

INSTITUTO FEDERAL SUL-RIO-GRANDENSE
CÂMPUS PELOTAS - VISCONDE DA GRAÇA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS E TECNOLOGIAS NA EDUCAÇÃO
MESTRADO PROFISSIONAL EM CIÊNCIAS E TECNOLOGIAS NA EDUCAÇÃO

DANTE RONALDO DOLESKI DEON

SALA DE AULA INVERTIDA NO ENSINO DE FÍSICA:
Uma experiência didática abordando as Leis da Termodinâmica

PELOTAS

2024

DANTE RONALDO DOLESKI DEON

**SALA DE AULA INVERTIDA NO ENSINO DE FÍSICA:
Uma experiência didática abordando as Leis da Termodinâmica**

Dissertação apresentado ao Programa de Pós-Graduação em Ciências e Tecnologias na Educação do Câmpus Pelotas - Visconde da Graça do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Sul-rio-grandense, como parte dos requisitos para a obtenção do título de Mestre em Ciências e Tecnologias na Educação.

Orientador: Prof. Dr. Marcos André Betemps Vaz da Silva
Coorientador: Prof. Dr. Maykon Gonçalves Müller

Banca examinadora:

Prof. Dr. Marcos André Betemps Vaz da Silva (Orientador) – IFSul/CAVG

Prof. Dr. Cristiano da Silva Buss – IFSul/CAVG

Prof.^a Dr.^a Maria Isabel Giusti Moreira – IFSul/CAVG

Prof. Dr. Tobias Espinosa de Oliveira – FURG

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)

D418s Deon, Dante Ronaldo Doleski

Sala de aula invertida no ensino de física: uma experiência didática abordando as leis da Termodinâmica / Dante Ronaldo Doleski Deon. – 2024.

124 f. : il.

Dissertação (Mestrado) – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Sul-Rio-Grandense, Câmpus Pelotas Visconde da Graça, Programa de Pós - graduação em Ciências e Tecnologias da Educação, 2024.

Orientação: Prof^a. Dr^a. Marcos André Betemps Vaz da Silva.

Co-orientação: Prof. Dr. Maykon Gonçalves Müller.

1. Metodologias ativas. 2. Tecnologias educacionais. 3. Física. 4. Aprendizagem significativa. I. Silva, Marcos André Betemps Vaz da (orient.). II. Müller, Maykon Gonçalves (co-orient.). III. Título.

CDU: 37.02

Catalogação na fonte elaborada pelo Bibliotecário

Emerson da Rosa Rodrigues CRB 10/2100

Câmpus Pelotas Visconde da Graça

Aos meus amados pais, Inês Doleski Deon e Benjamim Antônio Saran Deon (*in memoriam*), cuja educação, amor e exemplo moldaram meu caminho. Dedico esta dissertação a vocês, com profunda gratidão e amor.

AGRADECIMENTO

Gostaria de expressar minha sincera gratidão a todas as pessoas e instituições que contribuíram para a realização deste trabalho.

Primeiramente, sou imensamente grato ao Programa de Pós-Graduação em Ciências e Tecnologias na Educação, ao Câmpus Pelotas-Visconde da Graça, aos professores e funcionários do programa, pela oportunidade concedida e pelo apoio fornecido para que eu pudesse realizar minha pesquisa e concluir esta dissertação.

Um agradecimento especial é dedicado aos meus orientadores, Marcos e, especialmente, Maykon. Suas valiosas orientações, profundo conhecimento e comprometimento foram fundamentais para o desenvolvimento e conclusão deste trabalho.

Aos membros da banca de qualificação, Cristiano, Maria Isabel e Tobias, expresso minha sincera gratidão pelas valiosas contribuições e avaliações, as quais foram fundamentais para a melhoria deste trabalho.

Quero estender meu profundo agradecimento aos alunos e colegas do câmpus Veranópolis, do Instituto Federal do Rio Grande do Sul. A colaboração e interação com cada um de vocês foram essenciais para enriquecer minha jornada acadêmica. O ambiente colaborativo e inspirador que compartilhamos impulsionou significativamente o desenvolvimento deste projeto.

Por fim, agradeço a minha família e amigos pelo constante apoio, encorajamento e compreensão ao longo deste percurso.

Este trabalho não teria sido possível sem o apoio e contribuição de todos vocês. Obrigado por fazerem parte desta jornada.

RESUMO

Percebemos que, embora os estudantes estejam cada vez mais conectados e próximos de qualquer informação, o espaço escolar ainda tende a adotar, predominantemente, a forma tradicional de ensino, centrada no professor e na transmissão de conhecimentos de maneira unidirecional. Todavia, alguns métodos de ensino fazem uso dos recursos tecnológicos disponíveis e colocam o aluno no centro do processo de ensino e aprendizagem. Um desses métodos é conhecido como Sala de Aula Invertida (tradução da expressão *Flipped Classroom*). Sendo assim, este trabalho relata a elaboração, aplicação e avaliação de uma sequência didática sobre as Leis da Termodinâmica, utilizando a Sala de Aula Invertida como estratégia didática, em uma turma do Curso Técnico em Administração Integrado ao Ensino Médio do Instituto Federal do Rio Grande do Sul, câmpus Veranópolis-RS. A concepção de Sala de Aula Invertida adotada foi a dos professores norte-americanos Jonathan Bergmann e Aaron Sams (2016). Para o planejamento dos materiais instrucionais utilizados no estudo prévio dos alunos, bem como das atividades presenciais realizadas em sala de aula, o referencial teórico utilizado foi a Aprendizagem Significativa de David Ausubel. A análise dos resultados, conduzida por meio de um estudo de caso exploratório, revelou que os estudantes avaliaram positivamente a transição didática do ensino tradicional para a Sala de Aula Invertida, destacando especialmente as atividades realizadas em colaboração com os colegas e com o auxílio do professor/pesquisador. A realização deste trabalho visou facilitar e qualificar a aprendizagem em Física, promover a autonomia e a responsabilidade dos alunos em relação à sua própria aprendizagem e transformar as práticas no ambiente de sala de aula. Como Produto Educacional deste trabalho, apresentamos uma sequência didática para o ensino das Leis da Termodinâmica, utilizando a Sala de Aula Invertida como estratégia didática.

Palavras-chave: metodologias ativas, tecnologias educacionais, aprendizagem significativa.

ABSTRACT

It is observed that, although students are increasingly connected and have easy access to information, the school environment still tends to predominantly adopt the traditional teaching method, which is teacher-centered and based on unidirectional knowledge transmission. However, some teaching methods leverage available technological resources and place the student at the center of the teaching and learning process. One such method is known as the Flipped Classroom. This study, therefore, reports the design, implementation, and evaluation of a didactic sequence on the Laws of Thermodynamics, using the Flipped Classroom as a teaching strategy in a class of the Technical Course in Business Administration Integrated into High School at the Federal Institute of Rio Grande do Sul, Veranópolis-RS campus. The Flipped Classroom approach adopted was that of the American teachers Jonathan Bergmann and Aaron Sams (2016). For the planning of instructional materials used in the students' prior study, as well as the in-class activities, the theoretical framework was based on David Ausubel's Meaningful Learning Theory. The analysis of the results, conducted through an exploratory case study, showed that students positively evaluated the transition from traditional teaching to the Flipped Classroom, especially emphasizing the activities carried out in collaboration with their peers and the support of the teacher/researcher. The purpose of this study was to facilitate and enhance the learning of Physics, promote students' autonomy and responsibility for their own learning, and transform classroom practices. As an Educational Product, this study presents a didactic sequence for teaching the Laws of Thermodynamics, using the Flipped Classroom as a teaching strategy.

