

UNIVERSIDADE FEDERAL DE MINAS GERAIS (UFMG)
FACULDADE DE EDUCAÇÃO (FAE)
MESTRADO PROFISSIONAL EM EDUCAÇÃO E DOCÊNCIA

ALFREDO MELK DE CARVALHO

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

LINHA DE PESQUISA: ENSINO DE CIÊNCIAS

BELO HORIZONTE

2017

ALFREDO MELK DE CARVALHO

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

Dissertação apresentada ao Programa de 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.

Orientador: Prof. Dr. Orlando Gomes de Aguiar Junior

BELO HORIZONTE

2017

C331a
T

Carvalho, Alfredo Melk de, 1981-
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 / Alfredo Melk de Carvalho. - Belo Horizonte, 2017.
147 f., enc, il.

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

Orientador : Orlando Gomes de Aguiar Junior.

Bibliografia : f. 101-106.

Apêndices: f. 107-147.

1. Educação -- Teses. 2. Física -- Estudo e ensino -- Teses. 3. Física -- Métodos de ensino -- Teses. 4. Ciencia -- Métodos de ensino -- Teses. 5. Termodinâmica -- Estudo e ensino -- Teses. 6. Termodinâmica -- Métodos de ensino -- Teses. 8. Máquinas térmicas -- Estudo e ensino -- Teses. 8. Máquinas térmicas -- Métodos de ensino -- Teses. 9. Trânsito urbano -- Estudo e ensino -- Teses. 10. Trânsito urbano -- Métodos de ensino -- Teses.

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

CDD- 530

Catálogo da Fonte : Biblioteca da FaE/UFMG

DEDICATÓRIA

Dedico esta ao professor
que com esforço no trabalho
transforma a sala de aula
em lugar de trato raro.

Lugar de igualdade
todos juntos, mesma meta
sem disputas, sem conflitos
a crescer a visão dela

De que lutar é parte da vida
mas que podemos superar
e viver com mais bonança

onde há oportunidade
para aquele que olhar
com fé, trabalho, esperança

Alfredo Melk de Carvalho

AGRADECIMENTOS

A Deus, artesão da vida.

Ao Cristo, pelo exemplo tão brilhante de amor ao próximo.

Ao meu orientador Orlando Aguiar, cuja paciência e conhecimento foram fundamentais para terminar esse trabalho. Quisera eu, algum dia, atingir uns 7 ou 8 % do seu conhecimento.

A minha mãe, Fátima Melk, que me ensinou o valor do trabalho e a importância dos estudos, esse sempre em primeiro lugar, e que abriu mão da sua própria formação, por décadas, para auxiliar na formação dos filhos. Aguardamos orgulhosos a finalização da sua graduação, esse ano.

Ao meu pai, Luiz Parreiras, cujos trabalhos em 2 turnos, de segunda a domingo, em tempos de crise, permitiram-me focar mais nos estudos, e chegar até aqui.

Ao irmão Luiz Melk, cujo exemplo de esforço e dedicação, me fizeram imaginar que eram características genéticas, e que por isso eu também conseguiria atingir esse momento.

Ao tio Paulo, cujas pressões por notas cada vez maiores me fizeram chegar até aqui.

Aos familiares, pelo apoio.

Aos amigos que, apesar das minhas ausências, por razões óbvias, continuam meus amigos.

Aos alunos do CEFET-MG, tanto aqueles a quem lecionei como àqueles que aceitaram participar das entrevistas, sem vocês não estaria aqui.

Ao professor Adelson, amigo com quem inicialmente desenvolvi a SD. Posso dizer, sem medo de errar, que esse trabalho que agora entrego, começou naquele momento...

Aos professores Ronaldo Marchezini e Nilma Soares que participaram da banca de qualificações e fizeram ponderações tão adequadas sobre o andamento da pesquisa, que foram também fundamentais para a concretização da dissertação. E por também “toparem” participar dessa defesa final, meus duplos agradecimentos.

Aos professores do PROMESTRE, que mais que as disciplinas que lecionaram, estavam sempre dispostos a agendar uma data para discutirmos algo da pesquisa, vocês ilustram de maneira fantástica o significado de trabalho em equipe.

Aos funcionários da UFMG, da secretaria, biblioteca, serviços gerais.... Como encontrar ambiente propício aos estudos sem ajuda deles? Brilhante missão....

Por último, mas não menos importante, aos imensamente queridos colegas do PROMESTRE, que nas adversidades das pesquisas, dos prazos, sempre tinham um conselho, um consolo, uma palavra amiga. Consolo que só se encontra naqueles que se veem na mesma situação.

A TODOS MUITO OBRIGADO.

*Ensinar não é transferir conhecimento,
mas criar possibilidades para a sua
produção ou sua construção.
Quem ensina aprende ao ensinar
e quem aprende ensina ao aprender.
Paulo Freire*

*De tudo ficaram três coisas: a certeza de que ele
estava sempre começando, a certeza de que era
preciso continuar e a certeza que seria interrompido
antes de terminar. Fazer da interrupção um caminho
novo. Fazer da queda um passo de dança, do medo
uma escada, do sono uma ponte, da procura um
encontro.*

O encontro marcado.

Fernando Sabino

RESUMO

A pesquisa aqui descrita teve sua origem nas inquietações vivenciadas durante uma experiência de desenvolvimento de uma sequência de ensino de termodinâmica com abordagem CTS (Ciência, Tecnologia e Sociedade) em uma instituição de ensino da rede federal, no caso, uma escola profissional técnica de nível médio. Desenvolvemos os conteúdos de Termodinâmica a partir do funcionamento do motor a combustão e analisamos as questões de mobilidade urbana e poluição geradas pelo mesmo. Trabalhamos conteúdos da física com alunos do 2º ano do Ensino Médio. A sequência foi desenvolvida nos anos 2011, 2012, 2014 e 2016, sendo que nos dois primeiros referidos anos eu estive presente na implementação da mesma em minhas próprias turmas, quando trabalhei na instituição. Com esse trabalho analisamos o desenvolvimento dessa sequência a fim de endossar ou não o uso dessa SD (sequência didática) com abordagem CTS como proposta para o ensino de física. A abordagem CTS visa à implementação nos currículos de ciência de elementos de tecnologia e sociedade, evidenciando a relação dessa tríade (ciência-tecnologia-sociedade). Um dos seus objetivos é desenvolver nos alunos valores e conhecimentos que permitam que os mesmos possam atuar de forma crítica na sociedade quando surgirem questões relativas à ciência e tecnologia. Sendo uma escola de formação técnica, onde o ensino é ligado à formação profissional, o uso da abordagem CTS se justificou também por evidenciar um maior vínculo do ensino ao mundo do trabalho, ao relacionar a ciência e tecnologia a seus efeitos na sociedade. Procuramos identificar e analisar as tensões surgidas quando da implementação dessa sequência, a fim de validar ou não o seu uso. Utilizamos como fonte de dados entrevistas com alunos e professores, que participaram do projeto, bem como dos dados de um questionário, respondido pelos alunos, sobre a avaliação da sequência. Nossa análise terá como suporte o referencial teórico-metodológico ligado à abordagem histórico-cultural, através dos conceitos e teorias de Lev Vygotsky e Mikhail Bakhtin. Acreditamos que, por meio da análise desses dados e em diálogo com a literatura sobre o tema, possamos compreender melhor esta experiência, através da identificação das tensões surgidas no desenvolvimento dessa abordagem CTS no ensino de Ciências, nesse caso, no ensino de Física. Pretendemos ainda, a partir desta avaliação do projeto, produzir materiais de ensino e orientações para implementação desta proposta em sala de aula.

Palavras-chave: Sequência didática, abordagem CTS, termodinâmica, máquinas térmicas, mobilidade urbana.

ABSTRACT

The research described here had its origin in the anxieties experienced during a development experience of a teaching sequence of thermodynamics with STS (Science, Technology and Society) approach in a federal teaching institution, in this case, a technical high school. We've developed the contents of thermodynamics based in the combustion engine operation and analyze the issues of urban mobility and pollution generated by it. We work with physics content with students of the 2nd year of High School. The sequence was developed in 2011, 2012, 2014 and 2016, considering that at the first two years I was present in its implementation in my classes, when I worked at the institution. With this work we analyze the development of a sequence with the objective of endorsing or not the use of this IS (Instructional Sequence) with CTS approach as a proposal of the teaching of physics. The CTS approach aims to implement in the science curricula of elements of technology and society, evidencing the relation of this triad (science-technology-society). One of their goals is to develop students' values and knowledge that allows them to act in a critical form in the society when questions related to science and technology emerges. Being a technical training school, where teaching is linked to a professional training, the use of the CTS approach is also justified by evidencing a greater linkage of teaching to the world of work by relating science and technology to their effects in society. We tried to identify and analyze how surgical stresses during the implementation of the sequence, in order to validate or not of its use. We used as source of data: interviews with the students and teachers, who participated in the project, as well as the data from a questionnaire, answered by the students, about this sequence evaluation. Our analysis is supported by the theoretical-methodological reference linked to the historical-cultural approach, through the concepts and theories of Lev Vygotsky and Mikhail Bakhtin. We believe that by means of this data analysis and dialoguing with the literature about this subject, we can have a better knowledge of this experience by identifying the emergent tensions in the development of this approach CTS in science teaching, in this case, in the teaching of Physics. We also intend, from the evaluation of this project, to produce teaching materials and guidelines for the application of this proposal in the classroom.

Keywords: Instructional Sequence, STS approach, thermodynamics, thermal machines, urban mobility.

Lista de quadros, tabelas e gráficos

| | |
|--|----|
| QUADRO 1 Categorias de ensino CTS..... | 31 |
| QUADRO 2: Indicadores..... | 74 |
| QUADRO 3: Indicadores relativos aos núcleos..... | 75 |
| QUADRO 4: relação curso-professor..... | 76 |
| | |
| Tabela 1 Número de vagas e relação candidato-vaga, por curso. | 51 |
| | |
| GRÁFICO 1: objetivo 4 do grupo 1 | 66 |
| GRÁFICO 2: afirmativa 7, do grupo 2..... | 67 |
| GRÁFICO 3: objetivo 7 do grupo 1. | 68 |
| GRÁFICO 4: afirmativa 1, do grupo 2..... | 69 |
| GRÁFICO 5: afirmativa 5, do grupo 2..... | 69 |
| GRÁFICO 6: afirmativa 6, do grupo 2..... | 70 |

ABREVIATURAS E SIGLAS

PROMESTRE: Programa de Mestrado Profissional Educação e Docência

FAE: Faculdade de Educação

UFMG: Universidade Federal de Minas Gerais

CTS: Ciência Tecnologia e Sociedade

C&T: Ciência e Tecnologia

CEFET-MG: Centro Federal de Educação Tecnológica de Minas Gerais

LHC: Large Hadrons Colisor

LDB: Leis de Diretrizes e Bases da Educação Nacional

GRAF: Grupo de Reestruturação do Ensino de Física

EJA: Educação de Jovens e Adultos

COEP: Conselho de Ética em Pesquisa

PCN: Parâmetros Curriculares Nacionais

MEC: Ministério da Educação

BNCC: Base Nacional Curricular Comum

ENEM: Exame Nacional do Ensino Médio

TCLE: Termo de Consentimento Livre e Esclarecido

TALE: Termo de Assentimento Livre e Esclarecido do Menor

Sumário

| | |
|---|----|
| 1 – INTRODUÇÃO | 13 |
| 1.1 Situação geradora | 13 |
| 1.2 OBJETIVOS..... | 16 |
| 1.2.1 Objetivo geral | 16 |
| 1.2.2 Objetivos específicos | 16 |
| 1.2.3 Questões de pesquisa..... | 16 |
| 1.3. Justificativa..... | 17 |
| 1.4 Visão geral e estrutura da dissertação..... | 19 |
| 2 – REFERENCIAL TEÓRICO-METODOLÓGICO..... | 20 |
| 2.1.1 A abordagem CTS na educação em ciências | 20 |
| 2.1.2. Uma breve descrição da sequência didática..... | 23 |
| 2.1.3 A sequência didática e a abordagem CTS | 26 |
| 2.1.4 O contrato didático e o currículo | 32 |
| 2.2.1. Os referenciais de análise: Vygotsky e Bakhtin..... | 36 |
| 2.2.2 Vygotsky: as “lentes” da análise dos dados | 39 |
| 2.2.3 Bakhtin: outro referencial de análise | 42 |
| 3 – PERCURSO METODOLÓGICO | 45 |
| 3.1 A instituição..... | 46 |
| 3.2 A escolha dos sujeitos da pesquisa..... | 47 |
| 3.3. Os sujeitos da pesquisa e seus cursos | 50 |
| 3.4 Procedimentos éticos | 51 |
| 3.5. Os dados da pesquisa..... | 52 |
| 3.5.1 Procedimentos e organização dos dados..... | 52 |
| 3.5.2 Levantamento de dados | 52 |
| 3.5.3. As entrevistas..... | 54 |
| 3.6 A definição de tensão | 56 |
| 4 – RESULTADOS | 58 |
| 4.1 Análise dos dados da pesquisa: a “visão” dos professores..... | 58 |

| | |
|---|-----|
| 4.2 Análise dos questionários | 65 |
| 4.3 Análise dos dados da pesquisa: a “visão dos alunos” | 71 |
| 5 – CONSIDERAÇÕES FINAIS | 96 |
| REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS | 101 |
| ANEXOS | 107 |
| Anexo A: Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (TCLE)..... | 107 |
| Anexo B: Termo de Assentimento Livre e Esclarecido do Menor (TALE) | 109 |
| Anexo C: Autorização da escola para realização da pesquisa | 111 |
| Anexo D: Termo de compromisso | 113 |
| Anexo E: Gráficos para as tabulações das respostas aos questionários..... | 114 |
| Anexo F: Protocolo das entrevistas..... | 122 |
| Anexo G: A SEQUÊNCIA DIDÁTICA | 124 |

1 – INTRODUÇÃO

A presente pesquisa insere-se no Programa de Mestrado Profissional Educação e Docência – PROMESTRE – da Faculdade de Educação (FAE) da Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG). O PROMESTRE visa desenvolver conhecimento e formar profissionais capacitados para a produção e avaliação de materiais didáticos, além da criação e aprimoramento de novas metodologias e tecnologias de ensino.

Nesta introdução, além da organização da dissertação, apresentada ao seu final, discutimos a situação geradora da pesquisa, sua justificativa, problematização e os objetivos que a orientam.

1.1 Situação geradora

Nessa pesquisa analisamos uma experiência de ensino de termodinâmica baseada em uma abordagem CTS (Ciência, Tecnologia e Sociedade) numa escola técnica federal de Minas Gerais, no caso, o Centro Federal de Educação Tecnológica de Minas Gerais (CEFET-MG). Optamos aqui por descrever um pouco algumas características e origem da abordagem CTS para, em seguida, explicitar o contexto que originou a pesquisa.

A revolução industrial, iniciada no século XIX gerou grandes e significativas mudanças na sociedade, em seus diversos aspectos, como econômico, político e mesmo alterações nas próprias interações sociais. Com o êxodo do campo para os polos industriais e o crescimento das cidades, surge uma nova organização da sociedade, que antes era predominantemente agrária e familiar e passa a se transformar em urbano industrial. Ocorreram também mudanças econômicas advindas da industrialização, como a necessidade de formação de um mercado consumidor dos produtos, além de modificações de ordem política, geradas por esse avanço da ciência e tecnologia. Conhecemos o bem-estar que essa evolução tecnológica trouxe, com a melhoria dos sistemas de transporte, dos medicamentos da indústria farmacêutica e até do aumento da eficiência nas alas cirúrgicas (com o uso de fibra-ótica e micro câmeras). Entretanto, a despeito da melhoria na qualidade de vida que essa evolução trouxe, nos deparamos também com várias questões, relativas ao uso e entrada de

novas tecnologias na sociedade, que necessitam serem debatidas. Como exemplos dessas questões podemos citar aquelas ligadas aos limites de pesquisas com células tronco, portanto de origem ética, ou outras relativas à poluição gerada por indústrias e automóveis, portanto ligadas ao meio ambiente e à qualidade de vida, todas essas relacionadas com avanços da ciência e da tecnologia. O surgimento dessas questões, o desenfreado aumento da poluição do ar e água, enfim, o agravamento dos problemas ambientais levou cientistas e pesquisadores à conscientização da necessidade de discussões críticas sobre a natureza do conhecimento científico, sobre a evolução tecnológica que o mesmo provê e sua influência na sociedade. Segundo Santos (2007) surgem então, na década de 1970, propostas de novos currículos no ensino de ciências que buscaram incorporar ao ensino conteúdos de Ciência-Tecnologia-Sociedade – CTS (AULER; BAZZO, 2001; BAZZO, 1998; CRUZ; ZYLBERSZTAJN, 2001; PINHEIRO; SILVEIRA; BAZZO, 2007). Um dos objetivos desse ensino na educação básica é evidenciar as relações CTS e, segundo Santos (2007, p.2):

“promover a educação científica e tecnológica dos cidadãos, auxiliando o aluno a construir conhecimentos, habilidades e valores necessários para tomar decisões responsáveis sobre questões de ciência e tecnologia na sociedade e atuar na solução de tais questões”

No geral as relações ciência-tecnologia-sociedade estão tão imbricadas que é quase impossível desvincular as mudanças em um dos elementos sem prever (ou esperar) alterações nos outros. Geralmente um avanço na ciência promove criação e aperfeiçoamento de novas tecnologias que, por sua vez, refletem (pelo bem ou pelo mal, de acordo com seu uso) na sociedade. Mas, por outro lado, essa não é a única direção causa/efeito dessas relações. Um avanço tecnológico pode promover uma maior compreensão científica sobre um assunto, que por sua vez pode alterar o conhecimento (e, por que não, o poder, talvez ideológico) de certos grupos da sociedade. ¹ A sociedade também influencia o desenvolvimento científico e tecnológico, quando opta, por exemplo, pelo consumo de alimentos que vem em embalagens biodegradáveis, fazendo com que as empresas desenvolvam pesquisas na produção desses materiais. As relações CTS, então, podem ser caracterizadas simbolicamente como elementos dos vértices de um triângulo, que se influenciam mutuamente.

¹ Só para citar um dos mais recentes, o LHC – Large Hadrons Colisor – foi um aparato tecnológico que comprovou uma previsão científica da existência de certa partícula e cujos efeitos, ainda que aparentemente irrisórios na sociedade, são significativos na comunidade científica de alguns grupos de físicos pelos avanços teóricos que tal descoberta implica.

Acreditando que o ensino de ciências com abordagem CTS se faz significativo na sociedade contemporânea por criar possibilidades de desenvolvimento nos estudantes dessa cultura de participação em temas relacionados às suas vidas, tive a oportunidade de trabalhar com essa proposta no ano de 2011. Nesse ano participei de um processo seletivo para lecionar em uma escola profissional técnica de nível Médio, local onde foi realizada essa pesquisa, quando entrei na mesma para trabalhar como professor substituto. Fui, então, convidado por um professor efetivo da mesma para desenvolver, nas turmas de 2º ano, uma sequência de ensino com base na referida abordagem, ou seja, uma sequência didática (SD) de termodinâmica com abordagem CTS.

O presente tema de pesquisa tem sua origem nas tensões vivenciadas durante o desenvolvimento dessa sequência, que ocorreu nos anos 2011, 2012, 2014 e 2016. Nos dois primeiros referidos anos eu estive presente na implementação da mesma em minhas próprias turmas, quando trabalhei no CEFET-MG. Algumas dúvidas e questionamentos surgiram por parte dos alunos, quando foi feita a proposta de trabalhar o ensino de física utilizando a abordagem CTS. Quando iniciamos a sequência pretendíamos utilizar textos e roteiros elaborados pela equipe de professores que trabalhariam a sequência em suas respectivas turmas. Deixamos, com isso, o livro didático como material de consulta à parte, pelos alunos, o que acabou criando certa insegurança com a proposta. Muitas atividades deveriam ser realizadas pelos alunos em grupo, algumas necessitando que os mesmos realizassem algumas pesquisas sobre o que estávamos discutindo, e essa busca por informações, que talvez esperassem vir diretamente dos professores, parece ter aumentado o receio dos estudantes com a metodologia proposta. Além disso, trabalhar com os roteiros que tentam criar condições de discussão de conceitos para, só então, sistematizá-los, acabou deixando-os ansiosos, querendo que as respostas dos roteiros fossem dadas logo, por nós, professores. Nossa hipótese inicial para explicar esses questionamentos pressupõe que esses alunos têm uma visão de ensino que passa pela ideia do uso do livro didático como principal (e também única) fonte de informação e guia de estudo e pela percepção do professor como detentor do conhecimento que deve ser transmitido. Essas premissas e modelo de ensino, como explicitaremos, não correspondem àquelas a partir das quais a sequência didática foi criada. Essa pesquisa busca compreender melhor o desenvolvimento dessa SD, a fim de produzir material que facilite e oriente seu uso em outros contextos e na própria instituição pesquisada.

1.2 OBJETIVOS

1.2.1 Objetivo geral

Essa pesquisa pretende analisar o desenvolvimento de uma sequência de ensino de termodinâmica com abordagem CTS a fim de identificar tensões e potencialidades formativas desse projeto e, com isso, produzir um caderno de orientações que possa facilitar e orientar a utilização dessa SD.

1.2.2 Objetivos específicos

- Mapear as tensões surgidas durante o desenvolvimento da sequência de ensino de termodinâmica com abordagem CTS.
- Avaliar o desenvolvimento da sequência a partir da leitura que dela fizeram os professores.
- Avaliar o desenvolvimento da sequência a partir da leitura que dela fizeram os alunos.
- Sugerir alterações na SD, após análise dos dados.
- Elaborar caderno com recomendações para uso da sequência

1.2.3 Questões de pesquisa

- Como os estudantes avaliaram a proposta de desenvolver o conteúdo de termodinâmica utilizando a abordagem CTS a partir das questões de mobilidade urbana, 2ª Lei da Termodinâmica e motor a combustão interna?
- Como os professores avaliaram a proposta de ensinar termodinâmica utilizando a abordagem CTS a partir das questões de mobilidade urbana, 2ª Lei da Termodinâmica e motor a combustão interna?
- Quais tensões e potencialidades identificamos no desenvolvimento do projeto?
- A partir desta experiência, que recomendações podem ser feitas a equipes de professores que pretendam desenvolver projetos de ensino com abordagem CTS em salas de aula de Física/Ciências?

1.3. Justificativa

Antes de justificar a escolha do tema desse projeto faz-se necessário explicitar o contexto profissional e pessoal em que ocorreu essa escolha.

Formei-me em Física/licenciatura na UFMG, em 2005 e logo em seguida fui aprovado em um concurso da prefeitura de Contagem, através do qual comecei a trabalhar como professor de física no Ensino Médio, iniciando em fevereiro de 2006. Quando desenvolvi a SD, em 2011, tinha cerca de 6 anos de experiência como docente, lecionando nas redes pública e privada. Entrei na instituição pesquisada para trabalhar como professor substituto no Ensino Médio. Quando fui selecionado fiquei muito motivado a lecionar nessa instituição, onde tinha concluído o Ensino Médio na modalidade de concomitância interna, ou seja, ligado a um curso técnico (no caso eletrônica). Como já conhecia a instituição, a estrutura da mesma e, razoavelmente, o perfil dos alunos, pareceu-me fascinante retornar à mesma para novas experiências e para percebê-la com novo olhar, agora de docente.

Desenvolvi a sequência didática, junto a outros professores, nos anos 2011 e 2012, com turmas de 2º ano. Importante enfatizar que a presente pesquisa foi realizada a partir da experiência de outros professores, que desenvolveram a SD no ano de 2014. No entanto, na análise desta experiência, certamente estarão presentes elementos de minha vivência anterior com o projeto. Esta vivência me ajudou a compreender as tensões latentes nos discursos de professores e alunos ao falarem sobre o desenvolvimento da SD e sua perspectiva de formação.

Na referida sequência a ideia inicial era trabalhar os conteúdos de termodinâmica ligando-os a questões de mobilidade urbana, com a intenção de criar em sala de aula uma cultura de participação dos estudantes no debate de questões ligadas a suas vidas na sociedade e ao meio ambiente, através do diálogo entre ciência e outros campos do conhecimento e prática.

A expectativa é que o ensino de ciências, nessa perspectiva, promova uma educação que relacione esse ensino às questões ligadas à sociedade, como forma de significá-lo e contextualizá-lo. Outro objetivo é que esse ensino possa promover uma conscientização dos alunos a fim de que os mesmos sejam precursores de ações na sociedade. Surge disso a

importância de introduzir em sala de aula essa discussão sobre as implicações sociais do uso de certas tecnologias, de modo a desenvolver nos alunos uma postura crítica sobre as relações entre Ciência, Tecnologia e Sociedade (CTS).

Segundo Freire (1987), educar é um ato político. A própria Lei de Diretrizes e Bases da Educação Nacional (LDB) 9394 de 20 de dezembro de 1996 preconiza, no Artigo 1, segundo parágrafo, uma das funções da educação como sendo: “A educação escolar deverá vincular-se ao mundo do trabalho e à prática social”. Sendo assim o uso da abordagem CTS é justificado também por essa diretriz da educação nacional, principalmente nesse contexto em que a sequência didática foi desenvolvida em uma escola de formação técnica, ou seja, na qual o ensino é ligado ao mundo do trabalho. O Artigo 2 da mesma lei também enfatiza essa relação entre ensino e trabalho ao determinar que: “A educação, dever da família e do Estado, inspirada nos princípios de liberdade e nos ideais de solidariedade humana, tem por finalidade o pleno desenvolvimento do educando, seu preparo para o exercício da cidadania e sua qualificação para o trabalho”.

Iniciamos a sequência pensando ser de interesse dos alunos uma abordagem de conteúdo que fosse além do livro didático, que o extrapolasse e se relacionasse com o cotidiano dos mesmos. Podemos inclusive pensar que, atualmente, os problemas de “imobilidade urbana”, principalmente nas horas de pico, afetam a quase todas as pessoas que precisam passar pelos centros urbanos, independentemente da modalidade de transporte que utilizam. A surpresa, fonte do tema dessa pesquisa, surgiu quando os alunos apresentaram certa resistência/insegurança a essa abordagem de ensino. A fala de alguns é marcante nesse aspecto, como por exemplo:

_ “vai dar tempo de ver o livro todo? ...”

_ “...vamos fazer igual todo mundo, você (professor) explica e depois fazemos exercícios do livro...”.

Essa insegurança por parte dos alunos com a proposta aliada à dificuldade na busca de diferentes fontes de informação nos conduziu, em alguns momentos, à linearidade do índice do livro didático adotado. Essas falas, ao nosso ver, ilustram como a cultura escolar, muitas vezes, está presa a um mito da qualidade de ensino centrada no professor como transmissor de conhecimento e ao valor do livro didático como fonte fundamental e às vezes única para o desenvolvimento do mesmo.

A pesquisa, então, tem origem nos incômodos trazidos quando da implementação dessa sequência. Acreditamos que identificar as origens das tensões surgidas durante o desenvolvimento da SD possam nos ajudar a compreender melhor a experiência naquele contexto, ou seja, naquela instituição e com aqueles alunos. Essa compreensão nos permitiu criar um caderno com orientações para um melhor uso da SD, tanto na instituição pesquisada como em outras, desde que cada professor promova alterações na SD de modo a adequá-la à sua realidade em sala de aula.

I.4 Visão geral e estrutura da dissertação

O capítulo 1 da dissertação, intitulado Introdução, relata o contexto e as motivações que geraram o desejo de realizar a pesquisa. Nesse capítulo definimos os objetivos, as hipóteses e a justificativa para realização da mesma

No capítulo 2, intitulado Referencial Teórico-Metodológico, explicitamos a origem e os fundamentos da abordagem CTS na educação em ciências, a fim de relacioná-la com nossa SD. Descrevemos também os nossos referenciais ligados a análise dos dados, ambos ligados à abordagem histórico-cultural e referenciados nos autores Bakhtin, filósofo da linguagem e Vygotsky, estudioso do desenvolvimento de funções mentais superiores da psique humana.

No capítulo 3, intitulado Percurso Metodológico, descrevemos os dados da pesquisa, a forma como foram obtidos e os procedimentos de organização dos mesmos, para posterior análise. Descrevemos também a instituição, os sujeitos da pesquisa e os procedimentos éticos adotados.

No capítulo 4 descrevemos os resultados da análise dos dados.

No capítulo 5 tecemos as considerações finais.

2 – REFERENCIAL TEÓRICO-METODOLÓGICO

O referencial teórico-teórico metodológico será aqui dividido em duas partes: a primeira descreverá os referenciais que justificaram a elaboração e o desenvolvimento da sequência de ensino, ou seja, aqueles ligados à abordagem CTS. A segunda parte descreverá os referenciais ligados à metodologia de análise dos dados utilizados na pesquisa. Optamos por essa divisão por considerar que nos auxiliará na análise da SD, sem que isso represente uma fragmentação na dissertação.

2.1.1 A abordagem CTS na educação em ciências

Nas décadas finais do século XIX e ainda recentemente temos presenciado muitas discussões sobre a função do ensino de ciências. No geral podemos dizer que dois objetivos centrais têm orientado esse ensino, um deles voltado para a formação de cientistas e técnicos especializados e o outro para a formação para a cidadania (SANTOS, 2011). Longe de definirmos a função da educação para uma das citadas direções, essas duas vertentes levaram a várias discussões e debates em torno do tema. Uma dessas questões é destacada por Aikenhead (2003) sobre como preparar estudantes para se tornarem cidadãos atuantes na sociedade e, simultaneamente, desenvolver a alfabetização científica e tecnológica dos mesmos. Esse debate tem levantado propostas com diferentes focos, inclusive levado à discussão de que a educação científica para o público em geral seria um grande mito (SHAMOS, 1995).

Nesse debate dos objetivos do movimento CTS, o propósito de formação para a cidadania tem ganhado relevância. O movimento CTS se caracteriza como um movimento social mais amplo de discussão pública sobre políticas de ciência e tecnologia (C&T). Na área da educação científica, um dos objetivos do movimento CTS é o desenvolvimento de valores e conhecimentos que capacitem os alunos a tomarem decisões na sociedade científica e tecnológica (AULER, 2003 e 2007; SANTOS, MORTIMER, 2000). Como tomada de decisão compreende-se, segundo esses autores, a capacidade de usar o conhecimento científico e

tecnológico na solução de problemas e questões do dia-a-dia². O desenvolvimento dessa capacidade inicia-se a partir da compreensão das relações entre ciência, tecnologia e sociedade. Afinal, conforme esclarece Santos e Mortimer (2001, p.96) “ A ciência não é uma atividade neutra e o seu desenvolvimento está diretamente imbricado com os aspectos sociais, políticos, econômicos, culturais e ambientais” (da sociedade). Dessa forma, o movimento CTS no ensino de ciências contribuiu para o levantamento de discussões de natureza ética e prática ligadas aos problemas ambientais contemporâneos, de forma a tentar desenvolver nos alunos atitudes de engajamento em ações sociais responsáveis (AIKENHEAD, 1994; AULER,2007). Promover o desenvolvimento desses valores foi um dos objetivos iniciais da sequência de ensino mencionada.

Outro ponto importante que justifica o uso dessa abordagem é ligado a pesquisas que destacam as relevantes contribuições que o movimento CTS tem trazido para o ensino de ciências. Pesquisa de Aikenhead (2005, apud SANTOS, 2011, p. 28) apresenta resultados que

“demonstram como propostas de ensino CTS tem contribuído para a maioria dos estudantes da educação básica que apresentam dificuldades com o ensino tradicional de ciências. As pesquisas apontam resultados positivos em termos de evidenciar a relevância social do conhecimento científico estudado, de melhorar a aprendizagem de conceitos científicos, de contribuir para os alunos desenvolverem a capacidade de tomada de decisão, de orientar os professores para uma educação voltada para a cidadania.”

Conforme comenta Auler (2011) a necessidade de discussão e maior participação das pessoas nas decisões em temas sociais envolvendo C&T (ciência e tecnologia) parece conter elementos comuns à matriz teórico-filosófica adotada por Paulo Freire (1987,1992,2002). Assim, Auler (2011, p. 75) “articulou uma aproximação entre referenciais ligados ao denominado movimento CTS e pressupostos freirianos, o qual contribuiu para a constituição de parâmetros para a educação em ciências”. Segundo Freire (1987), alfabetizar, muito mais do que ler palavras, deve propiciar a “leitura crítica do mundo.” Assim entendemos que,

(...) para uma leitura crítica do mundo contemporâneo, para o engajamento em sua transformação, torna-se, cada vez mais, fundamental uma compreensão crítica sobre as interações entre Ciência-Tecnologia-Sociedade (CTS), considerando que a dinâmica social contemporânea está progressivamente condicionada pelos avanços no campo científico-tecnológico. (AULER et al, 2009, p.68).

² Como exemplo de solução de questões do dia-a-dia podemos citar a capacidade de escolha, para consumo, de certos produtos que causam menos impactos à natureza ou o descarte e destino correto de embalagens.

Sendo assim, o uso da abordagem CTS como proposta curricular para o ensino de ciências parece promover uma reafirmação social desse ensino, objetivando o desenvolvimento nos alunos de atitudes e valores numa perspectiva humanística, de acordo com Paulo Freire (1967,1971,1992). Santos e Mortimer (2009, p.192) também enfatizam essa perspectiva de Paulo Freire segundo o qual “a educação deveria ir muito além da repetição, se constituindo em um instrumento de libertação, de superação das condições sociais vigentes”. Para Paulo Freire, “ninguém educa ninguém, ninguém educa a si mesmo, os homens se educam entre si, mediatizados pelo mundo” (FREIRE, 1987, p.68).

Essa mediatização ocorre por meio de uma educação problematizadora, de caráter reflexivo, de desvelamento da realidade, na qual o diálogo começaria a partir da reflexão das contradições básicas da situação existencial. É nessa reflexão que o diálogo permite a educação para a prática da liberdade. (SANTOS e MORTIMER, 2009, p.192).

Nesse sentido, um currículo em ciências que promovesse uma educação científica e tecnológica humanística buscaria promover a reflexão crítica e o desenvolvimento de valores relativos à C&T. “Não se trata de fazer uma educação contra ou a favor do uso da tecnologia, mas de uma educação em que os alunos possam refletir sobre a sua condição no mundo frente aos desafios postos pela ciência e tecnologia (C&T) ” (SANTOS e MORTIMER, 2009, p.193).

Isso se insere dentro do propósito de educação em ciências com função social, que às vezes se apresenta como movimento em prol do denominado letramento científico (Santos & Mortimer 2009). Nesse contexto temos que:

(...) letramento científico e tecnológico seria a condição de quem não apenas reconhece a linguagem científica e tecnológica, mas cultiva e exerce práticas sociais que usam tal linguagem. (SANTOS & MORTIMER, 2001, p.96).

Cachapuz (2011) enfatiza a importância de se criar oportunidades para os cidadãos participarem em decisões importantes relativas ao uso da ciência e tecnologia, principalmente no que tange ao modo como estas podem afetar ou vir a afetá-los. Segundo Ferrarotti (1998, p. 56):

“a ciência pode esclarecer as questões, calcular os custos relativos dos vários cursos alternativos de ação, mostrar as melhores maneiras de implementação. Mas não pode tirar de nós a responsabilidade humana pela escolha e pela decisão”.

Assim, a educação científica de orientação CTS busca capacitar os estudantes a compreender, debater e se posicionar perante políticas ligadas à ciência e tecnologia.

A questão não é só de melhorar a educação científica é também de educação política no seu mais nobre significado. Ambas são complementares. Numa palavra, apoiar a formação de uma cultura científica a serviço da cidadania democrática. (CACHAPUZ, 2011, p.65)

Depois de analisar a abordagem CTS como proposta curricular, como referencial para elaborar atividades e desenvolver conteúdos de ciências, cabe falarmos um pouco do papel do professor em sala de aula. Nas escolas, atualmente, salvo algumas exceções, compete ao professor a tarefa de executar currículos que já vem prontos, ações pré-programadas. Deve cumprir programas, vencer conteúdos, embora perceba, muitas vezes, a necessidade da busca constante de novas metodologias e, sobretudo, de novos sentidos para o ensinar e aprender ciências na escola. O professor, ano após ano, deve executar, cumprir currículos, intencionalidades definidas também por outros. Esses currículos, muitas vezes, são criados desconsiderando os sujeitos principais do processo de ensino, ou seja, os alunos. Portanto, um currículo que busque potencializar a participação em debates na sociedade, a tomada fundamentada de decisões em temas sociais marcados pela C&T, parece ser uma proposta que aponta interessantes caminhos, permitindo aproximar um ensino muitas vezes descontextualizado ao dia-a-dia dos alunos. Nesse sentido um ensino que promova o desenvolvimento crítico do aluno e promova a participação do mesmo na sociedade parece mais significativo.

Em resumo, trabalhar com CTS implica em reformular o currículo. Currículo mais articulado, mais interdisciplinar, que busque o desenvolvimento, não só de conhecimentos, mas de valores, de visões sustentáveis para a evolução da sociedade. Sequências didáticas como a que descreverei em seguida apontam caminhos para tal, daí a importância de sua análise.

2.1.2. Uma breve descrição da sequência didática

Desenvolvi a SD nos anos de 2011 e 2012, mas descreverei sucintamente aqui a SD desenvolvida em 2014, que foi analisada nessa pesquisa. Apesar de ser a mesma sequência

desenvolvida nesses anos, as alterações de algumas atividades e a distinta forma de abordagem justificam a descrição da SD desenvolvida em 2014.

A sequência foi desenvolvida a partir do tema “Modelos de Transporte, 2ª Lei da Termodinâmica e Máquinas Térmicas”. Foi tomado como situação-problema a mobilidade urbana e a necessidade de se apontar alternativas para a circulação de veículos e pessoas em grandes centros urbanos. Também foram problematizados a grande quantidade de gases poluentes emitidos pelos veículos movidos à combustão interna. Ao compararmos a quantidade de poluentes gerada pelo uso de veículos particulares à emissão de poluentes quando se adota o transporte público, nos questionamos sobre as razões do modelo vigente de mobilidade (ou imobilidade) urbana.

Foi utilizado o motor a combustão como objeto tecnológico e trabalhamos os conteúdos da termodinâmica a partir dele. As relações CTS se evidenciaram nessa SD à medida em que tentamos veicular o estudo da Termodinâmica e seus conceitos às questões relativas à tecnologia, à sociedade e ao ambiente, referenciadas, respectivamente, no uso do motor, na mobilidade urbana e na emissão de poluentes.

A duração da SD foi de, aproximadamente, 15 semanas, ou seja, quase 2 bimestres. Lembremos que, nesse período, que parece muito extenso, foi trabalhado todo o conteúdo de termodinâmica e termodinâmica, desde os conceitos básicos de temperatura e calor, passando por calor específico e capacidade térmica até chegar à enunciação das Leis da Termodinâmica. Os roteiros das atividades desenvolvidas encontram-se no anexo G.

A primeira atividade da SD trazia uma problematização inicial questionando o que acontecia com a gasolina que se encontrava dentro do tanque de combustível de um veículo depois que o mesmo se deslocava certa distância. Outra questão pedia que se comparasse o custo energético para se transportar uma pessoa utilizando transporte particular ou público. Também se encontra nessa primeira atividade um questionamento quanto à quantidade de poluentes, comparativamente, gerada pelo uso desses dois meios de transporte, o veículo particular e o público. A intenção dessa problematização inicial foi avaliar os conhecimentos prévios dos alunos sobre o funcionamento do motor de combustão e buscar conexões entre conhecimento científico (princípios e conceitos físicos envolvidos), conhecimento tecnológico e implicações sociais e ambientais do seu uso.

Em outra atividade, realizada após a problematização inicial, foi utilizado vídeos do youtube que continham animações que descreviam o funcionamento das partes do motor, a fim de compreendermos os aspectos básicos da estrutura e funcionamento do mesmo. Esses vídeos permitiram a discussão de alguns conceitos físicos, como ponto de fusão, condutividade e capacidade térmica, conceitos fundamentais para se compreender de que materiais são feitas peças do motor. Com isso os alunos poderiam compreender porque certas peças do motor são feitas de determinado material enquanto outras são feitas de outro. Conseguiriam então perceber que certos tipos de material suportam mais as grandes temperaturas do motor, portanto tem alto ponto de fusão, enquanto outros tem grande capacidade de dissipação de calor e, portanto, tem alta condutividade térmica. A partir desses vídeos foi discutido também outros conceitos básicos de termodinâmica, como temperatura, calor, ponto de fusão e calor específico, conceitos sempre referenciados no funcionamento do motor.

Depois disso, analisando o baixo rendimento do motor a combustão interna, que pode variar de 26% a 30%³ e a grande emissão, provocada pelo mesmo, de gases que aceleram o efeito estufa (além de inúmeras outras toxinas maléficas ao homem), foi discutido as implicações sociais do seu uso intensivo. A partir da 2ª Lei da Termodinâmica foi questionado por que, apesar de todo avanço tecnológico, não conseguimos melhorar o rendimento desse tipo de motor. A questão social foi problematizada a partir da questão do uso do veículo particular como principal meio de transporte nas grandes capitais do país, tendo em vista os problemas ambientais e de mobilidade que isso gera. Aliado a isso estão os inúmeros financiamentos para aquisição de veículo particular e a mídia das grandes montadoras que se esforçam, por razões óbvias, para manter esse quadro. Foi necessário trabalhar também conceitos da química, ao tratar da combustão da gasolina, e conceitos da geografia, quando tratamos das questões relativas à mobilidade urbana, como possibilidade de ampliação das linhas de metrô e rodovias, demonstrando o caráter interdisciplinar dessa SD. Em resumo, o estudo dos conceitos e processos físicos relacionados ao funcionamento do motor, aliado às questões ecológicas relativas à poluição e desperdício de energia no mesmo criaram uma abertura para a discussão sobre as implicações do uso dessa tecnologia no modelo de transporte atual.

³ Dados para motores a gasolina, fonte: ÇENGEL Y.A., BOLES M. A. Termodinâmica. 5ª ed., MC Graw Hill, 2006.

Numa visão mais geral do desenvolvimento da SD, foram realizadas atividades em sala e extraclasse, todas relatadas no anexo G, de modo a trabalhar as questões técnicas do motor junto aos princípios físicos que regem o funcionamento do mesmo. Apesar da tentativa, expressa pelos professores, de tentar não perder de vista o foco das questões relativas à mobilidade, o período após a problematização inicial representou, na época, uma quebra na SD. A produção do material, com seleção de textos e elaboração de atividades à medida em que avançavam com o conteúdo, aliado ao tempo escasso, acabou por fazê-los voltar ao uso do livro didático e seu índice de conceitos. Nesse momento as questões relativas à parte social da SD foram menos trabalhadas. Nas últimas semanas, no final da SD, quando os professores chegaram no momento de discutir a 2ª Lei da Termodinâmica, voltaram novamente às questões da problematização. Este conteúdo permitiu que fossem tratados o desperdício de energia (na forma degradada) e da baixa eficiência do motor a combustão relacionando-a com as questões econômicas e políticas dos investimentos que as grandes montadoras fazem para uso e comercialização de veículos particulares. Nesse momento os professores conseguiram, pela fala dos alunos e percepção nossa, retomar as relações CTS com mais ênfase, com as três vertentes mais interligadas. Em resumo, a despeito de algumas particularidades próprias de cada professor, essa foi, aproximadamente, a dinâmica na qual a SD foi desenvolvida.

2.1.3 A sequência didática e a abordagem CTS

O surgimento de pesquisas e materiais com denominação CTS se iniciou no Brasil a partir da década de 1980. Podemos citar, a partir desse período, as propostas pedagógicas de LUTFI, o projeto Unidades Modulares de Química, a coleção de livros de física do GREF (Grupo de Reestruturação no Ensino de Física), os livros Química na Sociedade e Química, Energia e Ambiente (VAZ ET AL. 2009). Podemos citar também a Proposta Curricular de Química para o Ensino Médio do Estado de Minas (SANTOS e MORTIMER, 2002).

Muitos trabalhos relativos a essa abordagem apontam como um dos seus objetivos desenvolver um ensino de ciências que promova a formação crítica do aluno de modo a envolvê-lo na importância de participação na solução dos problemas da sociedade. Com isso pretende-se promover uma formação ligada ao desenvolvimento de valores e capacidade de

tomada de decisão (AULER, 2003 E 2007; BAZZO, 1998; SANTOS e MORTIMER, 2000; SANTOS e SCHNETZLER, 2010). Sendo assim, antes de definir como a SD se relaciona com essa abordagem, é importante destacar quais pressupostos os currículos CTS trazem sobre ciência, tecnologia e sociedade, de modo a compreender melhor as relações dessa tríade. De outra forma corre-se o risco de trazer concepções limitadas ou até errôneas sobre esses três elementos – CTS. Cada um deles traz consigo uma definição própria do seu significado, já discutida por alguns autores, conforme descrevo.

