombrasil.com.br/efeito-fotovoltaico/>

Atividade 11: Conhecendo a nossa Matriz Elétrica

Nesta atividade, vamos conhecer um pouco melhor a matriz elétrica do Brasil, as nossas principais fontes de eletricidade e o nosso potencial elétrico.

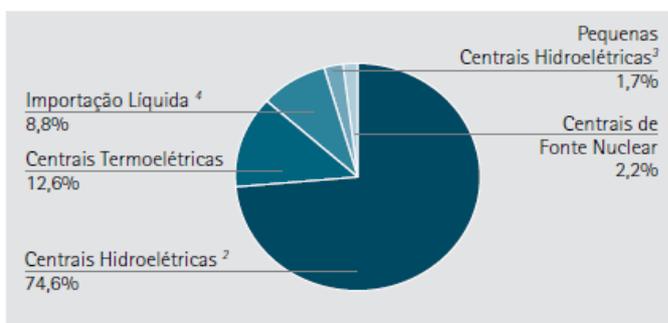
Para começarmos, discuta e responda com seus colegas de grupo as questões que se seguem. Ao final, entregue suas respostas ao professor. (Veja os vídeos 6 e 7 e leia o texto 4)

1. Atualmente, quais são as principais fontes de energia elétrica do Brasil? Comparado com o mundo, temos uma matriz elétrica mais renovável e limpa?
2. Comparando os gráficos do BEN, anos bases de 2005 e 2015, houve mudanças significativas na nossa matriz elétrica? Quais?
3. Quais fatores podem determinar as fontes de energia a serem utilizadas por um país? Será possível que tenhamos somente um tipo de fonte de energia elétrica? Explique.
4. O Brasil possui um grande potencial hídrico e também uma alta taxa de insolação diária média. Cite as vantagens e desvantagens em se ter hidrelétricas e/ou usinas fotovoltaicas, tanto em termos ambientais como sociais e econômicos.

Texto 4: A Matriz Elétrica do Brasil e o Cenário Mundial

Toda forma de geração de energia elétrica possui pontos positivos e pontos negativos, tanto em termos sociais, ambientais como econômicos. Esses pontos devem ser avaliados de forma que se tenha, ao final, o melhor custo-benefício, a médio e longo prazo, de maneira que se possa decidir pelo melhor investimento.

Historicamente, devido à grande disponibilidade de recursos hídricos, o Brasil optou por um sistema de energia elétrica pautado, basicamente, na construção e uso de usinas hidrelétricas, tanto as de grande porte como, por exemplo, Itaipu, no Sul do país, cuja potência instalada é de 14.000 MW (esse de tipo de hidrelétrica é conhecida como usina com reservatório de regularização, sendo que elas podem armazenar grande quantidade de água, na época das cheias dos rios, sendo sua produção mais constante) como as usinas de fio d'água (usinas que não contêm grandes reservatórios e não produzem de maneira constante, elas oscilam muito a produção, em função de condições climáticas). Os gráficos abaixo nos mostram as principais fontes de energia elétrica utilizadas pelo Brasil, nos anos de 2005 e 2015.



¹ Inclui centrais elétricas autoprodutoras.

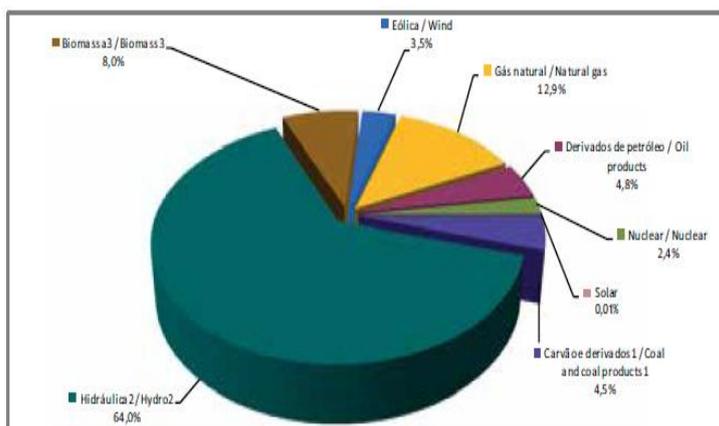
² Centrais hidroelétricas são aquelas com potência superior a 30 MW.

³ Pequenas centrais hidroelétricas são aquelas com potência igual ou inferior a 30 MW.

⁴ A importação inclui a parcela paraguaia de Itaipu.

No gráfico do BEN (Balanço Energético Nacional) de 2006, ao lado, temos a oferta interna de energia elétrica, por fonte, para o Brasil no ano de 2005. O total ofertado naquele ano foi de 442,0 TWh, incluindo autoprodução e importação.

(BEN 2006, ano base 2005 – EPE/Ministério de Minas e Energia)



Notas/ Notes:

¹ Inclui gás de coqueria/ Includes coke oven gas

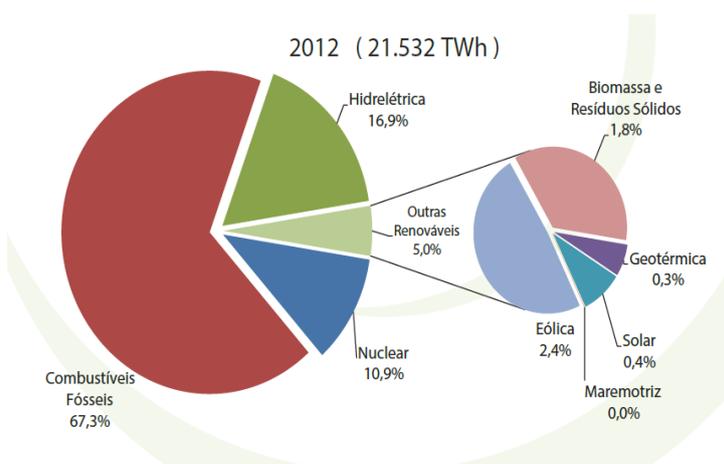
² Inclui importação de eletricidade/ Includes electricity imports

³ Inclui lenha, bagaço de cana, lixívia e outras recuperações/ Includes firewood, sugarcane bagasse, black-liquor and other primary sources

Segundo o gráfico ao lado, do BEN de 2016, são apresentadas as principais fontes de energia elétrica do Brasil, em 2015, incluindo importação e autoprodução. O total ofertado naquele ano foi de 615,9 TWh.