Keywords: active methodologies, educational technologies, meaningful learning.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Alunos realizando a segunda atividade do primeiro encontro.	44
Figura 2 – Arranjos experimentais elaborados pelo professor.	46
Figura 3 – Realização da primeira prática experimental.	47
Figura 4 – Realização da segunda prática experimental.	48
Figura 5 – Montagem das terceira e quarta práticas experimentais.	49
Figura 6 – Desenvolvimentos das terceira e quarta práticas experimentais.	49
Figura 7 – Discussão sobre a terceira e quarta práticas experimentais.	50
Figura 8 – Demonstração envolvendo pastilhas efervescentes.	52
Figura 9 – Resultado da dissolução das pastilhas efervescentes.	52
Figura 10 – Elaboração das caixas destinadas à atividade <i>A desordem dos feijões</i>	53
Figura 11 – Alunos realizando a atividade <i>A desordem dos feijões</i>	53
Figura 12 – Alunos realizando a atividade do sétimo encontro.	54
Figura 13 – Alunos realizando a atividade do último encontro.	55

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1 – Participação dos alunos nas atividades 01 e 02 do estudo prévio.....	58
Gráfico 2 – Participação dos alunos na atividade 03 do estudo prévio.	59
Gráfico 3 – Horários e repetições das visualizações das videoaulas.	59
Gráfico 4 – Respostas às questões 03, 09, 11 e 17.....	62
Gráfico 5 – Respostas às questões 01, 04, 05, 06, 07, 08, 12 e 18.	63
Gráfico 6 – Respostas às questões 13, 14, 15 e 16.....	64
Gráfico 7 – Respostas às questões 02, 10, 19, 20, 21, 22, 23, 24 e 25.	65
Gráfico 8 – Respostas da questão 26.	66
Gráfico 9 – Respostas da questão 27.	67

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 – Relação das dissertações identificadas.....	10
Quadro 2 – Planejamento de conteúdos para a elaboração da sequência didática..	26
Quadro 3 – Planejamento das atividades adotando a Sala de Aula Invertida.	29
Quadro 4 – Tarefas planejadas para o estudo prévio.	30
Quadro 5 – Amostra dos slides elaborados para a primeira videoaula.	35
Quadro 6 – Sequência didática elaborada para primeira semana.....	38
Quadro 7 – Sequência didática elaborada para segunda semana.....	39
Quadro 8 – Sequência didática elaborada para terceira semana.....	40
Quadro 9 – Sequência didática elaborada para quarta semana.	41
Quadro 10 – Questões 28, 29 e 30.	68

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Distribuição das respostas às questões 03, 09, 11 e 17.	62
Tabela 2 – Distribuição das respostas às questões 01, 04, 05, 06, 07, 08, 12 e 18..	63
Tabela 3 – Distribuição das respostas às questões 13, 14, 15 e 16.	64
Tabela 4 – Distribuição das respostas às questões 02, 10, 19, 20, 21, 22, 23, 24 e 25.	65

SUMÁRIO

1 PERCURSO INVESTIGATIVO.....	1
1.1 Percurso particular do pesquisador.....	5
2 SALA DE AULA INVERTIDA (<i>FLIPPED CLASSROOM</i>): Fundamentos e estudos relacionados no ensino de física	7
2.1 Publicações que despertaram o interesse pela Sala de Aula Invertida.....	7
2.2 Ensino de Física e Sala de Aula Invertida: pesquisas relacionadas	10
3 A TEORIA DA APRENDIZAGEM SIGNIFICATIVA	16
3.1 Aprendizagem Significativa	16
3.2 Apontamentos acerca do referencial teórico no desenvolvimento da proposta didática.....	19
4 PERCURSO METODOLÓGICO	21
4.1 O espaço e os sujeitos da pesquisa.....	21
4.2 Procedimentos metodológicos de pesquisa	22
4.3 Concepção e elaboração de uma sequência didática sobre as Leis da Termodinâmica	25
4.3.1 Planejamento das atividades a partir da Sala de Aula Invertida	28
4.3.2 Elaboração dos materiais instrucionais para o estudo prévio	29
4.3.2.1 Sobre a elaboração dos textos	31
4.3.2.2 Sobre a elaboração das questões	32
4.3.2.3 Sobre a elaboração das videoaulas.....	33
4.3.3 A sequência didática elaborada	37
5 RELATO DE IMPLEMENTAÇÃO DA SEQUÊNCIA DIDÁTICA	42
5.1 Primeiro encontro presencial (segunda-feira, 04 de novembro de 2019).....	42
5.2 Segundo encontro presencial (quarta-feira, 06 de novembro de 2019)	44
5.3 Terceiro encontro presencial (segunda-feira, 11 de novembro de 2019).....	44
5.4 Quarto encontro presencial (quarta-feira, 13 de novembro de 2019).....	45
5.5 Quinto encontro presencial (segunda-feira, 18 de novembro de 2019)	50
5.6 Sexto encontro presencial (quarta-feira, 20 de novembro de 2019)	51
5.7 Sétimo encontro presencial (segunda-feira, 25 de novembro de 2019).....	54
5.8 Oitavo encontro presencial (quarta-feira, 27 de novembro de 2019)	55
6 ANÁLISE E DISCUSSÃO DAS CONTRIBUIÇÕES DA SEQUÊNCIA DIDÁTICA ..	57

6.1 Autoavaliação do estudo prévio	57
6.2 Avaliação dos elementos da Sala de Aula Invertida compreendidos na sequência didática	61
6.3 <i>Como estudantes respondem à transição do ensino tradicional para a Sala de Aula Invertida, considerando suas atitudes e percepções, a partir de uma sequência didática sobre as Leis da Termodinâmica?</i>	72
7 CONSIDERAÇÕES FINAIS	74
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	78
APÊNDICE A – Produto Educacional.....	80
APÊNDICE B – Atividades elaboradas para os encontros presenciais.....	82
APÊNDICE C – Autoavaliação do estudo prévio.....	101
APÊNDICE D – Questionário de avaliação da implementação do método SAI	105
APÊNDICE E – Termo de consentimento livre e esclarecido	109
ANEXO A – Textos selecionados para o estudo prévio	111

1 PERCURSO INVESTIGATIVO

Percebemos uma época de constantes revoluções tecnológicas, que transformam o modo como as pessoas interagem em sociedade. O advento da hiperconectividade¹ possibilitou o acesso livre e instantâneo a praticamente qualquer tipo de informação e conhecimento, em diversificados espaços e tempos, por meio de computadores e *smartphones*. Os estudantes do Ensino Básico, crianças e jovens do século XXI, são um reflexo dessa revolução tecnológica e social. Diante da possibilidade de permanecerem constantemente conectados à Internet, trocam ideias, experiências, buscam por informações e conhecimento por meio de *sites*, *blogs*, *vlogs*, redes sociais, etc. (Oliveira; Araujo; Veit, 2016).

Em contraste, a educação formal ainda tende a manter-se estruturalmente centralizada no espaço físico escolar, especificamente dentro da sala de aula, de tempo limitado, com pouca ou nenhuma tecnologia digital inserida. Esse formato de ensino tradicional é centrado no professor e na transmissão de conhecimentos, no qual a aula expositiva ainda é a estratégia mais adotada, mantendo o aluno como agente passivo no processo de ensino.

Estruturalmente, a escola atual não difere daquela do início do século passado. No entanto, os estudantes de hoje não aprendem da mesma forma que os do século anterior. Crianças e jovens estão cada vez mais conectados às tecnologias digitais, configurando-se como uma geração que estabelece novas relações com o conhecimento e que, portanto, requer que transformações aconteçam na escola. (Bacich; Tanzi Neto; Trevisani, 2015, p. 47).

Inserido nesse cenário temos o ensino de Física, que na Educação Básica está praticamente restrito ao Ensino Médio. Disciplina com extenso conteúdo programático e número reduzido de aulas por semana, abordando conceitos e termos que exigem dos estudantes capacidade de abstração e habilidades matemáticas. Esses fatores acarretam dificuldades de aprendizagem e desmotivam grande parte dos estudantes em manter interesse por certos conteúdos e de reconhecer a Física como ferramenta concreta de compreensão dos fenômenos do dia a dia.

¹ Termo frequentemente usado para descrever a realidade atual da sociedade, onde as pessoas estão constantemente conectadas a dispositivos eletrônicos, como *smartphones*, *tablets* e computadores, bem como às redes sociais e outras formas de comunicação online.