- CIÊNCIA

Relativizando a ciência, Chalmers (1994, apud SANTOS E MORTIMER, 2000) discute os limites da mesma, criticando a chamada objetividade científica, que defende que toda ciência é realizada a partir de critérios puramente lógicos e racionais. Para ele ciência é um campo em construção, que a despeito desse ilusório caráter neutro, tem dimensões sociais e políticas. Segundo Latour e Woolgar (1997, apud SANTOS E MORTIMER, 2000), não podemos justificar a ciência a partir de critérios totalmente racionais e cognitivos, visto que esses são também construídos socialmente. Esses autores criticam, então, a a-historicidade, a universalidade, a perspectiva de verdade absoluta com que a ciência, muitas vezes, é caracterizada. É importante enfatizar que a ciência é um campo do conhecimento em constante evolução, com teorias e leis que têm limites de validade⁴. Solomon (1988) enfatiza, então, a necessidade dos cursos com abordagem CTS apontarem o caráter provisório das teorias científicas, permitindo assim que os alunos percebam a possibilidade de existência de mais de uma alternativa para solucionar um problema, e não somente buscarem uma única e absoluta solução correta.

As descobertas científicas também são influenciadas pelos contextos e demandas da época em que surgem, sejam essas sociais, políticas ou econômicas. Um bom exemplo a citar foi o projeto Manhattan, de construção da bomba atômica, que promoveu grande desenvolvimento da ciência no campo da física nuclear. No entanto, sabemos que os investimentos no projeto têm origens econômicas e políticas, ligadas à necessidade de criar poderoso armamento para “defesa” dos Estados Unidos antes que um possível inimigo, a

⁴ Vale lembrar aqui que a Leis da Mecânica desenvolvidas por Newton no século XVII e que descreviam bem os fenômenos ligados ao movimento dos corpos se mostraram limitadas e inadequadas quando da investigação do comportamento dos átomos e partículas e, ainda, de partículas que se movem com velocidades próximas à da luz.

Alemanha, o fizesse. Podemos, ainda, examinar as razões de seu uso no bombardeio de cidades japonesas quando o conflito caminhava para um desfecho, no contexto da 2ª Guerra Mundial. Percebemos então como o desenvolvimento científico passa, muitas vezes, pela questão política, visto que muitos financiamentos de pesquisa são definidos por entidades ligadas ao governo ou por instituições privadas. Os trabalhos ligados a abordagem CTS procuram expor essa não-neutralidade das ciências e compreender a ciência no contexto das relações humanas.

- TECNOLOGIA

Segundo Santos & Mortimer (2002, p. 8) a “tecnologia pode ser compreendida como o conhecimento que nos permite controlar e modificar o mundo”. Nesse sentido, longe de aceitar a visão limitada da tecnologia como ciência aplicada, é preciso perceber os diversos aspectos relativos ao desenvolvimento e à escolha e uso de tecnologias. Pacey (1990 apud Mortimer, 2000) define que a prática tecnológica possui os seguintes aspectos centrais:

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.

Apesar da definição de tecnologia ser muitas vezes ligada somente aos aspectos técnicos, os aspectos organizacional e cultural ilustram como a tecnologia é dependente dos sistemas sócio-políticos e culturais da sociedade em que é desenvolvida (MORTIMER, 2000). Perceber essas relações e explicitá-las nos currículos é importante em uma educação que não se limite ao ensino do uso de tecnologias e promova uma visão geral das influências que a mesma exerce no estilo de vida da sociedade. Um exemplo contemporâneo seria o da nossa própria SD, a partir da qual percebemos que utilizamos um modelo tecnológico de transporte que é pouco eficiente, polui excessivamente e, no entanto, vemos pouco investimento, pelo menos no país, em outros tipos de motores como aqueles à base de células de hidrogênio. A partir disso enfatizamos a influência político-econômica exercida pelas grandes montadoras de automóveis, aspecto a ser percebido e discutido quando falamos dessa tecnologia dos motores.

- SOCIEDADE

A vertente sociedade se apresenta nos currículos CTS à medida em que este se desenvolve a partir de temas científicos ou tecnológicos que trazem também questões sociais.

A importância dessa vertente passa por apresentar ao aluno a importância de atuar na sociedade quando do surgimento de questões controversas, ou pelo menos se posicionar criticamente perante as mesmas. É fundamental fazê-los perceber o potencial de atuação que têm como cidadãos e a necessidade de, nesse sentido, se posicionarem perante as questões éticas e os valores humanos relacionados à C&T (ciência e tecnologia). Como exemplo dessa relação podemos pensar que, como consumidores, se perceberem o quanto influenciam o mercado, a opção por uso de produtos que utilizam embalagens recicláveis pode levar a redução da quantidade de lixo produzido. Podemos ressaltar também que muitas decisões relativas a C&T passam por questões éticas que precisam ser debatidas, como exemplo as relativas aos processos de clonagem. Felizmente o fácil acesso à internet e às redes sociais que temos hoje facilita o debate, com acesso a muitas opiniões, e o conhecimento sobre as relações C&T ajuda a analisar quais dessas tem fundamento ou não. Porém, o que é necessário que seja feito nas escolas é o incentivo à participação de forma crítica nesses debates.

Dentre as várias de atividades ligadas à abordagem CTS, algumas comungam mais com os objetivos principais dessa proposta, outras menos. Apesar de existir, na literatura, certo consenso sobre a definição de cada uma das vertentes CTS, conforme explicitiei, não há absoluta clareza sobre como elaborar e desenvolver materiais CTS que as interliguem de maneira totalmente equilibrada. Nesse sentido Aikenhead (1994 apud SANTOS E MORTIMER, 2000) elaborou uma tabela com “níveis” de CTS, a fim de classificar as diferentes propostas de atividades com denominação CTS que tem surgido. Esses níveis vão de 1 a 8, e a diferença entre eles é função da prioridade que tem sido atribuída a cada um dos objetivos gerais de CTS e da proporção entre conteúdo puro de ciências e conteúdo CTS. O nível 1 é predominantemente focado nas ciências e apenas cita relações que podemos considerar como CTS, enquanto o nível 8 seria aquele em que o curso é tão desenvolvido em cima das relações CTS que, praticamente, não se percebe o conteúdo de ciências diretamente. Os níveis intermediários representam graduações desses níveis. Até o nível 4 há mais ênfase

no ensino conceitual de ciências, e partir do 5, essa ênfase muda para compreensão dos aspectos ligados às inter-relações CTS (SANTOS & MORTIMER, 2000).

Na página seguinte temos o quadro com as 8 categorias. Segundo Santos e Mortimer (2000) nas 4 primeiras categorias predomina a ênfase no ensino conceitual de ciências enquanto as 4 últimas a ênfase se desloca para as inter-relações CTS. Os extremos do quadro as categorias 1 e 8, talvez pudessem ser relacionadas a conteúdos de ciências puro e conteúdos CTS, respectivamente.

QUADRO 1 Categorias de ensino CTS

| CATEGORIAS | DESCRIÇÃO |
|---|--|
| 1. Conteúdo de CTS como elemento de motivação. | Ensino tradicional de ciências acrescido da menção ao conteúdo de CTS com a função de tornar as aulas mais interessantes. |
| 2. Incorporação eventual do conteúdo de CTS ao conteúdo programático. | Ensino tradicional de ciências acrescido de pequenos estudos de conteúdo de CTS incorporados como apêndices aos tópicos de ciências. O conteúdo de CTS não é resultado do uso de temas unificadores. |
| 3. Incorporação sistemática do conteúdo de CTS ao conteúdo programático. | Ensino tradicional de ciências acrescido de uma série de pequenos estudos de conteúdo de CTS integrados aos tópicos de ciências, com a função de explorar sistematicamente o conteúdo de CTS. Esses conteúdos formam temas unificadores. |
| 4. Disciplina Científica (Química, Física e Biologia) por meio de conteúdo de CTS | Os temas de CTS são utilizados para organizar o conteúdo de ciências e a sua sequência, mas a seleção do conteúdo científico ainda é feita partir de uma disciplina. A lista dos tópicos científicos puros é muito semelhante àquela da categoria 3, embora a sequência possa ser bem diferente. |
| 5. Ciências por meio do conteúdo de CTS | CTS organiza o conteúdo e sua sequência. O conteúdo de ciências é multidisciplinar, sendo ditado pelo conteúdo de CTS. A lista de tópicos científicos puros assemelha-se à listagem de tópicos importantes a partir de uma variedade de cursos de ensino tradicional de ciências. |
| 6. Ciências com conteúdo de CTS | O conteúdo de CTS é o foco do ensino. O conteúdo relevante de ciências enriquece a aprendizagem. |
| 7. Incorporação das ciências ao conteúdo de CTS | O conteúdo de CTS é o foco do currículo. O conteúdo relevante de ciências é mencionado, mas não é ensinado sistematicamente. Pode ser dada ênfase aos princípios gerais da ciência. |
| 8. Conteúdo de CTS | Estudo de uma questão tecnológica ou social importante. O conteúdo de ciências é mencionado somente para indicar uma vinculação com as ciências. |

FONTE - AIKENHEAD, 1994. p. 55-56.

Utilizando o quadro para analisar nossa SD, percebemos que, por ser muito extensa, durando mais de 3 meses, apresentou, durante seu desenvolvimento, variadas classificações em relação aos níveis citados no quadro. Quando iniciamos o estudo da termodinâmica a partir do motor e dos impactos sociais do seu uso, podemos classificar a SD como pertencente ao nível 5. Percebemos o caráter multidisciplinar da SD quando utilizamos de conceitos da química para tratar da combustão e referenciamos estudos da geografia para tratar da mobilidade e das possibilidades de investimento em outros modelos de transporte. Também nos levaram a essa classificação o final da SD, quando discutimos a 2ª lei da termodinâmica relacionando-a ao baixo rendimento dos motores e, portanto, ao desperdício de energia e poluição gerada pelos veículos automotivos. Porém, após essa problematização inicial, o modo como a desenvolvemos nos remete a outra classificação. Após as atividades iniciais de problematização, voltamos ao índice do livro didático para tratar dos conceitos físicos e deixamos em segundo plano as discussões sobre mobilidade, de modo que nesse momento parece termos trabalhado com a classificação do nível 3. Então, olhando a SD como um todo, longe de fazermos simples média aritmética entre os níveis, coincidentemente optamos por defini-la como pertencente ao nível 4. Justificamos essa classificação visto que trabalhamos de acordo com os tópicos de ciências, conforme item 3, mas também de forma multidisciplinar, como preconiza o item 5, com a abordagem CTS auxiliando na organização do conteúdo. Essa classificação é pessoal, advinda da minha experiência e das minhas impressões obtidas através das entrevistas com os alunos e professores. Nada impede que outros professores, que desenvolveram a SD, a classifiquem em outro nível, de acordo com o modo como a desenvolveram.

2.1.4 O contrato didático e o currículo

Para compreendermos melhor as interações entre professor e aluno, durante o desenvolvimento da SD reconhecemos aqui a importância da expressão “contrato didático”, criado e discutido por Brousseau no início da década de 1980 e que pretende descrever:

...um conjunto de comportamentos (específicos) do professor que são esperados pelos alunos, e um conjunto de comportamentos do aluno que são esperados pelo professor” mediados pelo saber (BROUSSEAU, 1996, p. 38 apud BELTRÃO, 2010, p.6).

Na relação professor-aluno o termo define as posturas que ambos os sujeitos mantêm um com o outro em sala de aula. Incluem-se aí os comportamentos esperados reciprocamente. Para Brousseau (2013, p.20):

“Para resolver uma tarefa, os estudantes não somente buscam interpretar o que é pedido por escrito ou oralmente. Eles também levam em conta o modo de ensinar do educador, que por sua vez espera certos comportamentos da turma. Essa tensão de expectativas, impalpável, invisível e não verbalizada, é o chamado contrato didático, um vínculo entre quem leciona e os que estudam, para o planejamento e a execução de situações de ensino e de aprendizagem.”

De acordo com Beltrão (2010) esses comportamentos “são legitimados por meio de regras específicas (formuladas verbalmente em sala de aula) e, principalmente, por meio de regras implícitas (construídas historicamente e interpretadas no contexto de sala de aula).

Na instituição pesquisada, por sua tradição, as expectativas relacionadas com o que se espera do aluno em termos de rendimento acadêmico, por exemplo, são muito altas. Nas entrevistas com os alunos constatamos esse nível de cobrança e percebemos que os alunos também esperam que o professor tenha um nível de exigência alto, relacionando essa postura exigida do professor como garantia da qualidade do ensino na instituição.

Nesse sentido as entrevistas com professores e alunos nos ajudaram a perceber essas expectativas, de ambos os sujeitos, de modo a compreender melhor o contrato didático dessa relação. A própria instituição já define, pelo seu dinamismo, pela sua tradição, elementos desse contrato, através da relação de direitos e deveres que os alunos acabam, na sua maioria, por compreender e assimilar, quando entram na instituição.

É importante perceber também que, nesse sentido, o professor também criará termos desse contrato didático, à medida em que trabalha de acordo com suas próprias concepções sobre a melhor forma de ensino, de como o aluno aprende e do que este deve fazer para que aprenda (ARAÚJO, 2009). Essas concepções ditarão parte de suas atitudes em sala de aula, do que faz e do que espera, em termos de ações e posturas, dos alunos.

Além das dificuldades encontradas pelos professores em relação ao contrato didático, a experiência inovadora chocou-se também com outro elemento muito importante de regulação das interações entre professor e aluno: o currículo da escola. Perceber como esse

currículo afetou o desenvolvimento da SD, a partir das entrevistas, é dar a devida atenção ao contexto de produção dos discursos dos alunos, como preconiza nosso referencial bakhtiniano.

A palavra currículo tem origem latina, *scurrere*, que significa correr, percorrer um caminho. Selecionamos uma definição de currículo como sendo:

“curso aparente ou oficial de estudos, caracteristicamente constituído em nossa era por uma série de documentos que cobrem variados assuntos e diversos níveis, junto com a formulação de tudo – ‘metas e objetivos’, conjuntos e roteiros – que, por assim dizer, constitui as normas, regulamentos e princípios que orientam o que deve ser lecionado.” (GOODSON, 1995, p. 117).

Uma distinção importante a se fazer, quando falamos de currículo, é a diferenciação entre currículo escrito e currículo como atividade em sala de aula. Temos que Rudolph (1977, p.6 apud GOODSON, 1995, p.22) faz uma crítica às interpretações diretas do currículo prescrito, feitas fora de contexto e ignorando quão complexa é uma sala de aula:

“A melhor forma de se ler erradamente e erradamente interpretar um currículo é fazê-lo tomando-se como base um catálogo. Catálogo é coisa muito sem vida, muito desencarnada, muito desconexa e às vezes intencionalmente enganosa.”

Tendo em vista o dinamismo de uma aula, seus vários sujeitos com suas experiências e histórias de vida, a interpretação direta de um currículo escrito, se prescritiva no modo como o professor deve atuar, nos parece realmente uma limitação perante os complexos processos de ensino e aprendizagem.

Iremos nos ater aqui ao currículo como atividade em sala de aula, que tem características próprias, formas instituídas de ensinar e de aprender, no nosso caso, conteúdos de física. Essas características são chamadas de tradição inventada que, para Hobsbawn (1985, p. 1 apud GOODSON, 1995, p.27):

(...) significa um conjunto de práticas e ritos: práticas normalmente regidas por normas expressas ou tacitamente aceitas; ritos – ou natureza simbólica – que procuram fazer circular certos valores e normas de comportamento mediante repetição, que automaticamente implica em continuidade com o passado. De fato, onde é possível, o que tais práticas e ritos buscam é estabelecer continuidade com um passado histórico apropriado.

Essa tradição não é algo posto de forma rígida, mas construído num contexto histórico e social, que com o tempo pode ganhar força e autenticidade. Nesse sentido podemos dizer que o currículo cria uma regulação do ensino porque “a seleção de conhecimento não implica

apenas informação, mas regras e padrões que guiam os indivíduos ao produzir seu conhecimento sobre o mundo” (POPKEWITZ, 2008, p. 192). Sendo assim, o currículo cria formas de raciocínio, padrões de conhecimento que são historicamente formados (JAEHN & FERREIRA, 2012). É dessa forma que, ao que parece, o ensino de física adquire formas de se realizar no CEFET/MG. Percebemos expectativas dos alunos, durante as aulas, quanto ao uso do livro didático e realização de certa quantidade de exercícios, como práticas naturalizadas e necessárias para se ensinar física. Trata-se de “um conjunto de métodos e estratégias que guiam e legitimam o que é razoável/não razoável como pensamento, ação e autorreflexão” (POPKEWITZ, 2008, p. 193). Sendo assim, ao desenvolver uma proposta distinta da forma como o conteúdo é comumente desenvolvido, podem surgir tensões, por confrontar essa tradição. Segundo Goodson,

Ao pretender mudar a pedagogia da sala de aula, um projeto curricular aborda uma tradição já incorporada no ensino e apoiada por uma infinidade de argumentos racionais e irracionais. Os padrões tradicionais de ensino não mudaram e não irão mudar por exortação ou novos materiais que possam ser prontamente postos à disposição do ensino pelo método antigo (GOODSON, 1995, p. 62)

Popkewitz (2001, p.35) faz uma dura crítica às disciplinas escolares que, muitas vezes, são apresentadas como um “conteúdo incontestado e claro para as crianças aprenderem ou com eles resolverem problemas”. Nossa proposta de desenvolver o senso crítico dos alunos a partir do ensino de Física térmica, discutindo as implicações sociais do uso de certo objeto tecnológico, a nosso ver, excede a mera explicitação de conceitos e resolução de exercícios. Porém, como vimos, essa proposta gerou desconforto nos alunos, e confrontar o currículo foi, a nosso ver, um dos motivos que explicam as tensões observadas.

Gostaríamos de citar aqui a experiência de uma professora, que em seu planejamento confronta a tradição de uma escola. Em um artigo de Vilanni & Ferreira (1997) compartilhamos da experiência de uma professora que tenta desenvolver um projeto de ensino de física, particularmente referente ao conteúdo dinâmica, com alunos do 2º ano em uma rede privada. Os alunos tinham, no 1º ano, estudado o conteúdo de cinemática que, segundo a autora, foi desenvolvido tendo como foco o uso de fórmulas, construção de gráficos e resolução de problemas de lápis e papel. Para exemplificar exporemos resumidamente o choque ocorrido entre o desenvolvimento do projeto e o currículo instituído na escola.

O projeto foi elaborado durante um curso de aperfeiçoamento (de 160 horas) e tinha como foco o desenvolvimento do conteúdo de forma a privilegiar as discussões em sala e as

atividades com efetiva participação dos estudantes, numa perspectiva, pelo menos parcialmente, construtivista. Apesar do início do curso contar com a participação dos estudantes e corresponder às expectativas da professora, essas foram quebradas depois de algumas aulas, devido à redução da participação dos alunos e reclamações referentes ao método utilizado. Depois disso a professora, num momento chamado pela autora do artigo de trégua, cede um pouco e começa a trabalhar também com os alunos algumas atividades mais tradicionais, envolvendo fórmulas e resolução de exercícios, sem com isso abandonar completamente seu planejamento. Depois disso, acreditando ter “acalmado” os estudantes, volta ao seu planejamento antigo, com as discussões em sala, que agora são realizadas com boa participação dos estudantes. No entanto, no final do projeto, antigas concepções dos estudantes, que ela esperava que tivessem sido abandonadas reaparecem, mostrando que as concepções dos estudantes não foram significativamente modificadas.

A conclusão é que, apesar da forma dinâmica e participativa que a professora tenta imprimir às aulas, os alunos, mesmo sendo participativos, o foram apenas para terminar as tarefas, tentando corresponder às expectativas da professora, sem que a experiência fosse significativa para os mesmos. Faltou envolvimento real dos alunos com a proposta, o que acreditamos que só poderia ser conseguido se fossem convencidos de que essa nova forma de ensino é melhor que a anterior.

Da mesma forma, nossa SD, por criar tensões com o currículo da escola e promover quebras no contrato didático, cria dificuldades para o professor. Uma das formas de reduzir essas tensões é deixando claro as vantagens da abordagem, seus objetivos e como será desenvolvido o curso. É preciso, antes de utilizá-la, convencer os alunos que essa é a melhor (ou pelo menos uma boa) forma de ensinar e aprender o mencionado conteúdo.

2.2.1. Os referenciais de análise: Vygotsky e Bakhtin

A elaboração e desenvolvimento dessa sequência de ensino, junto a seu objetivo de desenvolver nos alunos uma postura crítica perante as relações entre ciência, tecnologia e sociedade, indicam-nos certos caminhos na escolha do nosso referencial de análise dos dados. Segundo Freitas (2007, p.32), “a escolha de um referencial teórico tem a ver com a visão de homem e de mundo do pesquisador”. Então, nessa perspectiva de pesquisa em que procuramos identificar os sentidos atribuídos pelos alunos e professores ao desenvolvimento

da referida sequência didática, o homem não pode, sendo objeto de pesquisa, ser analisado separado de seu meio. O homem, desde a infância, se desenvolve a partir das interações com seus pares e com o meio social em que vive. Num outro dizer, é um ser histórico-cultural, definição que detalharemos mais adiante e que nos permite justificar a escolha de Vygotsky e Bakhtin como referenciais com os quais dialogaremos na pesquisa.

Os referenciais de análise representam, numa certa analogia, as “lentes” com as quais observaremos os dados. Ora, a lente de um microscópio utilizada para se observar um microrganismo não deve ser a mesma utilizada numa luneta para observar uma estrela distante, ou seja, cada lente permite observar um conjunto específico de objetos. Da mesma forma, os referenciais de análise devem ser cuidadosamente escolhidos de modo a permitir analisar os dados e responder às questões iniciais da pesquisa, sob pena de, não sendo compatíveis, impossibilitar-nos de “enxergar” o que procuramos. Por isso, sendo o nosso referencial teórico o histórico-cultural, intencionamos aqui descrever um pouco a vida e a obra de nossos principais interlocutores desse referencial a fim de justificar a escolha dos mesmos, no caso, Vygotsky e Bakhtin. Em seguida explicitamos como as produções de cada um deles nos auxiliaram na nossa pesquisa.

Vygotsky e Bakhtin são dois autores russos, contemporâneos, mas que, a princípio, não parecem ter se encontrado em nenhum momento, exceto talvez por intermédio de seus textos. Vygotsky nasceu em Orsha, cidade da Bielo-Rússia em 1896 e Bakhtin em 1895, em Oriol, ao sul de Moscou.

Vygotsky, na área da psicologia, via com incômodo a separação entre mente e corpo nas análises realizadas por seus contemporâneos. Estes compreendiam as ações do homem como fruto dos fenômenos internos (ligados à mente) ou como produto de um reflexo passivo das influências do meio sobre o mesmo (ligados ao corpo). Vygotsky, então, propõe uma teoria psicológica na qual o homem se constitui através das relações sociais via linguagem (FREITAS 1994). Já Bakhtin, atuando na área da linguagem, critica as perspectivas vigentes na época que viam a linguagem somente como um sistema abstrato de normas. Nessas perspectivas a comunicação, muitas vezes, se dá de forma isolada e toda a expressão e forma de compreensão é definida unicamente pelo sujeito falante, independente do contexto. Bakhtin rompe com essa visão interpretando que todo texto é dialógico, “conversa” com outros textos e vai de alguém a alguém, ou seja, o falante, quando se expressa, o faz visando a

um interlocutor e isso já molda sua fala. As produções desses teóricos irão perpassar a análise dos dados pois adotamos nesta pesquisa a visão de sujeitos sócio históricos, que se constituem enquanto tal na sua relação com o outro e com os elementos da sociedade em que vivem, relações mediadas pela linguagem (FREITAS, 1994). Tal visão terá implicações teórico-metodológicas importantes na construção e análise dos dados das entrevistas com os sujeitos da pesquisa – professores e alunos – envolvidos na experiência de ensino que investigamos.

É instigante pensar como Bakhtin, um teórico da literatura e filósofo da linguagem, se justifica como um referencial da nossa pesquisa junto a Vygotsky, psicólogo ligado às questões educacionais (FREITAS, 1994). Na verdade, foi o contexto histórico-social de suas produções que parece tê-los aproximado, ante as experiências que tiveram. Viveram uma época (início do século XX) marcada por revoluções, como a Revolução de 1917, que promoveu uma efervescência intelectual nas duas décadas seguintes (FREITAS, 1994). Vygotsky criticou duas grandes linhas da psicologia da época, totalmente contraditórias: uma que enfatizava as funções psíquicas como manifestações da esfera interior do homem, independente do meio em que vive e outra que definia essas funções como reflexos diretos do meio externo. Para Vygotsky, as funções psíquicas do homem só podem ser compreendidas na sua relação como o meio. Bakhtin faz uma crítica às correntes filosóficas-linguistas da época e suas concepções de objetividade e criação individual da língua, ambas desconsiderando os contextos de produção dos discursos.

Na tentativa de aproximar as produções desses dois pensadores, podemos dizer que, de grande importância no nosso trabalho está a crítica comum feita por ambos a um modelo de homem separado da sua relação com o meio em que vive (no sentido das interações com a natureza e com outros homens). Enfatizavam, então, a existência sociocultural do homem. Ambos, então, vão significar as relações sociais como elementos constituintes das relações humanas e que, portanto, são base para compreensão do homem e de suas ações, tanto no sentido de ações externas (no meio em que vivem) como em seus processos psíquicos. Relações sociais que acontecem em certo momento da história, em certa sociedade, portanto em certa cultura, daí a importância de pesquisas educacionais fundadas nesta perspectiva histórico-cultural.

2.2.2 Vygotsky: as “lentes” da análise dos dados

Para compreender melhor como alguns conceitos desenvolvidos por Vygotsky nos auxiliaram na análise dos dados, é necessário refletirmos inicialmente sobre o desenvolvimento da sequência de ensino de termodinâmica. Importante lembrar que um dos nossos objetivos foi desvendar os sentidos das avaliações que os sujeitos da pesquisa fizeram sobre a SD.

A experiência de ensino aqui relatada foi desenvolvida tendo como referência um objeto tecnológico, no caso, o motor a combustão, que foi importante instrumento de mediação da aprendizagem. Foi a partir dele que os professores tentaram desenvolver os conteúdos científicos, ou seja, os conceitos da física relativos à termodinâmica bem como discutir as questões sociais do uso intensivo dessa tecnologia. Segundo a teoria de Vygotsky podemos entender esse objeto tecnológico, no caso o motor, como uma ferramenta cultural, enquanto instrumento e enquanto signo, conceito que explicaremos em seguida. Sendo assim, uma rápida discussão de alguns conceitos desenvolvidos por Vygotsky será primordial para a compreensão do modo como foi realizada a análise dos dados no que tange ao entendimento das relações que os alunos estabeleceram com o motor, enquanto objeto de ensino, e com a SD.

Vygotsky estabelece uma distinção fundamental entre o homem e outros animais marcada pela existência, naquele, do que chamou de Funções Mentais Superiores, como memória, imaginação, capacidade de planejar, raciocínio dedutivo e pensamento abstrato (VYGOTSKY, 2008). O homem desenvolve essas funções superiores durante a vida, através das interações com outros homens e com a cultura. O processo de construção dessas funções tem sua origem no desenvolvimento cultural do homem que se apoia mas ultrapassa largamente o desenvolvimento biológico. Assim:

(...)o homem transforma-se de biológico em sócio-histórico num processo em que a cultura é parte essencial da constituição da natureza humana. O desenvolvimento e funcionamento das funções psicológicas superiores está fortemente ligada aos modos culturalmente construídos de ordenação do real. Instrumentos e símbolos construídos numa determinada esfera social definem quais das inúmeras possibilidades de funcionamento cerebral serão efetivamente concretizadas ao longo do desenvolvimento do indivíduo... (JOENK, 2002, p. 3).

Para Joenk (2002) a capacidade do homem em pensar em objetos ausentes, estabelecer relações entre fatos e eventos e, com isso, planejar ações vindouras é um dos grandes diferenciais entre o homem e os outros animais (irracionais). Enquanto o homem desenvolve

essas funções, chamadas superiores, os animais estão limitados a capacidades psicológicas mais elementares, como ações reflexas ou processos de associações simples. O desenvolvimento dessas funções, no homem, ocorre, segundo Vygotsky, a partir de ações mediadas, isto é, ações construídas nas relações que os seres humanos mantêm entre si e com a natureza. No caso de nossa experiência em sala de aula, essas ações acontecem a partir da relação entre o aluno e o aprendizado, mediada pelo artefato tecnológico: o motor a combustão.

Segundo Joenk (2002, p.4), mediação é: “processo de intervenção de um elemento intermediário numa relação, que deixa de ser direta e passa a ser mediada por esse elemento”, e cita um exemplo: uma criança, ao tocar no caule de uma rosa e se ferir com os espinhos, solta-o instintivamente, como qualquer animal o faria, sendo esta uma ação de reflexo. Porém, se antes de pegar, examina o caule, vê os espinhos e evita toca-los, sua ação foi mediada pela experiência anterior, onde tocar o caule resultou em dor. Para Vygotsky o desenvolvimento do homem ocorre na sua relação com a sociedade, no meio em que vive, ou seja, no contexto histórico-cultural de sua existência, mediado pelo uso de instrumentos e signos. O instrumento é o elemento criado pelo homem com certa finalidade, carregando, através dos tempos, essa função: um martelo pode ser usado de diversas formas, mas carrega sua função específica, pregar ou retirar pregos. Já os signos são instrumentos internos, usados para controle das ações psicológicas. Oliveira (1998, p.30) define que “signos podem ser definidos como elementos que representam ou expressam outros objetos, eventos, situações”. Para Vygotsky (1999, p.70):

A invenção e o uso de signos como meios auxiliares para solucionar um dado problema psicológico (lembrar, comparar coisas, relatar, escolher, etc.) é análoga à invenção e uso de instrumentos, só que agora no campo psicológico. O signo age como um instrumento da atividade psicológica de maneira análoga ao papel de um instrumento no trabalho.

Entre diversos signos podemos citar, segundo Joenk (2002) os sistemas de contagem, mapas, desenhos, placas de trânsito, gestos e todo tipo de signos convencionais utilizados nos diferentes grupos sociais. Na SD desenvolvida, o uso do motor a combustão como objeto tecnológico, como elemento de reflexão sobre as relações CTS, é importante signo usado como instrumento de mediação na interação professor-aluno.

Outro ponto importante da análise é compreender o modo como alunos e professores relataram essas relações com esse objeto tecnológico, no contexto das entrevistas. Ou seja, é importante perceber os contextos em que foram realizados os relatos, durante as entrevistas,

visto que nossa abordagem histórico-cultural preconiza que o próprio contexto da entrevista, situação, local e pessoas, já influencia o entrevistado.

Durante as entrevistas buscamos compreender como os professores trabalharam com esse artefato tecnológico, o motor a combustão, e com os diversos signos utilizados para compreender seu funcionamento.

É importante, na análise dos dados, considerar que a avaliação que os alunos fizeram da SD está ligada à compreensão que tiveram da proposta. Tentamos avaliar se os motivos e objetivos dos estudantes no desenvolvimento das atividades propostas na SD coincidiram com os motivos e objetivos que orientaram sua proposição pela equipe de professores. Compreender o que os sujeitos da pesquisa pensam sobre a sequência didática a partir de suas falas, nas entrevistas, é identificar as relações entre pensamento e linguagem, esse signo, esse instrumento psicológico de mediação entre o homem e o mundo.

Vygotsky não considerava a linguagem como um sistema abstrato, mas como elemento que, além da função comunicativa, servia para organizar o pensamento. Segundo Vygotsky (2001, p. 409): “o pensamento não se exprime na palavra, mas nela se realiza”, ou seja, a palavra não é mero reflexo do pensamento, esse passa por várias transformações antes de se verbalizar na fala. O autor estabelece uma distinção entre fala exterior, como uma mensagem direcionada a um receptor, e fala interior, que para ele não é propriamente uma fala, mas uma atividade afetivo-intelectual. Para Vygotsky a fala interior não é mera reprodução da fala exterior. Ela auxilia na organização do pensamento. (VIGOTSKY, 2008).

Essa relação entre fala e pensamento é perceptível nas entrevistas nos vários momentos em que, após iniciar uma fala, o próprio sujeito a interrompe antes de terminar, para continuar em seguida, modificando um pouco a própria fala. Interpretamos isso como se a fala inicial ajudasse o sujeito a reorganizar o próprio pensamento, que por sua vez cria a necessidade de alterar a própria fala, a fim de se fazer melhor entendido. Na fala da aluna Pâmela identificamos essas hesitações, denotando relação entre linguagem interna e externa:

Pâmela: “Pra mim é a questão sociológica, digamos assim, que me convence sabe? Não.... tipo..... tem o cálculo, tem mas tipo assim.... é isso aqui o carro compensa menos porque você tá poluindo loucamente mais....Porque a partir do momento que você.... tipo..., tem, você vai conscientizando todos os alunos não é só.... tipo.... interessante você ver, tipo, aqui dentro (da instituição) porque às vezes, a única abordagem que você tem com uma questão a única abordagem que você tem com uma questão mais social é geralmente no curso de meio ambiente e hospedagem....”
GRIFO NOSSO.

Nessa perspectiva em que a fala tem a função de organizar e planejar o pensamento e a conduta, na década de 1930 Vygotsky vai trabalhar suas teorias a partir da relação dialética entre pensamento e linguagem. Da mesma forma, Bakhtin discorreria sobre a linguagem como um sistema dinâmico e interativo, contrapondo aos seus contemporâneos que a viam como simples meio de comunicação e analisavam somente seus aspectos linguísticos. No próximo tópico trataremos da vida, obra e conceitos desenvolvidos por Bakhtin.

2.2.3 Bakhtin: outro referencial de análise

Bakhtin empreendeu vasto trabalho analisando os marcos teóricos vigentes na filosofia da linguagem e linguística do início do século XX. Fez duras críticas às linhas teóricas do pensamento filosófico e linguístico vigentes à época, por ele denominadas de subjetivismo idealista e objetivismo abstrato. Enquanto a primeira definia o fenômeno linguístico como criação individual, instrumento pronto a ser usado, a segunda defendia uma dicotomia entre língua e fala, supondo então a objetividade e neutralidade da língua (FREITAS, 1994). Bakhtin critica a primeira por ignorar os fatores políticos, econômicos e sociais que determinam a língua, dando a esta um valor que excede o estilístico, individual. Sua crítica à segunda se deve ao fato que, no uso da língua estão relacionadas as consciências dos interlocutores, ~~falante~~, ou seja, toda palavra é carregada de sentidos ideológicos ou vivenciais, não sendo a língua um elemento neutro a ser usado pelo falante. Nesse sentido essas correntes desconsideram a enunciação e o contexto de expressão da língua, desvinculando-a de sua esfera real (FREITAS, 1994). Porém, para Bakhtin:

“Não são palavras o que pronunciamos ou escutamos, mas verdades ou mentiras, coisas boas ou más, importantes ou triviais, agradáveis ou desagradáveis, etc. A palavra está sempre carregada de um conteúdo ou de um sentido ideológico ou vivencial. (BAKHTIN, 1988, p. 95)

Na verdade, em ambos os casos, podemos dizer que para Bakhtin a grande questão é a sua visão da língua como uma prática viva, não limitada às regras de uso, dinâmica e determinada pelas experiências dos interlocutores, ainda que não seja também uma simples criação individual e descomprometida.

O outro.... não é o primeiro falante que irrompeu pela primeira vez o eterno silêncio do universo; ele não apenas pressupõe a existência do sistema da língua que utiliza como conta com a presença de certos enunciados anteriores, seus e alheios, com os quais estabelece todo tipo de relação (se apoia neles para problematiza-los ou

simplesmente os supõe conhecidos de seus ouvintes). Todo enunciado é um elo na cadeia, muito complexamente organizada, de outros enunciados. (BAKHTIN, 2003, p. 272)

No discurso do sujeito perpassam vários outros discursos, de experiências anteriores, de ideologias, de visões de mundo. Disto decorre que as falas dos sujeitos da pesquisa, tanto alunos quanto professores, são perpassadas por esses elementos, essas vivências, experiências. Os sentidos dos enunciados produzidos estão relacionados a essa condição do homem como ser histórico-cultural. Um mesmo enunciado em contextos históricos e/ou culturais distintos terá sentidos distintos. A significação de um enunciado depende desses fatores, como o contexto da fala, além de outros, como a quem se dirige, com que intenção e será também refletido em elementos distintos como o estilo do discurso, a entonação, tudo se tornando claro (ou significativo) dentro de certo contexto.

Os conceitos desenvolvidos por Bakhtin e Vygotsky nos auxiliaram na análise dos dados, nesse contexto das interações em sala de aula. O sentido que o professor dá à sua formação docente, à sua profissão, sua visão de aluno e de si mesmo, como docente, pode (e vai) se refletir na sua aula através das suas falas, ações, posturas. Da mesma forma, os alunos chegam com uma experiência de vida, seja familiar, no círculo dos parentes, seja social, pensando mais amplamente na comunidade onde vive, e isso influencia suas ações. Perceber a importância desses contextos na análise dos dados nos auxiliaram, junto ao referencial teórico adotado, a desvendar os sentidos das ações dos sujeitos da pesquisa que, por sua vez, nos permitiram responder às questões de pesquisa.

Uma das expectativas dessa pesquisa é delimitar os sentidos atribuídos pelos estudantes à sequência didática a partir das análises dos enunciados contidos nas transcrições das entrevistas realizadas com os alunos. Partindo do sentido da palavra enunciado dado por Bakhtin e seu círculo, Brait (2005, p. 63) define que é

“uma unidade de comunicação, unidade de significação, necessariamente contextualizado. ... O enunciado é uma forma de comunicação carregada de sentido, advinda do contexto de sua produção.”

Cada enunciado compreende uma informação completa que é transmitida pelo locutor, sendo o fim de um enunciado o momento no qual foi dada a palavra ao outro. Esse outro, então, compreende o enunciado e o responde, ainda que sua resposta possa ser uma compreensão responsiva ativa muda. Entende-se como compreensão responsiva ativa a resposta ou compreensão imediata do outro durante uma situação de interação (HILLA,

2011). Além disso os enunciados sempre trazem em si outros enunciados, anteriormente apreendidos pelo locutor, chamados por Bakhtin de vozes do discurso. Mesmo quando um locutor se encontra sozinho, ao se expressar essas vozes estão presentes e não pertencem exatamente a uma pessoa, mas ao meio social que esse indivíduo pertencia. Em *Cultura popular na idade média e no renascimento – O contexto de François Rabelais*, Bakhtin (1987, p. 330) diz:

“Na relação criadora com a língua não existem palavras sem voz, palavras de ninguém. Em cada palavra há vozes infinitamente distantes, anônimas, quase impessoais (as vozes dos matizes lexicais, dos estilos, etc.), quase imperceptíveis, e vozes próximas, que soam concomitantemente.”

Nesse sentido, identificar os sentidos produzidos pelos alunos passa por identificar nas suas falas essas múltiplas vozes e reconhecer seu contexto de produção. Durante as entrevistas identificamos que certas falas de alguns alunos eram respostas ao que seus colegas diziam. Outras eram respostas à sua vivência na instituição, à sua relação com seus professores e com o contrato didático existente na instituição. Nesse trabalho identificamos as tensões, impasses e contradições apresentadas nesses discursos.

3 – PERCURSO METODOLÓGICO

Optamos pela pesquisa qualitativa por entender que esta atenderia melhor aos nossos propósitos de obter, por parte dos sujeitos da pesquisa, uma avaliação da SD que nos permita identificar as tensões surgidas durante seu desenvolvimento. Esse tipo de pesquisa permite que obtenhamos um aprofundamento das falas dos sujeitos, à medida em que, durante as entrevistas, podemos questionar ou pedir maiores explicações sobre algo que não ficou tão claro. A obtenção de detalhes nos auxiliou no desvendar, mais que os posicionamentos sobre a SD, os sentidos atribuídos a ela por esses sujeitos.

A flexibilidade na obtenção de dados com esse tipo de pesquisa permitiu um aprofundamento na análise da experiência de ensino, à medida em que, nas entrevistas, conseguimos obter com detalhes muitas informações relativas às expectativas iniciais dos alunos e dos professores e as experiências profissionais destes últimos. Com isso buscamos entender a realidade dos sujeitos da pesquisa, suas formas de interação com a instituição, suas relações uns com os outros e com o contrato didático, ou seja, uma série de combinados e expectativas existentes.

Esse tipo de pesquisa é uma forma de aproximar pesquisador e pesquisados, a fim de confirmar e/ou refutar hipóteses que guiaram a elaboração das questões de pesquisa. “A pesquisa qualitativa promove contato direto e interativo com a situação objeto de estudo” (JESUS, 2014, p.115) e permite entender fenômenos analisados segundo a perspectiva dos sujeitos participantes valorizando o sentido atribuído pelos sujeitos às coisas e situações.

Mais do que dar voz aos sujeitos é preciso, durante a análise, compreender o contexto de sua produção, ou seja, aliar a experiência pessoal do indivíduo à experiência vivenciada e suas percepções sobre essa última (ALVES-MAZZOTI, 2003)

O uso de uma pesquisa qualitativa se justificou também pela necessidade de avaliar a experiência, junto aos sujeitos da pesquisa sem o intuito de obter apenas dados discretos da mesma. Assim, não desejávamos quantificar qual o percentual de alunos que considerou positiva ou negativa a experiência, mas sim perceber quais os sentidos foram dados à mesma, quais as relações que os sujeitos criaram com a mesma. Durante as entrevistas, mesmo seguindo um roteiro com tópicos que consideramos importantes de serem abordados, esses

não nos impediram de acrescentar novos elementos que foram surgindo. Nesse sentido a pesquisa qualitativa, por sua natureza mais dinâmica, permitiu-nos obter dados e aprofundarmos em questões que julgamos importantes no momento em que essas demandas surgiram, mesmo que não as tenhamos previsto. Isso ocorreu muitas vezes quando algo dito pelos alunos não ficou totalmente claro e pude, no papel de entrevistador, pedir detalhamentos ou acrescentar outra pergunta ao roteiro. Durante as entrevistas tentamos identificar os pormenores das relações entre os professores e alunos, e para isso estávamos dispostos a ouvir, muitas vezes, até o que não foi dito, mas expresso, através de gestos, interrupções das falas, entonações, etc. Esses dados, que se apresentariam imperceptíveis num grupo muito grande de alunos, acabam por fornecer mais informações sobre o que eles falam do que o que é apenas verbalmente dito, ou seja, a insegurança ou certeza em algumas falas, percebidas durante as entrevistas, auxiliaram na análise dos dados. Uma das vantagens desse tipo de pesquisa consiste na possibilidade de dar fala aos sujeitos, mas sempre, para melhor compreendê-las, referenciando-as no contexto da experiência pessoal/profissional de cada um deles e na sua vivência na instituição.

Por sua vez, nas entrevistas com os professores, percebemos que trabalharam a SD de modo distinto, cada um com suas particularidades, suas formas de compreender e desenvolver os processos de ensino-aprendizagem. A pesquisa qualitativa favoreceu a percepção dessas diferenças de abordagem com a SD, relatadas nas entrevistas com os professores. O fato de ter trabalhado com a sequência permitiu consubstanciar as falas desses sujeitos da pesquisa com minha própria experiência. A pesquisa qualitativa privilegia esse diálogo com os sujeitos participantes.

3.1 A instituição

A pesquisa, como já mencionado, foi realizada em uma escola técnica federal do estado de Minas Gerais. A instituição é multicampi e leva à várias cidades do Estado seu ensino qualificado. Oferta ensino médio integrado a cursos técnicos, cursos superiores, pós-graduações *stricto sensu* e *lato sensu*, na área tecnológica, além de EJA (Educação de Jovens e Adultos) e cursos técnicos com concomitância externa.

A unidade pesquisada possui cursos técnicos de: edificações, eletromecânica, eletrônica, eletrotécnica, equipamentos biomédicos, hospedagem, mecânica industrial, meio ambiente, informática, química, redes de computadores e trânsito. Também contempla, de forma indissociada, o ensino, a pesquisa e a extensão, tendo sua excelência no ensino reconhecida por várias avaliações e rankings.