(BEN 2016, ano base 2015 – EPE/Ministério de Minas e Energia)

Ainda hoje, segundo dados do Anuário Estatístico de Energia Elétrica, ano 2016, do Ministério de Minas e Energia (MME) do Brasil, o nosso país é o segundo maior produtor de energia elétrica do mundo, por meio do uso de hidrelétricas, só perdendo para a China (em 2012, a geração hidrelétrica da China correspondeu a 23,5% do valor mundial, enquanto que o Brasil foi responsável por 11,3% dessa geração).



Em termos mundiais, o gráfico que se segue nos fornece um panorama da geração de energia elétrica por fonte, no ano de 2012.

Fonte: U.S Energy Information Administration, Elaboração EPE, 2016.

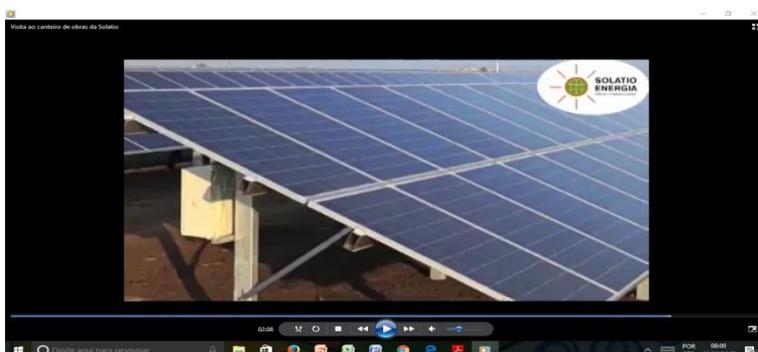
Em relação ao uso de energia solar para transformação direta em energia elétrica, através de painéis fotovoltaicos, estamos ainda engatinhando, mesmo com o vasto potencial que temos, devido a posição geográfica privilegiada do nosso país que nos propicia grande quantidade de radiação solar diariamente. Segundo dados da Empresa de Pesquisa Energética do Brasil (EPE), no panorama mundial do ano de 2012, nós nem mesmo aparecíamos no ranking mundial como um país que faz uso de energia fotovoltaica. Contudo, assim como somos um país com grandes recursos hídricos, ainda hoje, mesmo após tantos e graves problemas ambientais que vivemos e continuamos a viver, também temos um grande potencial solar.

(Elaborado pelos autores)



Vídeo 6: Construção da hidrelétrica de Belo Monte – Esse vídeo é institucional e nele são mostrados apenas aspectos positivos desse empreendimento.

<https://www.youtube.com/watch?v=TJTLBnhKjUM> <Acessado em 09/06/2017>



Vídeo 5: Construção de uma usina fotovoltaica na cidade de Pirapora – Nesse vídeo institucional são mostrados apenas os aspectos positivos do empreendimento.

<https://www.youtube.com/watch?v=qJl2BL8bL2M> <Acessado em 09/06/2017>

Para aprender mais

Vários fatores devem ser levados em consideração quando do dimensionamento de um sistema elétrico, sendo um desses fatores o horário de pico ou horário de ponta (horário onde se consome mais energia elétrica, estando, no nosso caso, entre 18 e 21 horas), fundamental para que o sistema atinja o seu objetivo principal, o de manter todos os consumidores abastecidos.

Outro fator importante é que o armazenamento de energia elétrica é algo extremamente complexo, dispendioso e ineficiente para os meios atuais, sendo feito basicamente por meio de baterias. Dessa forma, a energia necessária a ser disponibilizada para os consumidores, embora possua variações ao longo do dia, está relacionada diretamente com o horário de pico.

Segundo o Operador Nacional do Sistema Elétrico (ONS) e a ANEEL, o horário brasileiro de verão (que se inicia normalmente no mês de Outubro), reduz a demanda de energia elétrica do horário de pico. No entanto, nesse período, as nossas usinas termoeletricas são mais acionadas, devido os baixos níveis dos reservatórios de água das hidrelétricas, nossa principal fonte de energia elétrica, que sofrem com a estiagem de chuvas no inverno e primavera.

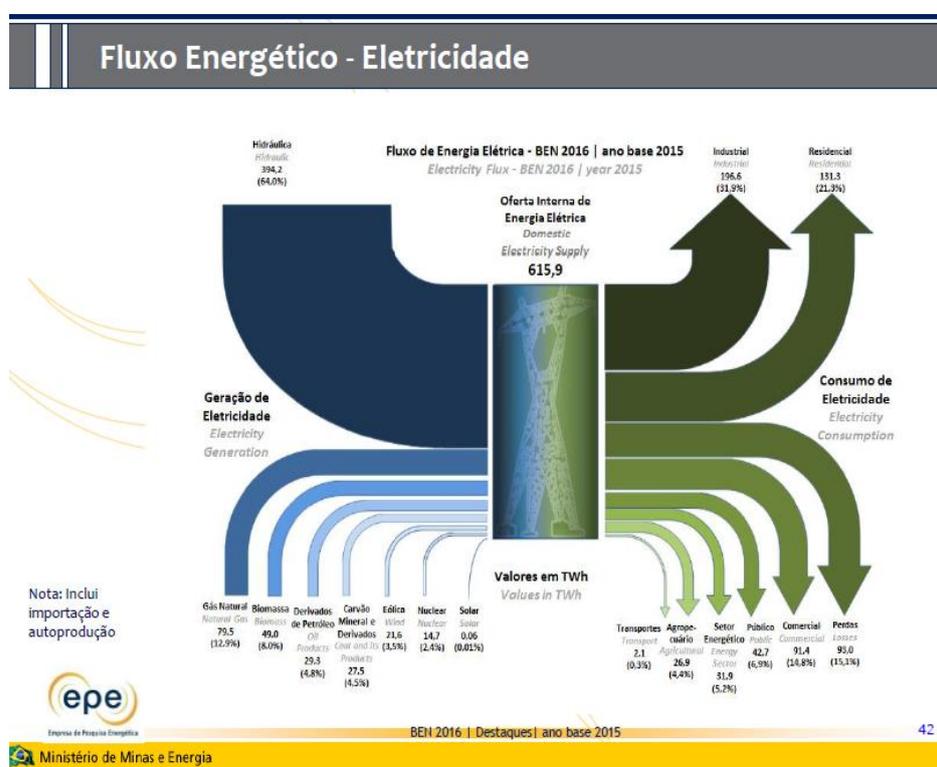
1. O uso sistemático de painéis fotovoltaicos pode contribuir para a demanda de energia elétrica no horário de ponta (de pico)? Isso pode ser mais efetivo no horário brasileiro de verão? Explique.
2. Como o uso de painéis solares pode reduzir impactos negativos no meio ambiente durante o nosso horário de verão? (Pense em termos do uso de termoeletricas)