O ensino de Física na educação contemporânea é desatualizado em termos de conteúdos e tecnologias, centrado no docente, comportamentalista, focado no treinamento para as provas e aborda a Física como uma ciência acabada, tal como apresentada em um livro de texto (Moreira, 2017, p. 2).

Segundo Moreira (2017), o ensino de Ciências, sobretudo de Física, deveria ser centrado no aluno e no desenvolvimento de competências científicas, focado na aprendizagem significativa e integrado às Tecnologias Digitais de Informação e Comunicação (TDIC). O professor, nessa concepção, seria um organizador do conhecimento e o computador um facilitador para a aprendizagem.

Tendo em vista o contexto abordado até aqui, compreendemos que a educação formal carece da adoção de metodologias de ensino mais atraentes e que estejam em consonância com as grandes mudanças ocorridas na sociedade. Nesse sentido, faz-se necessário que professores reflitam sobre suas práticas pedagógicas em sala de aula, observando os contextos sociais nos quais os alunos estão inseridos, tendo como objetivo tornar o processo de ensino e de aprendizagem mais prazeroso e significativo.

De acordo com Moran (2015), a tecnologia já está inserida no contexto educacional, mesmo que ela não se faça presente no cotidiano da sala de aula.

O que a tecnologia traz hoje é integração de todos os espaços e tempos. O ensinar e aprender acontece numa interligação simbiótica, profunda, constante entre o que chamamos mundo físico e mundo digital. Não são dois mundos ou espaços, mas um espaço estendido, uma sala de aula ampliada, que se mescla, hibridiza constantemente. Por isso a educação formal é cada vez mais *blended*, misturada, híbrida, porque não acontece só no espaço físico da sala de aula, mas nos múltiplos espaços do cotidiano, que incluem os digitais. O professor precisa seguir comunicando-se face a face com os alunos, mas também digitalmente, com as tecnologias móveis, equilibrando a interação com todos e com cada um (Moran, 2015, p. 16).

Na mesma linha de raciocínio, Valente (2014) já destacava, há algum tempo, que “estamos vivendo um momento de grandes oportunidades do ponto de vista educacional, principalmente com a disseminação das TDIC e o fato de elas estarem adentrando a sala de aula” (ibid., p. 94, 2014).

Acompanhando a revolução tecnológica e a necessidade de mudança do paradigma do ensino tradicional, surgem estratégias fundamentadas nas TDIC, que colocam o estudante como protagonista do processo de ensino e de aprendizagem. De acordo com Oliveira, Araujo e Veit (2016), o método de ensino conhecido por Sala

de Aula Invertida (SAI) (tradução da expressão *Flipped Classroom*) tem grande potencial para ressignificar os papéis de professores e alunos em sala de aula, promover a aprendizagem significativa e inserir com relevância as TDIC no processo de ensino e de aprendizagem, sobretudo no ensino de Física. Na Sala de Aula Invertida, os alunos recebem a tarefa de experimentar o primeiro contato com os conteúdos fora da sala de aula, seja por meio de videoaulas, material impresso ou online, jogos e simuladores; sendo que no momento presencial, com professor e colegas, são realizadas atividades acerca dos conteúdos previamente estudados.

No entendimento de Moran (2015), atualmente, a SAI é um dos métodos de ensino mais interessantes, pois permite concentrar no ambiente virtual o que é informação básica e transferir para a sala de aula as atividades de maior esforço cognitivo, contando com a orientação do professor e a colaboração entre os colegas. Ainda segundo o autor, o estudo prévio dos alunos permite que o professor obtenha um *feedback* das maiores dificuldades em relação ao objeto de estudo, permitindo um planejamento direcionado das atividades a serem desenvolvidas na sala de aula.

A experiência docente do pesquisador deste trabalho tem início no ano de 2005, na rede pública de ensino do Estado de Santa Catarina, mesmo ano da fundação do *YouTube*², a plataforma de compartilhamento de vídeos de maior relevância na Internet. Os anos seguintes estiveram acompanhados de grandes avanços das TDIC e, desde então, percebemos um número crescente de professores que passaram a produzir e disponibilizar suas aulas na Internet, possibilitando novos espaços e tempos de ensinar e aprender.

Atualmente, de forma recorrente, estudantes fazem uso da Internet, especialmente das videoaulas disponíveis, para estudar para provas e trabalhos escolares. Nesse contexto, acreditamos que a SAI desponta como um método viável para incluir as TDIC de forma mais efetiva no processo de ensino e aprendizagem, diminuindo a distância entre professores e estudantes, bem como entre escola e país.

Perante o exposto, percebemos na Sala de Aula Invertida potencial para ser um método de aprendizagem ativa e atualizada ao perfil dos estudantes de hoje. Seus pilares estão na inversão e na flexibilização da ordem dos tempos e espaços de ensino e aprendizagem, contrastando com a habitual rigidez do espaço sala de aula e seus métodos tradicionalmente adotados.

² <https://www.youtube.com/>

Em relação ao ensino de Física na Educação Básica, reconhecidamente, ao longo dos anos, a carga horária da disciplina foi sendo reduzida na maioria dos programas curriculares. No entanto, a quantidade de conteúdo para ser desenvolvido em sala de aula permaneceu a mesma ou aumentou, por exemplo, com o ingresso da Física Moderna nos livros didáticos (Dominguini, 2012). Nesse sentido, entendemos que a adoção da SAI configura-se em uma alternativa aos professores, visando a possibilidade de otimizar o tempo de sala de aula para realizar outras atividades diferentes de abordar o conteúdo, além de os estudantes valerem-se das TDIC.

Este trabalho foi motivado pelo interesse do autor em ressignificar sua forma de ensinar Física, reconfigurando sua sala de aula, transformando os papéis de professor e estudantes, almejando promover uma aprendizagem mais ativa e significativa para os estudantes. A despeito de acreditarmos nas potencialidades do método em questão, fez-se necessário verificar diversos aspectos relacionados a sua implementação, além de descobrir as principais dificuldades, atitudes e crenças manifestadas pelos estudantes.

Por conseguinte, o propósito principal deste trabalho foi desenvolver e implementar uma sequência didática que empregasse o método 'Sala de Aula Invertida', fundamentada na Teoria da Aprendizagem Significativa de David Ausubel, para abordar princípios de Termodinâmica em uma turma de Ensino Médio na disciplina de Física. Fundamentados na perspectiva de Yin sobre estudos de caso (Yin, 2001), ambicionamos responder a seguinte questão de pesquisa: *“Como estudantes respondem à transição do ensino tradicional para a Sala de Aula Invertida, considerando suas atitudes e percepções, a partir de uma sequência didática sobre as Leis da Termodinâmica?”*.

A sequência didática construída neste trabalho deu origem ao produto educacional denominado *Sala de Aula Invertida no Ensino de Física: uma sequência didática abordando as Leis da Termodinâmica* (ver Apêndice A), um material de apoio para professores de Física, especialmente aqueles que trabalham com turmas de Ensino Médio, e que tenham interesse em ensinar sobre as leis da Termodinâmica por meio do método Sala de Aula Invertida.

1.1 Percurso particular do pesquisador

Sou natural de Camaquã-RS e, ao longo da minha trajetória educacional nessa cidade, cursei o ensino básico, à época 1º e 2º graus, integralmente em escolas públicas. Em 2001, ingressei no curso de Licenciatura em Física, ofertado pela Universidade Federal de Pelotas, UFPel, obtendo a graduação em março de 2005. Posteriormente, em 2010, avancei em minha formação acadêmica e obtive uma especialização na área da Educação.

O primeiro capítulo de minha experiência profissional tem início em abril de 2005, quando, após prestar concurso público, tomei posse, em caráter efetivo, de vaga de professor da rede pública do Estado de Santa Catarina, na cidade de Blumenau, assumindo 40 horas semanais e lecionando a disciplina de Física para as três séries do Ensino Médio. Os anos seguintes foram de aprendizado e crescimento na carreira docente, levando-me a crer que somente a prática em sala de aula forma verdadeiramente um professor. Por uma década naquela cidade, tive a oportunidade de trabalhar em diversas escolas, públicas e privadas, sempre lecionando a disciplina de Física para turmas do Ensino Médio. Durante esse período, em quase todos os anos superei as 40 aulas semanais, ao tempo em que reduzi a carga horária na escola pública e aumentei nas escolas privadas, além de, por vezes, assumir algumas aulas em cursos pré-vestibulares.