Para ingressar em um dos cursos é preciso realizar exame de seleção, realizado no final de cada ano, para entrada no ano seguinte. Os exames de ingresso para os cursos técnicos com concomitância interna são altamente concorridos, cuja relação candidato-vaga em 2014 variou entre 7 e 22. Há na cidade uma variedade de instituições privadas que oferecem cursos preparatórios para esse exame.

Uma vez dentro da instituição, o aluno precisa, para ser aprovado em cada disciplina, ter nota igual ou superior a 60% dos pontos distribuídos e frequência mínima de 75%, critérios comuns à maioria (se não todas) as escolas da rede pública. Uma grande diferença é que o aluno, após a segunda reprovação, é jubulado da instituição.

A SD tem sido desenvolvida ao longo dos últimos anos (2011, 2012, 2014, 2016), com alguns professores, na instituição. Desenvolver essa pesquisa nessa instituição facilitou a coleta de dados e análise dos mesmos, devido ao fato de conhecer os professores que trabalharam com ela, conhecer a instituição e com isso poder confrontar os dados coletados com as percepções obtidas de minha própria prática, quando desenvolvi a sequência nos anos de 2011 e 2012. Essa experiência anterior permitiu acrescentar elementos e percepções à análise que não existiriam se a pesquisa tivesse sido realizada em outra escola, como a compreensão da relação dos alunos com a escola, a postura deles como estudantes e do contrato didático que existe na relação professor-aluno.

3.2 A escolha dos sujeitos da pesquisa

A escolha dos professores como alguns dos sujeitos da pesquisa teve como objetivo tentar confrontar a visão que têm sobre os fundamentos da abordagem CTS e o modo como desenvolveram a sequência com as percepções dos alunos sobre esse desenvolvimento.

Tentamos avaliar o nível de clareza que os professores tinham quanto aos objetivos da proposta a fim de compreender o modo como a desenvolveram e confrontar isso com a percepção dos alunos desse desenvolvimento. A avaliação da SD que fizemos junto aos professores passa também por identificar de que modo a visão pessoal deles sobre o ensino influenciou sua prática pedagógica, em quais momentos a sua formação acadêmica e experiência profissional auxiliou ou limitou o desenvolvimento da proposta.

Uma das formas utilizadas para responder às questões de pesquisa foi através da entrevista presencial com professores e alunos. Uma das vantagens da entrevista presencial é permitir “ouvir” o que não foi dito, perceber o que não foi explicitamente expresso, mas ainda assim transmitido, através dos gestos, movimentos e expressões corporais. Observar e apreender a partir de “[...] outros tipos de interação social que sugerem significados sutis da linguagem” (VIANNA, 2003, p. 55). Isso sem perder de vista o fato de que meu próprio conhecimento e experiência interferem no que eu vejo, absorvo, apreendo dessa interação. Compreender a visão e perspectiva que os mesmos tinham da sequência, antes mesmo de começar a implementá-la, nos auxiliou na compreensão do modo como desenvolveram a SD.

A escolha dos alunos que participariam foi feita segundo dois critérios. O primeiro foi relativo à escolha de alunos que participaram do desenvolvimento da sequência no ano anterior à entrevista e que, portanto, ainda se encontravam na instituição, cursando o 3º ano. De outra forma teríamos que contatar alunos que já formaram, dificultando enormemente a marcação de um encontro com grupos de alunos, visto que, se ainda são estudantes da instituição, suas rotinas se parecem, facilitando o encontro. Além disso, sendo alunos, ainda frequentam a instituição, permitindo assim que nos encontremos nela e, com isso, facilitando esse encontro. Várias entrevistas foram marcadas em horários vagos dos estudantes, geralmente entre aulas de um mesmo dia, visto que nesses momentos os alunos deveriam, de qualquer modo, permanecer na escola para a outra aula. Como cada grupo foi formado com alunos de uma mesma turma, esses horários vagos eram comuns para cada grupo de alunos, facilitando a marcação do encontro. A escolha por entrevistas em grupo, no lugar de individual, se deu por acharmos que assim os alunos, que não me conheciam, ficariam mais à vontade para se expressar. Como a SD tinha sido desenvolvida há aproximadamente um ano, imaginamos também que, em grupo, seria mais fácil de ser lembrada.

O segundo critério foi relativo à escolha de quais alunos, dentro de cada turma, participariam. A escolha dos alunos foi realizada através de dois procedimentos: alguns alunos, aproximadamente metade deles, foi escolhida por mim, após ter assistido a vários vídeos, desenvolvidos pelos alunos em 2014, relativos ao tema trabalhado e proposto no final do curso de termodinâmica como atividade avaliativa. A outra metade de alunos foi escolhida pelos professores que haviam desenvolvido a sequência didática com os mesmos no ano anterior (2014). O critério de escolha, tanto seguido por mim como orientado aos professores que seguissem, foi que selecionassem alunos que, no geral, tanto em sala como nos vídeos, se demonstrassem mais comunicativos. Entendemos aqui como alunos comunicativos aqueles que, aparentando ter menos timidez, gostam ou pelo menos parecem se sentir mais à vontade para se expressar. Esse critério foi escolhido por pensarmos que, assim, conseguiríamos dar maior dinamicidade às entrevistas e, com isso, obter mais dados sobre o desenvolvimento da sequência. Também tivemos receio de que com alunos muito tímidos as entrevistas poderiam ser muito curtas e pouco aprofundadas. Obviamente que sabíamos que, mesmo assim, um aluno que se apresente com desenvoltura no vídeo de um trabalho escolar ou mesmo em sala de aula pode, em outros contextos, como o de uma entrevista, agir timidamente e contribuir pouco com a discussão da questão. Posteriormente verificamos que essa hipótese se mostrou verdadeira em pelo menos um dos grupos entrevistados. As entrevistas com os outros grupos foram dinâmicas e produtivas.

Importante observar que a seleção desses alunos não foi pautada nas notas obtidas ou na participação e empenho do aluno perante a realização das atividades do curso de termodinâmica, mas sim na participação dos alunos em sala de aula no geral, ou seja, durante todo o ano. Entendemos que se a escolha fosse realizada a partir da participação dos alunos apenas durante o curso de termodinâmica, os resultados da pesquisa poderiam ser mascarados pela escolha desses sujeitos. Muitas vezes, os alunos que participam muito das atividades costumam gostar delas e vice-versa, então pensamos que, se escolhêssemos somente aqueles que se empenharam com as atividades, estes fariam, no geral, somente avaliações positivas da sequência e não achamos que isso seria reflexo das opiniões da turma como um todo. Não será possível confirmar essa hipótese, mas a escolha dos nossos sujeitos, usando esse critério de sujeitos comunicativos, permitiu que obtivéssemos grande quantidade de dados para a pesquisa. Coletamos e analisamos muitas avaliações da SD, tanto positivas (que esperávamos que existissem) quanto negativas (que ansiávamos por descobrir). Nossa missão foi desvendar os sentidos expressos por essas avaliações.

3.3. Os sujeitos da pesquisa e seus cursos

Pesquisamos somente as turmas dos professores que desenvolveram a SD, objeto da nossa pesquisa. Optamos por não escolher turmas específicas para termos maior quantidade de dados e maior abrangência dos mesmos. Isso permitiu analisar o máximo de turmas distintas possível. Quando os professores optaram por desenvolver a SD, suas turmas já haviam sido anteriormente definidas, de modo que não houve uma escolha deliberada por turmas deste ou daquele curso. Na ocasião (ano letivo de 2014) os professores que abraçaram o projeto lecionavam para duas turmas de eletrônica e uma turma de cada um dos seguintes cursos: mecânica, meio ambiente, química, eletrotécnica e equipamentos biomédicos.

Realizamos entrevistas com um grupo de cada turma, exceto com uma das turmas de eletrônica e com a turma de meio ambiente, para as quais montamos 2 grupos em cada uma delas. Fizemos isso por perceber que, nessas turmas, existia uma quantidade maior de alunos interessados em participar das entrevistas. Assim, ao final, tivemos um total de 9 grupos,

Os alunos, no geral, gozam de muita liberdade na escola, podendo entrar e sair da sala a qualquer momento, inclusive optando por assistir ou não as aulas. Ainda que não exista um controle direto sobre eles, suas ações costumam ter consequências indiretas e, muitas vezes, acarretam em baixo rendimento escolar com possível reprovação. Ainda que não seja maioria, mas os alunos que não se adaptam ou aderem à essa estrutura de funcionamento acabam sendo jubilados da instituição, que não permite que o aluno permaneça na mesma após a segunda reprovação.

Apesar da liberdade comum oferecida aos alunos, os mesmos acabam se diferindo um pouco de acordo com o curso que fazem. Os cursos ofertados têm perfis diferentes, alguns com estudantes apresentando um perfil fortemente acadêmico, outros com estudantes que trazem lacunas de formação do Ensino Fundamental e pouco hábito de estudo regular. Além disso, alguns cursos apresentam problemas de permanência dos estudantes, com níveis mais altos de repetência e evasão.

A tabela a seguir nos mostra uma estatística com os valores médios da quantidade de vagas oferecidas e da relação candidato vaga dos vestibulares dos últimos 3 anos (2014 a 2016), com valores arredondados para uma casa decimal. Na tabela usamos os códigos: V = quantidade de vagas e CV = relação candidato-vaga. Os cursos identificados na tabela e seus

respectivos códigos são: química (QUI), meio ambiente (MEI), equipamentos biomédicos (EBM), mecânica (MEC), eletrônica (ELT), eletrotécnica (ELE).

Tabela 1 Número de vagas e relação candidato-vaga, por curso.

| QUI | MEI | EBM | MEC | ELT | ELE |
|-----------|-----------|-----------|----------|----------|----------|
| V = 36 | V = 36 | V = 34 | V = 72 | V = 108 | V = 72 |
| CV = 20,3 | CV = 20,5 | CV = 12,0 | CV = 9,5 | CV = 6,7 | CV = 6,2 |

Percebemos que a relação candidato-vaga dos cursos de química e meio ambiente são bem altas, se aproximando do dobro do curso de equipamentos biomédicos e excedendo o dobro do curso de mecânica e o triplo dos cursos de eletrônica e eletrotécnica. Isso ilustra a diversidade de alunos que fizeram parte da pesquisa, a despeito de pertencerem à mesma escola. Ainda que a análise das falas dos alunos não seja relacionada com o curso de cada um deles, não podemos deixar de mencionar que acreditamos que alguns cursos estão ligados mais diretamente à cultura escolar, fortemente acadêmica, que se representa mais fortemente nesses cursos. As tensões que analisamos revelam conflitos entre a visão que os alunos adquirem da abordagem CTS com a representação que tem dos processos de escolarização e exigências de desempenho acadêmico da instituição.

3.4 Procedimentos éticos

Seguimos os preceitos do Comitê de Ética em Pesquisa (COEP) e obtivemos do mesmo a autorização para realizá-la. O principal cuidado em relação à pesquisa é ligado à não divulgação da identidade dos participantes da pesquisa. Esse sigilo foi resguardado com o uso de pseudônimos para referenciar os participantes.

A escola foi também tratada com os cuidados éticos devidos, evitando-se qualquer manifestação que a desabone e preservando, do mesmo modo, sua identidade.

3.5. Os dados da pesquisa

Nossos instrumentos de pesquisa se resumiram a entrevistas, com professores e alunos, e análise de um questionário sobre a SD, respondido pelos alunos. Todos esses sujeitos de pesquisa participaram do desenvolvimento da SD em 2014.

Optamos por fazer entrevistas individuais com os professores devido à hipótese nossa, que depois se mostrou verdadeira, de que cada professor tinha muito a dizer, sendo que isso tornaria a entrevista com grupo de professores muito longa. As entrevistas com alunos foram em grupo para deixá-los mais à vontade, visto que eu, o entrevistador, era um professor desconhecido, com quem eles não tiveram aula.

3.5.1 Procedimentos e organização dos dados

Apesar das entrevistas não serem as únicas fontes de dados, destacamos uma importância especial a elas pelo fato de permitirem uma interação direta entre o pesquisador e os sujeitos da pesquisa. Por isso, essa parte será dividida em duas, a primeira mais geral, relativa à organização para obtenção dos dados, e outra parte especificamente relativa à realização das entrevistas.

3.5.2 Levantamento de dados

A coleta de dados foi feita em 3 momentos. Através de entrevistas semiestruturadas com os professores, com grupos de alunos e análise da avaliação da sequência feita pelos alunos em 2014, quando responderam um questionário sobre a mesma.

A utilização de distintos métodos e fontes de dados, em uma pesquisa qualitativa, auxiliam na fidedignidade das informações. A entrevista semiestruturada é importante instrumento de coleta de dados, principalmente nesse tipo de pesquisa em que os sujeitos são professores e alunos. Isso porque, a despeito das opiniões diversas dos indivíduos, podemos separá-los em dois grupos, de professores e alunos, e depois analisar as perspectivas de cada um do desenvolvimento da SD. A ideia é comparar o modo como cada professor trabalhou com o modo como seus respectivos alunos compreenderam, desenvolveram e se situaram perante a proposta, lembrando que em uma pesquisa quantitativa a opinião dos sujeitos tem o mesmo “peso”, a mesma relevância. Importante lembrar que o modo como cada sujeito

percebe e avalia a SD precisa ser confrontado com o contexto dessa avaliação, ou seja, é preciso compreender o contexto de produção desses discursos. Vale também lembrar a importância do uso de nomes fictícios para não gerar comparações e constrangimentos a nenhum dos sujeitos da pesquisa.

As entrevistas em pesquisa se diferenciam principalmente pelo nível de controle que o entrevistador consegue exercer sobre o diálogo (ALVES-MAZZOTI, 2002). Ao entrevistador cabe escolher, durante a entrevista, entre direcionar um pouco a mesma, a fim de elucidar questões ou deixar os entrevistados se expressarem mais livremente, de modo a analisar quais elementos, citados na entrevista, foram lembrados. Isso talvez revele a importância dada a esses elementos, visto que, geralmente, nos lembramos dos eventos aos quais demos maior importância. No geral, em cada entrevista, tendo as opções de conduzir um pouco mais ou permitir que flua livremente, exerci ambas as ações, ora uma, ora outra. Optamos por entrevistas individuais com os professores, pois tínhamos uma expectativa que cada professor teria muito a dizer, tornando as entrevistas muito longas. Sendo assim, teríamos que fazê-la em mais de um dia, e isso dificultaria o encontro com os professores. Com os alunos decidimos fazer entrevistas com trios de alunos, a fim de deixá-los mais à vontade, visto que estariam com outros colegas em vez de sozinhos com um entrevistador desconhecido.

Lembrando que os critérios de escolha dos alunos já foram explicados no capítulo relativo à escolha dos sujeitos da pesquisa, o primeiro contato com eles foi realizado na própria instituição, com autorização da mesma. Após ter acesso à grade de horários de cada turma, através do site da própria instituição, sendo essas informações de domínio público, selecionei as “janelas” nos horários de cada turma, ou seja, os horários em que cada turma não tinha aula. Quando terminava a aula anterior à “janela”, pedia licença ao professor que estava saindo da turma, me apresentava como pesquisador e chamava os alunos pré-selecionados para explicar mais detalhadamente sobre a pesquisa. Os alunos concordaram em disponibilizar seus números de telefone, com os quais foram criados grupos de whatsapp (aplicativo que permite, através da criação de grupos, escrever uma única mensagem, mas enviá-la para vários contatos simultaneamente). Foram criados 10 grupos para entrevista, intitulados grupo A, grupo B e assim sucessivamente.

Destes grupos, 8 eram compostos de 3 alunos, um deles foi formado por uma dupla de alunos e o outro por um quarteto. A marcação das entrevistas ocorreu com alguns

contratempos: mesmo sendo grupos de alunos de uma mesma turma e, portanto, tendo horários vagos em comum, em vários momentos os alunos de um mesmo grupo não podiam se reunir. As vezes um ou outro tinha outro compromisso, como estudar para uma prova ou um atendimento com o dentista da própria instituição. Nas semanas em que tinham provas, sendo que essas ocorrem com certa frequência na instituição, o encontro também se tornara difícil. Porém, com perseverança e sutil maneira de insistir na marcação das entrevistas sem, com isso, pressioná-los ou mesmo fazê-los se arrepender de terem aceitado a proposta, as entrevistas foram ocorrendo. A justificativa para realização das entrevistas tinha como base o objetivo de que a presente dissertação possibilitaria um melhor entendimento do desenvolvimento dessa sequência didática, de forma a melhorá-la e trazer conhecimento de volta para o sistema acadêmico da instituição.

3.5.3. As entrevistas

Realizei, então, as entrevistas, não sem alguns pequenos percalços, como entrevistas desmarcadas e atrasos, sendo que, por antever esses últimos, nunca marcava 2 entrevistas em sequência, uma após a outra. Das 10 entrevistas previstas foram realizadas 9, sendo que com um dos grupos, após sucessivas tentativas de encontro vãs, desistimos de realizá-la por considerar que o grupo não desejava mais isso.

As entrevistas foram realizadas, com autorização da instituição, num laboratório de física da mesma, num horário em que não houve aula prática. Realizar as entrevistas nesse local teve o intuito de facilitar a realização das mesmas no sentido de encontrar os alunos num horário em que todos estivessem disponíveis e a fim de deixá-los à vontade num ambiente que já conheciam. Os grupos eram constituídos, em sua maioria, de 3 alunos mais o entrevistador, que é próprio autor dessa dissertação. Uma das entrevistas foi feita em dupla porque um dos integrantes faltou.

As entrevistas ocorreram em tom amigável e tranquilo. A coleta de dados foi realizada utilizando um gravador de áudio e através de anotações que fazia num caderno à medida que a entrevista se desenvolvia. Os alunos foram informados e assegurados do sigilo das informações prestadas durante a entrevista, para uso exclusivo na dissertação e em possíveis artigos correlatos, bem como do uso de pseudônimos nesse trabalho.

As entrevistas foram do tipo semiestruturada. Iniciamos com uma pergunta bem geral: “como foi o curso de termodinâmica desenvolvido através da sequência didática?” A ideia era deixar os alunos falarem por conta própria sobre o que lembravam e achavam mais importante mencionar, até para perceber que informações sobre a sequência didática são relatadas primeiro, seguindo a hipótese de que os eventos mais marcantes seriam primeiramente lembrados. Seguindo o roteiro de tópicos que se encontra no anexo F, durante as entrevistas ia riscando os tópicos a medida que os alunos, por conta própria, já os mencionavam nas suas falas e só intervinha de forma mais direta sobre algum assunto em momentos em que percebia que a discussão já se encaminhava para o final e alguns tópicos não haviam sido contemplados ainda. Nesse momento buscava informação sobre o tópico através de uma pergunta mais direta sobre o mesmo. Durante todo o tempo da entrevista fiz anotações de gestos, olhares e ênfases que foram dadas em algumas falas, anotando o momento em que ocorreram para consubstanciar essa informação com o áudio que estava sendo gravado. Evitei interferir e interromper suas falas, mas mostrando-me sempre atento a elas. As entrevistas, no geral, se mostraram bem dinâmicas, com todos os alunos participando, muitas vezes concordando com as falas dos colegas e, em outras, discordando respeitosamente. Isso ajuda a perceber o quão ficaram à vontade durante a entrevista.

No final da entrevista, depois que os alunos iam embora, fiz um apanhado geral de cada entrevista, usando o gravador de áudio, numa tentativa de evitar que o tempo apagasse impressões importantes que tive da entrevista. Nesse áudio se encontram informações percebidas relativas a expressões faciais, momentos em que percebia insegurança ou firmeza nas falas dos alunos e que não seriam possíveis de serem captadas pelo áudio. Vale lembrar que eu já tinha, em vários momentos durante a entrevista, notado e anotado essas percepções em um rascunho que fazia à parte, a fim de que isso auxiliasse na análise dos áudios, após as transcrições. Esse apanhado gerou um arquivo de áudio que, apesar de curto, se mostrou bem denso de significado posteriormente, quando da análise dos dados, por descrever e relembrar as impressões que tive dos alunos durante as entrevistas. Além disso esse áudio resumia toda a entrevista, permitindo uma visão mais abrangente da mesma, posteriormente.

Fiz as transcrições, de modo criterioso e fidedigno. A cada entrevista realizada partilho da sensação de que a experiência promovia melhorias nas entrevistas realizadas posteriormente, seja na melhor percepção do que estava sendo dito, em seus pormenores, como na redução da ansiedade em “completar” as falas dos alunos, deixando-os terminarem

suas falas, em seus próprios tempos. As entrevistas permitiram conhecer os sujeitos, melhorando, na análise, a contextualização das suas falas e identificando possíveis pressupostos de suas declarações, percebendo quem diz o que, como diz, a quem diz e visando que efeito (FRANCO 2012).

Finalmente, descrevemos no próximo item nosso conceito de tensão, elemento tão importante na nossa análise.

3.6 A definição de tensão

Antes da análise dos dados é importante explicitar nossa definição de tensão, conceito retirado do materialismo dialético, método de análise da natureza proposto por Marx e Engels. Nele a natureza não se constitui de um conglomerado casual de objetos e fenômenos, isolados uns dos outros e sem nenhuma relação de dependência entre si, mas é formada a partir de um todo organizado e único. A partir dessa organização os objetos e fenômenos se acham organicamente vinculados uns aos outros, se interdependem e se condicionam mutuamente. Nesse sentido, a dialética parte do critério de que os objetos e fenômenos da natureza levam sempre implícitas, contradições internas. O processo de desenvolvimento do inferior para o superior não decorre como um processo de desenvolvimento harmônico dos fenômenos, mas pondo sempre em evidencia as contradições inerentes aos objetos e fenômenos.

"Dialética, em sentido restrito, é — diz Lenine — o estudo das contradições contidas na própria essência dos objetos." (LENINE, "Cadernos filosóficos", pág. 263, ed. russa).

E complementa:

"O desenvolvimento é a "luta" dos contrários" (LENIN, "Em torno do problema da dialética", pag. 301, ed. russa).

Portanto, para dialética, sempre existe a luta entre o velho e o novo, passado e futuro, esses conflitos que definimos como tensões. A partir dessas tensões, ou melhor, da luta para superar essas tensões acontece o processo de desenvolvimento.

A pesquisa parte dessa definição de tensão, de modo que compreendê-las consiste no primeiro passo para superá-las, a fim de, posteriormente, facilitarmos o desenvolvimento da SD. Superar as tensões, aqui, não significa removê-las, como se faz com um obstáculo, posto que algumas são constitutivas da educação em ciências. Significa se conscientizar da existência delas, a fim de que possamos refletir sobre as mesmas e, conseqüentemente, conseguirmos lidar com elas.

Em nossa pesquisa, relativa ao desenvolvimento da SD com abordagem CTS, percebemos que sempre existirão tensões com a cultura escolar. No nosso contexto de ensino de física sempre existirão representações, na escola, sobre o que é aprender física e como deve ser feito o ensino dessa disciplina. É uma arena de luta, onde o professor precisa, quase o tempo todo, trazer para os alunos elementos que justifiquem a abordagem que utiliza, para que os mesmos a percebam como um valor. Ao mesmo tempo o professor precisa deixar claro aos estudantes que não está abrindo mão de elementos importantes do ensino de física do ponto de vista da compreensão de seus conceitos fundamentais, tampouco de seu formalismo.

Analisando a SD propriamente dita, a abordagem CTS tenta vincular o ensino de ciências a uma leitura da realidade, contextualizando o ensino de ciências com a sociedade. Enfatiza também a formação de um aluno com visão crítica da realidade para que possa atuar nela. Vários objetivos dessa abordagem têm respaldo em documentos oficiais do Ministério da Educação (MEC), como nos Parâmetros Curriculares Nacionais (PCN's) e documentos da Base Nacional Curricular Comum (BNCC). Porém, como todo movimento de inovação curricular, esses objetivos tencionam-se com as práticas já familiarizadas na escola, com a própria dificuldade na produção dos materiais e desenvolvimento das relações CTS.

Outra tensão é relativa à concepção sobre o que é aprender física e sobre aprender sobre ciência e tecnologia na sociedade contemporânea. A abordagem CTS acaba por confrontar com uma abordagem puramente técnica de discussão das leis da física e aplicação das mesmas em exercícios, na sua maioria, numéricos. Mais que a compreensão dos conceitos a abordagem CTS tenta discutir o papel que esses têm no entendimento da realidade, como instrumento de compreensão do mundo. Na SD aqui investigada, isso é realizado utilizando-se um artefato tecnológico, produto da C & T, para reflexão e compreensão da ciência (e seus conceitos) e sobre a ciência, seus usos e implicações.

Além disso, ligar outros temas, como Tecnologia e Sociedade à vertente Ciências implica em redução no tempo em que se trabalharia somente o conteúdo puro de ciências, requer rearranjos no currículo, que acabam por trazerem novos desafios, novas tensões.

4 – RESULTADOS

4.1 Análise dos dados da pesquisa: a “visão” dos professores

Analizamos as entrevistas com os professores procurando, inicialmente, conhecer um pouco a formação acadêmica e experiência em sala de aula dos mesmos. Isso ajudou a compreender os contextos que os levaram a desenvolver a sequência didática e as expectativas que criaram sobre a mesma. Posteriormente, ao fazermos uma análise de alguns enunciados dos alunos, faremos menção a certas falas dos professores, na tentativa de confirmar se a postura dos professores perante a sequência, relatada pelos mesmos, se refletiu em ações identificadas também pelos alunos. Cada professor será referenciado a partir de um pseudônimo. Sendo três professores, serão chamados aqui de Athos, Phortos e Aramis.

As questões que utilizamos nas entrevistas com professores foram mais abertas que as utilizadas nas entrevistas com alunos (que se encontram no anexo F). Inicialmente pedimos aos professores que descrevessem sua formação e experiência em sala de aula. Em seguida, de uma forma bem ampla, pedimos que descrevessem suas impressões sobre o desenvolvimento da SD.

Uma vez transcritas as entrevistas, selecionamos trechos que caracterizam mais claramente a abordagem que deram à sequência didática e como se relacionaram com esta proposta didática (expectativas, análise crítica da experiência de ensino e seus resultados). Para cada um deles, iniciamos com trechos em que os professores se apresentam:

Professor PHORTOS: Eu tenho cinco anos como professor do Cefet mas estava na unidade Timóteo. Então tinha acabado de chegar, de transferir para BH, era meu primeiro ano aqui na unidade de Belo Horizonte eu fiz essa sequência com duas turmas do segundo ano Turmas eletrônica minha formação foi ela toda na física dura fiz bacharelado mestrado doutorado em física dura depois eu resgatei fazendo licenciatura como complementação (...)eu não tinha muito conhecimento nessa prática me ofereceram para realizar experiência e a primeira vez que eu entro numa experiência dessa um pouco diferente do esquema tradicional

(...) Assim, pra ser sincero foi... nunca procurei a fundo sobre esse assunto. Então meu primeiro contato foi nessa reunião. Reunião de professores do segundo ano com ATHOS (nome fictício do professor) apresentando proposta e ao mesmo tempo que eu não sou da área de ensino de física eu sempre gosto de, sempre tenho o peito aberto pra experimentar então eu fiquei assim me coloquei a disposição e com interesse de comprar a ideia, de ver, tentar sem Compromisso mesmo se der certo deu se der errado paciência a gente repensa né mas meu primeiro contato com CTS foi esse... Já foi a experiência né de cara

Como assim, foi minha primeira experiência, não vou dizer assim que foi fácil, porquê..... Dá insegurança seguir um esquema que você nunca fez, eu também não tinha uma base teórica muito forte ainda, então dá um pouco de insegurança. Você tem que estudar, então tive que estudar parte de educação ambiental, até a parte política mesmo de mobilidade urbana, mas eu acho muito interessante porque não arrependo, também não acho que foi perfeito né, tivemos várias dificuldades mas, tivemos os pontos positivos também, principalmente a questão de você trazer esse aluno que... que não vinha pra aula de física, de tocar ele eu acho que talvez uma dificuldade grande seria a gente conseguir...(não completou a frase) mas ao mesmo tempo uma parcela pequena daqueles alunos mais tradicionais se sentiram um pouco perdidos, eu acho que se a gente conseguir fazer esse material pra essa sequência.... O material mais robusto trabalhando a parte teórica fundamental mas integrando com as questões que a gente já trabalha eu teria interesse de repetir e seguir essa linha...

O professor PHORTOS é efetivo na instituição e entrou na mesma recentemente (há menos de 5 anos). Apesar de sua formação se basear no que chamou de “física dura”, ou seja, em física aplicada, entrou na área de educação fazendo disciplinas de licenciatura posteriormente. Apesar de nunca ter trabalhado com a abordagem CTS, pela própria fala, pareceu disposto e empenhado a trabalhar com outras abordagens de ensino.

Esse professor cita que encontrou certa dificuldade em desenvolver a SD nos momentos em que existiram questionamentos dos alunos em relação a informações técnicas de funcionamento do motor.

Isso gerou uma dificuldade para o professor também porque muitas coisas que trouxeram para aula eu não tinha a mínima ideia de como responder, então assim, as questões técnicas do motor, eu também não tinha muito conhecimento, então assim, fica uma aula muito interessante, mas nem sempre o professor vai ter resposta pra tudo né?

Apesar de citar que a SD promove mais participação, revela quebras da mesma na medida em que foi necessário ficar “retornando” ao livro didático.

....eu senti que na questão de mobilização houve um ganho, mas a gente esbarrou no problema do tempo, né, que ao mesmo tempo que essa sequência é muito interessante e muito boa a gente tinha que ir no livro didático pegar o conteúdo, pegar alguns problemas exemplares e o tempo é apertado aqui no CEFET. A gente teve um pouco de dificuldade com isso, talvez esse material (a SD), na minha opinião, ele ainda não é totalmente independente do livro didático, a gente precisou intercalar os dois, talvez o ideal seria a gente tentar fazer, a partir desse material e fazer um material independente, fazer de forma integrada, tudo ali, e até ficar livre do livro didático mesmo.

E conclui que repetiria a experiência, considerando-a significativa, se fossem feitos alguns ajustes.

Eu acho que se a gente conseguir fazer esse material pra essa sequência, um material mais robusto, trabalhando a parte teórica fundamental mas integrando com as questões que a gente já trabalha eu teria interesse de repetir e seguir essa linha.

O professor PHORTOS, apesar de desenvolver a SD pela primeira vez, demonstrou muito interesse em trabalhar com a mesma. Apesar disso reconhece que algumas tensões surgiram, como a dificuldade em responder aos alunos às questões relativas a elementos técnicos do motor. Outra tensão significativa é a quebra que a SD cria quando é necessário recorrer ao livro didático para trabalhar conteúdos científicos. Nesse momento percebemos um afastamento também das relações CTS, quando apenas o ensino de ciências é enfatizado.

O professor ARAMÍS se apresentou:

Sou licenciado em física da federal de viçosa, tenho mestrado em física la também e recentemente terminei o doutorado aqui na UFMG, Já leciono desde 2008⁶, quando terminava o mestrado, mas no Cefet foi a primeira experiência com ensino médio. Antes eu dava aula em cursinhos pré-vestibulares e no ensino superior, la em viçosa mesmo. Fui substituto durante um ano, aí, assim que comecei meu doutorado, no segundo ano eu já comecei a dar aula na universidade particular mas no Cefet, que é ensino médio foi a primeira experiência com esse tipo de aluno, porque no ensino superior já vai pra 7 anos de experiência no ensino superior... (...) Primeiro, eu não conhecia, não sabia nem o que significava CTS entendeu? (...)no inicio eu achei vago, eu achei meio vago, arriscado, como se você estivesse dando um tiro no escuro, entendeu? Com o tempo a gente foi fazendo algumas reuniões, alguns encontros com o ATHOS (nome fictício do outro professor), e algumas coisas iam ficando um pouco mais claras, entendeu? Mas aí, o que que acontece, quando chegava a ficar mais claro para mim, pro ATHOS, que já fazia a proposta desde 2011, ele já tava com a estrutura, com o curso tudo já bem mais avançado, entendeu? Então eu tinha que ficar batalhando ali, aproveitando as reuniões, as orientações dele para tentar aperfeiçoar ali, um pouquinho as ideias que teriam que ser colocadas ali, nas minhas aulas, mas, por ser o primeiro contato, primeira experiência minha com esse tipo de estrutura, no início eu fiquei assustado....

Percebemos o estranhamento desse professor com a proposta da sequência didática. Apesar de valorizar a metodologia, expressa dificuldades com a administração do tempo necessário para trabalhar a abordagem CTS e os conteúdos científicos.

...mas depois eu cheguei a concordar com o ATHOS que valia a pena, que era um estudo que tinha que ser continuado porque sai daquela metodologia cotidiana que ta aí, há muitos anos, aquele mesmo tipo de aula rotineira (...) Só que tem alguns problemas, no meu caso, por exemplo, teve alguns problemas, eu tive... eh, você não conseguir encaixar alguns conteúdos que são fundamentais, você não conseguir encaixar naquele tempo que você tem ali pra você conseguir dar a termodinâmica, a gente tinha um tempo limitado. Então o que que acontece você tinha que ficar cortando algumas coisas, alguns conteúdos que pra mim eram importantes.

⁶ Lembrando que essa entrevista foi realizada em 2015.

Essa é outra tensão que surge muitas vezes quando se desenvolve a abordagem CTS. Trabalhar com foco em ciência, tecnologia, sociedade e suas relações reduz o tempo que seria utilizado somente com o conteúdo de física, sendo então necessários cortes no programa, ou menos aprofundamento em alguns tópicos. Essa reestruturação do currículo, se não é bem feita e explicitada aos alunos, dificulta a adesão deles ao projeto e, portanto, a execução do mesmo. Outra queixa é relativa a alguns conteúdos, que ele considera fundamentais, que não foram trabalhados:

Esses conteúdos que vão ser importantes, porque hora nenhuma na sequência você ensina eles a fazer isso, uma transformação de escala, então essas coisas que são muito importantes e são muito cobradas do aluno depois, o aluno vai fazer uma prova, um exame, ele vai ser cobrado nesses conteúdos aí, então tem que se fazer um apanhado de alguns conteúdos que eles vão ser cobrados depois, que não fossem retirados da termodinâmica, do habitual da termodinâmica e fossem colocados na sequência. Aí é só mudar aquilo e acrescentar aquilo sem você precisar voltar para o livro depois porque fica uma quebra...

Diante desta avaliação, o professor Aramís tomou, então, a decisão de, ao final da SD, retomar conteúdos de Física, tais como tradicionalmente se apresentam no livro didático adotado, conforme relata:

aí quando eu falei que a sequência ficou incompleta a gente teve que voltar pro livro que na hora que tem que voltar pro livro aí volta lá em temperatura de novo você vai falar de temperatura você vai falar de... vc meio que você... Recomeço curso como que a gente fez toda sequência chegou até segunda lei **(da Termodinâmica)** sem usar o livro hora nenhuma a gente começou o primeiro mês inteirinho usando aquelas sequências **(atividades da sequência)**... A gente retornando para o livro aí começou de novo falar de temperatura fala de calor fala de dilatação falar de primeira lei trabalho energia e segunda lei então aí pra mim ficou uma coisa meio que **(confusa)** entendeu... Tem que escolher ou um ou outro tem que fechar esse ciclo aí pra pra você não ter que retornar lá no início de novo no livro da Beatriz Alvarenga pra você retomar os conceitos de temperatura e dilatação segunda lei tem que ser um troço que você só vai andar pra frente você começa a falar de combustão aí no meio ali no meio ali vc já pode colocar alguma coisa que vai falar do medidor do termômetro das escalas de temperatura e dar sequência **(GRIFO E ACRÉSCIMO NOSSO)**

Esta decisão expressa uma dificuldade em trabalhar com abordagem CTS relacionando bem essas três vertentes. Afinal, não é tarefa simples tratar dos conceitos científicos e dos problemas sociais a partir do objeto tecnológico, principalmente com alunos que nunca tinham estudado dessa forma. Podemos inferir dessa decisão uma percepção, por parte deste professor, de que os conteúdos de Física não poderiam ser tratados adequadamente a partir daquele contexto de estudo. Convém salientar que essa mudança na abordagem da SD foi feita por este professor sem consulta ao grupo de professores que conduzia o projeto com suas turmas.

Em sua entrevista, o professor Aramís menciona, ainda, a cobrança, por parte dos alunos, de mais ênfase nos conteúdos da física e na resolução de questões:

...não sei se é porque ele já tá no segundo ano, com a cabeça que na física ele tem que fazer exercício, aí, p mim, já é aquela coisa de, que o aluno já tem na cabeça dele que ele tem que fazer exercício, uma quantidade de problemas, problemas difíceis, tem que ir bem na prova, pra depois fazer um Enem da vida... Acho que ele tem isso na cabeça e ficam te cobrando isso, quando você demora a fazer isso com ele, a passar um exercício que tem certo grau de dificuldade, ele fica te cobrando. É só isso professor? Mas tá muito fácil...porque pra ele a física não deveria ser tão fácil como tava sendo, entendeu?

Mais uma vez percebemos o contrato didático sendo expresso pelos alunos, ligado a uma perspectiva de como deve ser o ensino de física, focado na resolução de exercícios. O professor, ao que parece, se vê confrontado entre duas perspectivas de ensino de física e adere parcialmente ora a uma, ora a outra.

O professor ATHOS é aquele que possui mais experiência com a SD, tendo sido precursor no seu desenvolvimento, desde 2011, e quem trouxe a proposta para discussão na Coordenação de Ciências (grupo de professores de Física e Biologia da escola). Segue breve relato das experiências anteriores a 2014, para situar o leitor quanto ao seu desenvolvimento:

2011 que a gente tentou fazer uma coisa mais ousada, usando só nosso material. Em 2012 foi o blog em que a gente pelo menos teve uma sequência mais consistente, sabe, a gente já sabia o que ia fazer desde o início. E, em 2014, aproveitei o blog como uma fonte pra produção de vídeos pelos alunos, então esses anos com essas características: 2011 o ponto de partida eram as reportagens de uma revista de circulação nacional sobre o tema de mobilidade urbana, foi o ano em que a gente tentou produzir um material de apoio e não demos conta, nem de aproveitar o que tava produzido, nem produzir junto. Fica mais claro que teve uma quebra na organização da sequência, e aí a gente caiu no livro didático, inclusive chegou a produzir um artigo sobre isso, levantando essas questões apresentado no Epef (Encontro de Pesquisa e Ensino de Física) em 2012. Em 2012 com mais clareza das limitações do material, nós então decidimos mais claramente que a temática sobre degradação de energia e mobilidade urbana deveria aparecer na problematização inicial, já levantando questões, já mostrando para os alunos como o curso seria organizado, que essa temática seria tratada. Depois a gente conscientemente adota o índice do livro didático como uma referência mesmo, segue o que a escola já faz normalmente, segue o livro da Beatriz, segue a organização proposta, mas quando chegava na segunda lei, tendo discutido a segunda lei, aí recolocava o tema e dessa vez usando o blog como mediação extraclasse⁷

⁷ No ano de 2011 a problematização da Sd foi iniciada a partir de reportagens da revista Carta Capital sobre mobilidade urbana. No final dela, foi criado um blog, que pode ser visualizado em <http://www.cienciacidadacefetmg.blogspot.com.br/> (acessado em 19/02/2017 as 16:00), onde os alunos postaram comentários e discutiram as questões que tinham sido trabalhadas com a Sd. Em 2012 utilizamos esse blog para apresentar aos alunos as questões de mobilidade urbana e poluição geradas pelo motor a combustão interna. Os textos da revista Carta Capital também se encontravam no blog.

Esse professor relata como foi o desenvolvimento da SD em 2014, com os alunos que foram sujeitos da nossa pesquisa:

(...) 2013 eu deixo de dar aulas aqui no ensino médio, na educação profissional e vou para o mestrado, fico só lá, um ano inteiro, por conta do mestrado e ninguém quis continuar, ou seja, eu não estando a frente, aí não aconteceu nada. No ano seguinte (2014) eu retomo as turmas de 2^o ano e aí mantenho a ideia, com material de aluno já organizado, a gente então inicia a proposta com dois colegas, o PHORTOS e o ARAMÍS. Então trabalhamos aqui com o material do aluno colocando um acréscimo que foi a tentativa de, logo após a problematização, propor aos alunos que fizessem uma pesquisa pra discutir o baixo rendimento do motor de combustão, eu acho que essa atividade gerou um ruído, ela ocupou um tempo, os alunos levantaram muitas questões, a gente não conseguiu dar sequência pra essas questões, embora a atividade em si, ela teve uma produção interessante, mas ela, na sequência, ficou meio descolada porque depois, quando a gente retoma o livro didático pra dar sequência à programação, aí eu acho que a quebra ficou maior do que do ano anterior, em que a gente apresenta a sequência e diz olha, a partir da estrutura e funcionamento do motor, nós vamos, então, trabalhar os fundamentos dessa tecnologia, estudando termodinâmica, mas também não tem um desdobramento claro, eu enxergo que uma possibilidade era pegar, realmente pegar mesmo mais aspectos do funcionamento do motor e dali ir tirando a motivação o contexto pra entrar com alguns conceitos, por exemplo, depois dessa problematização era possível discutir, na refrigeração do motor, no sistema de refrigeração entrar com o estudo da calorimetria.

Ele relata uma quebra na SD, que também é sentida pelos alunos, conforme relatarei na análise das entrevistas desses. A SD, durante a problematização inicial, permitiu boa ligação dos conceitos científicos com as questões ecológicas e de mobilidade, ou seja, a partir das discussões sobre uso do motor tivemos as relações CTS bem relacionadas e fundamentadas. Porém, em seguida, as discussões dos conceitos científicos foram desenvolvidas de forma um pouco independente do nosso objeto tecnológico (motor a combustão), ou seja, sem muita relação com as vertentes Tecnologia e Sociedade. Essa foi uma das quebras identificadas na SD. No momento das entrevistas esse professor já tinha sugestões do que poderia ser alterado na SD:

(...)na problematização, o desfecho da problematização já começa criando um contexto pra se conceituar calor, temperatura e energia térmica e já tem texto pra isso, no mínimo pra ser questionado, quer dizer, essa produção já estava pronta (no material). Pra mim a etapa seguinte seria entrar no problema da refrigeração do motor e em cima disso entrar com os conceitos de capacidade térmica, calor específico e até calor latente, pensando o que acontece com o material quando ele absorve calor e que tipo de mudanças podem acontecer, enfim... e aí eu pensei que o que falta, o que faltou é realmente pegar, pensando no motor mesmo, desdobrar as várias possibilidades dali...

Para esse professor as relações CTS são bem trabalhadas quando se chega na discussão da 2ª lei da termodinâmica.

(...) a parte que é mais interessante desse processo todo, justamente a retomada da problematização no contexto da 2ª lei, essa que eu acho que tá redonda, que é colocar a partir da 2ª lei, combinar com o baixo rendimento das máquinas térmicas o grande desperdício de energia, entrar com degradação nesse contexto e aí trazer o problema da mobilidade urbana, que já tinha sido tratado na problematização inicial, é retomado e continua tendo significado

Na fala dos professores as potencialidades da SD começam a se tornar claras. A contextualização que o uso do objeto tecnológico fornece é elemento importante dela, principalmente quando chegamos no momento de discutir a 2ª Lei da Termodinâmica. Nesse ponto as questões do baixo rendimento do motor, as limitações teóricas impostas por essa lei para aumentar seu rendimento, e as implicações sociais do seu uso de forma descontrolada possibilitam interessantes discussões em sala. Por outro lado, identificamos tensões na SD, principalmente quando o uso desse objeto tecnológico como contexto é deixado de lado e alguns conceitos são trabalhados de forma mais independente da SD. Nas análises das entrevistas com alunos iremos confirmar essas impressões dos professores.

Importante enfatizar que o modo como o professor desenvolveu a SD limita ou favorece as potencialidades da mesma. Das entrevistas com os professores, podemos identificar diferentes níveis de adesão e envolvimento com a proposta da SD. Os objetivos de ensinar física e o que é prioritário ensinar e aprender são pontos subjacentes às experiências didáticas vividas por esta equipe de professores. Voltaremos a estes pontos após analisar os questionários e entrevistas dos estudantes.

Apesar dessas diferenças, algumas impressões são recorrentes na voz dos professores, como as dificuldades de integração entre conteúdos de física, a problematização inicial da sequência e os contextos de estudos CTS que ela evoca. Outro ponto comum nas avaliações dos professores é a necessidade de um material didático mais robusto, de modo a evitar quebras na abordagem quando da alternância entre as atividades da sequência e os textos e exercícios do livro didático.