Atividade 12: Os Usos e os Caminhos da nossa Eletricidade

Para iniciarmos essa atividade, em grupo, consulte os mapas e o diagrama, ao final das questões, e responda: (Não deixe de entregar suas respostas ao professor)

1. Você sabe de onde vem a energia elétrica que você consome em sua casa ou escola? Será que ela vem sempre do mesmo local de geração? Explique.
2. Que usos são feitos da energia elétrica gerada em nosso país? Será que o uso em nossas casas é significativo, comparado com o uso por indústrias e comércio?
3. Na geração, transmissão e distribuição de energia elétrica têm-se perdas significativas de energia elétrica. Como o uso de sistemas fotovoltaicos distribuídos pode reduzir o desperdício energético na geração, transmissão e distribuição da energia elétrica? Quais impactos sociais, econômicos e ambientais isso poderia trazer para o Brasil?
4. De que forma o uso de sistemas fotovoltaicos distribuídos, como o que estimamos para a nossa escola, poderia auxiliar o sistema elétrico brasileiro, minimizando a escassez de eletricidade em certas regiões, em certas épocas do ano?

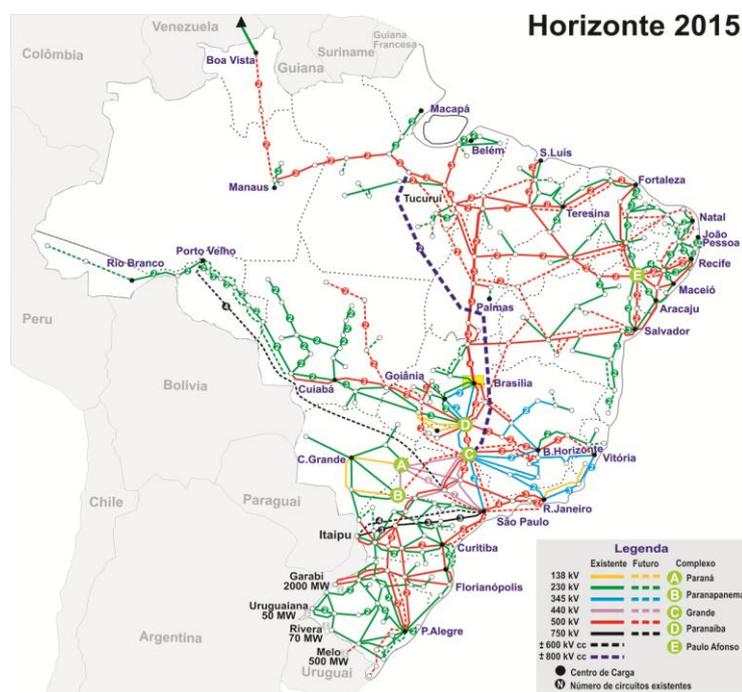
A imagem que se segue nos mostra o fluxo de energia elétrica em nosso país, no ano de 2015. Do lado esquerdo temos a quantidade de energia elétrica gerada e do lado direito temos a forma como essa energia é consumida. Podemos ver que cerca de 15% da energia gerada em nosso país é desperdiçada de alguma forma.



Já os mapas que se seguirão nos fornecem uma visão geral do sistema elétrico interligado do Brasil e o fluxo médio de energia elétrica entre as regiões do país, ambos no ano de 2015.

Desde 1998, o Operador Nacional do Sistema Elétrico é o órgão responsável pela coordenação e controle da operação das instalações de geração e transmissão de energia elétrica no Sistema Interligado Nacional e pelo planejamento da operação dos sistemas isolados do país, sob a fiscalização e regulação da (ANEEL). A partir dele podemos ver que fazer com que não haja falta

de energia elétrica numa certa região é algo bastante complexo e que requer muitos investimentos e trabalho árduo de inúmeros profissionais.



(Fonte: http://www.ons.org.br/institucional/o_que_e_o_ons.aspx)

Figura 2.1 Intercâmbio de Energia elétrica entre as regiões do SIN em 2015 (MW médio)
2015 Total Energy Interchange by region (average MW)

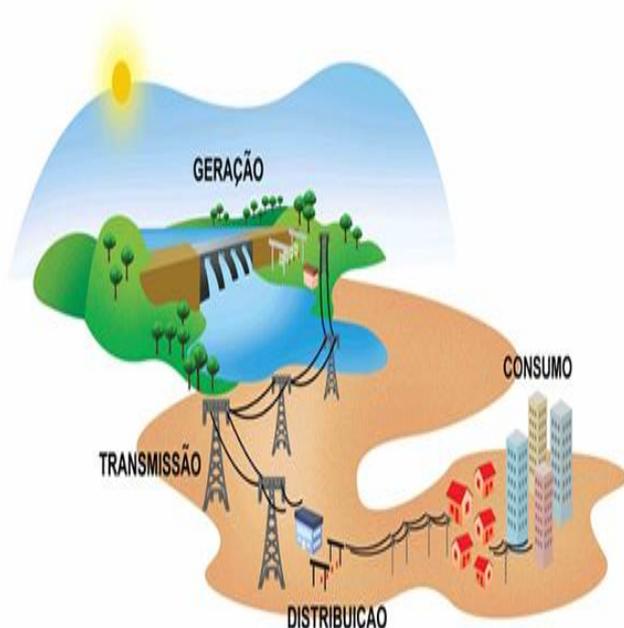


(Fonte: BEN, Anuário Estatístico de Energia Elétrica 2016)