No início de 2015 começa o segundo capítulo da minha jornada profissional; quando, por motivos pessoais e familiares, tomei a decisão de retornar ao Rio Grande do Sul. Deixei Blumenau e retornei para Camaquã, saindo das escolas privadas e entrando em licença do cargo na escola pública. Por quase todo esse ano, fiquei afastado da sala de aula, dedicando-me ao estudo para concursos públicos, visando uma vaga de professor em Instituto Federal.

Retornei para a sala de aula em novembro de 2015, quando assumi vaga de professor substituto no Instituto Federal Sul-rio-grandense, IFSul, no câmpus Pelotas, com carga horária de 40 horas semanais. No ano seguinte, além da carga horária no referido câmpus, assumi 20 horas semanais no Colégio Tiradentes da Brigada Militar de Pelotas, por meio de processo de permuta entre professores dos estados de Santa Catarina e do Rio Grande do Sul.

Entre 2015 e 2016, prestei concurso público para os três Institutos Federais presentes no RS, conquistando aprovação para quatro vagas diferentes. A primeira nomeação foi para o Instituto Federal Farroupilha, IFFar, para ocupar vaga no câmpus Alegrete. Tomei posse em abril de 2017, em seguida desenvolvi minhas atividades de professor de Ensino Básico, Técnico e Tecnológico – EBTT – para turmas dos cursos técnicos integrados e licenciaturas.

A segunda nomeação foi para o Instituto Federal do Rio Grande do Sul, IFRS, para ocupar vaga no câmpus Veranópolis. A posse no cargo foi em janeiro de 2018. Nesse tempo, os cursos ofertados pelo câmpus eram de nível técnico subsequente e superior nas áreas de Administração e Informática, sendo que esses não possuíam disciplinas da área de Física. Em razão disso, nesse mesmo ano, integrei e desenvolvi minhas atividades profissionais na comissão de elaboração do Plano Pedagógico do Curso de Técnico em Administração Integrado ao Ensino Médio, curso ofertado pelo câmpus a partir de 2019. O trabalho na referida comissão foi de grande valor profissional e pessoal, constituiu-se em uma grande oportunidade para adquirir conhecimento sobre os documentos que norteiam os Institutos Federais e, sobretudo, a importância da oferta da modalidade curso técnico integrado ao Ensino Médio.

Em 2019, após o ingresso dos novos alunos e início do período letivo, desenvolvi minhas atividades docentes de professor de Física para a primeira turma do novo curso. Foi com essa turma que apliquei o trabalho que será relatado nessa dissertação.

Em dezembro de 2019, no período entre o fim do ano letivo e início do recesso escolar, ocorre minha terceira e última nomeação e posse, sendo essa para ocupar vaga de professor no câmpus Pelotas - Visconde da Graça, no Instituto Federal Sul-rio-grandense, IFSul. Desde então, exerço nesse câmpus minhas atividades de professor EBTT, lecionando a disciplina de Física para turmas dos cursos técnicos integrados e licenciaturas, além de outras demandas inerentes ao cargo.

2 SALA DE AULA INVERTIDA (*FLIPPED CLASSROOM*): FUNDAMENTOS E ESTUDOS RELACIONADOS NO ENSINO DE FÍSICA

Neste capítulo, delineamos os alicerces do método de ensino da Sala de Aula Invertida, discutindo os princípios fundamentais que o sustentam. Apresentamos as fontes que não apenas foram descobertas para a construção de um embasamento conceitual sólido, mas também serviram de inspiração e motivação para o desenvolvimento deste trabalho. Além disso, discutimos os estudos relacionadas ao ensino de Física que consideramos relevantes para o desenvolvimento deste trabalho. A compreensão desses elementos é fundamental para contextualizar a abordagem aplicada e a relevância deste estudo na área educacional.

2.1 Publicações que despertaram o interesse pela Sala de Aula Invertida

O primeiro contato do autor deste trabalho com o tema por ele proposto foi com o trabalho de Oliveira, Araujo e Veit (2016), no qual os autores apresentam o método Sala de Aula Invertida como uma possibilidade para ressignificar o ensino de Física objetivando alcançar uma melhor aprendizagem dos alunos na disciplina. O trabalho apresenta os conceitos fundamentais, as origens, os métodos associados, os principais motivos e as principais dificuldades aos professores que tenham interesse em adotar o método.

A Sala de Aula Invertida é uma metodologia de ensino que inverte a lógica tradicional de ensino. O aluno tem o primeiro contato com o conteúdo que irá aprender através de atividades extraclases, prévias à aula. Em sala, os alunos são incentivados a trabalhar colaborativamente entre si e contam com a ajuda do professor para realizar tarefas associadas à resolução de problemas, entre outras. (Oliveira; Araujo; Veit, 2016 apud Bergmann; Sams, 2012).

Em relação as origens da SAI, Oliveira, Araujo e Veit (2016) afirmam que inverter a sala de aula promovendo o estudo prévio dos alunos e práticas colaborativas no encontro presencial não é algo inovador ou recente. Os mesmos citam trabalhos que remetem à década de 1990, no entanto o termo *Flipped Classroom* é frequentemente relacionado aos trabalhos publicados a partir dos anos 2000 por Bergmann e Sams (2012).

De acordo com Oliveira, Araujo e Veit (2016), existem diferentes formas para inverter a sala de aula, entre os mais conhecidos estão as videoaulas selecionadas ou produzidas pelo próprio professor, o Instrução pelos Colegas (Araujo; Mazur, 2013), o Ensino sob Medida (Araujo; Mazur, 2013), a Aprendizagem Baseada em Equipes (Oliveira; Araujo; Veit, 2016), a Aprendizagem Baseada em Projeto (Bender, 2015) e a Aprendizagem Baseada em Problemas (Berbel, 1998). Neste trabalho, não abordaremos as especificidades dos diferentes métodos indicados pelos autores. Desde o início, nosso foco tem sido a implementação da Sala de Aula Invertida por meio de videoaulas.

De acordo com Oliveira, Araujo e Veit (2016), dentre os motivos para implementar estão:

- ressignificar o papel do professor em sala de aula, deixando de ser transmissor de informação para ser orientador, tutor, gestor do aprendizado do aluno;
- colocar o aluno no centro do processo educativo, promovendo sua autonomia e responsabilidade sobre a aprendizagem;
- levar em consideração os conhecimentos prévios dos alunos, fator determinante para promover uma aprendizagem significativa;
- lidar com a diversidade de conhecimentos e habilidades dos alunos na sala de aula;
- auxiliar no desenvolvimento de hábitos de estudos nos estudantes;
- auxiliar os alunos no desenvolvimento da capacidade de reflexão e da habilidade de elaborar boas perguntas;
- estimular o desenvolvimento de habilidades relacionadas ao trabalho colaborativo.

Em relação as possíveis dificuldades para implementar a SAI no ensino de Física, Oliveira, Araújo e Veit (2016) citam a grande extensão de conteúdos curriculares a serem trabalhados; o número reduzido de aulas semanais para a disciplina, ausência do hábito de estudo prévio às aulas por parte dos alunos; instituições de ensino que são resistentes a inovações; turmas heterogêneas em relação ao nível de conhecimento e de número elevado de alunos.

Assim como os autores (Ibd.), acreditamos nas potencialidades do método Sala de Aula Invertida para tornar o processo de ensino e de aprendizagem mais

interessante e motivador para os alunos. Diante das possibilidades proporcionadas pelas TDIC, o ato de ensinar não precisa estar restrito a sala de aula, explorar outros tempos e espaços para apresentação de conteúdos poderia ser uma prática comum para os professores que desejam atualizar seus métodos aos estudantes de hoje em dia.