4.2 Análise dos questionários

O questionário⁸, outra fonte de dados (de 2014) da nossa pesquisa, foi respondido pelos alunos no final do primeiro semestre letivo do ano em que a SD foi implementada. O mesmo se encontrava no final de uma avaliação que os alunos fazem no final de cada semestre, que ocorreu um pouco menos de 2 meses após o término de desenvolvimento da SD.

O questionário tinha como objetivo fazer uma avaliação da SD, utilizando fichas de avaliação que continham afirmações às quais os alunos deveriam se posicionar, a partir de uma escala de atitudes, escolhendo uma dentre 5 alternativas (escala Likert). Cada ficha era constituída de uma afirmação. Recolhemos 186 questionários, respondidos por estudantes das 7 turmas, de forma voluntária e anônima. Os itens do questionário, bem como os gráficos de tabulação das respostas se encontram no anexo E.

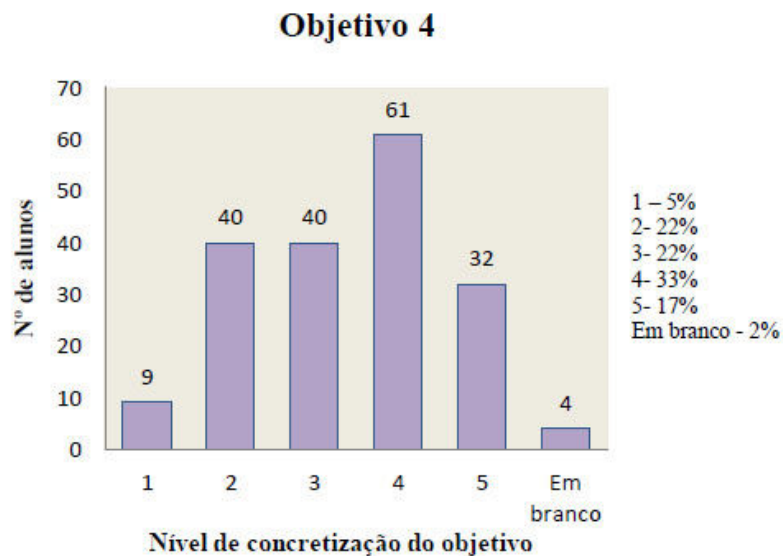
Os questionários se apresentam em dois blocos de questões, com 8 afirmações cada. O primeiro bloco buscou uma avaliação, por parte dos alunos, sobre em que medida alguns objetivos extraídos da matriz de habilidades do Exame Nacional do Ensino Médio (ENEM), para a área de Ciências da Natureza e suas Tecnologias, foram atingidos pela sequência. O uso dessa matriz de objetivos se justifica por entendermos que várias habilidades da matriz do ENEM têm relação direta com o movimento CTS e foram por ele inspiradas. É o caso, por exemplo, dos objetivos transcritos abaixo, utilizados também nesse questionário:

- Objetivo 3: Analisar perturbações ambientais, identificando fontes, transporte e (ou) destino dos poluentes ou prevendo efeitos em sistemas naturais, produtivos ou sociais.
- Objetivo 4: Avaliar impactos em ambientes naturais decorrentes de atividades sociais ou econômicas, considerando interesses contraditórios.
- Objetivo 8: Avaliar possibilidades de geração, uso ou transformação de energia em ambientes específicos, considerando implicações éticas, ambientais, sociais e/ou econômicas

⁸ Os itens do questionário com seus respectivos gráficos de tabulações das respostas se encontram no anexo E.

Para estes itens os alunos deveriam escolher, numa escala de 1 a 5, o nível de concretização das afirmações pela SD, seguindo o padrão: 1 (muito baixo); 2 (baixo); 3 (sem opinião); 4 (alto); 5 (muito alto). Tabulamos as respostas e construímos gráficos para facilitar a análise. Para exemplificar apresentamos em seguida, no gráfico 1, os resultados do objetivo 4 com sua respectiva escala de concordância.

GRÁFICO 1: objetivo 4 do grupo 1



Outros objetivos utilizados nessas fichas de avaliação, embora não sejam ligados diretamente com abordagem CTS, são complementares a ela e estiveram presentes na elaboração e desenvolvimento da SD, como:

- Objetivo 1: Confrontar interpretações científicas com interpretações baseadas no senso comum, ao longo do tempo ou em diferentes culturas.
- Objetivo 7: Utilizar leis físicas e (ou) químicas para interpretar processos naturais ou tecnológicos inseridos no contexto da termodinâmica.

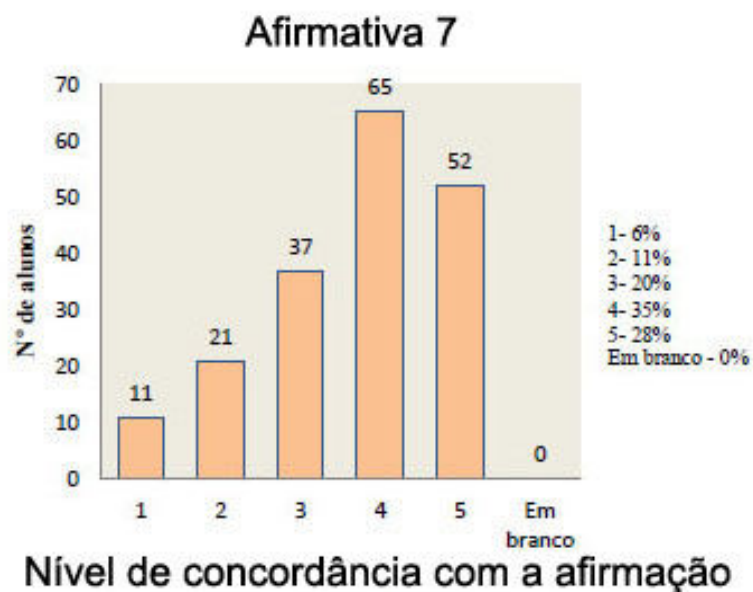
A análise das respostas nos dão diretrizes, que discuto mais detalhadamente ao final dessa seção, sobre em que medida as intenções da SD foram cumpridas na visão dos alunos.

O segundo grupo de fichas trazia afirmações que solicitavam dos alunos um posicionamento sobre a motivação e as oportunidades de aprendizagem criadas com a sequência didática. Um exemplo é:

- **Afirmativa 7:** Discutir inicialmente a tecnologia e a partir dela seus fundamentos científicos é uma escolha acertada para um curso de física desenvolvido no ensino técnico.

Para as fichas desse grupo os alunos deveriam definir o nível de concordância com cada afirmação relativa ao desenvolvimento da sequência de ensino. Nesse tipo de item a escala segue o padrão: 1 (discordo totalmente); 2 (discordo); 3 (sem opinião); 4 (concordo); 5 (concordo totalmente). Apresentamos, no gráfico 2, o registro das respostas dos estudantes.

GRÁFICO 2: afirmativa 7, do grupo 2.

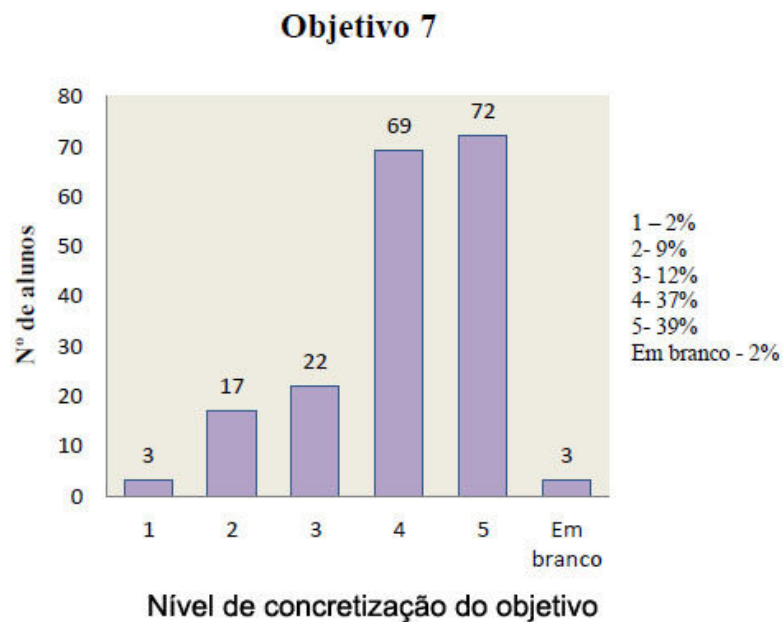


Novamente temos, à direita do gráfico, o percentual de alunos que escolheu cada alternativa e, acima de cada coluna, o número absoluto de alunos, de acordo com cada resposta.

Analisando inicialmente o primeiro grupo, relativo ao cumprimento de objetivos retirados da matriz do Enem, percebemos que 50% ou mais concordaram com o cumprimento desses objetivos. Observemos o enunciado 7, transcrito abaixo, com seu respectivo gráfico de tabulação:

- **Objetivo 7:** utilizar leis físicas e (ou) químicas para interpretar processos naturais ou tecnológicos inseridos no contexto da termodinâmica.

GRÁFICO 3: objetivo 7 do grupo 1.



Esse enunciado teve grande índice de concordância - equivalente a 76%, se somarmos as respostas 4 e 5, que correspondem aos posicionamentos: concordo e concordo totalmente. Esses são fortes indícios de que a SD atingiu esses objetivos.

Consideramos expressivo o índice médio de 20% dos alunos que marcaram “sem opinião”. Recordando a discussão que fizemos dos vários níveis de CTS que foram desenvolvidos, acreditamos que, em vários momentos, os alunos ficaram sem referência sobre que momento referenciar em cada item. A falta de um material que articulasse melhor as relações CTS durante todo o curso, a nosso ver, dificultou para os alunos a escolha entre a concordância ou discordância nos itens. Talvez a SD atinja alguns objetivos em certo momento, mas não atinja em outros, daí esse índice, considerado por nós, alto.

Em relação ao segundo grupo de enunciados, relativos à motivação e aprendizagem, temos que os itens 1 a 5 estão ligados mais diretamente ao desenvolvimento da SD. Abaixo temos esses itens com gráficos de alguns deles (todos os gráficos se encontram no anexo E):

- **Afirmativa 1:** usar a discussão sobre a estrutura e funcionamento do motor de combustão interna como contexto inicial para o estudo da termodinâmica me motivou para esse estudo.
- **Afirmativa 2:** os conceitos da termodinâmica tiveram mais significado para mim ao serem relacionados com a tecnologia do motor de combustão interna.
- **Afirmativa 3:** começar o estudo pela estrutura e funcionamento do motor de combustão dificultou minha aprendizagem dos conceitos de termodinâmica.

- **Afirmativa 4:** teria sido melhor se tivéssemos estudado os conceitos de termodinâmica seguindo a ordem proposta no livro didático.
- **Afirmativa 5:** discutir as implicações sociais da tecnologia do motor de combustão, com base na 2ª Lei da Termodinâmica, tornou mais significativo o estudo da termodinâmica.

GRÁFICO 4: afirmativa 1, do grupo 2.

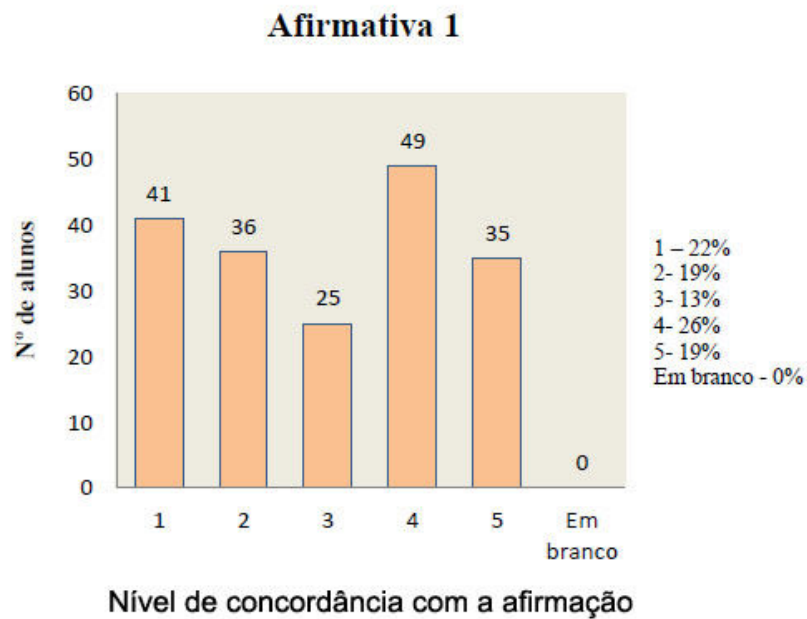
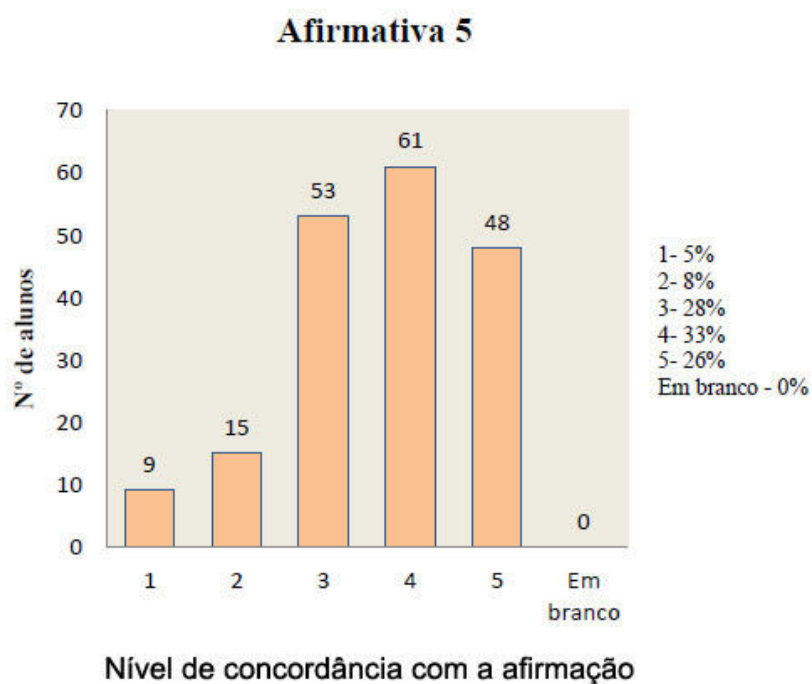


GRÁFICO 5: afirmativa 5, do grupo 2.

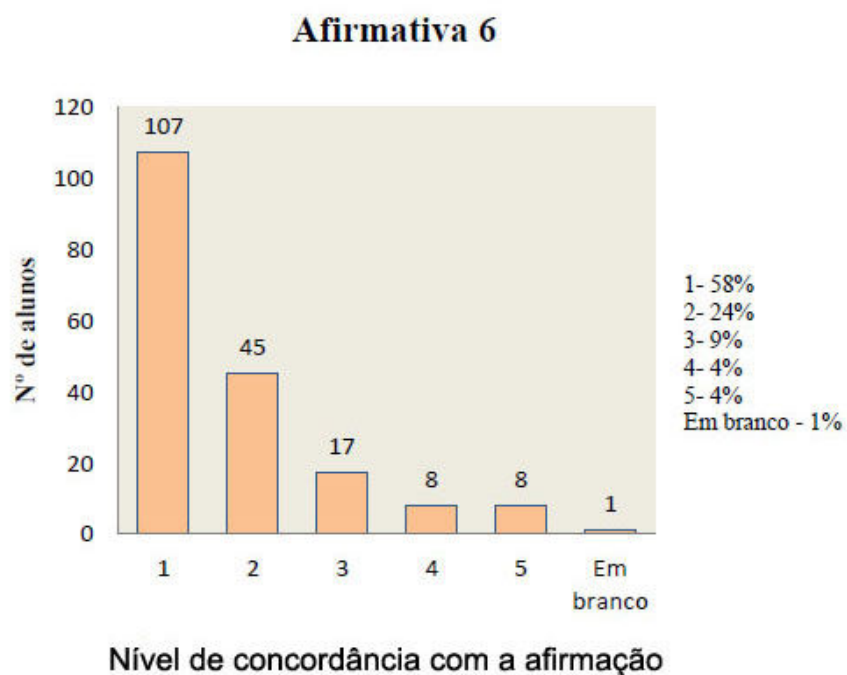


Essas afirmações tiveram significativa avaliação negativa, embora sempre inferior à avaliação positiva. Na afirmativa 1 a avaliação negativa teve quase mesmo valor percentual que a positiva. Isso revela fortes tensões que surgiram com a SD. Após a problematização inicial, o desenvolvimento da SD, a partir do livro didático, criou uma “quebra” que, a nosso ver, refletiu negativamente na motivação dos alunos. Em contrapartida, quando discutimos a 2ª Lei da Termodinâmica, retornando à questão do baixo rendimento do motor a combustão e relacionando-a com as limitações intrínsecas a esse tipo de tecnologia, conseguimos estabelecer relações também com os problemas de mobilidade gerados pelo uso dessa tecnologia. Nesse momento as relações CTS foram desenvolvidas de modo bastante consistente, o que contribuiu favoravelmente para uma avaliação positiva dos alunos. Acreditamos que esses dois pontos principais e conflitantes geraram, no geral, o equilíbrio entre as avaliações positivas e negativas.

O item 6 traz importante avaliação, por isso é descrito abaixo, junto a seu gráfico:

- **Afirmativa 6:** considero mais proveitoso um curso de Física voltado apenas para o ensino dos conceitos sem destinar tempo para reflexões sobre as relações entre ciência, tecnologia e sociedade.

GRÁFICO 6: afirmativa 6, do grupo 2.



A partir desse item percebemos que houve uma discordância superior a 80%, se somarmos os níveis 1 e 2 que correspondem, respectivamente, a discordo totalmente e discordo. Isso indica uma avaliação positiva dos estudantes quanto às finalidades da SD, visto que a escala de aprovação desse item apresenta-se em ordem inversa, ou seja, se o aluno aprova a SD deveria discordar desse item. Isso permite examinar a pertinência das respostas. Poucos alunos optaram por um ensino de física somente conceitual, confirmando o que foi dito em relação aos itens anteriores. Isso nos ajudou também a inferir que os alunos estavam respondendo ao questionário com atenção, pois de outra forma não perceberiam que o que é dito por esse item é oposto aos demais.

Esses resultados ajudam a iniciar uma discussão sobre as vantagens e possibilidades de ensino que a sequência didática com abordagem CTS cria, dentro dos limites da pesquisa quantitativa realizada. Nosso próximo passo é confrontar essa análise com a pesquisa qualitativa realizada a partir das entrevistas presenciais com os alunos.

4.3 Análise dos dados da pesquisa: a “visão dos alunos”

Num primeiro momento a análise das entrevistas transcritas terá como referencial a teoria do discurso desenvolvida por Bakhtin. Pensando na avaliação que os alunos fizeram da SD, entender as perspectivas do outro remete a uma ação já referenciada por esse autor, que diz:

“Devo identificar-me com o outro e ver o mundo através de seu sistema de valores, tal como ele o vê, devo colocar-me em seu lugar e depois, de volta ao meu lugar, completar meu horizonte com tudo o que se descobre do lugar que ocupo, fora dele; devo emoldurá-lo, criar-lhe um ambiente que o acabe, mediante o excedente de minha visão, de meu saber, de meu desejo e de meu sentimento.” (BAKHTIN, 2003, p.45)

Vale lembrar que, na perspectiva de análise mencionada, todo texto é constituído de lacunas de sentido que são preenchidas pelo leitor e que, citando Helena Brandão, “...a operação do leitor é uma atividade cooperativa de recriação do que é omitido, de preenchimento de lacunas, de desvendamento do que se oculta no tecido textual. ” (BRANDÃO apud BRAIT, 2005. p. 271) A análise parte desses pressupostos.

Na avaliação da sequência didática tivemos opiniões distintas, como era de se esperar, visto que uma abordagem que imaginávamos ser inovadora, conforme comprovamos, ainda

assim acaba por gerar várias tensões, ora positivas, ora negativas. Vamos transcrever aqui as falas mais comuns, aquelas que, a despeito das próprias nuances, com seus próprios estilos, no sentido bakhtiniano, representaram uma mesma ideia, constituindo assim uma opinião comum de cada grupo sobre a sequência. Seleccionamos trechos que consideramos mais representativos, ou seja, aqueles que consideramos que as ideias foram melhor explicitadas, com mais detalhes, a fim de apreender, se não todos, a maior parte dos sentidos dados à experiência pelos sujeitos.

Lembremos que o contexto de produção de qualquer discurso influencia na emissão (seja escrita ou verbal) do mesmo, ou seja, o falante já se expressa tendo em vista um interlocutor, aquele que receberá a informação (BAKHTIN, 2003). Nesse sentido, uma preocupação que tivemos foi que alguns alunos avaliassem a SD de acordo com o que achavam que gostaríamos que falassem, ou seja, que criassem uma expectativa que esperávamos uma boa avaliação da SD e orientassem suas falas no sentido de satisfazer essa demanda. Tentamos evitar essa situação enfatizando, desde o início das entrevistas, que gostaríamos que se expressassem da maneira mais sincera e tranquila, que não seriam avaliados e que o grupo não precisava ter uma opinião unânime. Segue minha fala no início de todas as entrevistas:

Esta entrevista faz parte de minha pesquisa de mestrado, na qual pretendo examinar o potencial, limites e tensões de abordagens CTS no ensino de física, especialmente no contexto de escolas técnicas federais. Para isto, estou resgatando a experiência de um grupo de alunos do CEFET, com os quais foi desenvolvida uma sequência de ensino sobre “Motores a combustão interna, Leis da Termodinâmica e Mobilidade Urbana”, no ano de 2014. Sei que o projeto foi desenvolvido com várias turmas e professores. A intenção da entrevista com alunos que participaram do curso é de resgatar esta história. Nesta entrevista, queremos que vocês contem como foi o curso e as impressões que tiveram dele. Além disso, esperamos que avaliem os pontos positivos e negativos desta abordagem de ensino e, particularmente, da experiência com este projeto. Optamos por fazer a entrevista com pequenos grupos de alunos de uma mesma turma para ajudar a resgatar aspectos da experiência, mas isso não significa que precisamos ter opinião unânime do grupo. Ao contrário, o debate enriquece a compreensão do tema.

É importante ressaltar também o caráter sócio histórico dos sujeitos da pesquisa, elementos que moldam e definem suas falas, segundo Vygotsky (1988). Nesse sentido, toda fala é influenciada pelo seu contexto de produção, pelas experiências e vivências dos falantes, que tentamos abstrair durante a análise das entrevistas transcritas. Com isso podemos nos questionar, por exemplo, se as turmas de eletrônica e eletrotécnica tiveram o mesmo interesse em estudar física a partir do motor a combustão que as turmas de mecânica. Assim, mais que

os significados expressos diretamente nas falas e discussões, tentamos apreender os sentidos produzidos, na concepção de Vygotsky onde “o sentido da palavra é a soma de todos os eventos psicológicos evocados em nossa consciência graças à palavra” (VIGOSTKI, 2008, p.181).

Após as transcrições iniciamos a organização dos dados, etapa fundamental que visa a auxiliar a etapa posterior, de análise. Enquanto as entrevistas com professores foram individuais e com apenas 3 sujeitos, as 9 entrevistas com grupos de alunos, com a participação de 27 alunos no total, geraram uma maior quantidade de dados para análise. Isso levou a uma distinta e um pouco mais complexa organização dos dados. Nessa etapa procuramos selecionar nas falas aspectos importantes que percebemos relacionados às questões de pesquisa, separando esses aspectos em unidades manipuláveis. Referendamos essa etapa na metodologia de criação dos núcleos de significação do discurso.

Segundo Aguiar (2001, p.135) os núcleos são “temas/conteúdos/questões centrais apresentadas pelo sujeito, entendidos assim menos pela frequência e mais por ser aqueles que motivam, geram emoções e envolvimento”. A criação desses núcleos, segundo esse autor, auxilia na obtenção dos sentidos e significados expressos pelos sujeitos, tendo por base as concepções epistemológicas da perspectiva sócio-histórica. A definição dos núcleos, então, já faz parte do processo de análise.

Segundo Aguiar e Ozella (2006), a elaboração dos núcleos de significação envolve um percurso complexo desde a identificação de pré-indicadores, que servem de base para a construção de indicadores e, posteriormente, dos núcleos de significação. Os pré-indicadores são temas, caracterizados geralmente pela frequência de repetição ou ênfase a certas palavras e expressões durante as entrevistas. A partir deles organizamos as falas dos sujeitos das entrevistas agrupando-as em indicadores. Esses indicadores foram definidos a partir da percepção de temas comuns discutidos e expressos pelos alunos, se não em todas, na maioria das entrevistas. Apesar de ter realizado as entrevistas da forma mais aberta possível e deixá-los relatarem o que lembravam da SD com o mínimo direcionamento, pelo menos no início, alguns temas sempre surgiam. Elementos como o estranhamento inicial, gerado com a proposta, e a contextualização para o ensino de física criado pela mesma foram recorrentes. Agrupamos então, esses temas comuns, em indicadores, de acordo com a recorrência e com a importância em relação às questões de pesquisa. Os indicadores contêm posicionamentos

sobre a SD, tanto da proposta em si como do modo como foi desenvolvida. Nesse sentido temos alguns indicadores ligados a algumas atividades da SD e outros ligados ao contrato didático, ou seja, às expectativas quanto às ações do professor. Outros revelam expectativas quanto ao ensino na instituição. Criamos 9 indicadores, que se encontram no quadro 2 abaixo, com suas respectivas definições.

QUADRO 2: Indicadores

| | Nome do indicador | Definição do indicador |
|---|--------------------------------|---|
| 1 | Contextualização | Elementos da SD relativos à contextualização no ensino de física. |
| 2 | Formação de um sujeito crítico | Objetivo da abordagem CTS, almejado pela SD. |
| 3 | Insegurança | Estranhamento e desconforto (de alunos e/ou professores), mesmo que inicial, com a proposta. |
| 4 | Aprendizado | Elementos indicadores da extensão e qualidade da aprendizagem em física propiciada pela abordagem de conteúdos na SD. |
| 5 | Adaptação | Questões relativas à metodologia utilizada com a SD, demandas dos estudantes ligada ao caráter mais aberto das atividades. |
| 6 | Currículo da instituição | Questões relativas a críticas à metodologia de ensino na instituição e comparação desta com abordagens que ligam ciência à sociedade, como abordagem CTS. |
| 7 | Postura do professor | Questões relativas à postura do professor e relação com os alunos, tanto em sala de aula como fora dela. |
| 8 | Quebra da SD | Questões relativas a momentos do desenvolvimento da SD em que as questões CTS dão lugar ao ensino predominantemente focado em conteúdos tradicionais de Física. |
| 9 | Atividade final da SD | Questões relativas ao vídeo proposto como atividade final e à forma como foi proposto. |

A partir desses indicadores, buscando sempre nos orientar no sentido de responder às questões de pesquisa, criamos 2 núcleos de significação, expressos abaixo no quadro 3. Na quarta coluna do quadro percebemos os indicadores que se ligam à cada núcleo e, por isso, são fontes dele.

QUADRO 3: Núcleos de significação

| | Núcleos de significação | Definições | Indicadores relativos aos núcleos |
|----------|-----------------------------------|--|-----------------------------------|
| A | Contrato didático | Expectativas de certas ações do professor, como forma de ensinar, atividades que deve desenvolver, na visão dos alunos. | 5-6-7-9 |
| B | Avaliação e características da SD | Características da SD que ajudam a avaliá-la. Se referem a tensões e potencialidades identificadas com o desenvolvimento da mesma. | 1-2-3-4-8 |

A partir da análise de cada núcleo de significação identificamos tensões e potencialidades da SD relativas a esse núcleo. As tensões referentes ao núcleo A, ligadas ao contrato didático, estão relacionadas às expectativas que os alunos têm de certas ações e posturas do professor em sala de aula, ou seja, expectativas ligadas às práticas educacionais convencionadas na instituição. O núcleo B, como já mencionamos, refere-se à avaliação da SD, por expressar, de uma forma mais direta, a visão dos sujeitos sobre a proposta. Percebemos que, no núcleo A, as tensões são mais subjetivas, dependem da concepção que os alunos têm de aprendizado, enquanto aquelas relativas ao núcleo B, por estarem ligadas às ações, são mais fáceis de serem percebidas. Em ambos os núcleos veremos também potencialidades da SD.

Em resumo, nosso objetivo principal, nesse trabalho é, avaliar a implementação da SD, a fim de aprofundar a compreensão do alcance e limites da mesma. Fizemos isso a partir da identificação das tensões e potencialidades que surgiram durante seu desenvolvimento. Porém, antes dessa análise, realizada a partir dos núcleos de significação, é importante

compreender as expectativas educacionais dos estudantes. Vygotsky já nos alerta para o fato de que:

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).

Sendo assim é preciso, para compreender a fala do sujeito, perceber como esses se localizam em relação à instituição, se inserem na mesma e compreendem os processos de ensino. Conhecer essas expectativas e perspectivas ajuda a compreender melhor a avaliação que fizeram da SD.

Criamos um código para cada fala dos alunos para que o leitor, se assim desejar, possa relacionar o aluno com seu curso e o professor que lhe deu aula. O quadro 4, exibido abaixo, mostra o código relativo a cada curso e o nome fictício do professor que lecionou para esse curso.

QUADRO 4: relação curso-professor

| CURSO | CÓDIGO | PROFESSOR |
|----------------------------|---------------|------------------|
| ELETROTÉCNICA | ELE | ARAMIS |
| QUÍMICA | QUI | ARAMIS |
| EQUIPAMENTOS BIOMÉDICOS | EBM | ARAMIS |
| ELETRÔNICA | ELT | PORTHOS |
| MEIO AMBIENTE | MEA | ATHOS |
| MECÂNICA | MEC | ATHOS |

A partir do código anterior definimos as falas dos alunos seguindo a ordem: aluno-curso. Assim, como exemplo, temos que a fala que se inicia com o código LUIZ/EBM refere-se ao aluno Luiz (nome fictício), que é da turma de equipamentos biomédicos e, verificando no quadro 4, descobrimos que teve aulas com o professor cujo nome fictício é Aramis.

A partir das falas relativas aos motivos que os levaram a escolher a instituição, concluímos que muitas expectativas quanto ao ensino foram formadas antes mesmo da

entrada na mesma. No geral, as falas dos alunos revelaram uma visão da instituição como sendo de qualidade e excelência acadêmica, como vemos nos trechos:

- **AQUILES/ELT:** eu estudava na escola Paulo Mendes Campos, escola municipal e eu fiz CEFET não mais pensando no técnico porque eu já até notei que eu não tenho muito interesse na área, mas com foco mais no ensino médio mesmo que é de qualidade.

- **Alfredo:** E como você descobriu antes de entrar que era de qualidade?

- **AQUILES/ELT:** Há, primeiro foi por propaganda de cursinho mesmo. Eu vi assim aí eu fui pesquisar mais sobre o assunto aí eu vi o renome da instituição, interessei e quis entrar.

- **BERNARDO/ELT:** Eu estudei no fundamental no Santa Maria, Nova Suíça e eu conheci primeiramente o Cefet pela minha mãe que ela me falava muito também do ensino do Cefet ser um ensino renomado e ter o curso técnico que já é a inserção do aluno no mercado de trabalho, de alguma forma ele já tem uma base bacana pra seguir entrar nesse mercado e através desses conceitos que ela foi me passando eu pesquisei e encontrei um curso que eu despertei interesse que é o curso de eletrônica e pretendo seguir na área.

- **THIAGO/ELE:** Eu me interessei pelo Cefet porque tem uma referência histórica de ser uma escola muito boa, então eu queria fazer um bom ensino médio público. Inclusive meu irmão estudou aqui. Ele estudou Química. Ele formou em 2008.

- **DANIEL/EBM:** Antes de estudar no Cefet eu estudava no Santa Maria, na unidade Contagem. Lá era uma escola boa, tinha um ensino bom e a carga horária era igual a das outras escolas do ensino fundamental. E eu escolhi o Cefet porque é uma escola federal. O meu pai estudou aqui então em uma tradição da minha família também e porque eu achava que era um ensino bom e enriquecedor tá aqui numa escola que me dava uma liberdade maior, que era mais parecido com uma faculdade e que fazia as pessoas amadurecerem.

As expectativas dos alunos, quanto ao ensino na instituição, foram criadas a partir de diferentes contextos pessoais, visto que cada aluno tem uma perspectiva, uma visão da SD a partir de suas experiências. Nosso referencial de análise, ligado à abordagem histórico-cultural, já preconiza que, para entender o que o outro diz, é preciso ver “de onde diz”, sob quais contextos, a partir de quais experiências. Identificar essas referências permitirá compreender melhor o modo como os alunos receberam e desenvolveram a SD, nos ajudando a compreender a avaliação que fizeram da mesma. No início das entrevistas percebemos que, no geral, uma das primeiras referências relativas ao ensino na instituição, se não a primeira, é proveniente da família.

BRENDA/ELT: Eu estudei no fundamental no Gabriel Leopoldina e eu escolhi o Cefet porque desde que eu era pequena meu padrasto falava muito, falava que a instituição era muito boa e que teria um bom futuro pra mim.

- **DAVI/ELT:** (...) eu estudei no colégio Crescer e eu entrei no Cefet porque meus pais queriam que eu fizesse curso profissionalizante e o técnico

- **RACHID/ELT:** Eu estudei na... (**rede privada de cidade do interior de Minas Gerais**) FID, é uma escola particular do interior de Itabira e eu escolhi o Cefet porque minha mãe me indicou. Minha mãe falava muito dele e pediu pra eu tentar. E também porque é a área que eu gosto, eu sempre gostei de eletrônica, coisas da área de eletrônica e eu pretendia fazer engenharia, então eu segui pra eletrônica porque era o que eu gostava e já estava na área que eu queria da faculdade. GRIFO E ACRÉSCIMO NOSSO

- **BERTA/ELT:** ...eu escolhi o Cefet porque na minha família eu, meu tio já fez CEFET ele falava muito, minha mãe também e aí meu irmão fez Cefet antes de mim e aí eu fiquei muito próxima né da escola, e aí quando ele tava saindo eu tentei e passei e entrei.

Os alunos, muitas vezes, por desconhecerem o Cefet acabam entrando no processo seletivo por influência familiar, geralmente dos pais ou dos irmãos mais velhos que estudaram lá. Em vários casos, após essa influência familiar, os alunos obtêm informação sobre o ensino na instituição através dos cursinhos preparatórios que frequentam:

- **FERNANDA/MEC:** Eu sempre estudei em escola pública no ensino fundamental. E meu pai sempre quis que eu estudasse aqui e eu também gostei da escola quando eu entrei aqui. Tipo, no curso preparatório eu não sabia muito sobre aqui. Eu fui saber no cursinho aí eu me interessei mais a fazer por causa do curso técnico e por causa do ensino.

Outro atrativo que motivou a entrada na instituição e que nos ajuda a compreender as perspectivas que tinham sobre a mesma, é relativa ao curso técnico que ela oferta. Em vários momentos essa possibilidade de concluir o Ensino Médio com curso técnico representou uma perspectiva de qualificação profissional, que favorece a inserção no mercado de trabalho. Em outros momentos significou uma proximidade com um curso de graduação, geralmente na área de engenharia, visto que muitos cursos técnicos são ligados à área tecnológica. Em vários casos essa foi uma justificativa importante para escolha da instituição:

- **CIRO/ELT:** Bom, o fundamental eu estudei no SESI, e eu escolhi o Cefet primeiro porque meu pai ele também me indicou, disse que era uma possibilidade boa e eu acabei concordando e quando eu fui pesquisar fui ver que o Cefet ele me daria uma base técnica boa que na minha visão seria muito mais fácil de entrar no mercado de trabalho. Então, além do ensino ser de qualidade, ser uma escola de renome, foi mais por causa disso também, da inserção no mercado de trabalho.

- **THAIS/ELT:** (.....) eu escolhi, eu fiz o ensino fundamental no Sesi, em Contagem, não é aqui perto e eu escolhi o Cefet porque eu queria trabalhar numa área voltada pra tecnologia. Quando eu descobri que eu podia fazer um curso antes da faculdade e durante o ensino médio eu me interessei pelo Cefet por esse motivo, justamente da tecnologia.

- **MAITÉ/MEA:** Meu pai fez eletrônica aqui. E assim, até hoje o emprego que ele tem é como técnico porque ele fez eletrônica e então ele fala: “filha tudo o que eu tenho até hoje é por causa do técnico que eu fiz no Cefet, então tipo assim, se você

fizer um técnico, você sempre vai ter uma coisa pra fazer, de emprego e tal pra levar sua vida.”

Analisando os motivos que levaram os alunos à escolha da instituição, percebemos que a avaliação que fazem da instituição é feita a partir de expectativas iniciais, fortemente marcadas por contextos familiares, acrescidas das experiências vivenciadas na instituição. Lembremos que a SD foi desenvolvida no início do ano letivo com alunos que cursavam o segundo ano do Ensino Médio, portanto, já tinham vivenciado mais de um ano de experiências na escola. Em vários momentos, enquanto avaliavam a SD, expressam visões sobre o ensino no Cefet.

- **BRENDA/ELT:** Eu acho que igual ele falou, o problema é que a gente está muito acostumado com o jeito normal, que a vida inteira aah o professor passa a matéria, a gente faz o exercício e fica por isso mesmo.

- **DIEGO/QUI:** Também acho que foi assim um baque, porque no 1º ano igual eu falei, a gente tava muito naquela coisa assim é, tipo bem escola particular mesmo assim, dá a matéria no quadro e assim, tava seguindo muito o plano assim, me sinto bem com isso. Aí chegou e introduziu uma coisa nova, mas assim, igual eu falei, acho que a turma inteira ficou um pouco assustada, sem entender assim. Nossa senhora, será que o 2º ano inteiro vai ser assim? Tipo, a gente não vai ter mais, sei lá, exercício do livro, a gente não vai usar livro didático?

Podemos dizer que essa experiência como alunos do CEFET, no geral, já os havia acostumados com as práticas escolares comuns na instituição, deixando-os familiarizados com os contratos didáticos comumente estabelecidos, sobretudo em seu primeiro ano na Escola. Além do conhecimento percebemos a forte expectativa de que esses contratos fossem cumpridos.

Importante destacar que o vestibular para entrada no CEFET é concorrido, fato verificado pela relação candidato-vaga, conforme explicitado no capítulo sobre o CEFET e corroborado nos relatos dos estudantes. Os alunos que entram na instituição sabem que tiveram que superar essa concorrência e se sair bem nas provas e se orgulham de terem sido selecionados. Esse perfil é definido e valorizado pelos próprios estudantes.

- **AUGUSTO/MEC:** A maioria das pessoas, se passou aqui elas têm interesse, ela passou por uma seleção. A pessoa tem o interesse de estar estudando na maioria dos casos. Lá **(em outra escola pública, mas não federal)**, a pessoa que quiser, qualquer um tá lá então talvez ela tá lá porque ‘ah eu tenho que ter um ensino médio, mas eu não quero aprender. Eu quero só passar’

-**VIRGILIO/MEC:** É um pensamento meio elitista, mas é fato. Tipo, a pessoa que passou numa prova pra entrar no Cefet, se ela estudou pra uma prova daquela, estudou pra isso, então ela tá com interesse mais elaborado pra determinado tipo de aula. Aí a pessoa que tá no ensino médio regular, pode tá, igual o AUGUSTO/MEC tinha acabado de falar, querendo só passar de ano pra conseguir o diploma dela no final dos três anos do ensino médio e pronto. Ela não tá ali querendo receber um método mais elaborado de ensino.

Essas perspectivas iniciais ajudam-nos a visualizar um pouco do perfil dos alunos, suas expectativas e experiências. O vestibular de entrada exige muito desses alunos, que valorizam a própria entrada na escola e por isso esperam muito da mesma. Percebemos que trazem muitas referências familiares sobre a qualidade do ensino e nível de cobrança que enfrentarão quando entrarem, mas se apresentam dispostos a recebê-lo pois esperam, com isso, fazer um bom ensino médio. Conhecendo um pouco os alunos pretendemos, agora, compreender melhor as avaliações que fizeram da SD identificando as lacunas, tensões e potencialidades da mesma.

Núcleo A – CONTRATO DIDÁTICO

O núcleo de significação A, ligado às expectativas de ações do professor em sala de aula, como certas formas de desenvolver o conteúdo, está ligado diretamente ao contrato didático entre alunos e professores.

Dentre as falas selecionadas relativas a esse núcleo percebemos que, em alguns momentos, a metodologia usada deu mais significado ao ensino de física.

- **BRENDA/ELT:** Uma coisa que eu achei de certa forma bacana, não relacionado especificadamente à matéria, mas o que a gente faz no curso técnico. De certa forma esse tipo de abordagem pode trazer pra gente um meio de melhorar a nossa, não é nem criatividade mas vamos pôr assim igual, o Cefet faz um método e aí às vezes a gente quer trabalhar em cima dessa matéria e a gente vendo a matéria desse jeito, ajuda mais a gente a pensar em como montar um projeto, por exemplo, assim, que eu achei bem interessante. **AQUILES/ELT comenta:** Estimula a propor soluções. **BRENDA/ELT continua:** Isso. Então por exemplo, tudo bem que hoje a Física mostra que o rendimento não tem como aumentar muita coisa mas estimular a tentar aumentar mais ainda, de qualquer maneira que for. Então eu acho bacana assim, nesse aspecto.

- **MAITÊ/MEA:** Então, eu acho que tipo assim, tenta conciliar sociedade com ciência e tecnologia, não acho que é tão importante como é uma necessidade do sistema educacional atual porque às vezes a gente fica simplesmente focado na matéria. Fica lá, tipo assim, só na ciência e a gente nunca aborda isso em outros aspectos. E eu acho que o desinteresse das pessoas, igual o FELIPE/MEA falou, é justamente por causa disso, entendeu? As pessoas estão tão acostumadas a ficar tipo só aula no quadro, aula no quadro, aula no quadro, só matéria, prova, matéria, prova, matéria prova que as pessoas acabam perdendo o interesse sabe? Porque aqui tipo, vamos ficar só na ciência pura e simplesmente não te motiva a fazer mais nada.

- **FERNANDO/EBM** Realmente eu refleti – ‘nossa realmente ônibus seria melhor, ou então carro seria melhor... Aí depois vinha aprofundando mesmo no conteúdo de Física, no motor a combustão, de como ele funciona, das peças mais importantes

assim. E começar do macro assim e ir pro micro foi muito interessante porque se não a gente começaria com o professor jogando conceito no quadro, depois relacionando esses conceitos e isso realmente é uma coisa mais chata, uma coisa assim...(.....) Eu acho que essa coisa, ciência, tecnologia e sociedade, não é? A parte da sociedade que foi o diferencial. Que aí levou todo esse conhecimento que a gente tinha pro nosso cotidiano, pra nossa sociedade entendeu? Aí a gente começou a pensar ‘nossa é por causa disso que quando eu faço tal coisa que acontece isso, isso e isso’, entendeu? Pra Física tá tipo, nós estamos sob os efeitos da Física o tempo inteiro. Aí eu acho que quando a gente começou a pensar nisso voltado pra sociedade, voltado para os problemas que a sociedade apresenta, começou a se tornar mais interessante, começou a se tornar mais uma, mais um link pra gente ligar o conteúdo.

Das falas anteriores percebemos as críticas dos alunos à baixa motivação que o modelo tradicional cria, com o professor focado exclusivamente no ensino dos conteúdos de ciências. A abordagem CTS também fez um link particularmente importante com o curso técnico, aproximando o ensino de ciências, em alguns momentos, às disciplinas técnicas, como relatado em:

- **CIRO/ELT:** É que quando a gente vai no técnico a gente fica esperando as coisas práticas, então no médio, a gente nunca teve isso então, a não ser os laboratórios. **BERTA/ELT comenta:** Mas mesmo assim. As coisas que a gente faz aqui no laboratório a gente não faz isso no dia-a-dia não ué. **CIRO/ELT continua:** É, exatamente. Aí quando ele envolveu mais o dia-a-dia foi melhor porque por exemplo, a gente, eu, eu penso muito aqui, eu ver as coisas de acordo com o que eu vou poder fazer quando eu sair daqui. Então, quando ele passou isso meio que aproximou essa coisa. Não só ficar vendo teórico, ficar vendo um experimento que a gente nunca vai fazer por exemplo lá fora. Acho que isso foi bom, trazer mesmo essa coisa nova.