O mapa ao lado nos fornece o intercâmbio de energia elétrica entre as regiões do Brasil, no ano de 2015, incluindo a importação de energia de outros países, sobretudo do Paraguai (parte de Itaipu pertence a este país). Podemos ver que o Centro-Oeste e o Nordeste são as regiões que mais importam energia elétrica. Fato que pode ser compreendido em função da grande dependência de hidrelétricas que o país possui. Também podemos perceber um grande fluxo vindo da região Sul, isso devido às termelétricas existentes nessa região, sendo mais exigidas em épocas de estiagem de chuva nas regiões que possuem grandes hidrelétricas.

Para aprender mais

Você sabe a diferença entre linhas de transmissão e de distribuição de energia elétrica?



O mapa HORIZONTE 2015, deste exercício, nos mostra as principais linhas de transmissão de energia que interligam o nosso país. Essas linhas se caracterizam por levarem energia elétrica, sob alta tensão, das usinas de geração até subestações e locais de consumo, como mostra a figura ao lado. As linhas de transmissão são, em sua maioria, de tensão alternada. No entanto, elas podem ser também de tensão contínua. Já as linhas de distribuição, que são aquelas que se conectam diretamente aos consumidores, vindas normalmente de subestações, transportam energia por meio de tensão elétrica mais baixa.

<http://www.canaldoengenheiro.com/geracao-transmissao-e-distribuicao-eletrica/>

1. Ao transportar energia elétrica pelos cabos elétricos tem-se, por efeito Joule, perda de energia elétrica. Por que as linhas de transmissão transportam energia com valores de tensão muito maiores que nas redes de distribuição?
2. Pesquise as vantagens e desvantagens em se utilizar tensão alternada e contínua na transmissão e distribuição de energia elétrica.

Atividade 13: Eletricidade, Política e Sociedade

Texto 5: Energia Elétrica, um Bem Social?

A energia é uma grandeza especial que pode se manifestar numa grande variedade de formas (se transformando de uma forma em outra), mas tendo sua quantidade total sempre conservada num fenômeno ou processo. O fato da energia total sempre se conservar, poderia nos levar a acreditar que não precisamos “economizar” energia. Ocorre, porém, que existe um limite para nossa capacidade de controlar as transformações de energia, de maneira a obter a energia necessária para fazer funcionar máquinas ou sistemas utilizados nas atividades humanas.

Atualmente, a manifestação da energia que podemos controlar mais facilmente é a energia elétrica. Existem várias fontes para essa forma tão especial de energia (a partir da força dos ventos, marés, energia solar, força das águas, geotérmica, derivados de petróleo, biomassa, nuclear, entre outros). No caso brasileiro, a obtenção de energia elétrica é feita, predominantemente, por meio de usinas hidrelétricas.

Todos nós, todos os dias, necessitamos de uma forma muito especial de energia, a eletricidade. Seja para acionarmos eletrodomésticos e eletroeletrônicos, no comércio ou na indústria para produção dos bens de consumo. Podemos dizer que a energia elétrica é um bem imprescindível para a nossa sociedade, para a dignidade humana. Portanto, é fundamental que tenhamos um planejamento e um controle efetivo sobre o nosso sistema elétrico, de forma que não corramos o risco da falta dessa forma de energia.

Durante os anos de 2001 e 2002, no governo do então Presidente Fernando Henrique Cardoso (1995-2003), pelo PSDB, o Brasil viveu uma grave crise elétrica. Essa crise ficou conhecida como “Apagão” e os brasileiros, sobretudo os consumidores comuns (residenciais), tiveram que racionar energia elétrica de forma drástica e obrigatória (no mínimo 20% do consumo mensal), em função de eventuais sanções e punições (sobretaxa do valor da energia elétrica consumida que atingia valores de até 200% da conta e até mesmo o corte da “luz”) que eles poderiam vir a sofrer ao exceder certo limite de consumo elétrico.

O “Apagão” aconteceu, segundo especialistas, principalmente pela falta de investimentos no setor de energia elétrica (tanto nos setores de geração como transmissão de eletricidade), por parte do governo federal. O governo instituiu um processo de “enxugamento” da máquina pública, onde empresas estatais (como parte daquelas de geração e distribuição de energia elétrica) foram privatizadas, algo que colocou parte da nossa riqueza nas mãos de grandes empresas e banqueiros. Associado a isso, houve um grande período de estiagem de chuvas que levou o nível das principais represas das hidrelétricas do país a um nível muito baixo, reduzindo drasticamente a geração de eletricidade. Como não havia linhas de transmissão suficientes para interligar as regiões do país onde se tinha energia com sobra, as regiões que sofriam com a estiagem, ficaram sem a energia necessária.

Recentemente, neste ano de 2017, Michel Temer (PMDB) decidiu leiloar quatro usinas hidrelétricas de Minas Gerais (seguindo um modelo que já vimos que não é o melhor para a população, pois ele retira os bens do povo e repassa-os para empresas e bancos). Juntas as usinas produzem quase metade de toda energia elétrica gerada em Minas. O preço fixado para a venda das usinas é de R\$ 11 bilhões, o que equivale ao custo de sua construção, a partir do zero, dessas usinas. Em outras palavras, o leilão foi planejado como se já não houvessem as barragens, os equipamentos e instalações hoje em operação. A princípio isso poderia parecer uma vantagem com mais dinheiro entrando para os “cofres públicos”. No entanto, o processo está orientado para fazer algo muito ruim: transferir dinheiro da população para grandes empresas e bancos. Leia o próximo parágrafo e entenda por que.