Na obra *Sala de Aula Invertida: uma metodologia ativa de aprendizagem*, os autores Jonathan Bergmann e Aaron Sams (2016) relatam como o método foi inserido no planejamento de suas aulas de Química. Argumentam sobre os diversos aspectos positivos observados, e defendem que inverter a sala de aula é uma iniciativa fácil e ao alcance de qualquer professor.

Basicamente, o conceito de sala de aula invertida é o seguinte: o que tradicionalmente é feito em sala de aula, agora é executado em casa, e o que é tradicionalmente é feito como trabalho de casa, agora é realizado em sala de aula (Bergmann; Sams, 2016, p.11).

Segundo os autores (Ibid.), desde que passaram a adotar a SAI, a exposição teórica dos conteúdos de Química acontece por meio de videoaulas produzidas por eles, sendo estas previamente disponibilizadas aos estudantes. Dessa forma, para que a inversão seja efetiva, faz-se necessário orientar os estudantes para o estudo prévio: se desconectar das redes sociais e outras distrações, aprender a assistirem os vídeos, pausando e retrocedendo a explicação do professor e anotando os pontos importantes do conteúdo. Essas anotações serão parte importante da aula presencial, pois constituem o objeto de estudo para a retomada de conteúdo.

Durante o encontro presencial, a aula pode ser dividida em dois momentos: começa com alguns minutos de discussão sobre o estudo prévio, onde são sanadas as principais dúvidas; após a discussão, são passadas aos estudantes as tarefas do dia a serem executadas na sala de aula, podem ser experiência em laboratório, atividade de pesquisa, solução de problemas, testes, etc. (Bergmann; Sams, 2016).

Assim como no modelo tradicional, o professor continua a avaliar os trabalhos, as experiências de laboratório e os testes. No entanto, o seu papel em sala de aula é outro, deixando de ser apenas transmissor de conhecimento, assumindo funções de orientação e tutoria. Dessa forma, é possível circular pela sala de aula o tempo todo, ajudando os estudantes na compreensão de conceitos, ajudando aqueles que apresentam maior dificuldade (Bergmann; Sams, 2016).

Nitidamente, a aula gira em torno dos alunos, não do professor. Os estudantes têm o compromisso de assistir aos vídeos e fazer perguntas adequadas. O professor está presente unicamente para prover feedback especializado. Também compete aos alunos a realização e apresentação de trabalhos escolares. Como também se oferece um guia de soluções, os alunos são motivados a aprender, em vez de apenas realizar os trabalhos pela memória. Além disso, os alunos devem recorrer ao professor sempre que precisarem de ajuda para a compreensão dos conceitos. O papel do professor na sala de aula é o de amparar os alunos, não o de transmitir informações (Bergmann; Sams, 2016, p.14).

Entendemos que o trabalho de Bergmann e Sams (2016) serve como um material de apoio para educadores que buscam desenvolver uma estratégia didática de aprendizagem mais ativa em suas salas de aula. Entretanto, os autores não se aprofundam em discussões teóricas nem apresentam os princípios subjacentes ao modelo, o intuito restringe-se em fornecer orientações práticas aos professores interessados, permitindo-lhes alternativas didáticas em suas atividades.

2.2 Ensino de Física e Sala de Aula Invertida: pesquisas relacionadas

Para construir esta seção, à época da elaboração do projeto de pesquisa, qual seja o primeiro semestre de 2019, realizou-se uma pesquisa de produções científicas na Biblioteca Digital Brasileira de Teses e Dissertações e no Catálogo de Teses e Dissertações da Capes com os descritores “Sala de Aula Invertida” e “Ensino de Física”. Limitamo-nos, por conseguinte, a busca de trabalhos publicados até o ano de 2018. Foram identificadas três dissertações, todas de mestrado profissional, apresentadas no Quadro 1.

Quadro 1 – Relação das dissertações identificadas.

Nº	Título da dissertação	Autor(a)	Ano
1	Movimento circular uniforme: aprendizagem pelo modelo da sala de aula invertida (<i>flipped classroom</i>).	BARBOSA, P. C. P.	2015
2	O uso do <i>software Modellus</i> na formação inicial de licenciandos em física dentro da abordagem metodológica da sala de aula invertida.	TOMANIK, M.	2015
3	A Aplicabilidade da <i>Flipped Classroom</i> no Ensino de Física para Turmas da 1ª Série do Ensino Médio.	FREITAS, V. J. DE	2015

Fonte: Autoria própria.

Apesar da escassez de trabalhos disponíveis à época, decidimos não ampliar nossa pesquisa para outras áreas, com o objetivo de manter nosso foco o mais próximo possível do propósito deste trabalho. Salientamos que para a versão final dessa dissertação optamos por não ampliar a revisão para os anos subsequentes, haja vista que essa era a produção acadêmica relevante quando do desenvolvimento da nossa investigação e do nosso produto.

Na sequência, passamos a apresentar um breve relato dos trabalhos desenvolvidos nas dissertações abarcadas pelo escopo de nossa revisão, compartilhando nossas observações sobre os resultados e, principalmente, sobre o produto educacional apresentado.

Barbosa (2015) argumenta que teve contato com publicações acerca da SAI e este fato o motivou a adotar o referido método em uma de suas turmas no Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Amazonas. Em seu relato de experiência, o autor argumenta que devido a organização curricular da disciplina de Física no 1º ano do Curso Técnico de Paisagismo Integrado ao Ensino Médio, optou por desenvolver os conteúdos de Movimento Retilíneo Uniforme e Uniformemente Variado por uma estratégia didática tradicional e os conteúdos relacionados ao Movimento Circular Uniforme adotando a SAI. A aplicação ocorreu em uma turma de 35 alunos, com apenas um encontro semanal, sendo 2 aulas de 45 minutos cada, durante 10 semanas, os seja, durante todo o 2º bimestre. O professor produziu os próprios vídeos, todos de curta duração, e hospedou na Internet antes do início da aplicação do projeto. Durante a aplicação da SAI, os momentos presenciais iniciavam por um *feedback* sobre o vídeo assistido previamente. Logo após, era realizada uma atividade em pequenos grupos para discussão dos conceitos apresentados nos vídeos. O tempo restante era destinado a outras atividades, entre elas jogos de pergunta e resposta.

Quanto ao produto educacional, o autor disponibilizou nos apêndices da sua dissertação, os planos de ensino desenvolvidos para aplicação da SAI, juntamente com tutoriais para duas ferramentas utilizadas: o *Edpuzzle*³, uma plataforma gratuita para criação de videoaulas interativas, e o *Kahoot!*⁴, uma plataforma de aprendizagem baseada em jogos e perguntas.

³ <https://edpuzzle.com/>

⁴ <https://kahoot.it/>

Tomanik (2015) apresenta uma experiência de aplicação da SAI em uma turma de licenciandos de Física da Universidade Federal de Uberlândia. O trabalho teve como objetivo demonstrar a viabilidade da aplicação do método a partir do desenvolvimento de materiais instrucionais simples e com o emprego de recursos disponíveis à maioria dos professores de Física. A proposta consistiu na oferta de um minicurso sobre o uso e aplicação do software *Modellus*⁵, durante o período de aula de duas disciplinas regulares. Os sujeitos da pesquisa formavam um grupo de dez alunos, divididos em duas turmas de 5 estudantes cada. As atividades se deram em um laboratório de informática, sendo que este possuía 10 computadores dispostos em forma de U, de modo que o orientador do trabalho podia observar as atividades de todos os alunos simultaneamente. Com antecedência de uma semana antes do encontro presencial, foram enviados aos alunos cinco vídeos abordando o tutorial do software *Modellus* e tópicos de cinemática, produzidos pelo autor da pesquisa e postados na plataforma *YouTube*⁶. Houve comprometimento de todos os alunos com a proposta da SAI, tendo em vista que os mesmos afirmaram ter assistido aos vídeos disponibilizados. Sendo a metodologia de pesquisa predominantemente qualitativa, foram elaborados questionários online utilizando o *Google Docs*⁷ e a plataforma *Google Forms*⁸ para coletar a opinião dos alunos.