Das falas anteriores temos um indício de que a SD deu mais significado ao ensino de física, através da contextualização que o uso do motor a combustão promoveu. No geral os comentários revelam que desenvolver os conceitos a partir de elementos do cotidiano do aluno foi elemento importante da SD, principalmente num curso de Ensino Médio ligado a um curso técnico, onde muitos conceitos são desenvolvidos exemplificando sua aplicação no curso técnico. Esses comentários confirmam as respostas dos alunos aos questionários ligados à concretização de objetivos da matriz do Enem pela SD. Como mencionamos no capítulo dos questionários, tivemos grande percentual de alunos que responderam preferir um curso ligado à abordagem CTS a um curso voltado somente ao ensino de ciências. O objetivo 8 do primeiro grupo daquele questionário, que avalia as transformações de energia considerando aspectos éticos, ambientais, sociais e econômicos teve concordância de 56% contra uma discordância de 23%. Isso indica que as relações entre esses aspectos foram identificadas, pelos alunos, com o desenvolvimento da SD e existe uma valorização disso, que percebemos pela fala do aluno Ciro quando diz que pensa no que vai fazer quando terminar o curso. Nessa

fala percebemos que espera mais do que o ensino de conceitos nas disciplinas, por isso valoriza a SD.

Em vários momentos os alunos mencionaram a importância de uma boa relação com o professor para o bom desenvolvimento de um projeto como esse. Segundo Vygotsky (1999) o desenvolvimento do aluno é histórico-cultural, ocorre através da interação desse com o meio social onde vive e com as pessoas desse meio. Na escola essa relação ocorre entre o aluno e seus colegas e entre aquele e os professores. Por isso a função do professor como mediador do aprendizado se faz tão importante. Os alunos citam posturas do professor que favoreceram o desenvolvimento da SD e o aprendizado.

- **CIRO/ELT:** Só uma coisa que eu queria falar. Não sei se tem muito a ver com essa questão que você levantou agora, mas eu acho que tipo assim, o envolvimento dos alunos as vezes vai muito do jeito que o professor tá passando aquele conteúdo. Por exemplo, se é um professor que ele não tem tanto contato assim com o aluno, vamos dizer mais pessoal e tal porque o PHORTOS ele era sabe, muito brincalhão, alegre, cumprimentava os alunos nos corredores, conversava e tal e eu acho que essa relação entre aluno e professor também ajuda muito na hora de você **BERTA/ELT comenta:** conta demais. **CIRO/ELT: continua:** por exemplo de você ter uma disposição de fazer, tipo, ahh não, é o trabalho do PHORTOS, vamos lá, que legal e tal, então eu acho que isso também é importante nessa implementação dessa metodologia. **BERTA/ELT:** Conta demais, ainda mais porque nossa turma é muito, tem muita fama de ser estressada, fazer trabalho assim não, mas depende muito do professor, vai muito do professor. Se o professor for gente boa assim a gente, tem muito mais chance da turma se empenhar muito pra fazer o trabalho do professor. Não só o trabalho né, mas prova, prestar atenção na aula do professor, ir na aula do professor e tal, conta demais. Eu acho que esse ponto que o Ciro levantou é importante. E o que ele falou das escolas que não tem técnico e as que tem eu concordo com tudo que ele falou aí. **-BERNARDO/ELT:** Esses pontos que eles falaram também aí eu acho interessante essa relação do aluno com o professor, tem que ser uma relação boa sim pra despertar justamente o interesse

- **FERNANDA/MEC:** O professor ATHOS é bem organizado na hora que ele vai dar as matérias e essas coisas e exercícios. Então fica mais fácil.

- **VIRGILIO/MEC:** A didática dele, a forma dele da aula como professor, o passo-a-passo assim que ele segue, a metodologia dele é bem tranquila e fácil de entender (...). Tanto por esse método que ele usou quanto pela pessoa do professor, por causa que ele, por si ele já era ambientalmente correto. Ele já ficava mostrando os efeitos que tinha a causa de desperdício de energia do transporte público em relação não só dos transportes de mobilidade urbana. A perda de energia em utensílios domésticos e tal. Aí ele atrelava esse conhecimento, essa carga que ele já tinha, com a matéria e passava pra gente. Aí a gente conseguia entender e até tentar praticar.

Em outros momentos percebemos, a partir das falas dos alunos, claras quebras na SD, no sentido que, em certos momentos, o professor se afasta das relações CTS para enfatizar apenas o ensino de conteúdos de física.

- **RACHID/ELT:** Tipo, o que eu vi na minha opinião é que tipo ele já começou com um problema. Ele já lançou pra gente uns defeitos e criou uma certa curiosidade, pelo menos em mim e de certa forma me motivou a querer saber por que que não rendia, por que o rendimento era baixo, por que que desperdiçava tanta energia e foi interessante de certo ponto para explicar a matéria, mas acho que meio que no decorrer das explicações, no início ele começou algo bem diferente, mas no decorrer das explicações, é, ele meio que voltou ao normal de antes de conteúdo porque eu não vejo uma outra forma de fazer isso diferente, eu acho que tipo assim, essa página tem que ser dada, mas o começo foi legal que ajudou a criar curiosidade, mas ele meio que começou meio diferente, problematizando, e depois voltou ao ritmo normal da escola. Até pra explicar o baixo rendimento do motor ele já voltou ao normal de todas as matérias.

- **JOICE/ELE:** É porque a gente chegou a questionar porque que o rendimento não era 100% e tal, e tão próximo a. E aí ele deixou essa pergunta assim. Mas eu não sei, de repente os meninos têm uma visão diferente. Mas eu não acho que tipo assim é, por mais que tenha falado, tocado no assunto do cotidiano e tal, eu não acho que teve uma aplicação assim. Uma busca em relação ao que era a proposta, entendeu? Tipo, ele chegou assim pra gente, o que eu já disse mesmo, de outras atividades e tal e eu acho que isso seria o fechamento do coisa. Parece que acabou o bimestre e acabou a matéria, entendeu? Sem ter que, ainda o projeto ainda não tivesse sido concluído. Então acho que teve essa interrupção muito brusca porque tem a carga de matérias e tal que você tem que cumprir, então é preocupado com o tempo, com o cronograma eu acho que não concluiu a proposta.

- **Alfredo:** Como é que foi fazendo o link desses conceitos físicos com a questão da mobilidade com as questões dos problemas sociais? Conseguiu fazer um link dessas coisas ou era um pouco mais separado?

- **JOICE/ELE:** Eu achei que ele focou mais no motor.

- **TIAGO/ELE:** Eu acho que, não sei os meninos, mas eu enxergo meio separado assim. Tanto é que a primeira parte, como eu dizia, que fala sobre essa questão do motor e tal. O funcionamento do motor não foi muito atrativo pra mim. Mas já a parte que trouxe pro nosso dia-a-dia foi uma coisa que me chamou mais a atenção. Eu acho que ele, meio que separou as duas coisas assim. Pelo menos pra mim, na minha visão que eu tive, foi meio separado assim, tipo.

- **MARCELO/ELE:** Acho que a questão social e a questão da matéria técnica sobre o motor, acho que foi meio que separado assim. No começo falou um pouco mais de coisa social, depois foi falar do motor em momentos meio que separados assim.

Os comentários sobre as quebras da SD, percebidas pelos alunos, revelam tensões quanto ao seu desenvolvimento. Pensamos que essas tensões são inerentes à dificuldade de criação de SD's com abordagem CTS com completo equilíbrio entre as três vertentes – ciência, tecnologia e sociedade. Nesses momentos, lembrando dos níveis de CTS já discutidos e definidos pelo quadro de Eikenhead, discutidos no capítulo 2 a SD se aproximou muito do nível 4, aquele em que os temas de CTS são utilizados para organizar o conteúdo de ciências e a sua sequência, mas a seleção do conteúdo científico ainda é a feita partir de uma disciplina. Essas falas vão ao encontro das falas de alguns professores, que também sentiram essa quebra, como o professor ATHOS, quando diz:

....trabalhamos aqui com o material do aluno colocando um acréscimo que foi a tentativa de, logo após a problematização, propor aos alunos que fizessem uma

pesquisa pra discutir o baixo rendimento do motor de combustão, eu acho que essa atividade gerou um ruído, ela ocupou um tempo, os alunos levantaram muitas questões, a gente não conseguiu dar sequência pra essas questões, embora a atividade em si, ela teve uma produção interessante, mas ela, na sequência, ficou meio descolada porque depois, quando a gente retoma o livro didático pra dar sequência à programação, aí eu acho que a quebra ficou maior do que do ano anterior,

Essas falas ajudam a confirmar hipótese que fizemos quando analisamos os questionários, de que essas quebras, aliadas à grande duração da SD, talvez justifiquem a grande quantidade (no nosso ponto de vista) de não posicionamento dos alunos nas respostas. Em torno de 20% das respostas foi “não sei”, o que pode revelar que, devido a momentos em que as relações CTS foram bem desenvolvidas enquanto em outros não, os alunos ficaram, em alguns itens do questionário, sem saber o que afirmar.

Apesar de avaliarmos a mesma SD, o fato de ter sido desenvolvida com distintos professores explica a impressão de que, em alguns momentos, ela não é a mesma. Cada professor a desenvolve a partir das suas experiências, das suas concepções de ensino, modificando um pouco (às vezes muito) a proposta inicial. Em alguns grupos de alunos houve relatos de que a proposta não foi bem finalizada.

- **TIAGO/ELE:** Eu acho que eu não consegui tipo ver tudo concluído, tudo fechadinho assim, certo. Mas não só no 1º bimestre, eu não sei por que, mas durante o ano eu sempre tive uma certa dificuldade de entender o que o professor tava passando, no caso o professor de Física. Então, eu acho que isso se deve também a essa visão que eu tenho, devido ao fato de eu não conseguir muito bem prestar atenção no que ele tava falando. Que eu achava que às vezes que ele se perdia um pouco. Não só no 1º bimestre, mas como no 1º bimestre foi o primeiro contato que a gente teve com ele, eu acho que isso acabou se prolongando durante o ano. Então devido a essa dificuldade que eu tinha, pode ser que eu não consegui enxergar esse fechamento.

- **JOICE/ELE:** Eu acho que, eu não sei eu senti que a proposta era muito legal e tal, mas eu acho que o professor não soube explorar. Porque a questão que o Tiago falou também de ter no início do ano se sentido um pouco perdido, mas ter-se prolongado, então eu acho que uma questão mais de didática do professor, da forma como ele lida do que do conteúdo em si. (...) É eu não sei, mas assim, um ponto positivo nisso também, eu vejo como negativo assim, eu não sei é como é que foi e tal, a forma como foi passado o projeto ao professor, entendeu? Se tiveram interação antes, durante e depois da elaboração disso. Porque é a questão que eu falei mesmo. Dá falta de fechamento da ideia e tal. Eu acho que isso ficou muito suspenso assim. A ideia é muito legal mas cria-se uma expectativa no aluno e cria-se uma expectativa frustrada no final do curso.

Em certo momento o professor, quando terminou a SD, retornou o ensino de termodinâmica, a partir do livro didático, desde o início, ou seja, não finalizou o curso de termodinâmica junto à SD. Isso ilustra a dificuldade em, trabalhando com um objeto

tecnológico e fazendo discussões sobre as implicações ambientais e sociais do seu uso, conseguir também desenvolver os conteúdos científicos a partir dessas discussões. O equilíbrio entre ciência, tecnologia e sociedade, não no sentido de tempo gasto na discussão de cada um desses elementos, mas no sentido de manter uma discussão que os relacione, é difícil de ser alcançado. Sobretudo na instituição, onde os alunos fazem uma prova geral de cada disciplina no final do semestre, cujo conteúdo é bem definido no início do mesmo, cada professor, à sua maneira, precisa terminar o conteúdo previsto. Nesse contexto o desenvolvimento da abordagem CTS fica mais difícil, uma vez que, para trabalhar com as questões de tecnologia e sociedade, são necessários recortes do conteúdo de ciências.

Tivemos uma crítica ao modo como outro professor continua o ensino de física após a finalização da física térmica com a SD, no bimestre seguinte. Após o término das discussões CTS, volta à linearidade do índice do livro didático.

- **RACHID/ELT:** E outra coisa é que tipo assim, eu pude perceber que no final da matéria de Termodinâmica ele já voltou pro ensino médio direto. Talvez tinha que pensar essa forma pra tentar estender mais esse CTS durante até as explicações de Termodinâmica, porque quando ele começou essas aulas expositivas eu meio que senti um contraste com o que era no início do ano com o que passou a ser no final do 1º bimestre. É que aí tipo você voltou ao ritmo antigo que eu preferia o CTS que nesse contraste ao início do bimestre foi mais legal.

A queixa do aluno Rachid é uma confirmação da preferência pelo ensino promovido pela SD, a partir da abordagem CTS. O item 6 do 2º grupo dos questionários, que relata a preferência por um curso de física voltado apenas para o ensino dos conceitos, sem destinar tempo pra reflexões sobre as relações entre ciência, tecnologia e sociedade, teve uma discordância de 82%. Isso reforça a fala do aluno anterior pela preferência pelo ensino com abordagem CTS. Ainda que a experiência tenha sido realizada especificamente com o estudo de termodinâmica, o que dificulta a extrapolação dos resultados para outros conteúdos, podemos compreender os sentidos dados à experiência como positivos e ligados à continuação desse tipo de projeto. Apesar dessas boas avaliações da SD, as tensões revelam que o currículo da escola traz práticas fortemente instituídas e naturalizadas na mesma, dificultando o trabalho do professor que tenta implementar um projeto diferente. O cotidiano corrido, muitas vezes, dificulta a elaboração e desenvolvimento desse tipo de projeto, exigindo tempo e disposição do professor em assumi-lo.

Por outro lado, os alunos teceram comentários elogiando ações de professores que utilizam materiais distintos do livro, como a SD.

- **LUIZ/EBM:** Eu acho que quando existe material além, material fora do livro, parece que a gente percebe uma aplicação melhor do professor, do grupo de professores que tá por trás disso. Porque parece que pegou aquilo ali que é exatamente o que a gente precisa aprender. Aí não fica como livro que parece que é uma coisa jogada ali, lê isso aí, tal, tal. Porque existem várias coisas no livro que a gente às vezes não precisa, às vezes não agrega tanto quanto uma informação que os professores sabem que a gente precisa saber. Então acho que quando tem esse material didático separado eu acho que ele desperta um interesse muito maior na gente.

Importante realçar a valorização que o aluno Luiz dá às ações do professor quando o mesmo traz material distinto do livro para trabalhar em sala de aula. O aluno vê nessa atitude um esforço do professor para melhorar sua prática docente e valoriza-o por isso. Apesar das dificuldades no desenvolvimento de sequências didáticas, ou do trabalho com abordagem CTS, é importante enfatizar as vantagens obtidas, como o reconhecimento dos alunos com esse trabalho. Cabe ao professor o aperfeiçoamento contínuo de sua prática docente e a leitura de artigos, teses e dissertações como esta podem ser instrumentos utilizados para isso, junto ao desenvolvimento de novas estratégias de ensino.

Em vários momentos, as avaliações positivas da SD remetem a valores já preconizados nos objetivos da abordagem CTS. São valores ligados à formação de um sujeito crítico e à possibilidade deste atuar na sociedade, melhorando a qualidade de vida.

- **BERTA/ELT:** Além disso, também fez a gente pensar mais na sociedade do que pensar só no motor, só na matéria. Acho que isso foi o ponto mais positivo. **FERNANDO comenta:** Meio que abriu o assunto da Termodinâmica, pra sociedade, pra outros assuntos.

- **FERNANDO/EBM:** Eu acho que essa coisa, ciência, tecnologia e sociedade, não é? A parte da sociedade que foi o diferencial. Que aí levou todo esse conhecimento que a gente tinha pro nosso cotidiano, pra nossa sociedade entendeu? Aí a gente começou a pensar nossa é por causa disso que quando eu faço tal coisa que acontece isso, isso e isso entendeu? Pra Física tá tipo, nós estamos sob os efeitos da Física o tempo inteiro. Aí eu acho que quando a gente começou a pensar nisso voltado pra sociedade, voltado para os problemas que a sociedade apresenta, começou a se tornar mais interessante, começou a se tornar mais uma, mais um link pra gente ligar o conteúdo. É exatamente isso também de fazer a gente pensar na sociedade porque nós estamos aqui no ensino técnico, aí por exemplo no nosso caso a gente vai aprender coisas de eletrônica, coisas voltadas mais pra eletricidade, de instalações e também de equipamentos médicos assim, do princípio de funcionamento de cada um, este curso técnico ele ensina a gente tipo, ele prepara a gente pra fazer certa função na sociedade. Pegando o que a gente aprende aqui pra levar pra fora. Eu acho que isso foi exatamente o que essa proposta queria trazer. Levar a coisa do ensino de Física pra fora do Cefet. Pra fora dos livros porque antes era chegar em casa, fazer exercício, decorar fórmula e vim aqui e aplicar essa fórmula na prova. Não aplicava isso na nossa vida diretamente. E isso é a principal proposta do curso técnico

Nos questionários, o item 5 do grupo 1 dizia que a discussão das implicações sociais da tecnologia do motor a combustão tornou mais significativo o estudo da termodinâmica, tendo este item uma concordância de 59%, contra uma discordância de 13%. As respostas a esse item confirmam as falas anteriores que abordagem CTS tornou o estudo da termodinâmica mais significativo por sensibilizar os alunos a pensar nas questões sociais do uso de certas tecnologias, pelo menos no caso do motor a combustão.

Existiram muitas críticas à atividade final da SD, que correspondeu à elaboração de um vídeo que tratasse do que foi trabalhado em termodinâmica. O vídeo deveria tratar das questões sobre degradação de energia, transporte coletivo e mobilidade urbana. Essa atividade corresponde à última da SD, que se encontra no anexo G. Selecionamos as falas:

- **RACHID/ELT:** Sim. No 1º bimestre eu realmente achei interessante porque já começou com problema e já teve alguma questão ambiental, igual que você tá falando que esse é o social aí e já é um problema, tipo assim, por que não? E desperta curiosidade. E pra gente que tem um ensino médio que demanda muito tempo, é um ensino médio com técnico que demanda muito tempo, que tipo assim, deixa a gente com pouco tempo, talvez essa proposta que requer muito envolvimento nosso não fosse viável em alguns outros momentos que a gente precisasse dedicar mais tempo pro técnico.

- **VIRGILIO/MEC:** Eu tiraria a parte de os alunos fazerem vídeos sobre a matéria. Foi a parte que eu não achei produtiva. Fazer um vídeo sobre a matéria de termodinâmica e tal.

- **RACHID/ELT:** No início teve uma resistência boa assim. O pessoal falou, nossa, trabalho, fazer vídeo, porque a gente no 2º ano quase não fez trabalho. **CIRO/ELT comenta:** no 2º ano nosso técnico era muito puxado. **RACHID/ELT continua:** Então ele já chega assim, o gente vocês vão fazer um trabalho valendo a metade dos pontos do bimestre. Vocês vão ter que gravar um vídeo. Aí a gente assustou né, pô que isso, a gente vai ter que gravar um vídeo, a gente nunca fez isso. Aí no início teve uma resistência, o pessoal reclamou...

- **Alfredo:** Mas no início assim, vamos pensar. Durou 10 semanas mais ou menos esse trabalho, dois meses e pouco, quando você fala início quanto tempo?

- **DAVI/ELT:** Ahh... durante um mês inteiro, quase metade o pessoal ficou reclamando do trabalho. **BRENDA/ELT comenta:** Mas depois acho que todo mundo acabou percebendo que a proposta é mais dinâmica, não é uma coisa cansativa de se fazer. Depois todo mundo acabou gostando, tipo assim, é muito melhor gravar um vídeo do que fazer uma prova.

Acreditamos que a crítica ao vídeo é resultado de uma tensão ligada ao currículo da escola, que exige dos alunos muito tempo para assistir à grande quantidade de aulas e realizar todas as atividades, do ensino médio e do curso técnico. Quando a realização de uma atividade “foge do comum”, e os alunos percebem que terão que gastar mais tempo pesquisando como fazer a atividade, isso cria essa tensão. Por outro lado, outros alunos

gostaram da ideia do vídeo como elemento de fechamento da SD, criticando, na verdade, a forma ampla como foi exigida a atividade e relatando que isso dificultou muito.

- **VIRGILIO/MEC:** A didática dele, a forma dele da aula como professor, o passo-a-passo assim que ele segue, a metodologia dele é bem tranquila e fácil de entender, mas quando ele fez essa relação de fazer o vídeo pra gente aprender a matéria fazendo o vídeo, eu achei um pouco desgastante ficar aprendendo a matéria fazendo o vídeo e tal, mas de um modo geral a metodologia dele é boa, mas essa parte do vídeo que eu não gostei muito porque dá pra ter aprendido a matéria e ir fazendo outras coisas a não ser o vídeo. Eu achei que ficou meio em aberto.

- **FERNANDA/MEC:** É, eu também achei isso. Com o vídeo é bem difícil.

- **AUGUSTO/MEC:** Eu concordo com eles que o vídeo foi uma coisa meio em aberto porque igual quando em outros trabalhos quando ele deu, ele passou vídeos experimentais pra gente ver e a gente podemos pegar e fazer ao mesmo tempo, resumir o que aconteceu, que a gente deveria saber. Eu achei muito mais produtivo esse método de trabalho porque aquilo ali ele delimitou o que a gente deveria aprender. Ele delimitou o que a gente devia saber. Lógico que fazer o vídeo tem suas vantagens. Quando você vai falar você tem que saber o que você tá falando. Você tem que entender. Mas igual eles falaram, ficou muito aberto. Não tinha o que você delimitar lá. O que vc deveria saber do vídeo, pra falar...

Outra tensão girou em torno da quantidade de informações técnicas do motor que os alunos tiveram que aprender ou, na visão deles, decorar. Para os alunos, o estudo de partes do motor relacionadas ao funcionamento específico do mesmo, por tratar de questões muito técnicas, são desnecessárias para o ensino de física. Para eles as atividades da SD ligadas à essas questões técnicas tomaram muito tempo, sem acrescentar muito ao ensino, como vemos em:

- **TIAGO/ELE:** Eu, em certa parte eu gostei e em certa parte eu achei meio complicado assim. Eu acho que no começo, a parte que fala do motor mesmo em si, as partes, as constituições, eu achei um pouco meio complicado. Até pra gente poder obter informações sobre isso eu achei um pouco difícil. A partir do momento que começou a levar isso mais pro dia-a-dia, por exemplo, a questão do deslocamento com ônibus, com carro. O que gasta mais combustível, eu acho que ficou um pouco mais interessante. Eu acho que a partir do momento que começou a levar pro dia-a-dia ficou mas entendível assim. Mas eu acho que até no começo pra obter informações sobre, tava um pouco complicado. Eu não sei se devido a maneira que o professor passava pra gente. Eu acho que, não sei, mas eu achei no começo mais meio maçante assim sabe, meio pesado.

- **BRUNO/QUI:** Então tipo assim. Pra gente, pra gente não, pra mim. Eu achei bem estranho começar porque o plano de ensino de Física que era no ano passado é no 1º bimestre de Termodinâmica, o 2º e o 3º de elétrica e eletrônica e o 4º de magnetismo. A gente tipo, já começou no 1º bimestre vendo a máquina que pra mim não faz muito sentido porque a gente começou vendo as propriedades da máquina sem menos saber da Termodinâmica. E tinha algumas coisas que a gente ficava em dúvida que nem o próprio professor conseguia responder pra gente, que eram conhecimentos muito específicos de mecânica que a gente não tinha condições de entender e nem o professor de explicar. É tipo isso, eu achei que podei ter tido uma abordagem diferente, sem ser no início tipo, como a gente ainda não tinha nenhuma noção, mas fora isso eu acho bacana a ideia de tentar conscientizar os alunos. Que nem eu lembro, o professor propunha ideias de como melhorar a eficiência de motor

a combustão. E isso é bem legal e tal pra surgir novas tecnologias e incentivar o aluno.

Importante perceber que a crítica é bem fundamentada, citando situações em que nem o professor conhecia com detalhes alguns processos técnicos de funcionamento do motor, dificultando o aprendizado.

Em resumo, percebemos que muitas tensões identificadas são ligadas ao tempo demandado pelo desenvolvimento da SD. Além das atividades relacionadas aos processos técnicos de funcionamento do motor e da elaboração do vídeo, as atividades relacionadas às discussões sobre mobilidade urbana também tomaram certo tempo. Obviamente que, quando tratamos das relações entre ciência, tecnologia e sociedade, sobra menos tempo para desenvolver apenas os conteúdos científicos, com os conceitos, formalismo, aplicações e resolução de exercícios. O curso técnico também gera uma sobrecarga de atividades para os alunos, exigindo muito tempo de dedicação dentro e fora de sala, dificultando o desenvolvimento da proposta.

- **RACHID/ELT:** Eu acho que tipo assim, a demanda do técnico e até a carga horária do curso numa escola técnica, elas meio que atrapalham um pouco o projeto. Porque é algo que dura muito tempo e o técnico de certa forma não deixa. Não que isso inviabiliza mas dificulta muito, o envolvimento, a participação da pessoa. Precisa ter tempo pra pessoa realizar todo o trabalho. (.....)principalmente porque ano passado a nossa carga horária era extensa né, o ano que a gente mais teve carga horária foi o ano passado esses trabalhos eles requerem muito tempo nosso, muito tempo. Procurar professor, fazer entrevista, editar um trabalho, montar o vídeo, são coisas que consomem muito tempo e mesmo se tendo um bimestre ali é algo muito grande e cansativo pra gente. A gente tem as matérias do técnico pra fazer prova, a gente tem as provas do ensino médio normal, então é algo cansativo. É igual o CIRO falou, é tipo assim, um mês a mais, um bimestre a mais eu não sei se daria.

- **BERTA/ELT:** E outra coisa que foi boa foi que foi colocado no 1º bimestre porque eu acho que se tivesse sido em alguns dos últimos a gente não ia ter dedicado nada pra fazer porque a gente preocupou mais com as matérias do técnico do que com as do médio, querendo ou não né.

Em resumo, as críticas à atividade final, de elaboração do vídeo, e aquelas ligadas ao estudo dos processos técnicos de funcionamento do motor, se referem, na verdade, à questão do tempo gasto nessas atividades. No fundo, para alguns alunos, apesar do motor ser útil para contextualizar e significar o ensino, às vezes preferem um ensino mais direto, com o professor “passando” os conceitos, sem gastar muito tempo com a discussão destes a partir de um objeto tecnológico. Isso justifica também o estranhamento inicial em relação à proposta. Podemos interpretar essas falas como indicador das disputas de legitimidade de práticas de ensino na instituição. Por outro lado, objetivos como formação de um sujeito crítico e melhor

ligação entre o ensino de ciências e o ensino técnico foram percebidos por vários alunos como atingidos pela SD. Uma vez que as quebras percebidas pela SD possam ser sanadas ou reduzidas, ligando de maneira mais equilibrada as vertentes CTS, acreditamos que essa abordagem possa ser útil instrumento a ser utilizado no ensino de física térmica.

Núcleo B – AS AVALIAÇÕES DA SD

Analisemos agora as avaliações da SD, na perspectiva dos alunos. Houve certo estranhamento inicial com a proposta, conforme identificamos em:

- **BRUNO/QUI:** Então tipo assim. Pra gente, pra gente não, pra mim. Eu achei bem estranho começar porque o plano de ensino de Física que era no ano passado é no 1º bimestre de Termodinâmica, o 2º e o 3º de elétrica e eletrônica e o 4º de magnetismo. A gente tipo, já começou no 1º bimestre vendo a máquina que pra mim não faz muito sentido porque a gente começou vendo as propriedades da máquina sem menos saber da Termodinâmica. E tinha algumas coisas que a gente ficava em dúvida que nem o próprio professor conseguia responder pra gente, que eram conhecimentos muito específicos de mecânica que a gente não tinha condições de entender e nem o professor de explicar.
- **PÂMELA/QUI:** É. Isso que o Bruno falou, tipo assim, no começo, a gente estranhou muito. Ainda mais assim, na minha visão, a gente vai pra um curso de Química e de repente o professor tava introduzindo motor assim. Chegamos no 2º ano, nós estamos vendo motor. Eu lembro assim, eu fiquei bastante com o pé atrás tipo, por que que eu tô vendo isso? E meio que assim, não é minha área, então eu vou ter dificuldade de entender, essas coisas assim. Então foi bem estranho mesmo.
- **BRUNO/QUI:** Eu acho que no geral, a turma participou menos porque em geral também a gente não tava entendendo o que estava acontecendo. Quando a gente não tá entendendo um negócio, tipo, pra que que eu tô vendo isso? Larga pra lá.

Esse estranhamento inicial foi a primeira tensão identificada. Foi unânime a percepção de que a metodologia foi distinta da maneira em que estavam acostumados a trabalhar, principalmente nas aulas de física. Iniciar com o objeto tecnológico, o motor a combustão, para, a partir do seu funcionamento, discutir os conceitos físicos de termodinâmica, parece ter sido a fonte principal desse estranhamento. Compreender os sentidos desse estranhamento passa por conhecer o modo como os alunos estão acostumados a trabalhar nas aulas de disciplinas de ciências (física, química, biologia), como se vê nos relatos:

- **BERTA/ELT comenta:** No geral. Em todas as outras disciplinas a gente tá acostumado mais o professor chega, passa a matéria e sempre por exemplo, o trabalho dessas matérias mais exatas, trabalha com muita fórmula e tal e o professor já chega e só dá uma passada na matéria teórica e já começa com as fórmulas e os

problemas mesmo. O PORTHOS ficou muito tempo trabalhando essa parte mais de conceito. **BERNARDO/ELT complementa:** A medida que a gente vai, igual no 1º ano, no 2º ano, 3º ano, 3º ano a gente tem pouco trabalho né. A gente acostuma a fazer mais provas e ser assim uma coisa mais objetiva, aprendeu, prova, aprendeu, prova.

As falas revelam quais práticas são, no geral, mais valorizadas pelos alunos na instituição. Inferimos que as expectativas relacionadas a um curso de física passam pela resolução de um grande número de exercícios, ligadas também ao uso sistemático do livro didático. Como já discutimos a valorização dessas práticas, pelos alunos, existe menos por acreditarem que promovam o aprendizado e mais pelo fato delas terem se naturalizado na instituição. Seguem as falas:

- **DIEGO/QUI:** Também acho que foi assim um baque, porque no 1º ano igual eu falei, a gente tava muito naquela coisa assim é, tipo bem escola particular mesmo assim, dá a matéria no quadro e assim, tava seguindo muito o plano assim, me sinto bem com isso. Aí chegou e introduziu uma coisa nova, mas assim, igual eu falei, acho que a turma inteira ficou um pouco assustada, sem entender assim. Nossa senhora, será que o 2º ano inteiro vai ser assim? Tipo, a gente não vai ter mais, sei lá, exercício do livro, **a gente não vai usar livro didático?** (GRIFO NOSSO)

Quando, em uma proposta como essa, o professor começa a utilizar roteiros independentes do livro, usando esse como material de consulta à parte, muitas vezes surge nesse momento a insegurança, que acreditamos estar ligado às quebras das expectativas dos alunos quanto à certas práticas esperadas do professor. Selecionamos um comentário relacionado à visão inicial da SD, nas primeiras aulas:

- **PÂMELA/QUI:** É o assunto assustou um pouco. Eu sinto que ficou todo mundo assim com um pé atrás mesmo de é, eu vou perder uns pontos aqui, mas depois eu recupero lá na frente quando for a matéria mesmo. Ficou aquela coisa assim do ele não vai passar matéria? Foi o que o Pedro falou. A gente tá muito acostumado a ver, a anotar e fazer exercício e como era uma aplicação, a gente ficou meio assim, nossa. E aí eu vejo que a gente dedicou um pouco menos por ser uma coisa muito estranha pra gente.

A fala “o professor não vai passar matéria?” indica forte contrato didático, ou seja, forte caracterização de certas práticas escolares como legítimas na instituição, criticando a possibilidade de haverem outras. Os alunos também ficam preocupados com a distribuição de pontos, pois são muito pressionados pelos critérios de aprovação do CEFET. Além de cursarem um grande número de disciplinas, do ensino médio e técnico, são jubilados caso tenham 2 reprovações. Superar esse contrato didático, ou melhor, alterá-lo, exige desenvoltura

do professor. A eficiência deste ao desenvolver um conteúdo depende também de acordos e negociações feitas com a turma, elementos do contrato didático, que se não é bem feito, dificulta (e as vezes até impede) o avanço da proposta. Daí a importância de deixar claro aos alunos os motivos da realização de cada atividade, os objetivos das mesmas, porque foi feita a escolha por esse método e como estas auxiliarão a atingir os objetivos de ensino propostos junto à SD.

Em outros momentos enfatizaram que a abordagem criou um importante contexto de significação dos conceitos que eram trabalhados:

- **AQUILES/ELT:** Eu acho que essa abordagem ela deixou o assunto mais interessante porque quando a gente viu a contextualização, os problemas enfrentados na realidade né, como os carros por exemplo, não conseguem ter uma eficiência muito alta, a gente vê a aplicação dos conceitos e do problema na vida real. Isso ajuda a gente a entender do que se trata.
- **BERNARDO/ELT:** E contextualizar eu achei que ficou mais interessante, trouxe mais pra próximo da gente o conteúdo da Física que às vezes fica um pouco distante. Acho que no fundo assim foi interessante. Melhor do que fosse do jeito mais tradicional.
- **CIRO/ELT:** Uai, do jeito que você falou foi diferente né, porque a gente, os professores já pegavam já jogando a matéria assim pra gente e ele já foi mais assim meio conceitual e ele buscou mesmo essa questão de sociedade, a gente teve que falar dos problemas urbanos, a gente teve que fazer vídeos mostrando como que é o engarrafamento de Belo Horizonte por exemplo, então foi uma coisa bem diferente assim, foi uma coisa meio nova, no fundo foi boa.
- **Alfredo:** Quando você diz diferente dos outros professores, você diz dos professores de Física ou no geral?
- **CIRO/ELT:** No geral.

Conforme já relatamos no capítulo de referencial de análise, para Vygotsky (1999) a construção do conhecimento ocorre a partir da interação entre os homens, mediada por instrumentos e signos. Na presente experiência com a SD cada aluno interagiu com seus colegas, nas atividades em grupo e com o professor, a partir de um importante elemento de mediação, que foi o motor a combustão. Segundo uma concepção vygotskyana, o motor é um instrumento, visto que é um objeto construído e utilizado pelo homem, e que possui uma função específica que é transmitida às gerações posteriores. Porém, pode ser considerado também um signo, uma vez que foi a partir da análise do seu funcionamento que foram desenvolvidos os conceitos de termodinâmica. Acreditamos que a significação que os alunos deram aos conceitos é proveniente do uso desse elemento de mediação, o nosso objeto tecnológico: o motor a combustão.

Tivemos avaliações da SD quanto à aprendizagem obtida pela mesma. Como o conteúdo de termodinâmica era inédito para todos os alunos (nenhum deles era repetente) é difícil avaliar se o aprendizado é maior ou menor quando utilizamos a abordagem CTS, na

falta de outro tipo de abordagem desse conteúdo que sirva de comparação. Além disso é preciso conhecer quais as concepções desses alunos sobre o que é aprender física, ou sobre o que é relevante aprender em física. O que conseguimos fazer é avaliar se a SD possui características que nos permitam afirmar que ela cria boas possibilidades de aprendizado. A maior parte dos alunos disseram que a aprendizagem foi significativa, justificando-a a partir da contextualização que a SD criou.

- **SAMUEL/MEA:** É, eu também gostei um pouco, muito da aplicação que ele fez porque o aluno vai compreender melhor com algo que está associado ao dia-a-dia dele do que você mostrar aquela coisa sem sentido. Acho que muitos alunos, até mesmo os que tem mais dificuldade, eles vão assimilar melhor o conteúdo do que se fosse aplicado algo sem sentido nenhum pra ele. Eu acho que a abordagem dele foi muito bacana, principalmente por [ser] aplicado ao curso de meio ambiente que auxiliou a gente a ter uma visão maior da sociedade, do que o que os motores fazem, quanto de energia que gasta, quanto de poluição que eles emitem, dentre outras coisas. (.....) Eu creio que foi muito bom pro aprendizado. Porque realmente auxilia ao aluno a ter uma simulação melhor das coisas e ao lembrar mais as coisas quando ela é aplicada no dia-a-dia deles. Então, por exemplo, você olhar um carro na rua você vai lembrar: olha, aquilo ali eu tive na aula e tal. Auxilia de qualquer maneira ao aluno a lembrar daquele conteúdo no dia-a-dia.

- **RAPHAELA/MEA:** Eu particularmente não sabia como funcionava um motor a combustão, então tipo assim, eu quando tive essa aula, eu consegui assimilar e ver na prática mesmo como que acontecia aquela parte de Física. E até outro dia foi interessante comentar que eu e um colega tava comentando de embreagem do carro e aí eu falei “não eu só conheço motor a combustão” (risos) e aí eu comecei a explicar como que funcionava o motor e tal, que eu tinha aprendido aqui porque eu nunca vi, nunca tinha visto. Mas é, eu achei bem legal assim essa parte.

- **MARCELO/ELE:** Acho que a do 2º ano a abordagem [**comparada com o modelo tradicional do 1 ano**] que pode parecer que não ensina tão bem mas a gente consegue lembrar muito mais com o tempo de nó foi assim, assim e assado e é desse jeito que funciona. Mas na outra, a gente fez o exercício, decorou muito bem, só que depois com o tempo a gente acaba esquecendo, apesar de que lembra algumas coisas. [**ACRESCIMO NOSSO**]

- **TIAGO/ELE:** Eu acho que a do 2º também tem a parte que tá muito ligada ao nosso curso diretamente [eletrotécnica], então pra gente acaba sendo um pouco mais fácil assim esse aprendizado.

- **Alfredo:** na verdade do segundo bimestre p frente, com a parte elétrica...

- **JOICE/ELE:** Mas eu acho que a questão de ter relacionado com o cotidiano nisso também. Porque igual ele tá falando da questão de ser mais fácil pra gente por ser parte do curso técnico, então o curso técnico faz parte do nosso cotidiano. Então acho que quando você traz, é, uma proposta que o aluno não tem que ficar só na sala de aula, tipo o conteúdo entendeu? Abrange as vivências do aluno eu acho que isso é, prende mais a atenção e acho que por chamar a atenção assim e tal eu acho que é mais fácil dele se recordar do que simplesmente ter um monte e fórmulas ou coisa do tipo.

Existiu uma forte tensão relacionada ao aprendizado dos conteúdos científicos, expresso pelas quantidades próximas de alunos que consideraram que a SD favoreceu a aprendizagem em relação àqueles que expressaram o contrário. Nos questionários, o item 3 do

2º grupo, que afirma que começar o estudo pela estrutura e funcionamento do motor dificultou a aprendizagem, teve uma concordância de 36% contra uma discordância de 48%. Esses valores, que consideramos bem próximos, revelam que o nível de aprendizado gerado pela SD não ficou bem perceptível na visão dos alunos. É importante perceber que esse item relaciona a aprendizagem tendo em vista apenas o início da SD com o estudo do motor, não a SD toda. Longe de apenas quantificar a proporção entre o número de alunos que consideraram que a SD favoreceu aprendizagem e aqueles que consideraram o contrário, enfatizamos aqui nosso esforço de compreensão dos sentidos atribuídos pelos alunos à experiência, conforme preconiza nosso referencial teórico. Percebemos que, mesmo aqueles que julgam que abordagem CTS, por sua característica de contextualizar o ensino, teoricamente favorece o aprendizado, acabam julgando que, na prática, aprenderam pouco por estarem “acostumados” com o método tradicional. Selecionamos as seguintes falas de alunos que consideraram que aprenderam menos com a abordagem.

- **BRENDA/ELT:** Ah, pareceu ser interessante. Pareceu que ia ser um jeito diferente e talvez a gente pudesse aprender mais. O que acontece é que hoje eu percebo que eu não aprendi tanto quanto da outra forma. Vamos pôr assim, quando passou a matéria no quadro, eu aprendo muito mais do que dessa forma.

- **DAVI/ELT:** Eu acho que isso é um defeito mais nosso mesmo. Eu reconheço que é uma peculiaridade da gente trabalhar muito assim sob pressão, e é vai ter prova, vai ter o exercício não sei o que. Acho que tinha que rever isso muito da educação aqui. Eu achei que foi bem melhor essa abordagem que agora eu sei que chama CTS. Eu achei mais estimulante. Posso não ter fixado tão bem mas eu acho que esse programa tá muito mais do que a gente teve antes do que no próprio ensino médio.

- **BRENDA/ELT:** Eu acho que igual ele falou, o problema é que a gente está muito acostumado com o jeito normal, que a vida inteira aah o professor passa a matéria, a gente faz o exercício e fica por isso mesmo. Então eu também, muita coisa eu não peguei direito com esse tipo de abordagem. Eu não consegui assim, eu acho que não é nem compreender que eu acho que na época eu até compreendia, mas que absorver. Mas eu achei que foi interessante porque é um jeito diferente e que pra muitas pessoas funciona. Dá pra aprender mais, não foi o meu caso mas dá pra aprender mais.

Nesse momento cabe tentar compreender a concepção de aprendizado do aluno, que talvez esteja atrelada a conseguir boas notas nas avaliações, devido à pressão que muitos sofrem com os critérios de jubramento e a grande quantidade de disciplinas que cursam. Com esse objetivo é natural que, muitas vezes, o foco desses alunos esteja na resolução de um grande número de questões, que os permitam resolver as provas, questões que, com o desenvolvimento da SD, talvez tenham sido trabalhadas em menor número do que o de costume. Seria essa capacidade de resolver questões um bom avaliador do aprendizado de física?

Interessante que isso não os impede, como na fala de **DAVI/ELT**, de tecer maduras críticas à metodologia de ensino na instituição. Identificamos em sua fala uma tensão entre suas expectativas sobre quais práticas escolares ele considera que favorecem a aprendizagem e práticas com as quais ele está acostumado. Apesar da forma de ensino tradicional da instituição, a princípio gerar, na prática, mais aprendizado, essa não é, para ele, a melhor forma. A crítica que faz sobre a “pressão” que sofrem na instituição e a necessidade de mudança, aliada à valorização que dá à SD demonstra uma opinião de que aprender física, talvez, seja mais do que treinar resolução de exercícios. Talvez julgue que alguns elementos, como relação com o cotidiano e formação de um sujeito crítico, são também importantes para sua formação, junto à aprendizagem dos conceitos científicos. Essa é uma forte crítica a um contrato didático instaurado na instituição, relacionado às práticas educacionais na mesma.

Nossa análise partiu das ideias do nosso referencial Bakhtiniano, segundo o qual todo enunciado se constitui a partir de uma cadeia de enunciações anteriores na qual ele se insere. O sentido de um discurso só pode ser compreendido a partir da identificação das suas condições de produção, entre elas o contexto histórico-cultural, o lugar de onde falam, a imagem que fazem de si e do outro, etc (BRANDÃO, 2004).

Sendo assim, para compreender os sentidos dados à experiência pelos alunos, foi preciso perceber de onde eles falavam, ou seja, a partir de quais experiências anteriores. No início da análise nossa preocupação foi conhecer um pouco esses alunos, e percebemos que as expectativas que tinham da instituição, antes da entrada nela, é que a mesma é uma escola exigente, que cobra muito dos alunos e que esses têm que se esforçar muito para serem aprovados nas disciplinas. Conforme relatam, inferimos que as aulas do 1º ano, pelo menos as de física, são pautadas em aulas expositivas e resolução de exercícios numéricos. O estranhamento inicial que tiveram com a proposta e a insegurança quando os professores não seguiram o livro didático, para nós, tem origem nessa quebra de expectativas quanto às formas do professor desenvolver o conteúdo, que no caso utilizou roteiros independentes do livro. Acreditamos que o aprendizado gerado pela SD não foi maior, de acordo com a avaliação dos alunos, por considerarem que a SD cobrou pouco dos mesmos em termos de resolução de exercícios. Sendo assim, a questão é mais ligada à uma concepção de ensino desses alunos, especificamente sobre como deve ser um curso de física, se mais focado na discussão conceitual, ou na resolução de exercícios, ou de outra forma. Nessa concepção de ensino se inclui a forma como o professor deve ensinar, quais práticas são legitimadas pelos alunos.