Nas últimas quatro décadas, o custo da construção das quatro usinas que Temer pretende leiloar já foi completamente pago pela população, por meio da quitação das contas de luz. Ainda assim, as empresas que comprarem as usinas vão poder cobrar do povo cada centavo dos R\$ 11 bilhões que irão investir na compra das hidrelétricas. Todo o dinheiro vai sair das contas de luz! Se quisesse, o presidente Michel Temer poderia manter as usinas sob o controle da Companhia Energética de Minas Gerais (CEMIG) e o povo não teria de pagar pela construção de usinas que já estão instaladas!

Sabemos que a energia elétrica é algo essencial para a nossa sociedade atual, sendo algo indispensável para a dignidade humana. Tanto que a conta de luz que pagamos para a CEMIG é,

formalmente, chamada de “Tarifa Social de Energia Elétrica”, tal como aparece inscrito no alto da Nota Fiscal da “Conta de Energia Elétrica”. (detalhes em: https://www.cemig.com.br/pt-br/atendimento/Paginas/tarifa_social.aspx). Visto que o governo federal pretende vender quatro usinas de Minas Gerais, em um processo capaz de aumentar nossa conta de luz em até três vezes em relação ao valor atual, onde já pagamos uma das maiores contas de luz do planeta, o governo Temer, quer nos fazer pagar um valor ainda mais abusivo por um bem sem o qual não podemos viver, dignamente, na atualidade: a energia elétrica. (Adaptado de <https://drive.google.com/file/d/0B-YAMwiFuWzdTGRzRmtzSnlfVE0/view>)

Em grupo, pense e responda

(Prepare-se para debater essas questões com seus colegas de turma e não se esqueça de entregar suas respostas ao professor)

- 1) Será que a conta de luz é, realmente, uma tarifa social ou é, principalmente, um instrumento de transferência de dinheiro da população para grandes bancos e grandes empresas que são propriedades do 1% mais rico da população? Como o uso de sistemas fotovoltaicos distribuídos poderia beneficiar a população? (Adaptado de <https://drive.google.com/file/d/0B-YAMwiFuWzdTGRzRmtzSnlfVE0/view>)
- 2) Para não termos novos “apagões”, algo que prejudica tanto o cotidiano das pessoas como a economia do nosso país, devemos ter uma matriz elétrica mais diversificada. Essa matriz também deve estar conectada entre todas as regiões do país. Nesse sentido, os sistemas fotovoltaicos distribuídos (conectados a rede) poderiam ser um grande trunfo. Mas, por que o uso da energia fotovoltaica no Brasil é tão tímido? Quais medidas seriam importantes para que o uso de painéis solares fosse algo mais efetivo no nosso país? Quem seriam os responsáveis pela criação dessas medidas? Qual sua participação nesse processo?
- 3) Você acha justo que o governo federal venda usinas hidrelétricas pagas com o dinheiro do povo mineiro? O que a população pode fazer a esse respeito? Compare sua opinião sobre o tema com a opinião de outras pessoas que gravaram vídeos se posicionando contra o leilão e a venda das usinas disponíveis no site <https://energiaenossamg.wixsite.com/energiaenossamg>.

Para aprender mais

“Conforme a Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL) e a legislação vigente, as concessionárias e permissionárias de serviços públicos de distribuição de energia elétrica devem aplicar, anualmente, o montante de, no mínimo, 0,5% de sua receita operacional líquida em ações que combatem o desperdício de energia, o que consiste no Programa de Eficiência Energética das Empresas de Distribuição – PEE”. (http://www.cemig.com.br/pt-br/A_Cemig_e_o_Futuro/sustentabilidade/nossos_programas/Eficiencia_Energetica/Paginas/Default.aspx)

Se fizermos uma breve pesquisa, no link anterior, sobre quais são as ações da CEMIG, podemos ver que muitas delas estão ligadas a substituição de aparelhos eletrodomésticos (e lâmpadas) que consomem maior energia por equipamentos mais eficientes ou, em alguns casos, implementação de sistemas de uso da energia solar para aquecimento de água (para reduzir gastos com chuveiro

elétrico, sobretudo no horário de pico, em hospitais), mas não vemos projetos relacionados ao uso de energia fotovoltaica.

Um grave problema é que essas ações acabam servindo de plataforma eleitoreira para políticos (ou futuros pretendentes a cargos políticos) que fazem uso do programa para se promoverem. Eles se utilizam do dinheiro por nós pago nas “contas de luz” para darem às pessoas a falsa sensação que eles são os responsáveis por tais melhorias.

- 1) Em relação ao desperdício de energia elétrica, na sua distribuição, podemos citar como um dos problemas existentes os “gatos” (furtos) na rede, sendo que esses “gatos” não são decorrentes somente de usuários de baixa renda (em comunidades de risco por pessoas que não podem pagar pela energia), mas são feitos também por grandes consumidores (empresas e indústrias de médio/grande porte). Explique como projetos fotovoltaicos distribuídos, para essas famílias de baixa renda, subsidiados pelas empresas de energia elétrica, poderiam ser mais eficientes que a simples troca de aparelhos elétricos.
- 2) A seu ver, por que os sistemas distribuídos de energia fotovoltaica (conectados a rede) não fazem parte dos projetos do PEE das empresas como a CEMIG, uma vez que a energia excedente seria redirecionada para a rede elétrica? Quais impactos sociais poderíamos ter? (Pense que todo custo com perdas ou desperdícios de energia elétrica é repassado, principalmente, para os consumidores comuns residenciais)

Atividade 14: Carta ao Colega

Imagine que algum colega seu, por motivo de força maior, não pode acompanhar as atividades desenvolvidas nas aulas dessa sequência de ensino. Escreva para ele uma carta contando o que você aprendeu neste projeto, destacando sua possível relevância para sua vida. Coloque também o que você gostaria de aprender ou aprofundar em seus conhecimentos acerca do projeto desenvolvido nesta sequência de ensino.