Como produto de seu trabalho, o autor disponibiliza um material de apoio ao professor na seção de anexos de sua dissertação. Este recurso consiste em um documento que contém tutoriais detalhados para a versão 0.4.05 do software *Modellus*. O documento inclui a transcrição de todo o conteúdo apresentado nos vídeos e abrange conceitos de cinemática, com ênfase nas funções relacionadas aos movimentos retilíneos. Além desse, o autor também disponibiliza outro material na seção de anexos contendo suas observações e sugestões práticas para a utilização do produto por meio da SAI.

Freitas (2015) apresenta um relato da implementação da SAI como método para o ensino de Física. A pesquisa investigou a aplicabilidade do método de ensino em turmas da 1ª série do Ensino Médio na abordagem dos conceitos físicos que envolvem a relação entre força e movimento. A metodologia adotada foi o estudo de

⁵ Software livre criado para fins educacionais na área de ensino de ciências e matemática.

⁶ <https://www.youtube.com/>

⁷ <https://www.google.com/docs/about/>

⁸ <https://www.google.com/forms/about/>

caso e a pesquisa foi realizada na Escola Estadual de Ensino Médio Godofredo Schneider, em Vila Velha – ES, que recebe alunos de diferentes classes sociais. Das cinco turmas em que o método foi aplicado, totalizando 149 alunos com idade média de 16 anos, apenas duas foram escolhidas para a realização do estudo de caso, visto que foi constatado que para estas, todos os alunos possuíam acesso à Internet em suas residências. A proposta da SAI foi implementada através de uma sequência didática desenvolvida de quatro momentos pedagógicos, constituídos por vídeos produzidos pelo professor para serem assistidos antes do momento presencial e atividades realizadas em sala de aula, sendo que estas envolveram trabalho em grupos de alunos, análise de experimento, discussão de vídeos apresentados pelo professor e utilização do método Instrução pelos Colegas.

Como produto educacional, o autor disponibiliza, na seção de anexos da dissertação, um guia com orientações para a implementação da Sala de Aula Invertida (SAI). Nesse, o autor apresenta brevemente concepções gerais sobre o método SAI, sem qualquer referência ou embasamento teórico, seguidamente por treze dicas destinadas a incentivar os professores a adotarem essa abordagem. Além disso, o guia contém dois tutoriais para softwares de edição, um de vídeo e outro de áudio. Por fim, para ilustrar a aplicação prática do SAI, o autor também inclui a sequência didática desenvolvida como parte de seu trabalho.

Em relação os trabalhos citados, faz-se necessário destacar a variedade de referenciais teóricos apresentados. Como fundamentação teórica para aplicação da SAI, Barbosa (2015) apresenta a Taxonomia de Bloom para o planejamento das atividades e no modelo instrucional de Gagné para desenvolvimento do seu produto educacional. De forma superficial, Tomanik (2015) também apresenta a Taxonomia de Bloom como apoio teórico para SAI. Por outro lado, Freitas (2015) analisa as características e compara as teorias construtivistas e sociointeracionistas, com ênfase em Piaget e Vygotsky, a fim de estabelecer conexões com os conceitos inerentes à SAI.

A metodologia de pesquisa utilizada nesses trabalhos pode ser caracterizada como predominantemente qualitativa. Os dados obtidos revelam majoritariamente as percepções dos participantes da pesquisa em relação a adoção da SAI. De forma geral, os autores dos trabalhos avaliaram de forma positiva a adoção da SAI em suas aulas, como podemos ver a seguir.

Barbosa (2015) acredita que o método se apresenta como uma solução para superar a desconexão que por vezes ocorre entre a escola, o professor e os estudantes, e, além disso, impulsiona a personalização do ensino, possibilitando que os professores possam conhecer melhor seus alunos e identificar as dificuldades de aprendizagem. Ao mesmo tempo, exige maior comprometimento e dedicação do professor para elaborar materiais e atividades.

Contudo, destaca que a aplicação do método gastou um tempo maior que as outras turmas em que os conteúdos de Movimento Circular Uniforme foram desenvolvidos por uma metodologia tradicional. Entendemos que este é fato negativo em seu trabalho, podendo ser atribuído a falta de experiência e rotina do professor com o método SAI, ou ainda, a falta de orientação por um colega que já tenha utilizado o método.

Tomanik (2015) ressalta que, durante a adoção da SAI, foi possível perceber a inversão de papéis, com o professor participante como orientador e o aluno como protagonista de sua própria aprendizagem. Para essa afirmação, destacamos que a experiência didática do autor contou com uma amostra de apenas 10 alunos de um curso de nível superior.

Freitas (2015) revela que, na percepção dos alunos, a SAI contribuiu para a aprendizagem dos conceitos físicos, o uso de videoaulas para a exposição prévia dos conteúdos foi avaliado positivamente e as atividades consideradas mais significativas para o aprendizado foram aquelas que privilegiaram a cooperação entre os colegas. Na percepção do autor, a SAI apresenta-se como um método adequado tanto para o ensino de conceitos quanto como fator motivacional para o estudo da Física.

Tendo em vista os trabalhos anteriores, mencionados nesta seção, acreditamos nas potencialidades da SAI como uma estratégia didática viável para o ensino de Física, sobretudo na educação básica e de nível médio. No entanto, para afirmações conclusivas acerca dos aspectos positivos e negativos relacionados ao processo de ensino e de aprendizagem dos alunos faz-se necessário uma maior quantidade de experiências e trabalhos relatados.

Em relação ao ensino de Física por intermédio do método SAI, apesar do crescente interesse por essa área do conhecimento, percebemos que o número de trabalhos científicos que relatam a experiência prática e os resultados obtidos são

incipientes (Deponti; Bulegon, 2018). Em vista disso, esperamos que este trabalho possa contribuir na avaliação dos variados aspectos relacionados a SAI.

O relato de experiência que será apresentado nesta dissertação apresenta algumas divergências em relação aos trabalhos mencionados nesta seção. Primeiramente, destacamos que nesses trabalhos, em alguns momentos, não percebemos com a devida clareza a importância e a localização do referencial teórico, ou da fundamentação teórica, na implementação da SAI.

Em nosso entendimento, a Sala de Aula Invertida é uma abordagem pedagógica alternativa. Essa estratégia envolve uma inversão das atividades tradicionais de sala de aula, em que os alunos estudam o conteúdo em casa e depois aplicam o que aprenderam na sala de aula, por meio de discussão, resolução de problemas e atividades práticas. Pelo exposto nessa seção, entendemos que não há um referencial teórico específico para a implementação da Sala de Aula Invertida.

Em vista disso, para o sucesso da SAI é fundamental adotarmos um referencial teórico que forneça o suporte adequado para elaborar a sequência didática, definindo com clareza os objetivos de aprendizagem, a ordem dos conteúdos a serem abordados e as atividades de ensino para o estudo prévio e os encontros presenciais.

Em relação ao produto educacional, em nosso trabalho o mesmo é fruto da sequência didática elaborada e do esforço empregado para desenvolver recursos didáticos adequados para adoção da SAI. Todos os materiais elaborados (apresentações de slides, videoaulas, textos selecionados, atividades para o estudo prévio e para os encontros presenciais) serão disponibilizados aos professores interessados em utilizar esses recursos em suas aulas. Não apresentaremos tutoriais dos softwares utilizados na elaboração dos recursos ou guias para a implementação da SAI.

No capítulo a seguir, dissertaremos sobre o referencial teórico utilizado para a construção deste trabalho, fundamental para elaboração da sequência didática.

3 A TEORIA DA APRENDIZAGEM SIGNIFICATIVA

Neste capítulo apresentamos o referencial teórico que orientou a elaboração da sequência didática para este trabalho, qual seja, a Teoria da Aprendizagem Significativa de David Paul Ausubel. Serão destacados os elementos principais da teoria e suas conexões com a elaboração dos materiais didáticos utilizados neste estudo.