5 – CONSIDERAÇÕES FINAIS

Nosso intuito com esse trabalho foi compreender melhor o desenvolvimento de uma SD de Termodinâmica com abordagem CTS, em uma escola técnica federal. Na instituição o Ensino Médio é vinculado a cursos técnicos, a maior parte deles ligado à área tecnológica.

Objetivamos compreender os sentidos dados por professores e alunos à experiência a partir das tensões e potencialidades identificadas no processo, obtidas por meio das avaliações desses sobre a SD. A SD tratava de conteúdos de termodinâmica, ligados às questões ambientais e de mobilidade urbana, a partir de um objeto tecnológico, o motor a combustão interna. Duas fontes de dados nos guiaram na busca de respostas à essas questões, ambas ligadas à SD: um questionário fechado respondido por 186 alunos e entrevistas do tipo semiestruturadas, realizadas com 27 alunos e 3 professores. Os alunos foram divididos em 9 grupos, enquanto as entrevistas com os professores foram individuais.

Antes de analisar a avaliação da SD, tentamos conhecer um pouco nossos sujeitos de pesquisa, os alunos e professores, identificando suas expectativas em relação ao ensino na instituição, além de suas experiências acadêmicas anteriores, a fim compreender melhor suas próprias falas. Nosso referencial, ligado ao desenvolvimento histórico-cultural do homem, defende que toda fala, toda expressão, é feita em certo contexto, a partir de certas experiências, e somente conhecendo-as compreenderemos os sentidos das expressões do sujeito. Sendo assim, tentamos inicialmente conhecer um pouco a trajetória acadêmica e profissional dos professores.

Dos três professores que participaram da pesquisa, dois eram efetivos na instituição, o outro foi professor temporário na mesma. Os dois professores titulares já tinham experiência com alunos do Ensino Médio, mas apenas um desses já tinha trabalhado com abordagem CTS no ensino de Termodinâmica na escola. O outro professor já lecionava há alguns anos, mas sempre no Ensino Superior.

Em relação aos alunos procuramos descobrir os motivos que os levaram à escolha da instituição e suas expectativas sobre a mesma. Essa escolha foi, inicialmente, quase sempre oriunda de uma referência familiar. Os pais ou irmãos já estudaram na instituição e acabam por sugeri-la aos mesmos, enfatizando a qualidade do ensino ou importância do curso técnico como facilitador de entrada no mundo do trabalho. Outra fonte de informação sobre a instituição foi obtida através dos cursinhos preparatórios para o concurso de entrada no ensino

médio, quando professores falam da instituição e alunos mais experientes relatam o grande desejo de entrar na mesma. O curso técnico é outro elemento de motivação, pela possibilidade de inserção no mercado de trabalho ou como forma de aproximação com a área tecnológica, antes da entrada no ensino superior.

Identificar as expectativas dos alunos, ajudou a compreender suas falas. São alunos que enfrentaram grande concorrência para conseguir uma vaga na escola, que no geral se esforçaram muito e valorizam isso. Percebemos que esses alunos têm boas expectativas com relação à escola, tanto em termos de tipo de formação que a mesma deve prover como em relação à qualidade de ensino ofertado.

A primeira tensão identificada tem origem num estranhamento inicial gerado a partir do uso do objeto tecnológico, no caso o motor a combustão, para discussão dos conceitos científicos. No início os alunos não conseguiram vislumbrar como seria todo o processo, todo o curso, visto que ainda não tinham trabalhado com abordagem CTS. Como alguns professores também trabalhavam com ela pela primeira vez, não conseguiram deixar claro como seria o curso, até mesmo porque, talvez não soubessem exatamente como seria. O curso foi sendo desenvolvido e aprimorado à medida em que as aulas aconteciam. Essa falta de visão sobre como seria todo o curso levaram às dúvidas, na perspectiva dos alunos, sobre a eficiência desse método, daí uma primeira e possível fonte do estranhamento. A partir da fala dos alunos identificamos que a origem desse estranhamento vem da forma como o ensino de ciências é comumente realizado, iniciando com os conceitos para, só então, trabalharem com as aplicações. Uma aluna questiona se o professor “não vai passar matéria”, referindo-se ao procedimento de discussão e sistematização de conceitos utilizando o quadro. Essa fala, junto a outras, revela que o currículo da escola, aquele relativo ao que é realizado em sala de aula, já traz certas práticas bem instituídas e naturalizadas na escola, estas muitas vezes ligadas a aulas expositivas, resolução de exercícios e uso sistemático do livro didático. Os alunos, então, esperam o cumprimento de um contrato didático, que define de que forma e a partir de quais atividades o professor deve desenvolver o conteúdo. Parece existir, por parte dos alunos, uma dificuldade em perceber que podem existir outras formas de ensino, outras metodologias.

Outra tensão identificada é relacionada à aprendizagem obtida com a SD. Muitos alunos disseram que a contextualização do ensino dos conceitos científicos feita a partir da discussão com o motor favoreceu a aprendizagem. Justificaram isso mencionando que o ensino de conceitos científicos abstratos, quando relacionados ao cotidiano, ganham mais significado. Outros alunos, entretanto, avaliaram que aprenderam pouco. Esses alunos não

negam que a contextualização favorece o ensino, e na verdade acabam por justificar esse baixo aprendizado por estarem acostumados a outros métodos de ensino. Fazem assim uma crítica ao ensino na instituição, focado na resolução de exercícios e provas, que acaba pressionando-os e até impedindo-os de se desenvolverem mais com outras abordagens. Percebemos aqui uma tensão inerente à abordagem CTS, entre o modo de desenvolver conteúdos com esse enfoque e o modelo tradicional, focado nos conteúdos científicos, uma vez que trabalhar com as três vertentes reduz o tempo que seria gasto com uma só, no caso, aquela ligada à ciência. Essa redução do tempo utilizado para trabalhar o conteúdo de ciências implica em escolhas do professor sobre o que explicar, como explicar. Representa também uma redução no tempo gasto com práticas já naturalizadas na instituição, como aquelas ligadas à resolução de exercícios e uso sistemático do livro didático. São momentos de quebras do contrato didático que levam ao estranhamento e, muitas vezes, discordância dos alunos quanto à eficiência da SD.

Por outro lado, enfatizamos a crítica madura de um desses alunos a um modelo de ensino que prioriza uma das vertentes CTS – no caso Ciência - em detrimento das outras.

- **DAVI/ELT:** Eu acho que isso é um defeito mais nosso mesmo. Eu reconheço que é uma peculiaridade da gente trabalhar muito assim sob pressão, e é vai ter prova, vai ter o exercício não sei o que. Acho que tinha que rever isso muito da educação aqui. Eu achei que foi bem melhor essa abordagem que agora eu sei que chama CTS. Eu achei mais estimulante. Posso não ter fixado tão bem mas eu acho que esse programa tá muito mais do que a gente teve antes do que no próprio ensino médio.

Na nossa visão a abordagem CTS pode auxiliar na formação integral do aluno, principalmente em uma escola onde o Ensino Médio é realizado de forma concomitante com o Ensino Técnico, portanto ligado ao desenvolvimento de uma profissão. Acreditamos que essa proposta promova uma formação crítica desse sujeito, que ao entrar no mercado de trabalho, pode perceber e se posicionar perante as complexas relações entre ciência, tecnologia e sociedade. Várias falas dos alunos estavam ligadas aos objetivos inerentes à abordagem CTS, como aqueles ligados à uma formação em ciências ligada à cidadania, à conscientização das relações CTS e posicionamento crítico em relação aos problemas que surgem na sociedade relacionados à C&T (Ciência e Tecnologia). A partir das análises dos

questionários⁹ temos que a maior parte dos alunos afirma que vários objetivos da abordagem CTS, naquele momento referenciados na matriz de habilidades do ENEM, foram atingidos.

Dentre outras potencialidades da SD, identificadas pelos alunos, temos a contextualização que a mesma gerou ao trabalhar os conteúdos científicos ligados à mobilidade urbana. O uso do motor à combustão como objeto tecnológico criou um contexto de significação para os conceitos científicos trabalhados, valorizando a proposta. Acreditamos que essa opinião dos estudantes está ligada também ao fato da abordagem ligar ao ensino questões relevantes na sociedade e vivenciadas pelos mesmos, como aquelas ligadas à mobilidade urbana e poluição gerada pelos motores a combustão.

Nas avaliações da SD, um ponto que foi enfatizado refere-se à importância atribuída pelos alunos à forma de condução dos trabalhos pelo professor e à interação dele com a turma. Para eles essa relação com a turma é um elemento que ajuda a promover um melhor andamento das aulas e, no caso, melhor desenvolvimento da sequência. Aqui os alunos revelam a importância do contrato didático, ou seja, da criação e cumprimento dos combinados entre professor e a turma.

Outro ponto importante, ligado à abordagem CTS, é relativo à possibilidade de criação de vínculos entre conteúdos conceituais de ciências com tecnologias e seus impactos ambientais e na sociedade. Para tal destacam a importância da problematização das tecnologias e um olhar crítico para seus usos, o que requer envolvimento dos alunos em atividades que promovam essa reflexão. A análise dos questionários respondidos pelos alunos revelou uma avaliação positiva dos mesmos quanto à preferência de um ensino a partir do uso de um objeto tecnológico e das implicações sociais desse uso.¹⁰

Os alunos criticaram também a atividade avaliativa final, de elaboração de um vídeo. Percebemos que essa crítica, na verdade, não é ligada à atividade em si, mas à forma como foi solicitada, com muito pouca orientação. Além disso a atividade exigiu que elaborassem um vídeo, algo que muitos nunca tinham feito, e por isso tiveram que buscar informações por conta própria, demandando muito tempo, sendo esse o problema principal, não a atividade em si. Numa instituição onde as disciplinas do curso técnico exigem muito dos alunos, tempo é moeda escassa e de grande valor para eles. Parece ter faltado mais orientação dos professores em relação à atividade e percebemos que isso, em alguns momentos, pode ter influenciado significativamente a avaliação dos alunos sobre a sequência didática.

⁹ Lembrando que os gráficos desses questionários se encontram no anexo E

¹⁰ Aqui nos referimos aos gráficos dos questionários do 2º grupo.

Confirmamos hipótese relativa às quebras da SD, mencionada pelos professores e percebidas pelos alunos. Apesar dos três professores terem, durante as entrevistas, considerado a proposta interessante e terem mostrado disposição para desenvolvê-la, essas quebras ocorreram. Trabalhar com abordagem CTS de forma equilibrada com seus três elementos é difícil, principalmente para professores que nunca a tinham utilizado. E mais do que abordar os três elementos em igual proporção, a dificuldade maior consiste em desenvolver bem suas inter-relações, suas influências múltiplas e recíprocas.

A proposta é inovadora na instituição e traz alguns benefícios. Concluímos que ela ajuda a dar mais significado ao ensino dos conceitos científicos, a partir das discussões originárias do estudo do motor, além de criar oportunidades de desenvolvimento do senso crítico dos alunos, sendo esse um objetivo da própria abordagem CTS. A própria matriz de habilidades do Enem, que tem respaldo nos PCN's, enfatiza a importância de atingir esses objetivos. Entretanto, desenvolver uma SD com abordagem CTS não é tarefa fácil. Quando o professor entra em sala, muitos contratos didáticos, muitas expectativas quanto ao ensino estão em jogo. Desenvolver com alunos novos métodos de ensino requer novos combinados, alterações nos contratos didáticos estabelecidos e alterações curriculares, que exigem segurança e flexibilidade do professor para apresentar a nova proposta. Percebemos que muitos estranhamentos dos alunos são provenientes de quebras de expectativas relativas ao ensino e às ações do professor. São necessários contínuos momentos de negociação e convencimento, onde a proposta do professor encontra e se choca com as expectativas dos alunos, com relação a certas práticas escolares tão esperadas e valorizadas na instituição. Quando ocorre o conflito, uma tensão entre o que o professor faz e aquilo que os alunos esperam que faça, é necessário que o professor esclareça os objetivos, explicita a agenda das atividades, sob pena dos alunos, não convencidos de que o uso dessa SD seja um bom caminho para sua aprendizagem, não se dediquem o suficiente para execução das atividades. Mas são essas negociações, esses combinados que, quando bem feitos, permitem desenvolver uma SD dessa natureza de modo a extrair todas as vantagens e atingir os objetivos de ligar um ensino de ciências fechado em si mesmo a outras questões, como aquelas ligadas à sociedade e ao cotidiano do aluno. Por isso acreditamos que o ensino de termodinâmica com abordagem CTS, aqui relatado, se apresenta como uma proposta promissora.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AGUIAR, W. M. J. A pesquisa em psicologia sócio-histórica: contribuições para o debate metodológico. In: BOCK, A. M. B., GONÇALVES, M. G. M. e FURTADO, O. (Orgs.) **Psicologia sócio-histórica: uma perspectiva crítica em psicologia**. São Paulo: Cortez Editora, 2001. p. 129-140.

AGUIAR, Wanda Maria J.; OZELLA, Sergio. Núcleos de significação como instrumento para a apreensão da constituição dos sentidos. *Psicologia: Ciência e Profissão*, Brasília, v. 26, n. 2, p. 222-245, jun. 2006.

AIKENHEAD, Glen S. What is STS science teaching? In: SOLOMON, J.; AIKENHEAD, G. STS education: international perspectives on reform. New York: Teachers College Press, 1994. P.47-59.

_____. Educacion Ciencia-Tecnologia-Sociedad (CTS): uma buena Idea como quiera que se llame. *Educación Química*, V.16, n. 2, abr. 2003.

ALVES-MAZZOTTI, Alda Judith. Impacto da pesquisa educacional sobre as práticas escolares. In: ZAGO, Nadir; CARVALHO, Marília Pinto de; VILELA, Rita Amélia Teixeira (Orgs.). *Itinerários de Pesquisa: Perspectivas em Sociologia da Educação*. Rio de Janeiro: DP&A, 2003. p. 33-48.

ARAÚJO, Lúcia. (2009). **Rompendo o contrato didático: a utilização de estratégias metacognitivas na resolução de problemas algébricos**. Tese de doutorado. Recife: UFPE.

AULER, D. **Interações entre Ciência-Tecnologia-Sociedade no Contexto da Formação de Professores de Ciências**. Tese. Florianópolis: CED/UFSC, 2002.

_____. Alfabetização científico-tecnológica: um novo “paradigma”? **Ensaio: Pesquisa em Educação em Ciências**, v.5, n.1, p.1-16, 2003.

_____. Enfoque ciência-tecnologia-sociedade: pressupostos para o contexto brasileiro. *Ciência e Ensino*, v.1, n.esp., p.1-20, 2007.

_____. Novos caminhos para a educação CTS: ampliando a participação. In SANTOS, W. L. P.; AULER, D. (Org.). CTS e educação científica: desafios, tendências e resultados de pesquisas. Brasília: Universidade de Brasília, 2011^a, p.73-98.

AULER, D.; BAZZO, W. A. Reflexões para a implementação do movimento CTS no contexto educacional brasileiro. **Ciência e Educação**, v.7, n.1. p. 1-13, 2001

AULER, D. e DELIZOICOV, D. Ciência-Tecnologia-Sociedade: Relações estabelecidas por professores de ciências. **Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias**, Barcelona, v. 5, n. 2, p. 337-355, 2006.

AULER, D.; DALMOLIN, A. M. T.; FENALTI, V. S. Abordagem Temática: natureza dos temas em Freire e no Enfoque CTS. **Alexandria Revista em Educação em Ciências**, Belo Horizonte, v. 2, n. 1, p. 67-84, 2009.

ARAUJO, I. R. L; CAVALCANTE, M. A. S; Vieira, A.da S. CONTRIBUIÇÃO DE VYGOTSKY E BAKHTIN NA LINGUAGEM: SENTIDOS E SIGNIFICADOS. **Debates em Educação**, v. 1, p. 1-14, 2009.

ALVES-MAZZOTTI, Alda Judith, GEWANDSZAJDER, Fernando. **O Método nas Ciências Naturais e Sociais: Pesquisa Quantitativa e Qualitativa**. 2. ed. São Paulo: Pioneira Thomson, 2002. 203 p.

BAZZO, Walter Antônio. **Ciência, tecnologia e sociedade: e o contexto da educação tecnológica**. Florianópolis: Editora da Universidade Federal de Santa Catarina, 1998.

BRANDÃO, H. H. N. Escrita, Leitura, Dialogicidade. In: BRAIT, B. (org). Bakhtin, dialogismo e construção do sentido. 2ed. Campinas: Unicamp., 2005.

BRAIT, Beth; MELO, Rosineide de. Enunciado/enunciado concreto/enunciação. In: BRAIT, Beth (org). BAKHTIN: CONCEITOS-CHAVE. São Paulo: Contexto, 2005, p.61-78.

BAKHTIN, M. **A cultura popular na Idade Média e no Renascimento: o contexto de François Rabelais**. Trad. Yara Frateschi Vieira. São Paulo: Hucitec; Brasília: Editora da UnB, 1987.

BAKHTIN, M.; (VOLOCHINOV, V. N). **Marxismo e filosofia da linguagem**. São Paulo: Hucitec, 1988.

BAKHTIN, M.; **Estética da Criação Verbal**. Tradução Paulo Bezerra. 3. ed. São Paulo: Martins Fontes, 2003.

BELTRÃO, Rinaldo Cesar; SOUZA, Carla Maria Pinto; SILVA, Cláudia Patrícia Silvério. Contrato didático e suas influências na sala de aula. **Educação Matemática e Pesquisa**. São Paulo, v. 12, n. 2, PP. 335-353, 2010.

BRANDÃO, Helena H. N. **Introdução à Análise do discurso**. 2.ed. Campinas: Ed. UNICAMP, 2004.

BRASIL. Lei nº 9.394, de 20 de dezembro de 1996. Estabelece as diretrizes e bases da educação nacional. **Diário Oficial [da República Federativa do Brasil]**, Brasília, DF, 1990.

Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/L9394.htm. Acesso em: 28 de janeiro de 2017.

BROUSSEAU, Guy. O não dito é essencial. **Revista Nova Escola**. São Paulo: Fundação Victor Civita. Edição 264, 2013.

ÇENGEL Y.A., BOLES M. A. **Termodinâmica**. 5ª ed., MC Graw Hill, 2006.

CACHAPUZ, Antonio Francisco. (2011). Tecnociência, poder e democracia. In: SANTOS, Wildson Luiz Pereira dos; AULER, Décio (Orgs.). CTS e Educação Científica: desafios, tendências e resultados de pesquisas. Brasília: Editora Universidade de Brasília, pág. 49-72, 2011.

CRUZ, S. M. S. C.; ZYLBERSZTAJN, A. O enfoque ciência, tecnologia e sociedade e a aprendizagem centrada em eventos. In: PIETROCOLA, M. (Org.). Ensino de Física: conteúdo e epistemologia numa concepção integradora. Florianópolis: Ed. da UFSC, 2001. p. 171-196.

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

DONELLY, James F. Humanizing Science education. **Science Education**, United Kingdom, v.88, n.5, p.762-784, 2004.

ENGELS, Friedrich. A dialética da natureza, 6ª ed. Rio de Janeiro; Paz e Terra, 2000.

FERRAROTTI, Franco. A Revolução Industrial e os novos trunfos da ciência. In: MAYOR, F.; FORTI, A. (Orgs.). Ciência e Poder. Campinas-SP: Papyrus, p. 45-62, 1998.

FRANCO, Maria Laura Puglisi Barbosa. **Análise de conteúdo**. Brasília, 4. ed. Brasília: Líber Livro, 2012. 94 p. (Série Pesquisa; v. 6).

FREIRE, Paulo. **Educação como Prática da Liberdade**, Rio de Janeiro: Paz e Terra, 1967.

_____. Papel da Educação na Humanização. **Revista Paz e Terra**, Rio de Janeiro, 1971.

_____. **Pedagogia do Oprimido**, 17 ed., Rio de Janeiro: Paz e Terra, 1987.

_____. **Pedagogia da esperança: um reencontro com a pedagogia do oprimido**. Rio de Janeiro: Paz e Terra, 1992.

_____. **Pedagogia da autonomia: saberes necessários à prática educativa-21ª Edição-** São Paulo. Editora Paz e Terra, 2002.

FREITAS, Maria Teresa de Assunção. **VYGOTSKY E BAKHTIN: psicologia e educação, um intertexto.** São Paulo: Atica, Juiz de Fora, MG: EDUFJF, 1994, 168 p.

_____. *A Pesquisa em Educação: Questões e Desafios. Vertentes (São João Del-Rei)*, v. 1, p. 28-37, 2007.

GOODSON, I. F. **Currículo: Teoria e História.** Trad. Atílio Brunetta. Petrópolis: Vozes, 1995.

HILA, Cláudia Veléria Doná. **Ferramentas no curso de formação e sequência didática: contribuições para o processo de internalização no estágio de docência de língua portuguesa.** Tese de Doutorado em Estudos da Linguagem. Londrina: [s.n.], 2011.

HOBBSAWN, E.; RANGER, T. **A invenção das tradições.** Trad. Celina Cardim Cavalcante. Rio de Janeiro: Paz e Terra, 1985.

JAEHN, Lisete; FERREIRA, Marcia Serra. PERSPECTIVAS PARA UMA HISTÓRIA DO CURRÍCULO: as contribuições de Ivor Goodson e Thomas Popkewitz. *Currículo sem Fronteiras*, v. 12, n. 3, p. 256-272, Set/Dez 2012.

JESUS, Mauro Sérgio de. **Apropriação dos recursos tecnológicos pelo ensino de Geografia: uma perspectiva de análise da formação profissional e do fortalecimento da profissionalidade docente.** 2014. 250 f. Dissertação (mestrado) – Universidade Federal de Minas Gerais, Faculdade de Educação. Belo Horizonte, 2014.

JOENK, I. K. Uma introdução ao pensamento de Vygotsky. **Revista Linhas**, Florianópolis, v.3, n.1, p. 1-12, 2002.

LATOUR, B., WOOLGAR, S. (1997). *A vida de laboratório: a produção dos fatos científicos.* Rio de Janeiro: Relume Dumará.

LENINE, Vladimir I. *Cadernos filosóficos.* Lisboa, Edições Avante!, 1989. (Obras escolhidas, t. VI).

MARX, Karl. *O Capital – Crítica da Economia Política.* São Paulo: Editora Nova Cultural, 1996, vol. 1.

McKAVANAGH, C., MAHER, M. (1982). Challenges to science education and the STS response. *The Australian Science Teachers Journal*, v. 28, n. 2, p.69-73.

ORLANDI, E. P. **Análise de discurso: princípios e procedimentos.** 7ed. Campinas: Pontes, 2007.

OLIVEIRA, M. K. **Vygotsky – Aprendizado e desenvolvimento: um processo sócio-histórico**. São Paulo: Scipione, 112 p., 1998.

PACEY, A. *La cultura de la tecnología*. Cidade do México: Fondo de Cultura Económica, 1990.

PINHEIRO, N. A. M.; SILVEIRA, R. M. C. F.; BAZZO, W. A. Ciência, tecnologia e sociedade: a relevância do enfoque CTS para o contexto do ensino médio. **Ciência & Educação**, v. 13, n.1, p. 71-74, 2007.

POPKEWITZ, T. S. *Lutando em defesa da alma: a política do ensino e a construção do professor*. Trad. Magda França Lopes. Porto Alegre: Artmed Editora Ltda., 2001.

_____. História do Currículo, Regulação Social e Poder. In: T. T. Silva (org.). *O sujeito da educação: estudos foucaultianos*. 6. ed. Petrópolis: Vozes, p. 173-210, 2008.

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

RUDOLPH, F. *Curriculum: A History of the American Undergraduate Course of Study since 1936*. São Francisco, Jossey Bass, 1977.

SANTOS, W. L. P. dos. Contextualização no ensino de ciências por meio de temas CTS em uma perspectiva crítica. In: *Ciência & Ensino*, São Paulo, vol. 1, número especial: “Educação em Ciência, Tecnologia, Sociedade e Ambiente”, p. 1-12, novembro de 2007.

_____. Significados da educação científica com enfoque CTS. In: SANTOS, W. L. P.; AULER, D. (orgs.). *CTS e educação científica: desafios, tendências e resultados de pesquisas*. Brasília: Ed. UNB, 2011. p.21-47.

SANTOS, W. L. P. dos; e MORTIMER, E. F. Concepções de professores sobre contextualização social do ensino de química e ciências. In: 22ª Reunião Anual da Sociedade Brasileira de Química, Poços de Caldas - MG, Maio, 1999, Livro de Resumos, volume 3, ED – 070, 1999.

_____. Uma Análise de Pressupostos Teóricos da Abordagem CT-S (Ciência-Tecnologia-Sociedade) no Contexto da Educação Brasileira. In: **Ensaio - Pesquisa em Educação em Ciências**, Belo Horizonte, v. 2, n. 2, p. 133-162, 2000.

_____. Tomada de decisão para ação social responsável no ensino de ciências. In: **Ciência & Educação**, São Paulo, v. 7, n. 1, p. 95-111, 2001.

_____. Abordagem de aspectos sociocientíficos em aulas de ciências: possibilidades e limitações. *Investigações em Ensino de Ciências*, v. 14, n. 2, p. 191-218, 2009.

SANTOS, W. L. P. Contextualização no ensino de ciências por meio de temas CTS em uma perspectiva crítica. In: *Ciência & Ensino*, São Paulo, vol. 1, número especial: “Educação em Ciência, Tecnologia, Sociedade e Ambiente”, p. 1-12, novembro de 2007.

SANTOS, Wildson Luiz Pereira dos; SCHNETZLER, Roseli Pacheco. **Educação em química: compromisso com a cidadania**. 4. Ed. Ijuí: Unijuí, 2010.

SHAMOS, Morris Herbert, *The myth of scientific literacy*. New Brunswick: Rutgers University Press, 1995.

SOLOMON, J. (1988). Science technology and society courses: Tools for thinking about social issues. *International Journal of Science Education*, v. 10, n. 4, p.379-387.

VAZ, Caroline Rodrigues; FAGUNDES, Alexandre Borges e PINHEIRO, Nilcéia A. Maciel. O surgimento da ciência, tecnologia e sociedade (CTS) na educação: uma revisão. **Anais do I Simpósio Nacional de Ensino de Ciência e Tecnologia**, Curitiba, 2009.

VIANNA, Heraldo Marelim. *Pesquisa em educação: a observação*. Brasília: Plano Editora, 2003. 107 p.

VILLANI, A. e FERREIRA, M. P. As dificuldades de uma professora inovadora. **Caderno Catarinense de Ensino de Física**, v.14, n.2, p.115-145,1997.

VYGOTSKY, Lev S. **A formação social da mente**. São Paulo: Martins fontes, 90 p., 1999.

_____. **Pensamento e Linguagem**. Tradução Jefferson Luiz Camargo. 4. ed. São Paulo: Martins Fontes, 2008. 224 p.

_____. O significado histórico da crise da psicologia [1927]. In: VYGOTSKY: Teoria e Método em Psicologia. São Paulo: Martins Fontes , 1996, p. 257--407.

_____. **A Construção do Pensamento e da Linguagem**. São Paulo: Martins Fontes, 521p., 2001.

Vygotsky, L. S.; LURIA, A. R.; LEONTIEV, A.N. **Linguagem, desenvolvimento e aprendizagem**. São Paulo: Icone, 1988.

ANEXOS

Anexo A: Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (TCLE)

Aos Srs. Pais e/ou Responsáveis pelos alunos da 3ª série do Ensino Médio

Eu, Alfredo Melk de Carvalho, professor de física, aluno do programa de pós-graduação em educação do mestrado profissional da Universidade Federal de Minas Gerais, gostaria de convidar seu (sua) filho (a) a participar da pesquisa "*Análise de uma experiência de ensino de termodinâmica baseada em uma abordagem CTS (Ciência, Tecnologia e Sociedade) numa escola técnica federal de Minas Gerais*". A referida pesquisa pretende analisar a implementação de uma sequência didática no ensino médio, na escola de seu filho.

A pesquisa será realizada apenas com consentimento de pais e /ou responsáveis de todos os alunos que participarão da mesma, além da autorização da escola. Estive em contato com a Direção da escola e obtive a colaboração e o consentimento para a realização dessa pesquisa. A proposta deste trabalho será analisar as interações entre professores e alunos quando do desenvolvimento de uma sequência de ensino de termodinâmica com abordagem CTS na referida instituição nos anos de 2011 a 2014. Acreditamos que a Pesquisa será importante pois contribuirá ainda mais para a aprendizagem de seu(sua) filho(filha), visto que permitirá o desenvolvimento, análise e divulgação dessa sequência de ensino de termodinâmica. Após a defesa da dissertação, no final da pesquisa, será elaborado um caderno com a sequência de ensino, propriamente dita, junto a recomendações aos professores que optarem por implementá-la. Nesse sentido, a contribuição da pesquisa passa pela criação de novos recursos metodológicos que poderão ser posteriormente utilizados por aqueles professores que se interessarem, beneficiando também novos alunos com os quais a sequência for trabalhada.

A participação na pesquisa 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.

A pesquisa envolverá gravação em vídeo de uma entrevista de grupo focal, ou seja, uma entrevista com um grupo de alunos (no máximo 12), o pesquisador e alguns ajudantes (no máximo 2). O tema principal da entrevista em grupo será a percepção dos alunos da experiência que vivenciaram, no ano de 2014, nas aulas de física de termodinâmica, quando foi trabalhado com os mesmos uma sequência de ensino do conteúdo já mencionado. Acreditamos que a pesquisa será importante pois contribuirá ainda mais para a aprendizagem de seu(sua) filho(filha).

Participarão deste trabalho os(as) alunos(as) que, voluntariamente, assim o decidirem e contarem com o consentimento dos senhores pais ou responsáveis. Embora saibamos que qualquer projeto pode oferecer algum incômodo, procurarei estar atento de modo a corrigi-los, procurando propiciar situações em que todos se sintam à vontade para se expressarem. Os alunos não serão obrigados a fazer qualquer atividade que extrapole suas tarefas escolares comuns e o registro dos vídeos e relatos será de uso exclusivo para fins da pesquisa. Não serão, portanto, utilizados para avaliação de condutas dos alunos nem para

público externo ou interno.

Os resultados da pesquisa serão comunicados utilizando nomes fictícios para os estudantes, de forma a garantir o anonimato dos mesmos e das informações fornecidas. Porém, somente os envolvidos no processo, como os professores e coordenadores, além do próprio pesquisador, terão acesso aos vídeos e/ou dados gerados pela pesquisa. Todos esses dados obtidos serão arquivados na sala do professor orientador desta pesquisa, Dr. Orlando Gomes de Aguiar Júnior, na Universidade Federal de Minas Gerais, Faculdade de Educação, Avenida Antônio Carlos, 6627 – Pampulha – Belo Horizonte, MG – Brasil, por um período de cinco anos sob responsabilidade do pesquisador. Todos os dados coletados e arquivados farão parte de um banco de dados que poderão ser utilizados nesta e em outras pesquisas do grupo ao qual o pesquisador faz parte.

Em qualquer momento, o Sr. (Sra.) poderá solicitar esclarecimentos sobre a metodologia de coleta e análise dos dados através do telefone (31) 3373-2628 ou pelo e-mail: alfmelk@yahoo.com.br. A pesquisa apresenta riscos mínimos à saúde e ao bem-estar de seus participantes, porém o pesquisador estará atento e disposta a diminuir ao máximo esses riscos e desconfortos. Entendemos que o principal risco envolvido nesta pesquisa está na divulgação indevida da identidade dos participantes e nos propomos a realizar todos os esforços possíveis para assegurar a privacidade dos mesmos. Caso você deseje recusar a participação do seu filho ou retirar o seu consentimento em qualquer fase da pesquisa tem total liberdade para fazê-lo. Além disso, durante todo o período da pesquisa o(a) senhor(a) tem o direito de tirar quaisquer dúvidas ou pedir qualquer outro esclarecimento, bastando para isso entrar em contato com o pesquisador ou com o Conselho de Ética em Pesquisa. Os contatos estão no final desse documento.

Sentindo-se esclarecido (a) em relação à proposta e concordando em participar voluntariamente desta pesquisa, peço-lhe a gentileza de assinar e devolver o Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (TCLE), assinado em duas vias, sendo que uma das vias ficará com o(a) senhor(a) e a outra será arquivada pelos pesquisadores por cinco anos, de acordo com a Resolução 466/2012. Desde já agradecemos a sua colaboração.

Atenciosamente,

Alfredo Melk de Carvalho (Professor de Física e aluno do Mestrado) alfmelk@yahoo.com.br
[\(31\)9104-1867](tel:(31)9104-1867)

Orlando Gomes de Aguiar Júnior (Coordenador da pesquisa)

Agradecemos desde já sua colaboração:

() Concordo e autorizo a realização da pesquisa.

() Discordo e desautorizo a realização da pesquisa.

Nome do aluno: _____

Assinatura do pai ou responsável: _____

Anexo B: Termo de Assentimento Livre e Esclarecido do Menor (TALE)

Aos alunos da 3ª série do Ensino Médio

Prezados alunos,

Eu, Alfredo Melk de Carvalho, professor de física, aluno do programa de pós-graduação em educação do mestrado profissional da Universidade Federal de Minas Gerais, gostaria de convidá-los a participar da pesquisa "*Análise de uma experiência de ensino de termodinâmica baseada em uma abordagem CTS (Ciência, Tecnologia e Sociedade) numa escola técnica federal de Minas Gerais*". A referida pesquisa visa analisar a implementação de uma sequência didática no ensino médio, na sua escola.

A pesquisa será realizada apenas com seu consentimento, dos seus pais e /ou responsáveis e com autorização da escola. Estive em contato com a Direção da mesma e obtive a colaboração e o consentimento para a realização dessa pesquisa. Acreditamos que a Pesquisa será importante pois contribuirá ainda mais para seu aprendizado visto que permitirá o desenvolvimento, análise e divulgação de uma sequência de ensino de termodinâmica. Após a defesa da dissertação, no final da pesquisa, será elaborado um caderno com a sequência de ensino, propriamente dita, junto a recomendações aos professores que optarem por implementá-la. Nesse sentido, a contribuição da pesquisa passa pela criação de novos recursos metodológicos que poderão ser posteriormente utilizados por aqueles professores que se interessarem, beneficiando também novos alunos com os quais a sequência for trabalhada.

A participação na pesquisa 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.

A pesquisa envolverá gravação em vídeo de uma entrevista de grupo focal, ou seja, uma entrevista com um grupo de alunos (no máximo 12), o pesquisador e alguns ajudantes (no máximo 2). O tema principal da entrevista em grupo será a percepção que vocês, alunos, tiveram da experiência que vivenciaram no ano de 2014, nas aulas de física de termodinâmica, quando foi desenvolvido pelos professores a já mencionada sequência de ensino.

Participarão deste trabalho os (as) alunos (as) que, voluntariamente, assim o decidirem e contarem com o consentimento dos senhores pais ou responsáveis. Embora saibamos que qualquer projeto pode oferecer algum incômodo, procurarei estar atento de modo a corrigi-los, procurando propiciar situações em que todos se sintam à vontade para se expressarem. Vocês não serão obrigados a fazer qualquer atividade que extrapole suas tarefas escolares comuns e o registro dos vídeos e relatos será de uso exclusivo para fins da pesquisa. Não serão, portanto, utilizados para avaliação de condutas de nenhum aluno nem para público externo ou interno.

Os resultados da pesquisa serão comunicados utilizando nomes fictícios para os estudantes, de forma a garantir o anonimato das informações fornecidas. Os registros em vídeo farão parte de um banco de dados que poderão ser utilizados nesta e em outras pesquisas do grupo ao qual o pesquisador faz parte. Porém, somente os envolvidos no

processo, como os professores e coordenadores, além do próprio pesquisador, terão acesso aos vídeos e/ou dados gerados pela pesquisa. Todos esses dados obtidos serão arquivados na sala do professor orientador desta pesquisa, Dr. Orlando Gomes Aguiar Júnior, na Universidade Federal de Minas Gerais, Faculdade de Educação, avenida Antônio Carlos, 6627 – Pampulha – Belo Horizonte, MG – Brasil, por um período de cinco anos sob responsabilidade do pesquisador. Todos os dados coletados e arquivados farão parte de um banco de dados que poderão ser utilizados nesta e em outras pesquisas do grupo do qual os pesquisadores fazem parte.

Em qualquer momento você poderá solicitar esclarecimentos sobre a metodologia de coleta e análise dos dados através do telefone (31) 33732628 ou pelo e-mail: alfmelk@yahoo.com.br. A pesquisa apresenta riscos mínimos à sua saúde e ao seu bem, porém o pesquisador estará atento e disposto a diminuir ao máximo esses riscos e desconfortos. Entendemos que o principal risco envolvido nesta pesquisa está na divulgação indevida da identidade dos participantes e nos propomos a realizar todos os esforços possíveis para assegurar a privacidade dos mesmos. Caso você deseje se recusar a participar ou retirar o seu consentimento em qualquer fase da pesquisa tem total liberdade para fazê-lo. Além disso, durante todo o período da pesquisa você tem o direito de tirar qualquer dúvida ou pedir qualquer outro esclarecimento, bastando para isso entrar em contato com o pesquisador ou com o Conselho de Ética em Pesquisa. Os contatos estão no final desse documento.

Sentindo-se esclarecido (a) em relação à proposta e concordando em participar voluntariamente desta pesquisa, peço-lhe a gentileza de assinar e devolver o Termo de Assentimento Livre e Esclarecido (TALE), assinado em duas vias, sendo que uma das vias ficará com o (a) senhor (a) e a outra será arquivada pelos pesquisadores por cinco anos, de acordo com a Resolução 466/2012. Desde já agradecemos a sua colaboração.

Atenciosamente,

Alfredo Melk de Carvalho (Professor de Física e aluno do Mestrado) alfmelk@yahoo.com.br
(31)9104-1867

Orlando Gomes de Aguiar Júnior (Coordenador da pesquisa)

Agradecemos desde já sua colaboração

() Concordo e autorizo a realização da pesquisa, com gravação das atividades do projeto, nos termos propostos.

() Discordo e desautorizo a realização da pesquisa.

Nome do aluno: _____

Assinatura do aluno: _____

Belo Horizonte ____ de _____ de 201__

Anexo C: Autorização da escola para realização da pesquisa

À direção da escola _____

Prezada diretor,

Eu, Alfredo Melk de Carvalho, professor de física, aluno do programa de pós-graduação em educação do mestrado profissional da Universidade Federal de Minas Gerais, solicito sua autorização para realizar uma pesquisa intitulada "*Análise de uma experiência de ensino de termodinâmica baseada em uma abordagem CTS (Ciência, Tecnologia e Sociedade) numa escola técnica federal de Minas Gerais*". O referido projeto de pesquisa é tema de minha dissertação de mestrado e pretende analisar a implementação de uma sequência didática no ensino médio.

A pesquisa será realizada apenas com a autorização da escola e consentimento de pais e /ou responsáveis de todos os alunos que participarão da pesquisa. A proposta deste trabalho será analisar as interações entre professores e alunos quando do desenvolvimento de uma sequência de ensino de termodinâmica com abordagem CTS na referida instituição nos anos de 2011 a 2014. Acreditamos que a Pesquisa será importante pois contribuirá ainda mais para a aprendizagem de seus(suas) alunos(alunas), visto que permitirá o desenvolvimento, análise e divulgação dessa sequência de ensino de termodinâmica. Após a defesa da dissertação, no final da pesquisa, será elaborado um caderno com a sequência de ensino, propriamente dita, junto a recomendações aos professores que optarem por implementá-la. Nesse sentido, a contribuição da pesquisa passa pela criação de novos recursos metodológicos que poderão ser posteriormente utilizados por aqueles professores que se interessarem, beneficiando também novos alunos com os quais a sequência foi trabalhada.

A participação na pesquisa não envolverá qualquer natureza de gastos, tanto para V. S^a., para a escola 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.

A pesquisa envolverá gravação em vídeo de uma entrevista de grupo focal, ou seja, uma entrevista com um grupo de alunos (no máximo 12), o pesquisador e alguns ajudantes (no máximo 2). O tema principal da entrevista em grupo será a percepção dos alunos da experiência que vivenciaram, no ano de 2014, nas aulas de física de termodinâmica, quando foi trabalhado com os mesmos uma sequência de ensino. Acreditamos que a pesquisa será importante pois contribuirá ainda mais para a aprendizagem dos alunos dessa escola

Participarão deste trabalho os (as) alunos (as) que, voluntariamente, assim o decidirem e contarem com o consentimento dos senhores pais ou responsáveis. Embora saibamos que qualquer projeto pode oferecer algum incômodo, procurarei estar atento de modo a corrigi-los, procurando propiciar situações em que todos se sintam à vontade para se expressarem. Os alunos não serão obrigados a fazer qualquer atividade que extrapole suas tarefas escolares comuns e o registro dos vídeos e relatos será de uso exclusivo para fins da pesquisa. Não serão, portanto, utilizados para avaliação de condutas dos alunos nem para público externo ou interno.

Os resultados da pesquisa serão comunicados utilizando nomes fictícios para os estudantes, de forma a garantir o anonimato das informações fornecidas. Os registros em vídeo farão parte de um banco de dados que poderão ser utilizados nesta e em outras pesquisas do grupo ao qual o pesquisador faz parte. Porém, somente os envolvidos no processo, como os professores e coordenadores, além do próprio pesquisador, terão acesso aos vídeos e/ou dados gerados pela pesquisa. Todos esses dados obtidos serão arquivados na sala do professor orientador desta pesquisa, Dr. Orlando Gomes Aguiar Júnior, na Universidade Federal de Minas Gerais, Faculdade de Educação, avenida Antônio Carlos, 6627 – Pampulha – Belo Horizonte, MG – Brasil, por um período de cinco anos sob responsabilidade do pesquisador. Todos os dados coletados e arquivados farão parte de um banco de dados que poderão ser utilizados nesta e em outras pesquisas do grupo do qual os pesquisadores fazem parte.

Em qualquer momento, a direção da escola, pais e alunos poderão solicitar esclarecimentos sobre a metodologia de coleta e análise dos dados através do telefone (31) 33732628 ou pelo e-mail: alfmelk@yahoo.com.br. A pesquisa apresenta riscos mínimos à saúde e ao bem-estar de seus participantes, porém a pesquisadora estará atenta e disposta a diminuir ao máximo esses riscos e desconfortos. Entendemos que o principal risco envolvido nesta pesquisa está na divulgação indevida da identidade dos participantes e nos propomos a realizar todos os esforços possíveis para assegurar a privacidade dos mesmos. Caso você deseje recusar a participação do seu filho ou retirar o seu consentimento em qualquer fase da pesquisa tem total liberdade para fazê-lo. Além disso, durante todo o período da pesquisa o (a) senhor (a) tem o direito de tirar qualquer dúvida ou pedir qualquer outro esclarecimento, bastando para isso entrar em contato com o pesquisador ou com o Conselho de Ética em Pesquisa. Os contatos estão no final desse documento.

Sentindo-se esclarecido (a) em relação à proposta e concordando com autorização para a realização da mesma, peço-lhe a gentileza de assinar e devolver essa autorização, assinado em duas vias, sendo que uma das vias ficará com o (a) senhor (a) e a outra será arquivada pelos pesquisadores por cinco anos, de acordo com a Resolução 466/2012. Desde já agradecemos a sua colaboração.

Atenciosamente,

Alfredo Melk de Carvalho (Professor de Física e aluno do Mestrado) alfmelk@yahoo.com.br

Orlando Gomes de Aguiar Júnior (Coordenador da pesquisa)

Agradecemos desde já sua colaboração

Nome do diretor:

Assinatura do diretor: _____

Belo Horizonte ____ de _____ de 201__

Anexo D: Termo de compromisso

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.