Atividade 15: Produção do Vídeo-Debate

Sabemos que uma matriz elétrica deve possuir fontes diversificadas de geração de eletricidade, tanto para que não haja falta de energia elétrica para as demandas do país, como para que possamos ter um valor mais acessível dessa energia elétrica para a população. Uma das alternativas possíveis para reduzir o alto preço das contas de luz, diversificar a nossa matriz elétrica e facilitar o acesso da população à eletricidade, principalmente em áreas remotas, gerando economia financeira e maior bem estar social para a população, poderia ser o uso de sistemas de geração fotovoltaicos distribuídos (como o suposto para a nossa escola). O problema é que, como já vimos ao longo do nosso projeto sobre energia fotovoltaica, o custo para a instalação desses sistemas ainda é muito alto, mesmo havendo grandes benefícios ambientais, econômicos e sociais, a médio e longo prazo.

Suponha que um projeto de lei está tramitando na Câmara dos Deputados Federais para a redução de impostos sobre a fabricação e instalação de equipamentos fotovoltaicos, para sistemas de

geração distribuída de eletricidade, além de criação de linhas de crédito para financiamento de tais sistemas.

Considere que você é um deputado que terá que fazer um discurso a favor ou contra esse projeto de lei, tendo que convencer seus colegas que sua posição é a melhor para o nosso país. Discuta com seus colegas de grupo e faça um breve vídeo (no máximo 5 minutos) se posicionando a favor ou contra essa lei. Lembre-se que seu grupo terá que convencer seus colegas para a aprovação, ou não, desse projeto. Ou seja, vocês deverão ter argumentos técnicos, ambientais, econômicos e sociais para convencê-los que o posicionamento do seu grupo é o mais adequado.

Os vídeos de todos os grupos serão apresentados para a sua turma e o seu professor irá mediar um debate relativo à questão proposta.

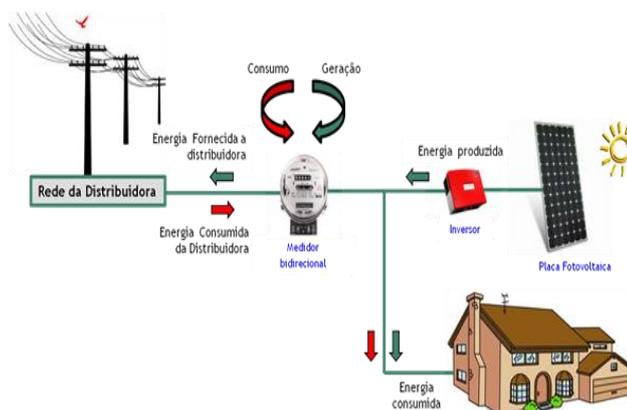
Apêndice J – Atividades reestruturadas da sequência de ensino e acréscimos

Para aprender mais (Atividade 1)

A nossa “miniusina solar” representa um dos três tipos de sistemas fotovoltaicos possíveis, o sistema off-grid (desconectado da rede elétrica e com baterias), sendo os outros dois tipos existentes o on-grid (conectado a rede e sem baterias) e o híbrido (conectado a rede, mas possuindo também baterias). Veja as imagens, a seguir.



Sistema off-grid (Fonte: <http://www.viridian.com.br/tecnologia/energia+solar+fotovoltaica/4>)



Sistema on-grid (Fonte: <http://www.viridian.com.br/tecnologia/energia+solar+fotovoltaica/4>)

1. Nos dois sistemas representados, assim como num sistema híbrido, temos um equipamento denominado inversor. Faça uma breve pesquisa e diga qual sua função?
2. Cite, em sua casa ou na nossa escola, pelo menos quatro equipamentos (aparelhos elétricos) que não podem funcionar, conectados diretamente a um sistema fotovoltaico, sem o auxílio de um inversor.

Para aprender mais (Atividade 2)

No link a seguir, <http://www.aneel.gov.br/geracao-distribuida>, da ANEEL (Agência Nacional de Energia Elétrica), temos detalhes e a legislação relativa à geração de energia elétrica distribuída.

1. Anote eventuais dúvidas que você tenha na leitura da notícia da ANEEL sobre geração distribuída de energia e pergunte ao seu professor.

2. A geração distribuída, segundo a ANEEL, é permitida para sistemas que utilizem fontes de energia renováveis. Quais tipos de fontes, além dos painéis solares, podem ser utilizados?
3. Quais os possíveis impactos para o nosso meio-ambiente e sociedade, devido o uso dessas fontes renováveis para a geração distribuída de eletricidade?

Para aprender mais (Atividade 5)

Um painel fotovoltaico é constituído por uma sequência de módulos e cada módulo é composto por uma associação, em série, de células fotovoltaicas. A associação dos módulos forma um painel solar.

Podemos dizer que o painel solar é o coração de um sistema fotovoltaico, pois sem ele não temos como converter a energia vinda do Sol em energia elétrica. Existem diversos tipos de painéis, constituídos por materiais diferentes, e três características “pesam” na escolha de qual você irá usar em sua residência ou, no caso, na nossa escola. São eles: o preço, a sua eficiência e a sua potência.



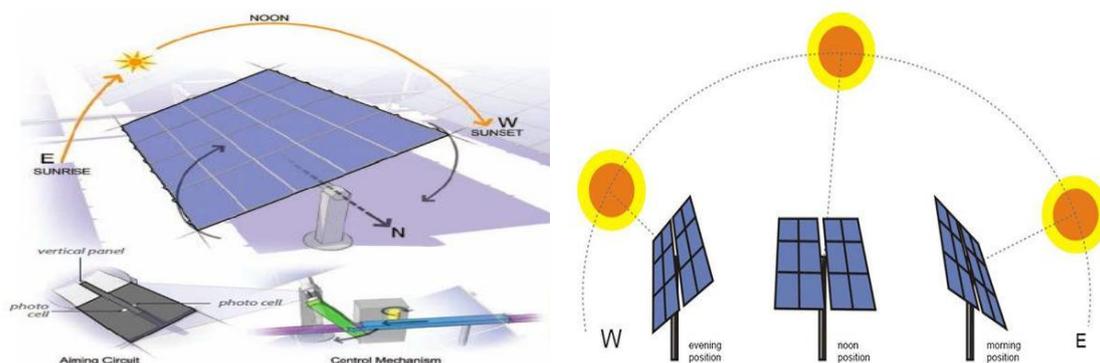
AliExpress.com

Comercialmente, os painéis mais utilizados são os de silício (como os da nossa “miniusina”), podendo ser do tipo: amorfo, policristalino e monocristalino. Esses painéis são rígidos, mas também podemos ter painéis flexíveis (como o da figura ao lado), sendo esses conhecidos como painéis solares de filme fino. Eles variam de acordo com o tipo de substância que é utilizada em sua fabricação, podendo ser feitos até mesmo por células orgânicas.