3.1 Aprendizagem Significativa

De acordo com a perspectiva de Ausubel, a aprendizagem significativa acontece quando uma nova informação interage de maneira relevante com os conhecimentos já existentes na estrutura cognitiva do aprendiz. Esse conhecimento prévio, que pode assumir a forma de conceitos, ideias ou observações, é referido por Ausubel como "subsunçor" (Moreira, 1999).

A essência do processo de aprendizagem significativa, tal como já se verificou, consiste no facto de que novas ideias expressas de forma simbólica (a tarefa de aprendizagem) se relacionam àquilo que o aprendiz já sabe (a estrutura cognitiva deste numa determinada área de matérias), de forma não arbitrária e não literal, e que o produto desta interação ativa e integradora é o surgimento de um novo significado, que reflete a natureza substantiva e denotativa deste produto interativo. Ou seja, o material de instrução relaciona-se quer a algum aspecto ou conteúdo existente especificamente relevante da estrutura cognitiva do aprendiz, isto é, a uma imagem, um símbolo já significativo, um conceito ou uma proposição, quer a algumas ideias anteriores, de carácter menos específico, mas geralmente relevantes, existentes na estrutura de conhecimentos do mesmo (Ausubel, 2003, p. 70).

O subsunçor pode ter maior ou menor estabilidade cognitiva, estar mais ou menos diferenciado; ou seja, mais ou menos elaborado em termos de significados. Entretanto, quando o subsunçor serve de ancoragem para um novo conhecimento, ele próprio se modifica adquirindo novos significados, verificando outros já existentes, tornando-se progressivamente mais estável, mais diferenciado, mais rico em significados, podendo cada vez mais facilitar novas aprendizagens (Moreira, 2010).

Para Ausubel, a mente humana é capaz de armazenar informações de forma altamente organizada, estabelecendo uma hierarquia conceitual, onde elementos mais específicos do conhecimento são ligados a conceitos, ideias, proposições mais

gerais e inclusivas. Em oposição à aprendizagem significativa, Ausubel define que a aprendizagem é mecânica, ou memorística, quando o novo conhecimento é armazenado de forma literal e arbitrária, sem interagir com o conhecimento prévio existente na estrutura cognitiva do aprendiz (Ostermann; Cavalcanti, 2011).

As condições fundamentais para a aprendizagem significativa, de acordo com Ausubel, são as seguintes: (1) conhecimento prévio relevante, ou seja, os alunos devem possuir algum conhecimento prévio relacionado ao novo conteúdo que estão prestes a aprender; (2) material de ensino deve ser potencialmente significativo, isto é, apresentado de maneira clara, lógica e relevante, projetado para facilitar a compreensão e a conexão entre os novos conceitos e os conhecimentos prévios dos alunos.

A aprendizagem significativa exige que os aprendizes manifestem um mecanismo de aprendizagem significativa (ou seja, uma disposição para relacionarem o novo material a ser apreendido, de forma não arbitrária e não literal, à própria estrutura de conhecimentos) e que o material que apreendem seja potencialmente significativo para os mesmos, nomeadamente relacional com as estruturas de conhecimento particulares, numa base não arbitrária e não literal (Ausubel, 2003, p. 72).

A elaboração do material de aprendizagem potencialmente significativo, de acordo com a Aprendizagem Significativa, deve começar apresentando as situações mais gerais e inclusivas, os conceitos mais abrangentes, e progressivamente investigar os mais específicos, fornecendo condições para os estudantes fazerem diferenciação progressiva e reconciliação integradora.

O processo de assimilação sequencial de novos significados, a partir de sucessivas exposições a novos materiais potencialmente significativos, resulta na *diferenciação progressiva* de conceitos ou proposições, no conseqüente aperfeiçoamento dos significados e numa potencialidade melhorada para se fornecer ancoragem a aprendizagens significativas posteriores. Quando se apreendem conceitos ou proposições através de novos processos de aprendizagem de subsunção, subordinante ou combinatória, podem desenvolver-se significados novos e diferenciados e é possível que se possam resolver os significados conflituosos através de um processo de *reconciliação integradora* (Ausubel, 2003, p. 106).

Acerca dos processos de diferenciação progressiva e reconciliação integradora para uma aprendizagem significativa, Moreira argumenta que,

quando aprendemos de maneira significativa temos que progressivamente diferenciar significados dos novos conhecimentos adquiridos a fim de perceber diferenças entre eles, mas é preciso também proceder a reconciliação integradora. Se apenas diferenciarmos cada vez mais os significados, acabaremos por perceber tudo diferente. Se somente integrarmos os significados indefinidamente, terminaremos percebendo tudo igual (Moreira, 2010, p. 7).

Na visão de Ausubel, a variável mais importante para a aprendizagem significativa é o conhecimento prévio, ou seja, os subsunçores já existentes na estrutura cognitiva do aluno. No entanto, o aluno pode não dispor de subsunçores adequados para a aprendizagem de novos conhecimentos. Uma solução possível para superar essa eventual dificuldade é fazer uso de organizadores prévios antes de introduzir o aluno a um novo conhecimento (Moreira, 2010).

O organizador prévio é um recurso instrucional com maior nível de abstração, generalidade e inclusividade em comparação ao material instrucional. Diversos recursos educacionais podem servir de organizadores prévios, porém a condição para sua utilização é anteceder a apresentação do material de aprendizagem e que seja mais abrangente, mais geral e inclusivo que este.

No que tange a avaliação da aprendizagem significativa, sendo esta contrária à aprendizagem mecânica, podemos inferir que os métodos de avaliação de aprendizagem dos estudantes não devem ser os mesmos que no ensino tradicional. Avaliar por meio de provas objetivas, obtendo respostas do tipo certo ou errado, oportuniza uma aprendizagem memorística, sem significado e compreensão.

A avaliação da aprendizagem significativa deve ser predominantemente formativa e recursiva. É necessário buscar evidências de aprendizagem significativa, ao invés de querer determinar se ocorreu ou não. É importante a recursividade, ou seja, permitir que o aprendiz refaça, mais de uma vez se for o caso, as tarefas de aprendizagem. É importante que ele ou ela externalize os significados que está captando, que explique, justifique, suas respostas (Moreira, 2010, p. 24).

Portanto, para reconhecer nos estudantes uma aprendizagem significativa, deve-se avaliar a compreensão e assimilação de significados, também a capacidade de transferência do conhecimento a situações diferentes.

3.2 Apontamentos acerca do referencial teórico no desenvolvimento da proposta didática

Segundo Ostermann e Cavalcanti (2011), o ensino de Física com uma abordagem ausubeliana requer quatro tarefas fundamentais para o professor:

A primeira seria determinar a estrutura conceitual e proposicional de matéria de ensino, organizando os conceitos e princípios hierarquicamente. Uma segunda tarefa seria identificar quais os subsunçores relevantes à aprendizagem do conteúdo a ser ensinado, que o aluno deveria ter na sua estrutura cognitiva para poder aprender significativamente. Outra etapa importante seria determinar dentre os subsunçores relevantes, quais os que estão disponíveis na estrutura cognitiva do aluno. Finalmente, ensinar utilizando recursos e princípios que facilitem a assimilação da estrutura da matéria de ensino por parte do aluno e organização de suas próprias estruturas cognitivas nessa área de conhecimentos, através da aquisição de significados claros, estáveis e transferíveis (Ibid., p. 35 e 36).

Tendo em vista as orientações apresentadas, durante o planejamento e desenvolvimento do material instrucional, buscamos abordar os conceitos físicos de forma contextualizada e aproximada com o cotidiano dos estudantes, almejando “ativar” possíveis subsunçores relevantes à aprendizagem do conteúdo. Para tanto, fizemos uso de organizadores prévios (textos e questões instigantes) antes da apresentação do material de estudo (videoaula).

A elaboração do material de estudo foi realizada levando em consideração os organizadores prévios e a hierarquia dos aspectos relevantes do conteúdo, buscando apresentar os conceitos de forma decrescente em sua amplitude e crescente em significados, pretendendo possibilitar a diferenciação progressiva e a reconciliação integradora na estrutura cognitiva dos alunos.