Alfredo Melk de Carvalho

alfmelk@yahoo.com.br (31) 99104-1867

(mestrando)

Orlando Gomes de Aguiar Júnior

orlando@fae.ufmg.br

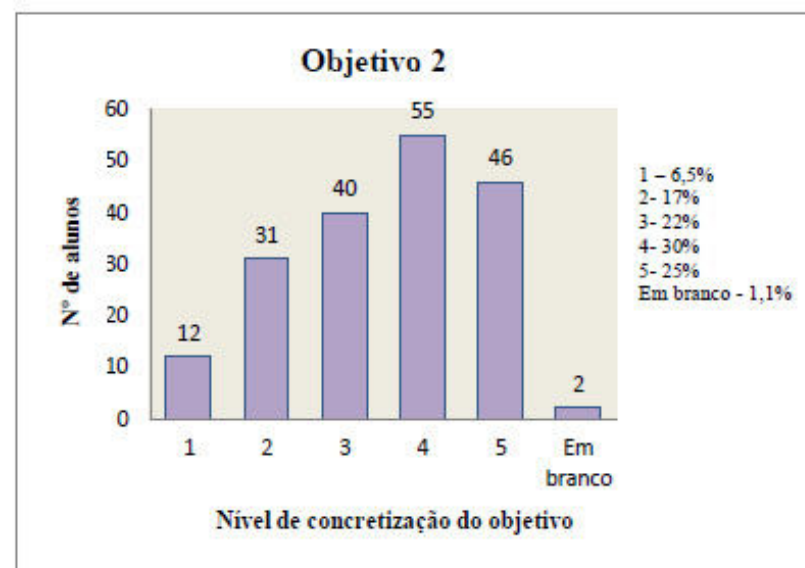
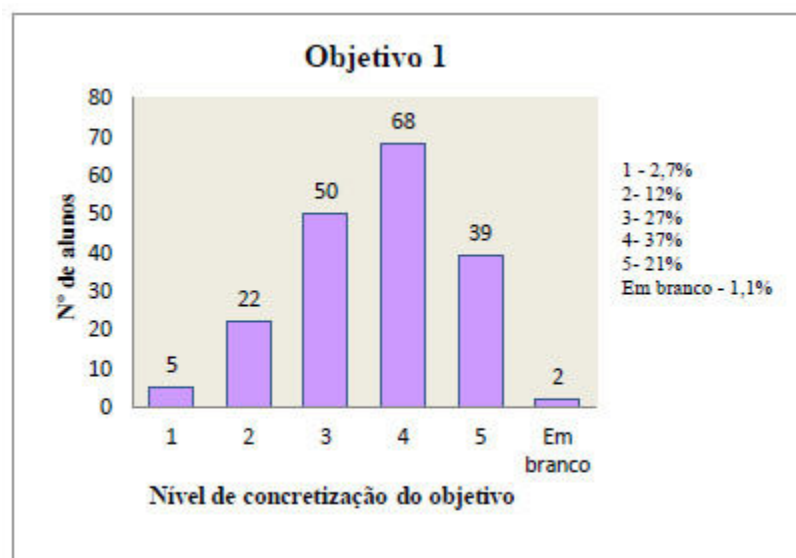
(Orientador da pesquisa)

Anexo E: Gráficos para as tabulações das respostas aos questionários

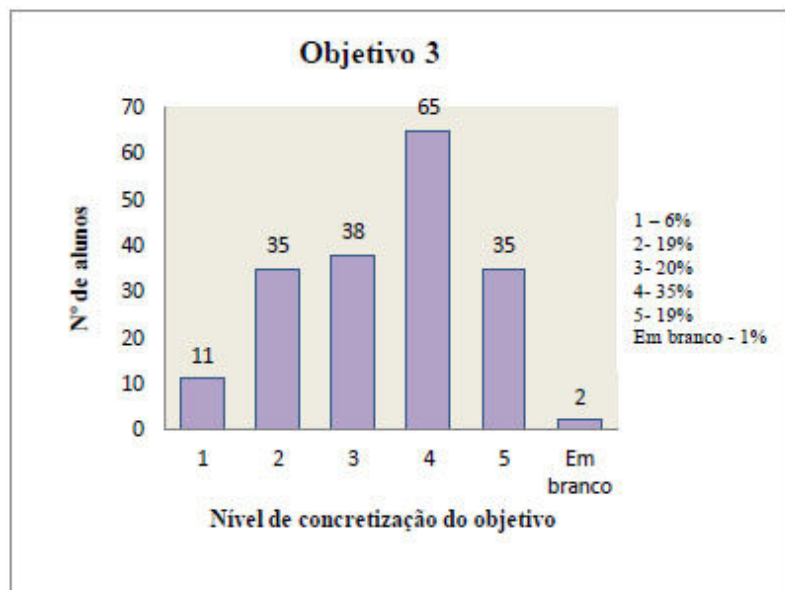
Total de alunos: 186. Os gráficos apresentados abaixo referem-se ao nível de concretização dos objetivos que correspondem à matriz de habilidades do ENEM. A partir de cada objetivo, os alunos deveriam marcar, numa escala de 1 a 5, o nível de concretização do mesmo, seguindo a escala: 1 (muito baixo); 2 (baixo); 3 (sem opinião); 4 (alto); 5 (muito alto).

Objetivo 1: *Confrontar interpretações científicas com interpretações baseadas no senso comum, ao longo do tempo ou em diferentes culturas.*

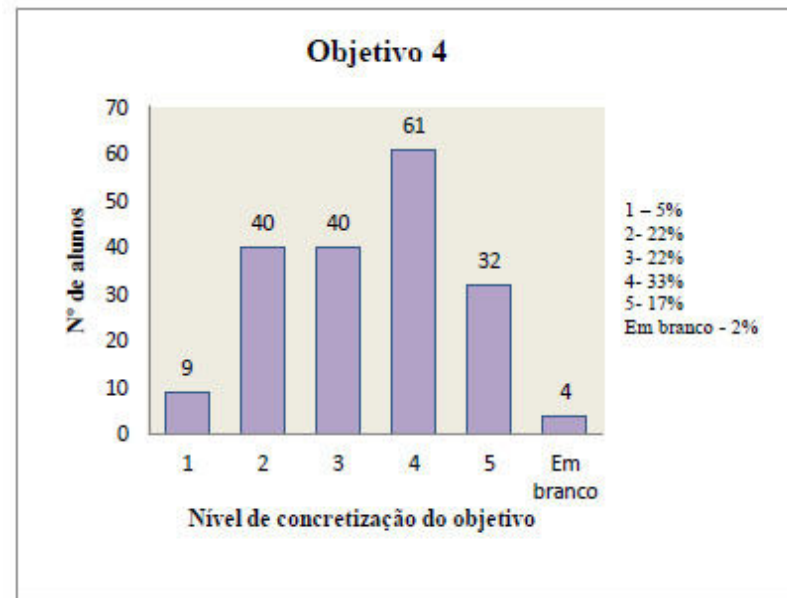
Objetivo 2: *Avaliar propostas de intervenção no ambiente, considerando a qualidade da vida humana ou medidas de conservação, recuperação ou utilização sustentável da biodiversidade.*



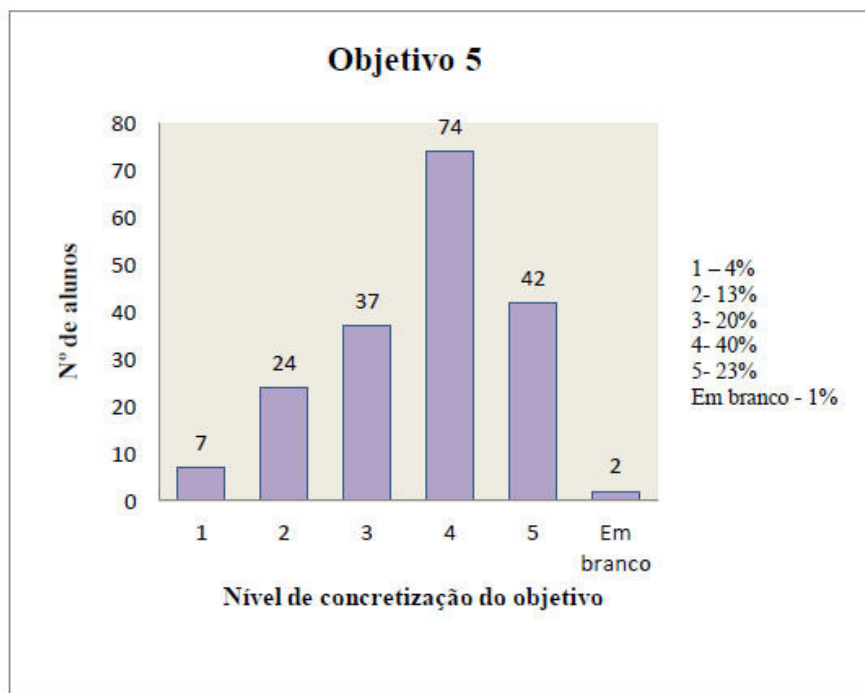
Objetivo 3: Analisar perturbações ambientais, identificando fontes, transporte e(ou) destino dos poluentes ou prevendo efeitos em sistemas naturais, produtivos ou sociais



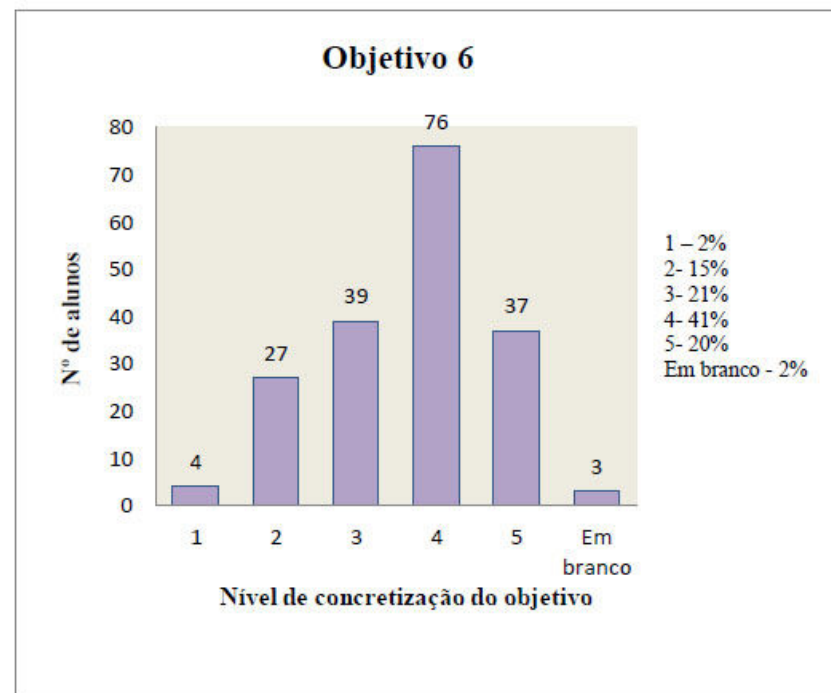
Objetivo 4: Avaliar impactos em ambientes naturais decorrentes de atividades sociais ou econômicas, considerando interesses contraditórios.



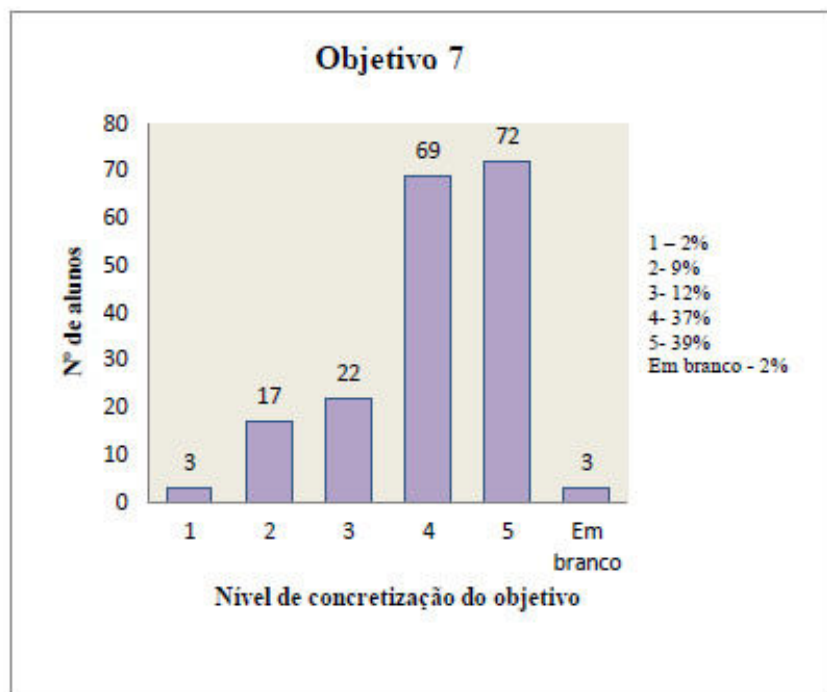
Objetivo 5: Relacionar informações apresentadas em diferentes formas de linguagem e representação usadas nas ciências físicas, químicas ou biológicas, como texto discursivo, gráficos, tabelas, relações matemáticas ou linguagem simbólica.



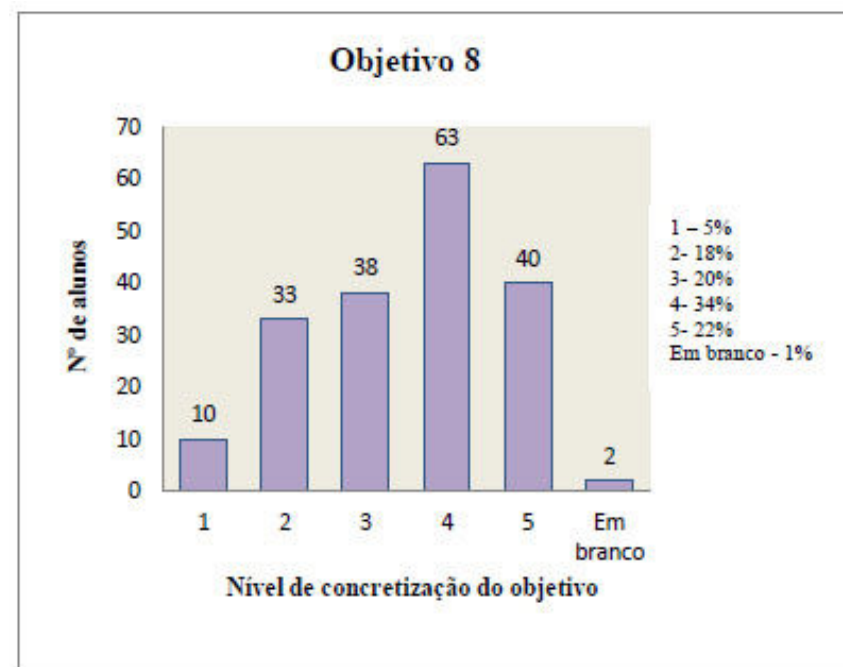
Objetivo 6: Relacionar propriedades físicas, químicas ou biológicas de produtos, sistemas ou procedimentos tecnológicos às finalidades a que se destinam.



Objetivo 7: Utilizar leis físicas e (ou) químicas para interpretar processos naturais ou tecnológicos inseridos no contexto da termodinâmica.



Objetivo 8: Avaliar possibilidades de geração, uso ou transformação de energia em ambientes específicos, considerando processos naturais ou tecnológicos inseridos no contexto das implicações éticas, ambientais, sociais e/ou econômicas.

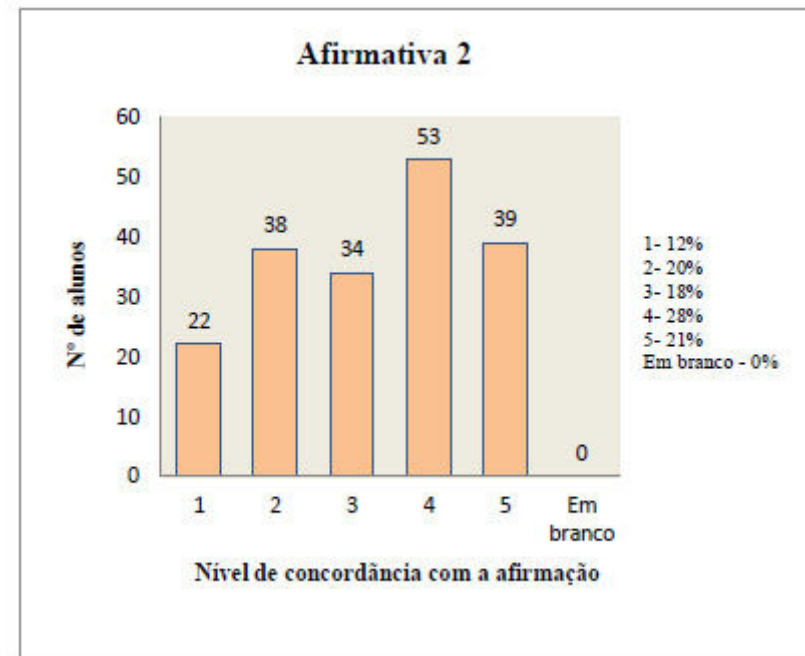
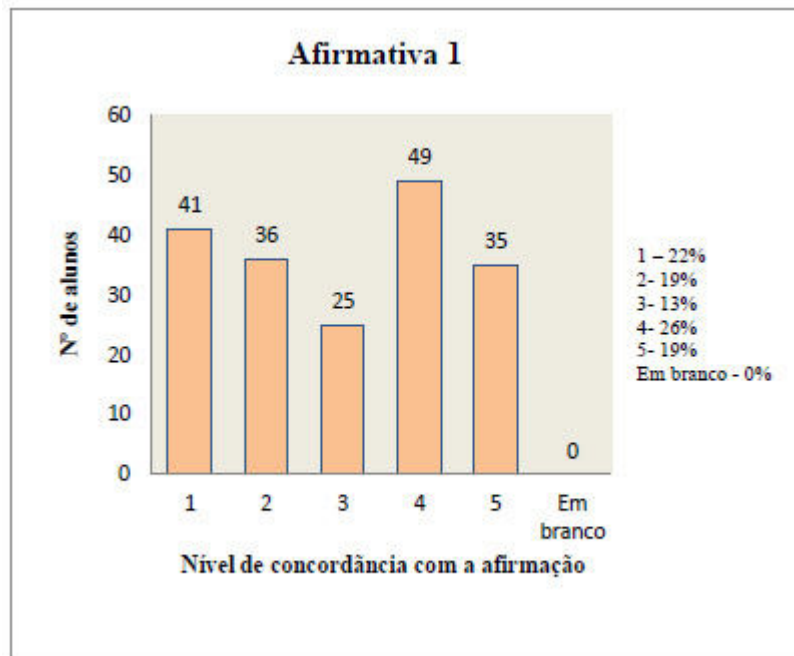


Motivação e aprendizagem do conteúdo

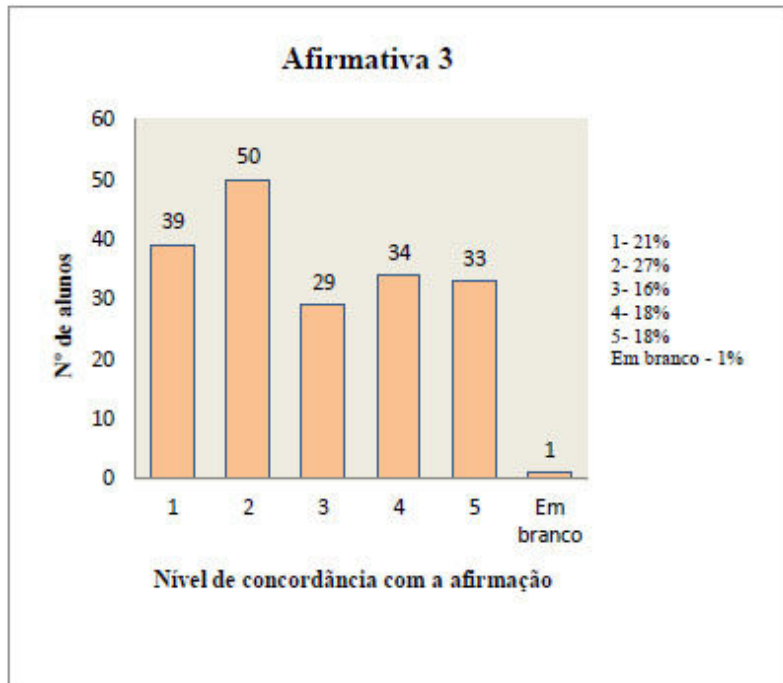
Nesta parte, foram enunciadas afirmações sobre a motivação e aprendizagem dos alunos em relação a organização do curso e a forma como ele foi desenvolvido. Numa escala de 1 a 5, o aluno deveria marcar seu nível de concordância com relação a cada afirmação, sendo: 1 (discordo totalmente); 2 (discordo); 3 (sem opinião); 4 (concordo); 5 (discordo totalmente)

Afirmativa 1: *Usar a discussão sobre a estrutura e funcionamento do motor de combustão interna como contexto inicial para o estudo da termodinâmica me motivou para esse estudo.*

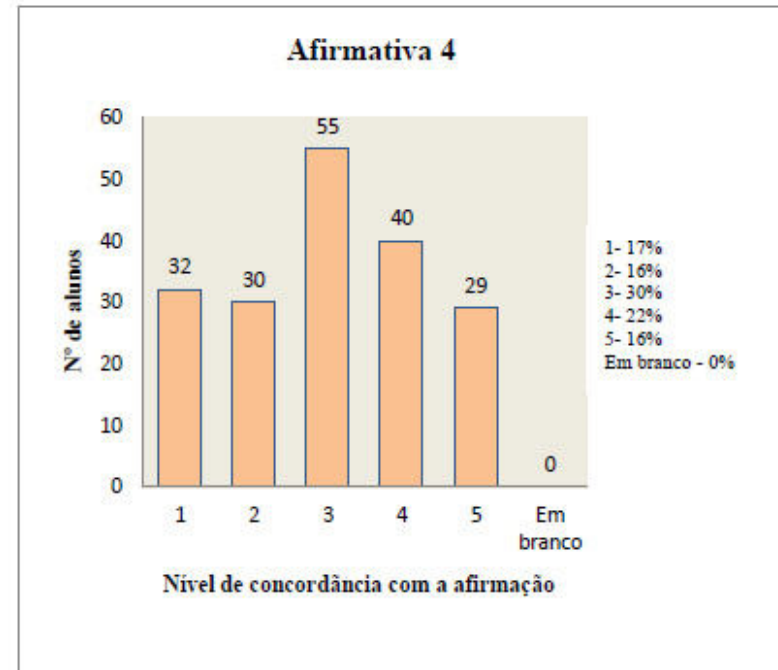
Afirmativa 2: *Os conceitos da termodinâmica tiveram mais significado para mim ao serem relacionados com a tecnologia do motor de combustão interna.*



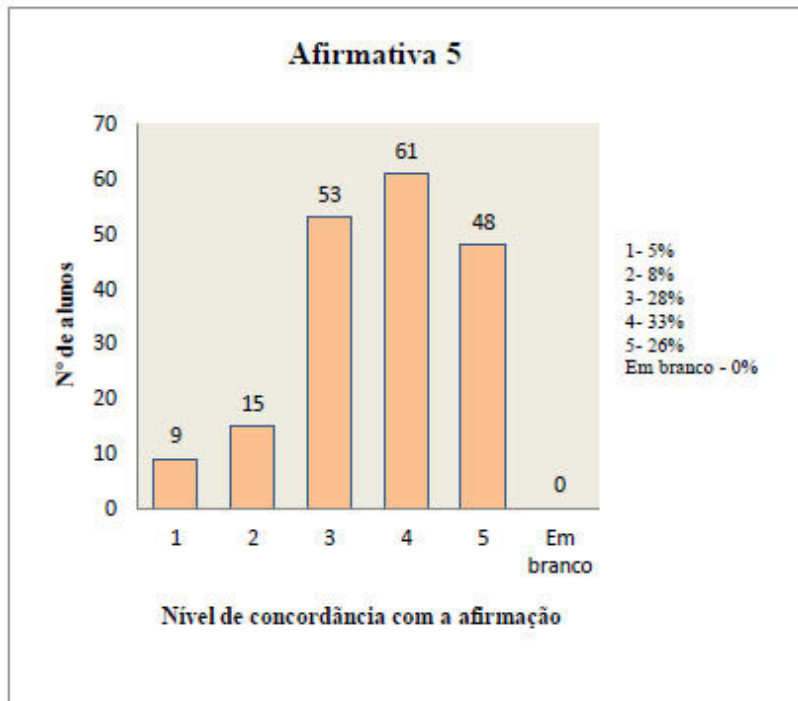
Afirmativa 3: Começar o estudo pela estrutura e funcionamento do motor de combustão dificultou minha aprendizagem dos conceitos de termodinâmica.



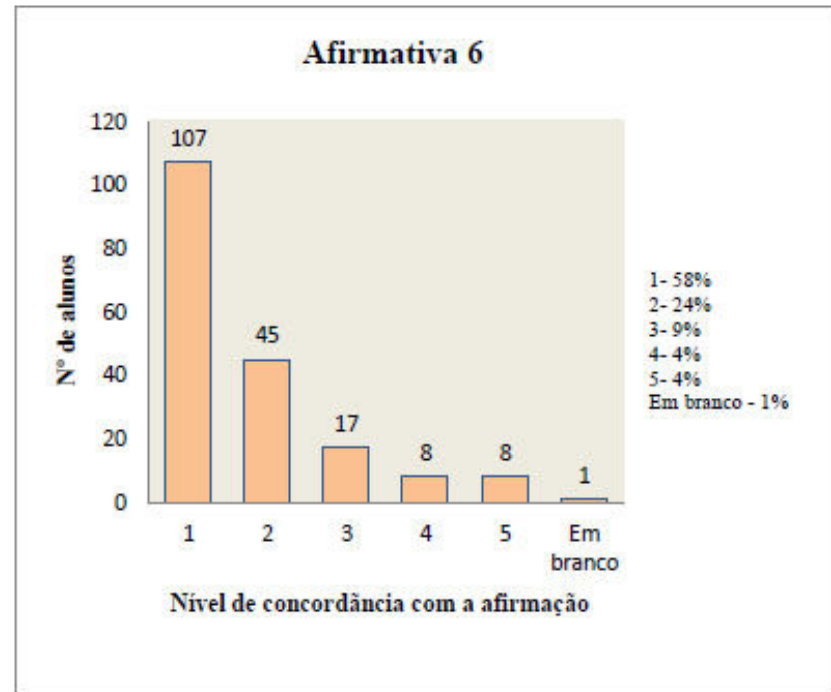
Afirmativa 4: Teria sido melhor se tivéssemos estudado os conceitos de termodinâmica seguindo a ordem proposta no livro didático.



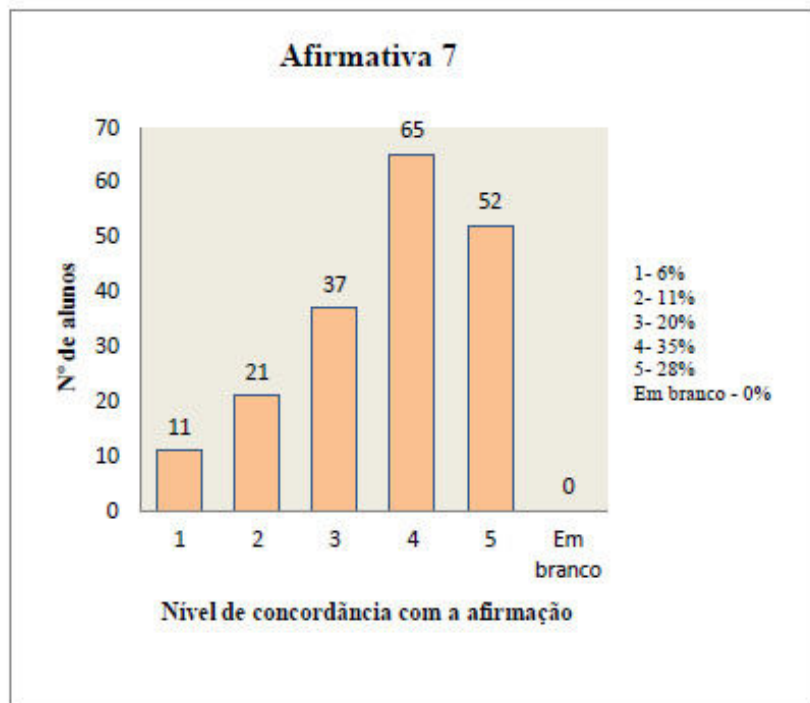
Afirmativa 5: *Discutir as implicações sociais da tecnologia do motor de combustão, com base na 2ª lei da termodinâmica, tornou mais significativo o estudo da termodinâmica.*



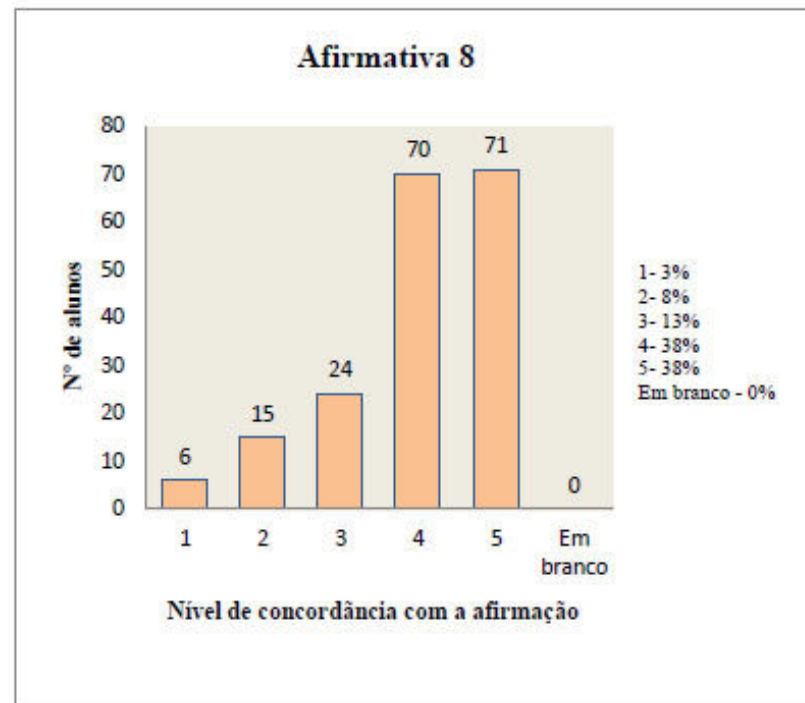
Afirmativa 6: *Considero mais proveitoso um curso de Física voltado apenas para o ensino dos conceitos sem destinar tempo para reflexões sobre as relações entre ciência, tecnologia e sociedade.*



Afirmativa 7: *Discutir inicialmente a tecnologia e a partir dela seus fundamentos científicos é uma escolha acertada para um curso de física desenvolvido no ensino técnico.*



Afirmativa 8: *Vincular o estudo de uma tecnologia com suas implicações sociais é uma escolha acertada para um curso de física desenvolvido em um curso técnico.*



Anexo F: Protocolo das entrevistas

Esta entrevista faz parte de minha pesquisa de mestrado, na qual pretendo examinar o potencial, limites e tensões de abordagens CTS no ensino de física, especialmente no contexto de escolas técnicas federais. Para isto, estou resgatando a experiência de um grupo de alunos, com os quais foi desenvolvida uma sequência de ensino sobre "Motores a combustão interna, Leis da Termodinâmica e Mobilidade Urbana", no ano de 2014. Sei que o projeto foi desenvolvido com várias turmas e professores. A intenção da entrevista com alunos que participaram do curso é de resgatar esta história. Nesta entrevista, queremos que vocês contem como foi o curso e as impressões que tiveram dele. Além disso, esperamos que avaliem os pontos positivos e negativos desta abordagem de ensino e, particularmente, da experiência com este projeto.

Optamos por fazer a entrevista com pequenos grupos de alunos de uma mesma turma para ajudar a resgatar aspectos da experiência, mas isso não significa que precisamos ter opinião unânime do grupo. Ao contrário, o debate enriquece a compreensão do tema.

1. Registrar qual turma está sendo entrevistada, se os alunos são dessa turma desde a entrada no Ensino Médio (alunos regulares). Pedir que se apresentem, mencionem onde estudaram no Ensino Fundamental e porquê escolheram o Cefet para estudar.

2. Narrativa da experiência - aspectos importantes a destacar no relato (caso os alunos não mencionem, perguntar):

a) Como vocês acolheram esta proposta inicial? Já tinham ouvido falar ou trabalhado em alguma aula com abordagem CTS? Como a abordagem do tema (termodinâmica) se diferenciou do ensino de outros tópicos de física na escola?

b) Quais atividades compunham o projeto? O que vocês mais gostaram de fazer/estudar sobre o assunto? O que vocês não curtiram muito? Como foi trabalhado o tema (estratégias de ensino)? Que uso foi feito do livro didático? Que outros materiais foram usados?

c) Como se articulavam conteúdos conceituais da física com conteúdos tecnológicos (funcionamento de motores) e conteúdos CTS (visão de ciência e de tecnologia, implicações sociais, uso de tecnologia no contexto social)?

d) A intenção de aliar estudo de conceitos científicos, com aplicações tecnológicas e seus impactos sociais e ambientais se concretizou ao longo de todo o curso? A proposta inicial foi abordada durante praticamente todo o curso ou houve momentos em que pareceu que isso não ocorreu? Se isso ocorreu, em quais momentos?

e) Que demandas ou expectativas vocês apontaram durante o curso?

- f) Como vocês avaliam o resultado da experiência em termos de participação e envolvimento dos alunos com a proposta? Como avalia isso em termos da aprendizagem dos conteúdos físicos envolvidos na temática?
- g) Qual o valor dessa experiência de ensino em sua trajetória estudantil?
- h) Como você avalia a viabilidade e adequação deste tipo de abordagem de ensino (de orientação CTS) na física? E no contexto de uma escola técnica federal como essa em que estudam?
- i) Você gostaria de estudar outros temas de física com esta abordagem? Recomendaria um curso de termodinâmica como este a seus colegas (caso eles pudessem optar entre uma abordagem tradicional e uma abordagem como esta?). Nestas questões, solicitar justificativas.

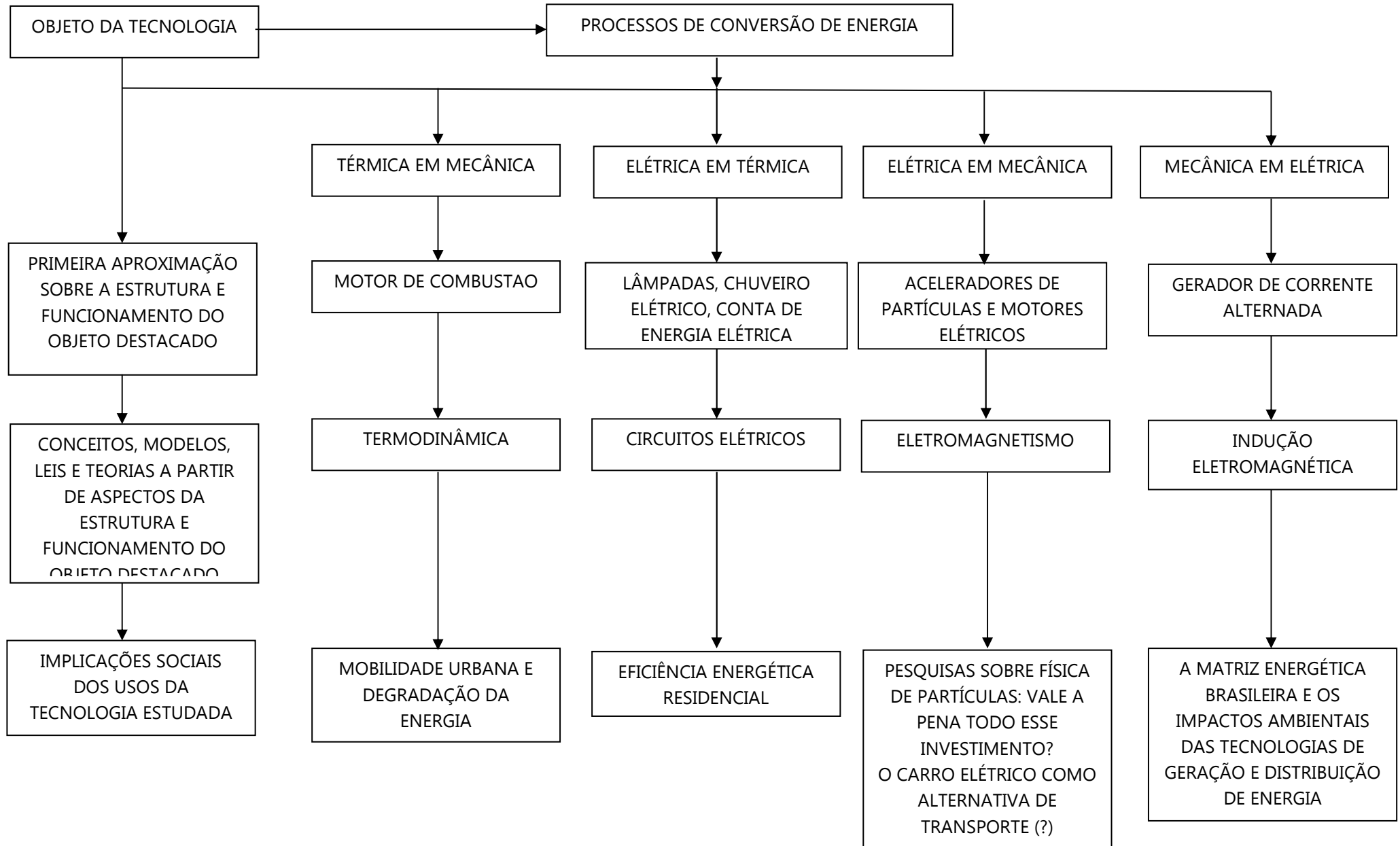
Anexo G: A SEQUÊNCIA DIDÁTICA

COORDENAÇÃO DE CIÊNCIAS – FÍSICA – 2ª SÉRIE

**INTRODUÇÃO AO CURSO DE FÍSICA
TEXTOS E ATIVIDADES SOBRE TERMODINÂMICA**

ABRIL 2014

DINÂMICA DO CURSO DE FÍSICA DO SEGUNDO ANO DA EDUCAÇÃO TÉCNICA PROFISSIONAL DE NÍVEL MÉDIO - 2014



INTRODUÇÃO AO CURSO DE FÍSICA

Caros estudantes,

Um grande tema abarca nossos estudos de Física, no segundo ano: **os processos de conversão de energia**. Tecnologias, máquinas e dispositivos técnicos, conceitos, leis e teorias, a serem estudados nesse ano, se desdobram desse tema.

No primeiro bimestre, as **máquinas térmicas** serão nosso principal objeto de estudo. No funcionamento dessa máquina, **energia térmica é convertida em mecânica**. Revisitaremos a Princípio de Conservação de Energia, mas veremos também que, se no funcionamento de uma máquina térmica, a energia se conserva, uma parte, necessariamente será desperdiçada.

No segundo bimestre, nosso foco será sobre os **aparelhos elétricos resistivos**, aqueles que convertem **energia elétrica em térmica**. Antes de tratar da estrutura e funcionamento desses aparelhos, começaremos pelos conceitos fundamentais de carga elétrica, campo elétrico e diferença de potencial elétrico. Depois, compreendendo como funcionam os aparelhos elétricos resistivos, aprenderemos sobre os conceitos básicos relacionados aos circuitos elétricos.

O terceiro bimestre será dedicado ao eletromagnetismo. Dois objetos da tecnologia contextualizam o estudo dessa área de conhecimento da Física: **o motor elétrico e o acelerador de partículas**. Nesses dispositivos, **energia elétrica é convertida em movimento, em energia mecânica**.

Mas se podemos obter energia mecânica a partir da elétrica, é possível a situação reversa? É possível **converter energia mecânica em elétrica**? Os geradores das usinas hidroelétricas e termoelétricas mostram que sim, e criam o contexto para compreender o importante fenômeno da indução eletromagnética.

A organização conceitual e o desenvolvimento do nosso curso se fundamentam nas seguintes competências e habilidades que orientam a elaboração de questões do Exame Nacional do Ensino Médio (ENEM):

Competência 1 – Compreender as ciências naturais e as tecnologias a elas associadas como construções humanas, percebendo seus papéis nos processos de produção e no desenvolvimento econômico e social da humanidade.

H3 – Confrontar interpretações científicas com interpretações baseadas no senso comum, ao longo do tempo ou em diferentes culturas.

H4 – Avaliar propostas de intervenção no ambiente, considerando a qualidade da vida humana ou medidas de conservação, recuperação ou utilização sustentável da biodiversidade.

Competência 2 – Identificar a presença e aplicar as tecnologias associadas às ciências naturais em diferentes contextos.

H5 – Dimensionar circuitos ou dispositivos elétricos de uso cotidiano.

H6 – Relacionar informações para compreender manuais de instalação ou utilização de aparelhos, ou sistemas tecnológicos de uso comum.

Competência 3 – Associar intervenções que resultam em degradação ou conservação ambiental a processos produtivos e sociais e a instrumentos ou ações científico-tecnológicos.

H8 – Identificar etapas em processos de obtenção, transformação, utilização ou reciclagem de recursos naturais, energéticos ou matérias-primas, considerando processos biológicos, químicos ou físicos neles envolvidos.

H10 – Analisar perturbações ambientais, identificando fontes, transporte e(ou) destino dos poluentes ou prevendo efeitos em sistemas naturais, produtivos ou sociais.

H12 – Avaliar impactos em ambientes naturais decorrentes de atividades sociais ou econômicas, considerando interesses contraditórios.

Competência 5 – Entender métodos e procedimentos próprios das ciências naturais e aplicá-los em diferentes contextos.

H17 – Relacionar informações apresentadas em diferentes formas de linguagem e representação usadas nas ciências físicas, químicas ou biológicas, como texto discursivo, gráficos, tabelas, relações matemáticas ou linguagem simbólica.

H18 – Relacionar propriedades físicas, químicas ou biológicas de produtos, sistemas ou procedimentos tecnológicos às finalidades a que se destinam.

H19 – Avaliar métodos, processos ou procedimentos das ciências naturais que contribuam para diagnosticar ou solucionar problemas de ordem social, econômica ou ambiental.

Competência 6 – Apropriar-se de conhecimentos da física para, em situações problema, interpretar, avaliar ou planejar intervenções científico-tecnológicas.

H21 – Utilizar leis físicas e (ou) químicas para interpretar processos naturais ou tecnológicos inseridos no contexto da termodinâmica e(ou) do eletromagnetismo.

H23 – Avaliar possibilidades de geração, uso ou transformação de energia em ambientes específicos, considerando implicações éticas, ambientais, sociais e/ou econômicas.

Cada bimestre terá, como atividade organizadora do ensino dos conteúdos da Física, a discussão sobre a estrutura e funcionamento de um ou mais objetos da tecnologia. Essa primeira abordagem tem dois objetivos. Um deles é o de criar um contexto de significação dos conceitos, modelos, leis e teorias que serão estudados em cada bimestre. O outro é o de possibilitar a introdução de uma discussão sobre implicações sociais das tecnologias.

A contextualização inicial, proporcionada pela discussão de uma tecnologia, objetiva levantar os conhecimentos prévios com que vocês possuem a respeito dos temas de estudo. **Queremos saber o que vocês já sabem sobre esses temas**, quando iniciamos seu estudo, em cada bimestre. Esperamos que a contextualização inicial seja um fator de motivação para o estudo conceitual da física uma vez que serão apresentados elementos para justificar as razões dos estudos propostos. Essas razões estão relacionadas à formação do técnico, que pressupõe justamente uma compreensão não apenas da sequência de procedimentos na operação de uma máquina ou processo, mas dos seus fundamentos científicos. Na contextualização inicial,

destacamos aspectos da estrutura e funcionamento de um objeto da tecnologia para conferir significado aos fundamentos científicos a serem discutidos dentro do programa de conteúdos conceituais previstos para o segundo ano.

O segundo momento, após a contextualização inicial, será dedicado desses conteúdos conceituais. Utilizaremos materiais didáticos diversificados para ensiná-los, de modo coerente com a formação das competências e habilidades anteriormente enunciadas. O livro didático que vocês receberão será uma das fontes de estudo, mas não única. Em alguns momentos, não será nem mesmo a principal. No lugar dele, utilizaremos livros paradidáticos e textos produzidos pela equipe de professores do segundo ano.

O terceiro momento busca ampliar nossos objetivos de formação, possibilitando a cada um de vocês a elaboração de uma visão crítica sobre as relações entre ciência, tecnologia e sociedade. Isso pode contribuir para uma atuação mais consciente como técnico e, como técnico e cidadão, desenvolver o compromisso com a construção de uma sociedade sustentável. Significa, também, compreender a tecnologia não como algo dado, naturalizado, a ser consumido, aplicado e utilizado, sem uma percepção crítica dos seus efeitos e das escolhas e decisões prévias que determinam a produção de certas tecnologias e não de outras.

Para garantir o ensino do conhecimento físico básico, que fundamenta cientificamente as tecnologias de conversão de energia, a discussão sobre as implicações sociais da ciência e da tecnologia acontecerá na forma de uma atividade complementar. Implicará, principalmente, o seu envolvimento com o desenvolvimento de projetos em grupo, extraclasse, com duas a três aulas destinadas à discussão dos resultados alcançados com esses projetos.