1. Quais seriam as possíveis vantagens práticas em se utilizar painéis flexíveis no lugar de painéis rígidos? Explique.
2. Pesquise e explique por que as células, normalmente, são associadas em série e não em paralelo.

Para aprender mais (Atividade 7)

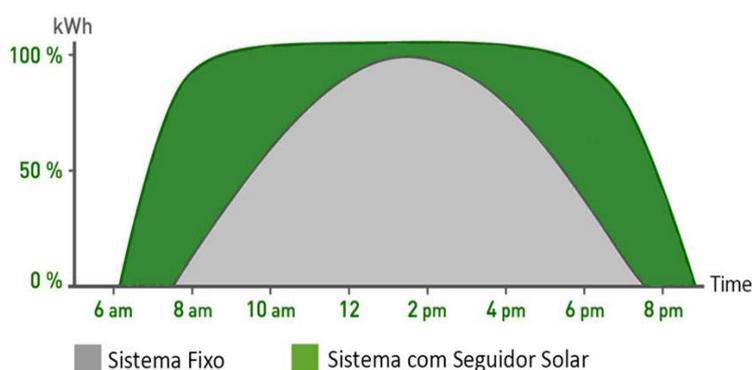
Pudemos ver que a posição de instalação de um painel solar é algo fundamental para o melhor aproveitamento da energia vinda do Sol, pois dependendo da sua posição ele irá receber maior ou menor quantidade de radiação. Uma maneira de se ter o melhor aproveitamento da energia solar é através do uso de um *tracker* (seguidor solar). Existem dois tipos: de 1 e de 2 eixos. Observe os diagramas, a seguir, onde a figura da esquerda representa um seguidor de 1 eixo e a figura da direita representa um seguidor de 2 eixos.



www.indiamart.com/proddetail/solar-trackers-9157767612.html

Um seguidor solar ou *tracker* é um dispositivo que altera várias vezes a posição dos painéis fotovoltaicos durante o dia, seguindo o caminho do Sol para aumentar a produção de energia solar do sistema fotovoltaico. Sistemas com seguidores solares geram mais energia do que os sistemas fixos (veja o gráfico a seguir). Isto ocorre devido ao aumento da exposição direta aos raios solares, esse ganho pode alcançar valores de 25 a 45%. De certa forma e com as devidas características, faz sentido dizer que um sistema com seguidor solar que aumenta em 30% a produção de energia é semelhante a um sistema fixo 30% maior (contém mais painéis fotovoltaicos). No entanto, sistemas com seguidores solares são mais caros, devido ao uso de tecnologias mais complexas e de peças móveis para seu funcionamento, eles exigem uma maior preparação do local da instalação e cuidados com a mobilidade e com o cabeamento são necessários.

Comparação entre a energia gerada por um sistema fixo e outro com seguidor solar



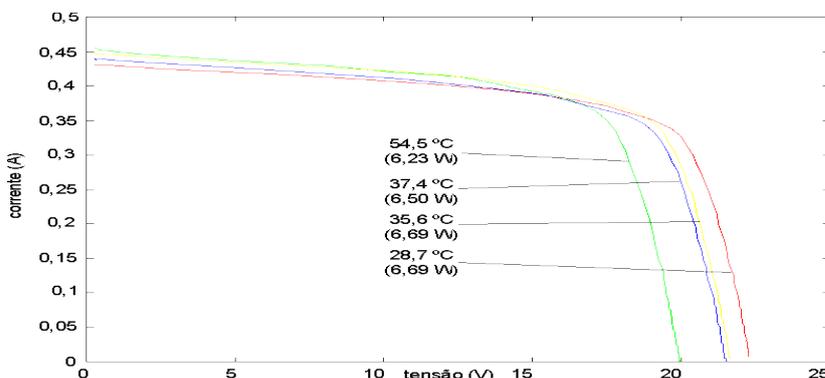
(<http://www.portalsolar.com.br/blog-solar/painel-solar/seguidor-solar---tracker-vantagens-e-desvantagens-parte-1.html>)

1. Observando o gráfico, por que com o uso de seguidor o número de horas de radiação solar que chega ao painel aumenta?
2. Será viável utilizarmos um sistema com seguidor solar em nossa escola? (Pense em termos do custo-benefício em se usar tal sistema)

Para aprender mais (Atividade 10)

Você sabe como a temperatura pode influenciar na potência do painel fotovoltaico?

Isso pode ser compreendido melhor por meio do gráfico abaixo que nos mostra a relação entre a corrente e a voltagem de saída do painel com a temperatura que ele possui e sua respectiva potência.



<http://www.solar.coppe.ufrj.br/practica2.html>

1. A partir das informações dadas, explique por que com o aumento da temperatura do painel, mesmo com a corrente elétrica aumentando, a potência diminui. (Dica: $P = V \times I$)
2. Pesquise outros possíveis fatores de perda para um painel solar, além do aumento da sua temperatura mediante o seu aquecimento.

Atividade 9 – LEDs: Uma Opção para a Geração Fotovoltaica?

Assim como as células solares, os LEDs são compostos pela junção de dois semicondutores, um tipo P (possui falta de elétrons; também podemos dizer que possui excesso de lacunas ou buracos) e outro tipo N (possui excesso de elétrons).

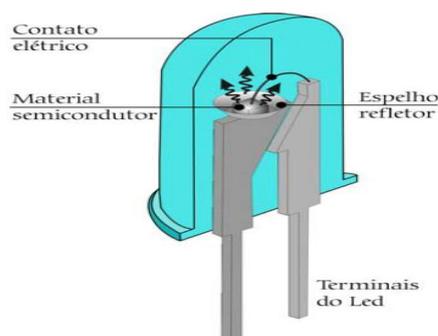


Para auxiliar na compreensão de como um semicondutor tipo P ou tipo N são feitos, veja o vídeo, ao lado.

Vídeo 5: Os semicondutores tipos P e N.

<https://www.youtube.com/watch?v=-ZBZ3qZ7hOM&t=6s> <Acessado em 27/05/2017>

O LED (sigla em inglês para Diodo Emissor de Luz), aquela “pequena lâmpada” que você encontra em aparelhos de controle remoto e televisões, quando percorrido por uma pequena corrente elétrica (sempre no mesmo sentido), emite uma luz de cor bem definida (essa cor depende da concentração ou do tipo de átomo que é misturado ao semicondutor que é feito o LED para transformá-lo nos tipos P ou N). A figura, a seguir, nos mostra o esquema geral de um LED em seu funcionamento usual, transformando eletricidade em luz.



<http://www.sbfisica.org.br/fne/Vol9/Num1/led.pdf>

No entanto, um LED também pode se comportar como uma célula solar, transformando energia luminosa em eletricidade, mas não de forma tão eficiente como a célula convencional.

Em grupos, com a orientação do seu professor e de posse dos materiais, a seguir, faça os procedimentos e mostre que um LED pode se comportar como uma célula solar e que um conjunto deles pode, ao serem conectados, formar um módulo fotovoltaico. Iremos precisar de vários LEDs de cápsula transparente, uma lâmpada incandescente de 100 W (de filamento), um bocal para a lâmpada com uma extensão elétrica e um voltímetro (de preferência com garras jacaré).

OBS: se o dia estiver ensolarado seu professor pode levar sua turma para uma área externa, ao invés de usar a lâmpada.

Parte I: O LED como célula solar

Ligue o terminal maior do LED (positivo/anodo) e o menor (negativo/catodo) adequadamente ao voltímetro, numa escala suficiente para detectar a ddp (diferença de potencial) nas extremidades do LED, quando atingido pela luz.

Mude a posição do LED, em relação à lâmpada (ou ao Sol), e verifique a posição em que ele terá maior valor de ddp. Anote esse valor.

Parte II: Transformando LEDs num módulo fotovoltaico

Agora, associe três ou mais LEDs iguais em série e repita o procedimento anterior, de forma a se obter a maior ddp possível. Anote esse valor.

Pense e responda

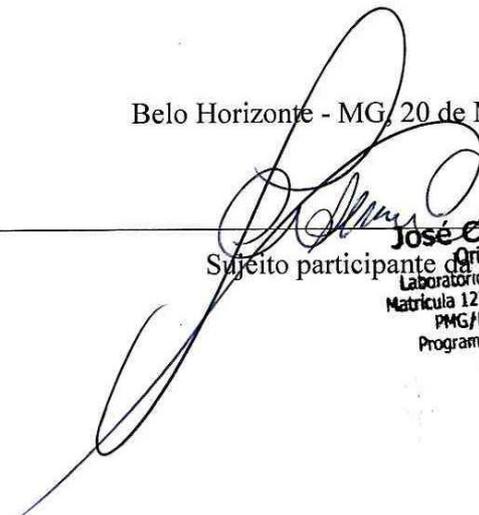
1. Por que um LED é tão eficiente em converter energia elétrica em luz e não o contrário, transformar “luz” em energia elétrica? (Dica: pense na junção PN)
2. Na parte II, qual o valor esperado para a ddp dos LEDs associados em série? Por quê?
3. Se quiséssemos aumentar a potência elétrica da associação dos LEDs, o que poderíamos fazer? Explique. (Dica: pense na associação de resistores)
4. O espectro de cores que compõe a luz solar (luz branca) é o mesmo que emitido pela lâmpada, sendo composto pelas mesmas cores que do arco-íris e cada cor possui um valor específico correspondente de energia. Qual LED (vermelho, azul ou branco) seria mais indicado para termos o maior aproveitamento da energia solar para geração de energia fotovoltaica? Justifique.

Apêndice K – Termo de autorização do uso de imagem, identidade e depoimentos

Eu JOSE CASSIMIRO DA SILVA, CPF 78786797620 RG MG4379537, depois de conhecer e entender os objetivos, procedimentos metodológicos, riscos e benefícios da pesquisa, bem como de estar ciente da necessidade do uso de minha imagem, identidade e/ou depoimento, por meio das formas de coleta especificadas no Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (TCLE), AUTORIZO, através do presente termo, os pesquisadores Orlando Gomes de Aguiar Jr, CPF 534.417.616-34, e Carlos Eduardo Lima, CPF 013.639.856-12, do projeto de pesquisa intitulado “A Energia Fotovoltaica num Contexto CTSA: uma Sequência de Ensino sobre as Transformações da Energia Solar em Elétrica” a utilizar fotos e/ou vídeos, depoimentos e minha identidade sem quaisquer ônus financeiros a nenhuma das partes.

Ao mesmo tempo, libero a utilização destas fotos e/ou vídeos (seus respectivos negativos), depoimentos e da minha imagem para fins científicos e de estudos (livros, artigos, slides e transparências), em favor dos pesquisadores da pesquisa, acima especificados, obedecendo ao que está previsto nas Leis que resguardam os direitos das crianças e adolescentes (Estatuto da Criança e do Adolescente – ECA, Lei N.º 8.069/ 1990), dos idosos (Estatuto do Idoso, Lei N.º 10.741/2003) e das pessoas com deficiência (Decreto N.º 3.298/1999, alterado pelo Decreto N.º 5.296/2004).

Belo Horizonte - MG, 20 de Março de 2018



José Cassimiro da Silva
Orientador/Supervisor
Laboratório de Tecnologia da Informação
Matricula 127779 - Port. 055 de 06/07/2010
PMG/PROGRAD LTI/ICEx/UFMG
Programa de Monitoria de Graduação