Aprender física pode ser mais que aprender conceitos e aplicá-los em problemas exemplares, cuja resposta é conhecida antecipadamente. O convite que fazemos a vocês é aprender física, saindo dos muros da escola. Propomos como porta de entrada a problematização de tecnologias, do ponto de vista da estrutura e funcionamento de objetos técnicos. O que precisamos estudar para entender seus fundamentos científicos? Mas a tecnologia, assim como a ciência, é uma construção humana, influenciada socialmente no momento de sua produção e com repercussões sociais importantes. Que implicações sociais se desdobram das tecnologias estudadas? Podemos interferir, como técnicos e cidadãos nesse processo, valendo-nos de conhecimentos vindos de diferentes campos e experiências, dentre eles, o conhecimento de física que aprendemos na escola?

Vocês, estudantes, estão convidados a construir esse caminho conosco!

Equipe de professores de Física do segundo ano/2014

Física – 2ª série - 1º bimestre

Atividade em classe 1: Termodinâmica - problematização inicial¹¹

Participantes

| | |
|----------|----------|
| 1. _____ | 2. _____ |
| 3. _____ | 4. _____ |

Objeto: o motor de combustão interna

Propósito: Identificar conhecimentos prévios sobre: energia, processos de conversão de energia, funcionamento do motor de combustão interna, impactos do uso do motor de combustão interna.

Ações:

Neste início das discussões sobre a Termodinâmica, queremos saber o que você sabe a respeito do motor de combustão e dos processos de conversão de energia envolvidos em seu funcionamento. Não há certo ou errado, mas os seus conhecimentos a partir dos quais vamos dialogar sobre Termodinâmica, suas Tecnologias e Implicações Sociais.

Responda, nesta folha, às seguintes questões da maneira mais completa que você conseguir. Justifique suas respostas. Você pode precisar de dados que não estão informados no enunciado das questões. Se for esse o caso, faça estimativas. Busque registrar as questões e dúvidas que surgirem.

1. Ao iniciarmos determinada viagem de automóvel, no início, o tanque está cheio de gasolina. Após percorrermos algumas centenas de quilômetros, este estará vazio. Para você, o que aconteceu com a gasolina?

2. Uma pessoa pode fazer determinada viagem de ônibus ou de carro particular. Para você, em que circunstâncias haverá um maior "consumo" de energia, por pessoa, por quilômetro rodado? Justifique, calculando o consumo em unidades de energia/(pessoa.km), tanto para o ônibus, que percorre 2 km com 1 L de diesel, como para o carro particular, que percorre 10 km com 1 L de gasolina.

3. De acordo com uma reportagem da EMBRAPA¹²

“(...) ao chegar ao posto de combustível e mesmo antes da combustão, 1 litro de gasolina já emitiu para a atmosfera 507 gramas de CO₂. Do mesmo modo, 1 litro

¹¹ Baseado em AULER, Décio et al. Transporte particular x transporte coletivo: intervenção curricular pautada por interações entre ciência-tecnologia-sociedade. *ENSEÑANZA DE LAS CIENCIAS*, NÚMERO EXTRA. VII CONGRESO, 2005.

¹² EMBRAPA. Mitigação das emissões de gases na substituição do diesel ou gasolina convencional por bioetanol da cana. **AgroAnalysis**. Revista de Agronegócios da FGV. Abr. 2009. Disponível em http://www.agroanalysis.com.br/especiais_detalhe.php?idEspecial=41&ordem=5. Acesso em: 17 mar. 2014.

de óleo diesel antes de ser totalmente transformado em energia nos motores já emitiu 510,4 gramas de CO₂.

Adicionando o equivalente do CO₂ emitido na combustão desses combustíveis, 1 litro de gasolina emite um total de 3,65 quilos de equivalentes CO₂ e 1 litro de diesel a 4,01 quilos de equivalentes CO₂”.

Calcule quanto de CO₂ você emite por ano para ir de sua casa até a escola durante o período letivo. Se você for de carro, considere que seu carro faz 10 km/L de gasolina, e se você for de ônibus considere que este faz 2 km/L de diesel, mas que tem em média 30 passageiros no ônibus.¹³

¹³ Questão retirada de http://www.usp.br/qambiental/combustao_energiaExperimento.html.

Física – 2ª série - 1º bimestre

Atividade extraclasse 1: A energia que vem da combustão e sua aplicação no motor de combustão interna.

Objeto da atividade: o motor de combustão interna

Propósito:

Compreender as ideias básicas envolvidas na liberação de energia em um processo de combustão.

Desenvolver um primeiro entendimento da estrutura e funcionamento do motor de combustão interna.

Ações:

Leitura do texto 'A energia que vem da combustão' e resolução das questões propostas a partir do texto. As respostas às questões dessa atividade devem ser manuscritas em folha separada para ser entregue ao professor, na aula seguinte à solicitação de realização da atividade. A atividade pode ser realizada individualmente.

A energia que vem da combustão¹⁴

O ser humano necessita de energia para tudo que faz, desde impulsionar o sangue para todas as partes de seu corpo, até fazer com que uma lâmpada se acenda ou que um automóvel se locomova. Mas como obter tal energia?

*Para o funcionamento do corpo utilizamos a energia dos alimentos. Já para a obtenção de energia elétrica, mecânica etc., existem várias fontes; o **biocombustível** (álcool proveniente da cana de açúcar, ou diesel a base de óleo vegetal como de amendoim, soja, girassol, mamona, pequi, babaçu); a **gasolina**, (obtida pela destilação fracionada do petróleo); **energia termoelétrica** (obtida pela queima do carvão ou gás natural); a **energia eólica** (resultado do movimento do vento); a **energia solar** (aquece placas especiais que transformam essa energia em elétrica); a **energia hidroelétrica** (uso da energia das quedas d'água para acionar geradores); **energia nuclear** (baseada na fissão, ou seja, na divisão do átomo); o **biogás** (metano, CH₄), também conhecido como gás natural (produzido pela fermentação e decomposição da matéria orgânica por micro-organismos).*

A energia solar, eólica, hidroelétrica e os biocombustíveis são chamados de energias renováveis, pois os raios solares e ventos são produzidos constantemente, a água que é utilizada para mover uma turbina em uma hidroelétrica pode ser renovada pela chuva que enche novamente o reservatório, e a cana-de-açúcar utilizada para produzir álcool pode ser plantada novamente. Já o petróleo, o gás natural e o carvão, são produtos finitos provenientes de fósseis de vegetais e animais que habitaram a Terra alguns milhões de anos atrás. A produção de energia nuclear

¹⁴ Texto extraído e adaptado de http://www.usp.br/qambiental/combustao_energia.html

depende do urânio, que também é um recurso finito. Estas são chamadas de **energias não renováveis**.

Combustão completa e incompleta

A combustão é uma reação de uma substância (combustível) com o oxigênio (O₂) (comburente) presente na atmosfera, com liberação de energia.

A liberação ou consumo de energia durante uma reação é conhecida como variação da entalpia (ΔH), isto é, a quantidade de energia dos produtos da reação (H_p) menos a quantidade de energia dos reagentes da reação (H_r): **$\Delta H = H_p - H_r$**

Quando $\Delta H > 0$ isto significa que a energia do(s) produto(s) é maior que a energia do(s) reagentes(s) e a **reação é endotérmica**, ou seja, absorve calor do meio ambiente. Quando $\Delta H < 0$, isto significa que a energia do(s) reagente(s) é maior que a energia do(s) produto(s) e a **reação é exotérmica**, ou seja, libera calor para o meio ambiente, como no caso da combustão da gasolina, por exemplo.

A combustão completa de qualquer combustível orgânico (que possui átomos de carbono) leva a formação de gás carbônico ou também chamado de dióxido de carbono (CO₂) e água (H₂O). A respiração é um processo de combustão, de "queima de alimentos" que libera energia necessária para as atividades realizadas pelos organismos. É interessante notar que a reação inversa da respiração é a fotossíntese, que ocorre no cloroplasto das células vegetais, onde são necessários gás carbônico, água e energia (vinda da luz solar) para liberar oxigênio e produzir material orgânico (celulose) utilizado no crescimento do vegetal.

combustão/respiração: **$C_6H_{12}O_6(s) + 6 O_2(g) \leftrightarrow 6 CO_2(g) + 6 H_2O(l) + \text{energia}$**

A gasolina possui muitas impurezas contendo enxofre (S), e o diesel, ainda mais. Hoje no Brasil existe um grande investimento por parte da Petrobrás para diminuir a concentração de enxofre no diesel e assim torná-lo menos poluente. Portanto, combustíveis que têm enxofre, ao serem queimados produzem grandes quantidades de um gás bastante tóxico e corrosivo, responsável por acidificar a atmosfera, o dióxido de enxofre (SO₂). Já o álcool é um combustível que não apresenta enxofre e, portanto, não produz o dióxido de enxofre.

A falta de oxigênio durante a combustão leva à chamada 'combustão incompleta' que produz monóxido de carbono (CO). Note que o CO tem um oxigênio a menos que o CO₂, o que caracteriza a deficiência de oxigênio, ou a ineficiência da reação. Este gás é muito tóxico para o ser humano, pois este dificulta a função da hemoglobina, que é responsável pela renovação do oxigênio no nosso sangue. Pequenas concentrações de monóxido de carbono já provocam tonturas e dores de cabeça. Outro produto indesejável da combustão incompleta é a fuligem (C), que não tem oxigênio na sua constituição. A porção mais fina da fuligem pode impregnar nos pulmões e causar problemas respiratórios.

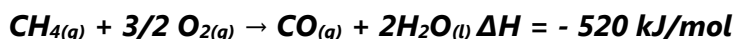
As equações químicas abaixo ilustram a quantidade de energia (ΔH) liberada durante a combustão completa e incompleta do gás metano (CH₄). Note como a quantidade de energia liberada é menor nos casos de combustão incompleta. Portanto, além da combustão incompleta gerar compostos nocivos à saúde humana, há também uma grande desvantagem

econômica, pois com a mesma quantidade de combustível haverá menor quantidade de energia gerada! Veja as equações:

Combustão completa do metano:



Combustão incompleta do metano:

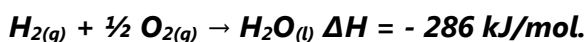


A entalpia H de um sistema é uma grandeza que informa a quantidade de energia desse sistema que poderia ser transformada em calor em um processo a pressão constante. Quando um processo exotérmico ocorre em um sistema a pressão constante, esse sistema libera calor para a vizinhança e sua entalpia diminui. Essa variação de entalpia ΔH , em uma reação de combustão, será chamada de calor de combustão. Em nossos estudos, a quantidade de calor liberada durante a queima completa de uma unidade de massa da substância recebe o nome de calor de combustão. É muito importante saber a quantidade de calor liberada pelos combustíveis para que seja possível comparar o valor energético de cada um deles. A tabela 1 fornece o calor de combustão de alguns combustíveis, em kcal/kg. A quilocaloria (kcal) é uma unidade de energia bastante utilizada nos estudos dos fenômenos envolvendo troca de calor. Sua conversão para a unidade de energia do Sistema Internacional é $1\text{kcal} = 4,18 \times 10^3 \text{ J}$.

Tabela 1¹⁵: Calor de combustão de alguns combustíveis.

| Combustível | Etanol | Gasolina | Óleo Diesel | Querosene |
|------------------------------|--------|----------|-------------|-----------|
| Calor de combustão (kcal/kg) | 6400 | 11100 | 10900 | 10900 |

Mesmo a combustão completa leva a produção de dióxido de carbono, o maior responsável pelo chamado efeito estufa. Desta forma, o combustível menos poluente que se conhece é o hidrogênio, pois sua combustão gera apenas água:



Questões:

1. Responda as questões da problematização inicial, da forma mais completa possível, consultando, além do texto acima, outras fontes que se fizerem necessárias.

a) Ao iniciarmos determinada viagem de automóvel, no início, o tanque está cheio de gasolina. Após percorrermos algumas centenas de quilômetros, este estará vazio. Para você, o que aconteceu com a gasolina?

b) Uma pessoa pode fazer determinada viagem de ônibus ou de carro particular. Para você, em que circunstâncias haverá um maior "consumo" de energia, por pessoa, por quilômetro rodado? Justifique, calculando o consumo em unidades de energia/pessoa.km, tanto para o

¹⁵ Extraído de Física 2: Física térmica/Óptica/GREF – São Paulo: Editora da Universidade de São Paulo, 1991.

ônibus, que percorre 2 km com 1 L de diesel, como para o carro particular, que percorre 10 km com 1 L de gasolina.

2. Indique os impactos ambientais dos seguintes combustíveis: gasolina, álcool e óleo diesel? Qual você considera mais poluente?

3. O CO₂ é um gás poluente?

Física – 2ª série - 1º bimestre

Atividade extraclasse 2: Vídeos sobre a estrutura e funcionamento do motor de combustão interna.

Nome _____ Turma _____ Data _____

Objeto da atividade: motor de combustão interna

Propósito: Proporcionar a compreensão de aspectos básicos da estrutura e funcionamento de um motor por meio de animações que mostrem as partes e peças do motor e como são dispostas para fazer a máquina funcionar.

Ações:

Assista aos vídeos nos links indicados a seguir e responda às questões propostas, nesta mesma folha, utilizando o verso, quando for preciso.

Vídeo 1: <http://www.youtube.com/watch?v=emRxXykWB3Y>

Vídeo 2: <http://www.youtube.com/watch?v=eNTqnO1a1yM>

1. Que aspectos do funcionamento do motor são mostrados no vídeo 1?
2. Indique partes do vídeo 1 que não foram compreendidas ou novas questões que surgiram a partir dele.
3. São apresentadas a seguir as funções das partes do motor mostradas no vídeo 2. Indique a qual parte ou peça do motor corresponde cada função descrita. Numere, em ordem crescente, cada parte e função de acordo com a ordem de seu aparecimento no vídeo.

() Transformar o movimento linear dos pistões em movimento circular:

() Captar o óleo do motor no carter e distribuí-lo a todo o motor:

() Guia dos pistões e suporte do eixo do motor: _____

() Introduzir mais ar em quantidades iguais nos cilindros:

() Armazenar e resfriar o óleo lubrificante: _____

() Armazenar energia e uniformizar o movimento rotativo:

() Transmitir o movimento dos cames para as válvulas:

() Encaminha os gases da combustão ao sistema de escape do veículo:

4. De um modo geral, de que material é feito o bloco do motor? Por que tem sido utilizado de forma crescente o alumínio na construção do bloco?
5. O que significa afirmar que um bloco de motor constituído de alumínio tem melhor comportamento térmico que o de ferro fundido?
6. No bloco de alumínio da nova BMW, mostrada no vídeo 2, os mancais são de ferro fundido, porque apresentam menor dilatação que o alumínio. Onde estão os mancais? Para que servem? Por que o fenômeno da dilatação é importante no funcionamento dos mancais?
7. Que material tem substituído a utilização de ferro fundido na construção do coletor de admissão? Que tipo de material é esse e quais as suas vantagens em relação ao ferro fundido?
8. O que impede a utilização de polímeros na construção do coletor de escape?
9. Indique partes do vídeo 2 que não foram compreendidas ou novas questões que surgiram a partir dele.

Se você quiser conhecer um pouco mais sobre o motor de combustão interna, acesse:

<http://carros.hsw.uol.com.br/motores-de-carros.htm>

Se você quiser assistir a uma montagem detalhada, em miniatura, do motor mostrado no vídeo, acesse:

<http://youtube/3YfTtGCsiD8>

Física – 2ª série - 1º bimestre

Texto 1: Motor de combustão interna, processos físicos, propriedades dos materiais e conceitos da Termodinâmica¹⁶

Alguma vez você abriu o capô de um carro e ficou imaginando o que acontece lá dentro? Para quem não entende do assunto, o motor de um carro pode parecer uma salada de metal, tubos e fios.

O propósito do motor de um carro a gasolina (ou álcool, ou gás) é transformar em movimento a energia liberada pela queima de um combustível - isso vai fazer o carro andar. O modo mais fácil de criar movimento a partir da gasolina é queimá-la dentro de um motor. Portanto, o motor de carro é um **motor de combustão interna** - combustão que ocorre internamente. Duas observações:

- Há vários tipos de motores de combustão interna, também chamados de motores a explosão. Motores a diesel são um tipo e turbinas a gás são outro.
- Também existem motores de combustão **externa**. O motor a vapor de trens antigos e navios a vapor é o melhor exemplo de motor de combustão externa. O combustível (carvão, madeira, óleo ou outro) é queimado fora do motor para produzir vapor, e este gera movimento dentro do motor. A combustão interna é muito mais eficiente (gasta menos combustível por quilômetro) do que a combustão externa, e o motor de combustão interna é bem menor que um motor equivalente de combustão externa.

Para compreender o funcionamento básico de um motor de combustão interna a pistão é útil ter uma imagem de como funciona a "combustão interna". Um bom exemplo é um antigo canhão de guerra. Você provavelmente já viu em algum filme soldados carregarem um canhão com pólvora, colocarem uma bala e depois o acenderem. Isso é combustão interna. Mas o que isso tem a ver com motores?

Um exemplo melhor: digamos que você pegue um pedaço comprido de tubo de PVC, talvez com 7,5 cm de diâmetro e uns 90 cm de comprimento e feche uma das extremidades. Então, digamos que você espirre um pouco de WD-40 dentro do tubo, ou jogue uma gotinha de gasolina e em seguida empurre uma batata para dentro do cano.

Não recomendamos que façam essa montagem. Esse dispositivo é conhecido como canhão de batatas (fig.1). Com uma centelha é possível inflamar o combustível. O interessante aqui, e a razão para falarmos de um dispositivo como esse, é que um canhão de batata pode arremessar uma batata a cerca de 150 metros de distância! Um pingo de gasolina armazena um bocado de energia.

Combustão interna

¹⁶ Adaptado de 'Como funcionam os motores de carros', por Marshall Brain - traduzido por HowStuffWorks Brasil (<http://carros.hsw.uol.com.br/motores-de-carros.htm>)

O canhão de batatas usa o princípio básico de qualquer motor de combustão interna convencional (motor a pistão). Pôr uma pequena quantidade de combustível de alta energia (como a gasolina) em um reduzido espaço fechado e gerar uma centelha libera uma quantidade inacreditável de energia, na forma de gás em expansão. Essa energia pode ser usada para fazer uma batata voar 150 metros. Nesse caso, a energia é transformada em movimento da batata. Isso também pode ser usado para fins mais interessantes. Por exemplo, ao se criar um ciclo que permita provocar centenas de explosões por minuto e torne possível empregar essa energia de forma útil estará feita a base de um motor de carro!

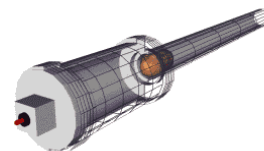


Figura 1: canhão de batatas

Quase todos os carros atualmente usam o que é chamado de **ciclo de combustão de 4 tempos** para converter a gasolina em movimento. Ele também é conhecido como **ciclo Otto**, em homenagem a Nikolaus Otto, que o inventou em 1867. Os 4 tempos estão ilustrados na **figura 2**.

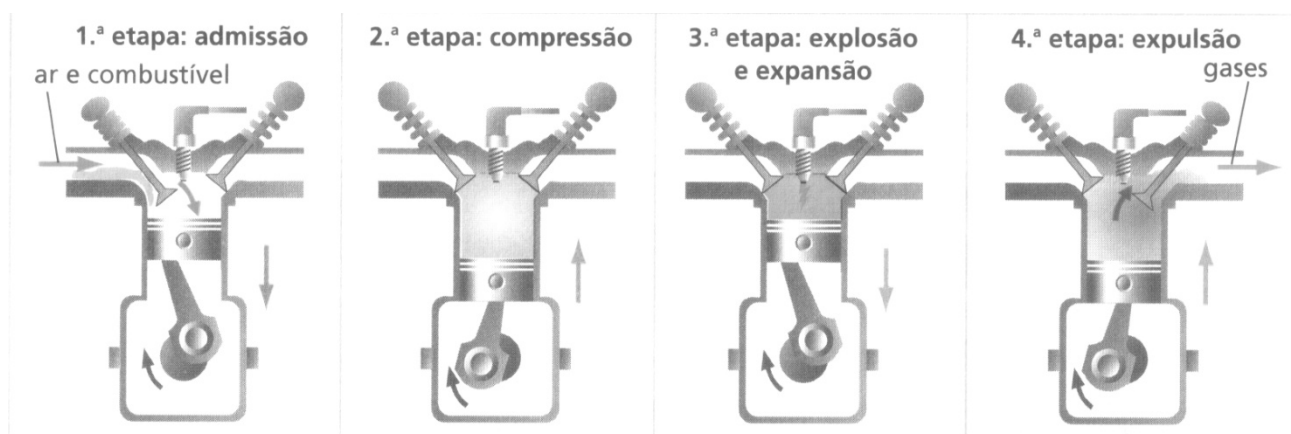


Figura 2: Os tempos do motor de combustão interna

Como são os tempos

Na figura você percebe que uma peça chamada **pistão** substitui a batata no canhão de batata. O pistão está ligado ao **virabrequim** por uma **biela**. Conforme gira, o virabrequim "arma o canhão."

1. A válvula de admissão se abre enquanto o pistão se move para baixo, levando o cilindro a aspirar e se encher de ar e combustível. Essa fase é a **admissão**.
2. O pistão volta para comprimir a mistura ar-combustível. É a **compressão**, que torna a explosão mais potente.
3. Quando o pistão atinge o topo do seu curso, a vela de ignição solta uma centelha para inflamar a gasolina. A gasolina no cilindro **entra em combustão**, aumentando rapidamente de volume e empurrando o pistão para baixo.
4. Assim que o pistão atinge a parte de baixo do seu curso, a válvula de **escapamento** se abre e os gases queimados deixam o cilindro através do tubo existente para esse fim.

Agora o motor está pronto para o próximo ciclo, aspirando novamente ar e combustível.

Observe que o movimento que resulta de um motor de combustão interna é **rotativo**, embora os pistões se movam de forma linear, da mesma forma que o canhão de batata. Em um motor o movimento linear dos pistões é convertido em movimento rotativo pelo virabrequim. É esse movimento rotativo que permite transmitir torque às rodas dos carros, fazendo-as girarem.

O motor a combustão é uma máquina térmica

Uma máquina térmica é um dispositivo que converte calor em trabalho. No caso do motor de combustão, calor liberado na explosão da mistura 'combustível + ar' expande os gases resultantes da combustão. Parte desse calor é, portanto, utilizado para realizar trabalho sobre o pistão, cujo movimento é transmitido para as rodas do carro, fazendo-o se movimentar.

Nem todo o calor é utilizado para a realização de trabalho. No caso dos motores a combustão, esse rendimento é muito baixo, em média, cerca de 30%. Isso significa que da energia liberada por um litro de gasolina, em um motor, 70% são perdidos para a vizinhança: sistema de refrigeração, atmosfera e outras peças do carro.

Essa informação pode nos causar grande surpresa, uma vez que a indústria automobilística tem grande poder de investimento em tecnologia e a cada ano são lançados novos modelos de automóveis, com mudanças diversas, sempre sinalizando uma pretensa evolução.

Mas o fato é que são mais de 100 anos de estudos e investimentos buscando a melhoria no rendimento das máquinas térmicas, especificamente no rendimento dos motores de combustão. Se inicialmente os resultados foram significativos, a partir de certo patamar de rendimento, parece haver obstáculos intransponíveis. Desse contexto, emerge a pergunta: Por que, mesmo após um século de investimento nessa tecnologia o rendimento dos motores de combustão é tão baixo?

Além disso, a utilização da tecnologia do motor de combustão nos sistemas de transporte tem **implicações sociais**.

Ao se comparar a energia gasta por km, por pessoa, constata-se que a utilização do automóvel particular gasta uma quantidade bem maior de energia. Isso implica em mais gasto de energia e mais emissões de CO₂ e outros gases poluentes na atmosfera.

O excesso de automóveis em circulação nas grandes cidades torna a mobilidade urbana uma impossibilidade e isso é um problema que aflige a todos os seus habitantes.

Se há tantas ressalvas quanto ao uso do carro particular e da tecnologia dos motores de combustão, por que há tantos carros particulares circulando e porque essa tecnologia é intensivamente utilizada? Que ações podem ser desenvolvidas em nossa cidade para solucionar o problema da mobilidade?

Essas são questões que serão discutidas em nosso curso de termodinâmica. Começaremos por onde se iniciaram os primeiros estudos da termodinâmica: o problema do rendimento de uma máquina térmica, no nosso caso, o problema do rendimento do motor de combustão.

Física – 2ª série - 1º bimestre

Atividade extraclasse 3: Por que o rendimento do motor de combustão é tão baixo?

Objeto da atividade: o motor de combustão interna

Propósito:

Enunciar hipóteses que explicam a dificuldade de se elevar o rendimento dos motores de combustão, após um século de investimento nessa tecnologia.

Ações:

Fazer uma pesquisa, consultando fontes diversas: *sites* especializados na internet; professores, técnicos e engenheiros da área de Mecânica.

Produzir um texto, manuscrito, no espaço abaixo, ocupando, no máximo o frente e verso dessa folha. Além de hipóteses que podem explicar a dificuldade de se elevar o rendimento do motor de combustão, o texto deve também conter perguntas que possam nos ajudar a compor nosso programa de estudos sobre termodinâmica. Nessa etapa inicial do curso e durante a pesquisa, as dúvidas sobre conceitos da termodinâmica e sobre a estrutura e funcionamento do motor devem ser transformadas em perguntas enunciadas ao final do texto.

A avaliação não terá como critério o tamanho do texto, mas o nível de elaboração das hipóteses e das questões que surgiram. O texto pode ser elaborado individualmente ou em grupo de até 3 participantes. Um estudante ou grupo será sorteado para ler o seu resumo no dia da entrega dessa atividade. O prazo para sua realização é uma semana após a entrega dessas orientações.

Texto: Por que é tão baixo o rendimento dos motores de combustão?

Física – 2ª série – 1º bimestre

Texto 2: Calor, temperatura e energia térmica

Resposta à questão 1, da problematização inicial:

Ao iniciarmos determinada viagem de automóvel, no início, o tanque está cheio de gasolina. Após percorrermos algumas centenas de quilômetros, este estará vazio. Para você, o que aconteceu com a gasolina?

A gasolina, misturada com o oxigênio do ar, sofreu combustão, uma reação química exotérmica a partir da qual são formadas novas substâncias:

gasolina + oxigênio → CO₂ + água + outros produtos + energia.

Esses produtos da reação são expelidos pelo escapamento do veículo para o meio ambiente.

Onde ocorre a combustão da gasolina? Em câmaras do motor do carro, chamadas cilindros, cada uma delas fechada por uma tampa móvel, chamada pistão (figura 1).

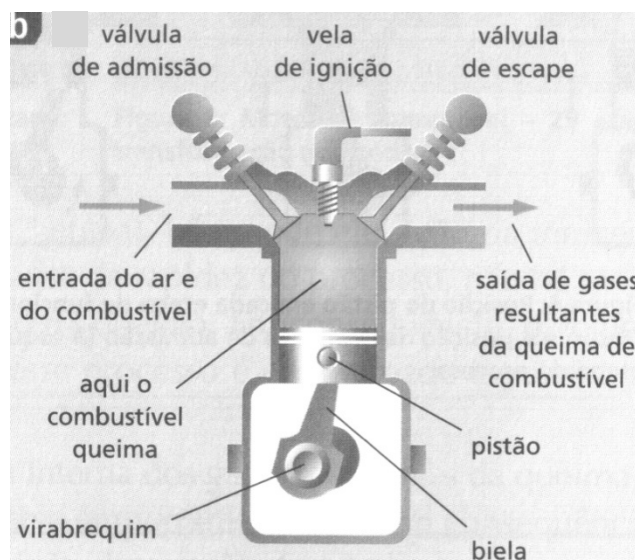


Figura 1 - Partes do motor

O que acontece com a energia liberada na combustão? A combustão é uma reação química que produz a formação de novos compostos. Nesse processo parte da energia potencial de ligação dos reagentes é convertida em energia térmica nos produtos dessa reação.

Energia térmica é a soma das energias cinéticas moleculares, isto é, das energias de movimento das moléculas constituintes de um material. Essa energia cinética molecular é diferente da energia cinética de um corpo em queda. No corpo em queda todas as moléculas se movem em conjunto, na mesma direção e sentido. A energia térmica resulta do movimento desordenado das moléculas constituintes de um material. Qualquer que seja a temperatura de um material, suas moléculas estão em contínuo movimento desordenado. A qualquer temperatura, um material possui energia térmica.

A energia convertida (liberada) na combustão encontra-se inicialmente na agitação das moléculas que constituem os produtos da reação. As moléculas de CO₂, vapor d'água e demais produtos da combustão encontram-se em um alto grau de agitação. Que grandeza física indica esse alto grau de agitação molecular?

A temperatura é a grandeza física que indica o grau de agitação molecular de um material. Os produtos da combustão ao absorverem a energia liberada na reação, adquirem um **alto grau de agitação molecular** e, portanto, encontram-se em **alta temperatura**.

Considere os produtos da reação de combustão como um sistema. **Um sistema é uma porção do universo que destacamos para ser estudada.** Se definimos um sistema, ele

implica uma vizinhança. **Vizinhança é o restante do universo circundante ao sistema destacado.** Se considerarmos como sistema os produtos da combustão, sua vizinhança será constituída pelo cilindro, pelo bloco do motor, pelo sistema de refrigeração do motor, pelas demais peças do carro próximas ao motor, e pela atmosfera. Nesse caso, sistema e vizinhança encontram-se com temperaturas muito diferentes, o sistema com uma temperatura e agitação molecular muito maiores que a vizinhança. Ocorre então uma transferência de energia do sistema para a vizinhança. **Essa energia transferida devido à diferença de temperatura entre sistema e vizinhança é chamada de calor.**

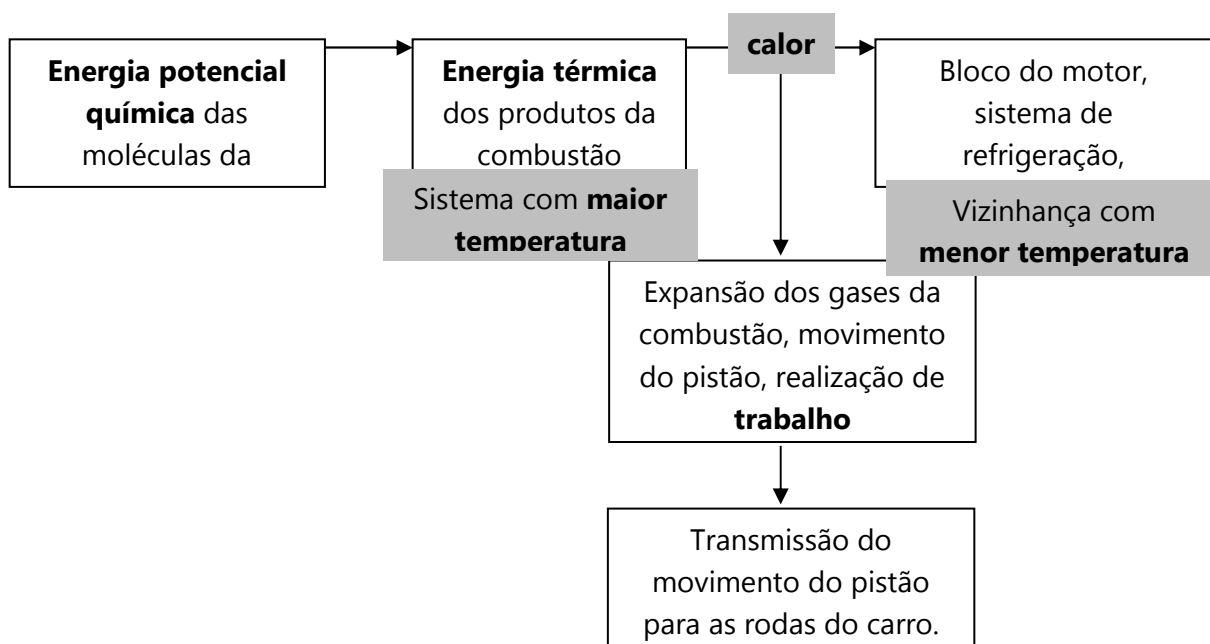
Nesse processo de transferência de energia na forma de calor, as moléculas dos produtos da combustão, com alto grau de agitação, se expandem e movimentam o pistão, a tampa móvel do cilindro. Nesse caso os gases resultantes da combustão exercem força e produzem o deslocamento do pistão, portanto, realizam trabalho. Logo, parte do calor que flui dos produtos da combustão para sua vizinhança é convertido em trabalho.

O motor de combustão interna é denominado máquina térmica, um dispositivo que converte calor em trabalho.

Resumindo, na combustão da gasolina: Energia potencial química é convertida em energia térmica dos produtos da combustão, que apresentam **alto grau de agitação molecular** e, portanto, **alta temperatura**.

Essa **diferença de temperatura** entre sistema (produtos da combustão) e vizinhança (bloco do motor, sistema de refrigeração, atmosfera) faz com que ocorra **transferência de energia (calor)** do sistema (maior temperatura) para a vizinhança (menor temperatura).

Nesse processo, **parte do calor é convertida em trabalho**, pois os gases resultantes da combustão, com alta agitação molecular, se expandem e movimentam o pistão, a tampa móvel do cilindro. Esse movimento do pistão é transferido para as rodas do carro, proporcionando seu movimento.



Responda às questões abaixo:

1. Com base no texto, diferencie os seguintes conceitos: calor, temperatura e energia térmica.
2. Com base nas definições de calor, temperatura e energia térmica apresentadas no texto, estão corretos os enunciados apresentados abaixo?
 - a) A temperatura é uma medida do calor de um corpo.
 - b) Estou com muito calor, hoje.
3. Considere duas amostras de um mesmo material com massas diferentes e à mesma temperatura.
 - a) Haverá troca de calor entre elas?
 - b) Elas possuem a mesma energia térmica?
4. Qual o percentual médio da energia liberada na combustão, dentro de um motor, é convertida em trabalho útil, isto é, em movimento do automóvel?
5. Ler a seção 1 do capítulo 'Primeira lei da termodinâmica' e resolver os exercícios de fixação dessa seção.

Física – 2ª série – 1º bimestre

Texto 3 : Degradação de energia, a tecnologia dos motores de combustão e a mobilidade urbana

Quando estudamos a Segunda Lei da Termodinâmica, aprendemos que ela implica uma assimetria nos processos de conversão de energia. Energia mecânica (ordenada) pode ser integralmente convertida em energia térmica (desordenada), mas a energia térmica, por sua vez, não pode ser recuperada integralmente na forma de energia mecânica. Uma força de atrito (dissipativa), ao levar ao repouso um objeto em movimento, converte integralmente energia mecânica em energia térmica (energia interna). Porém qualquer máquina térmica, ao retornar à condição inicial, para reiniciar seu ciclo de funcionamento, necessariamente rejeitará calor para uma fonte fria, determinando a impossibilidade de converter integralmente energia térmica em mecânica.

A energia térmica, portanto, é qualificada como energia degradada, porque uma vez produzida não poderá ser recuperada integralmente para se obter trabalho útil, energia mecânica ordenada. Outro termo usado para expressar essa assimetria é o de dissipação de energia. A palavra 'dissipar' significa 'dispersar' ou 'espalhar'. Para compreender o que isso significa, devemos lembrar que a energia térmica está associada ao movimento aleatório das partículas que compõem a matéria. Portanto, ao converter energia mecânica em calor dissipado ao meio, estamos convertendo energia ordenada em energia desordenada, dispersa, degradada. Dizemos que houve dissipação de energia. Essa assimetria nos processos de conversão de energia tem consequências importantes.

Todo processo natural, envolve forças dissipativas, ou seja, no mundo real, todo processo de conversão de energia implica produção de energia térmica. Na conversão de uma forma de energia em outra, uma fração da energia convertida será térmica, uma fração da energia convertida será degradada. Isso determina a irreversibilidade dos processos naturais.

Um pêndulo posto a oscilar, com o passar do tempo atingirá o repouso. Nesse processo forças dissipativas realizarão trabalho e converterão energia mecânica em térmica. Essa energia térmica não retornará espontaneamente e colocará o pêndulo para oscilar em amplitudes cada vez maiores. A irreversibilidade dos processos naturais é determinada pela Segunda Lei da Termodinâmica. É consequência da impossibilidade de se recuperar integralmente energia térmica na forma de trabalho útil.

Nos dias de hoje, em que a energia é utilizada intensivamente em uma sociedade fundamentada especialmente em relações de consumo, a degradação da energia é um aspecto importante a se considerar. A geração em larga escala de energia térmica não é um processo desejável, pois essa energia não será mais inteiramente recuperada.

Todo processo que envolve produção de energia térmica, de acordo com a Segunda Lei da Termodinâmica, resulta em um inevitável desperdício de energia. Motores ou equipamentos, que funcionam tendo por base a energia térmica liberada na queima de um combustível, possuem rendimento muito baixo, comparado com outros equipamentos em que a conversão ocorre por meio de outros processos. Um motor elétrico convencional tem

rendimento de cerca de 90%. Os motores de combustão à gasolina têm um rendimento de 22% a 30%, os motores a diesel, de 30% a 38%, à gás de 32% a 39%. Isso significa chamar atenção para as tecnologias baseadas na geração de energia térmica: usinas termelétricas, processos industriais dependentes da queima de combustíveis, motores de combustão, entre tantos outros. Ainda que não se queira enfrentar verdadeiramente esse impasse, ele existe, nosso modelo de desenvolvimento está fundamentado, em grande parte, em processos de queima de combustíveis e liberação de energia térmica, energia degradada, não totalmente recuperável na forma de trabalho útil.

A tecnologia dos motores de combustão (gasolina, álcool e diesel) é intensivamente utilizada nos sistemas de transporte. Apenas 30% da energia térmica gerada na combustão da gasolina é aproveitada para movimentar rodas e eixos em um automóvel, o restante (70%!!), é rejeitado para o sistema de refrigeração e para a vizinhança do motor.

Para tornar mais complexa essa situação o deslocamento nos centros urbanos é feito especialmente por automóveis particulares transportando, em média, uma ou duas pessoas por veículo. Em Belo Horizonte, circulam aproximadamente 1.350.000 veículos. Desse montante, aproximadamente 950.000 são automóveis particulares (70%)¹⁷.

Já fizemos cálculos e mostramos que se compararmos a energia consumida por pessoa por quilômetro rodado, no deslocamento de um automóvel particular com o de um ônibus, a relação é, pelo menos, três vezes maior para o automóvel particular.

No caso dos combustíveis fósseis, outra preocupação se refere à liberação de dióxido de carbono e outros gases poluentes para a atmosfera. Se compararmos a quantidade de CO₂ emitida para atmosfera no transporte feito por automóveis ou por ônibus nas mesmas condições, considerando que carro e ônibus consumiriam gasolina, a relação é 5 vezes mais emissão para o automóvel particular. Ao longo de um ano, essa proporção faz uma grande diferença.

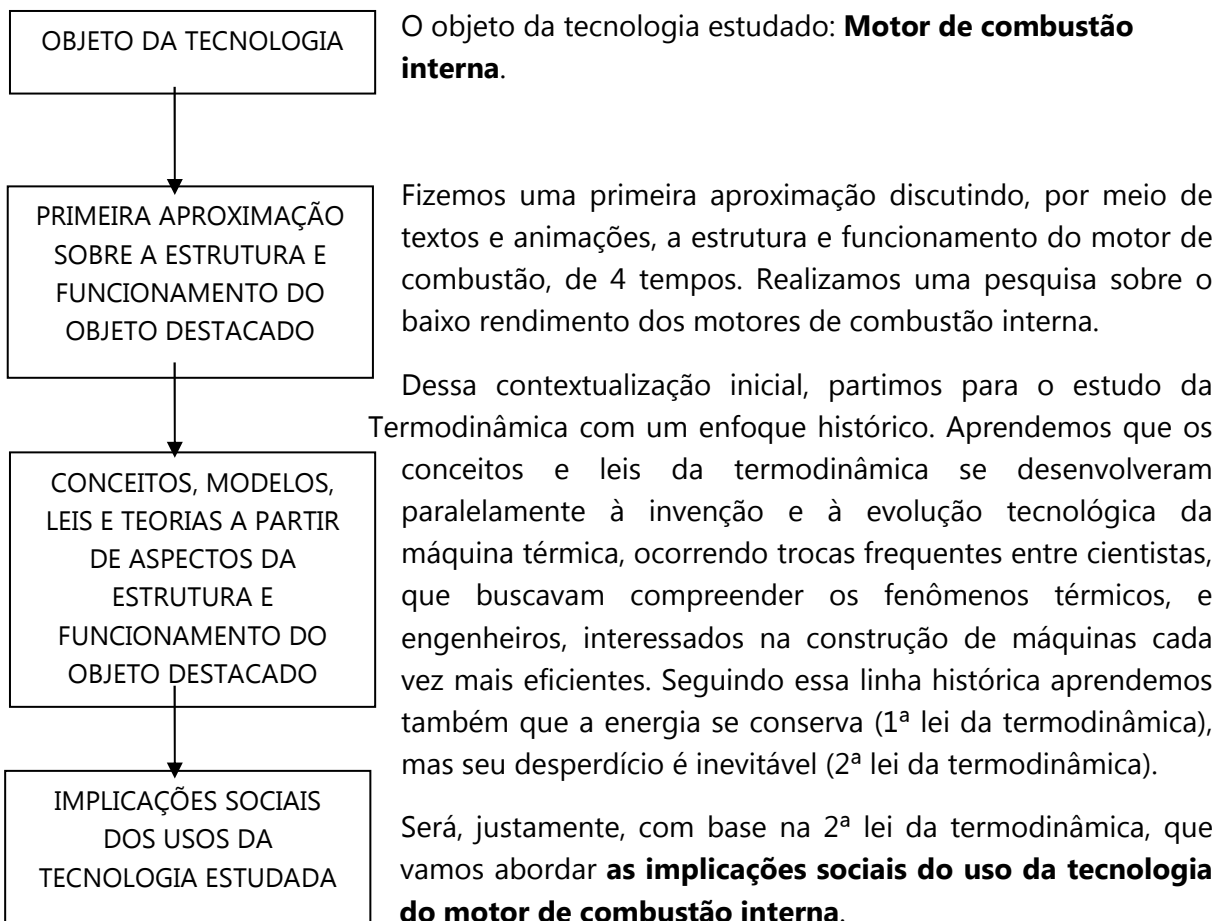
O que leva a esse modelo de mobilidade urbana fundamentado especialmente no automóvel particular, se ele gasta mais energia, é mais poluente e leva, no limite, à imobilidade?

Essa reflexão inicial sobre a Segunda Lei da Termodinâmica nos leva a discutir criticamente a utilização de tecnologias cuja fonte primária é a energia térmica liberada na combustão. É importante questionarmos os modelos de sistema de transporte e de desenvolvimento atualmente vigentes? Há alternativas? Podemos participar de alguma forma de modo a influenciar esses processos? A Segunda Lei da Termodinâmica e suas implicações nos cobram um posicionamento!

¹⁷ Dados de 2011.

Atividade extraclasse 1: Produção de um vídeo sobre degradação da energia, transporte coletivo e mobilidade urbana

Retomar a dinâmica do curso apresentada no primeiro dia de aula e destacar o caminho percorrido até então.



Como isso será feito?

Por meio de um **blog: 'Implicações Sociais da Tecnociência'** (www.tecnociencianasociedade.blogspot.com) e da produção de um vídeo sobre o tema **'Degradação da energia, transporte coletivo e mobilidade urbana'**.

O blog tem o objetivo de subsidiar escolhas relacionadas ao conteúdo do vídeo, cuja duração será definida pela turma, juntamente com o professor. O objetivo do vídeo é retratar o problema da mobilidade urbana, tendo como ponto de partida a realidade da degradação da energia. Ao retratar o problema, apontar caminhos de participação coletiva para a superação do problema da mobilidade urbana em nossa cidade.

O que farão os estudantes?

- Constituir grupos de 3 a 4 participantes.
- Interagir com as informações, questões e postagens de professor e estudantes disponibilizadas no blog.
- Utilizar o material do blog como referência para elaborar o roteiro do vídeo.

- Gravar o vídeo, de acordo com o roteiro elaborado.
- Participar da mostra de vídeos em data combinada pelo professor com o conjunto da turma.