Para atender o método SAI, os materiais de estudo foram disponibilizados antes dos encontros presenciais. Empenhamo-nos em elaborar materiais e atividades para o estudo prévio que possibilitassem a cada estudante encontrar, em sua estrutura cognitiva, conhecimentos prévios relacionados ao objeto de estudo.

Para os encontros presenciais, foram desenvolvidas atividades para resgatar o estudo prévio e desenvolver, na sala de aula, os diversos conceitos que foram apresentados no material instrucional. Construimos atividades que envolvessem a colaboração entre colegas, objetivando promover o debate entre os pares acerca dos principais conceitos físicos envolvidos. Além disso, as atividades foram elaboradas

visando fortalecer o papel de protagonista dos estudantes, atribuindo ao professor o papel de orientador e mediador no processo de aprendizagem.

4 PERCURSO METODOLÓGICO

Neste capítulo, inicialmente, faremos uma breve abordagem do contexto em que o trabalho foi aplicado. Apresentaremos os procedimentos de pesquisa e coleta de dados, bem como a concepção e elaboração da sequência didática aplicada.

4.1 O espaço e os sujeitos da pesquisa

O material instrucional elaborado neste trabalho foi aplicado no Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Sul – IFRS, na cidade de Veranópolis-RS, em uma turma do Curso Técnico em Administração Integrado ao Ensino Médio, composta por 30 estudantes. O Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Sul, criado pela Lei 11.892/2008, surgiu da fusão do Centro Federal de Educação Tecnológica de Bento Gonçalves, da Escola Técnica da Universidade Federal do Rio Grande do Sul, em Porto Alegre, da Escola Agrotécnica Federal de Sertão, do Colégio Técnico Industrial da Fundação Universidade de Rio Grande e da Escola Técnica Federal de Canoas. Atualmente, a instituição está presente em dezessete unidades: Alvorada, Bento Gonçalves, Canoas, Caxias do Sul, Erechim, Farroupilha, Feliz, Ibirubá, Osório, Porto Alegre, Restinga, Rio Grande, Rolante, Sertão, Vacaria, Veranópolis e Viamão.

O Câmpus Veranópolis, do qual o autor deste trabalho fez parte e onde a proposta didática foi desenvolvida, iniciou suas atividades em 2014. Em 2016, começou a oferecer os primeiros cursos técnicos subsequentes ao Ensino Médio, em Administração e Informática. Em 2018, deu-se início a oferta dos cursos superiores em Tecnologia em Análise e Desenvolvimento de Sistemas e Tecnologia em Processos Gerenciais. Em 2019, além dos cursos superiores, o câmpus passou a ofertar o Curso Técnico em Administração Integrado ao Ensino Médio, inicialmente oportunizando 30 vagas para a comunidade de Veranópolis e região.

O Curso Técnico em Administração Integrado ao Ensino Médio foi estruturado em regime anual, com uma carga horária de componentes curriculares distribuídas em três anos, e cada ano letivo dividido em três trimestres. Durante a elaboração Projeto Pedagógico do Curso, definiu-se por distribuir a disciplina de Física nos 1º e 3º anos do curso, com carga horária de 3 aulas semanais e de 50 minutos cada. Em

razão dessa escolha, na elaboração da ementa da disciplina foram atribuídos ao 1º ano os conteúdos de Mecânica e Termologia, e ao 3º ano os conteúdos de Ondas, Óptica Geométrica e Eletricidade e Magnetismo. Após a realização de um processo seletivo, todas as 30 vagas ofertadas foram preenchidas formando a primeira turma de nível médio do câmpus, sendo esses os sujeitos da pesquisa desse trabalho.

No que se refere a estrutura física do câmpus, o mesmo possui instalações adequadas e em excelentes condições para atender alunos e professores. As salas de aulas são bem iluminadas e ventiladas, possuem cadeiras e mesas confortáveis, quadro branco para escrever, e são equipadas com projetor multimídia e acesso a rede de Internet sem fio. O câmpus ainda possui biblioteca, quadra poliesportiva, área de convivência, e dois laboratórios de informática que podem ser utilizados para estudo, realização de trabalhos e acesso à Internet.

4.2 Procedimentos metodológicos de pesquisa

Para o desenvolvimento do presente trabalho, levando em consideração os objetivos propostos, o tipo de pesquisa adotado foi de natureza aplicada e a forma de abordagem do problema foi qualitativa. Em relação à pesquisa qualitativa, Prodanov e Freitas (2013) consideram que neste tipo de abordagem “há uma relação dinâmica entre o mundo real e o sujeito, isto é, um vínculo indissociável entre o mundo objetivo e a subjetividade do sujeito que não pode ser traduzido em números”.

A interpretação dos fenômenos e a atribuição de significados são básicas no processo de pesquisa qualitativa. Esta não requer o uso de métodos e técnicas estatísticas. O ambiente natural é a fonte direta para coleta de dados e o pesquisador é o instrumento-chave. Tal pesquisa é descritiva. Os pesquisadores tendem a analisar seus dados indutivamente. O processo e seu significado são os focos principais de abordagem (Ibid., p. 70).

Para Robert Yin (2016), a pesquisa qualitativa possibilita investigações detalhadas em uma variedade de tópicos cotidianos, oferecendo maior liberdade na escolha de temas de interesse, ao contrário de muitos outros métodos de pesquisa que podem ser limitados por diversas restrições. A ampla variedade de abordagens na pesquisa qualitativa torna difícil alcançar uma definição única e concisa desse tipo de investigação. No entanto, o autor identifica cinco características essenciais que definem um estudo qualitativo: (i) estudar o significado da vida das pessoas nas

condições da vida real, (ii) representando as opiniões e perspectivas dos participantes do estudo, (iii) abrangendo as condições contextuais em que vivem, (iv) contribuindo com revelações sobre conceitos existentes ou emergentes que explicam o comportamento social e humano, e (v) se esforça para utilizar múltiplas fontes de evidência em vez de depender de uma única fonte.

No contexto das abordagens qualitativas de pesquisa, existem várias metodologias com características específicas. Para este estudo, adotamos a metodologia do estudo de caso na perspectiva de Robert Yin (2001). Segundo o autor, o estudo de caso é uma abordagem entre várias usadas na pesquisa em Ciências Sociais, sendo especialmente adequada para investigar questões que abordam questões do tipo "como" e "por que", em situações em que o pesquisador tem controle limitado sobre os eventos e quando o interesse recai sobre características contemporâneas inseridas em contextos da vida real.

O estudo de caso é fundamental para compreender os indivíduos, organizacionais, sociais e políticos, preservando sua complexidade e significado em eventos da vida real, como ciclos de vida, processos organizacionais, mudanças urbanas, relações internacionais e desenvolvimento de setores. De acordo com o autor, o estudo de caso pode ser classificado como exploratório, descritivo ou explanatório, partindo de três condições que os diferenciam, quais sejam, o tipo de pergunta de pesquisa, o nível de controle do pesquisador sobre os eventos reais e o foco em eventos contemporâneos (Ibid.).

Um estudo de caso exploratório visa investigar um tema em profundidade quando há conhecimento limitado sobre ele, sem buscar generalizações. Um estudo de caso descritivo tem como objetivo descrever detalhadamente um evento ou situação específica, utilizando várias fontes de dados. Já o estudo de caso explanatório busca entender as causas e os efeitos de um fenômeno, frequentemente abordando questões relacionadas a relações de causa e efeito (Ibid.).

No que se refere aos projetos específicos para os estudos de caso, Yin (2001) distingue entre estudos de caso único e estudos de caso múltiplo com base em várias características que impactam a condução e os objetivos de pesquisa. A escolha entre um estudo de caso único e um estudo de caso múltiplo depende dos objetivos da pesquisa, das perguntas de pesquisa e da capacidade de generalização desejada. O estudo de caso único é adequado quando se busca uma compreensão profunda e rica

de um único contexto, enquanto o estudo de caso múltiplo é adequado quando se deseja comparar casos para identificar padrões ou verificar teorias em diferentes contextos.

No que tange ao pesquisador do estudo de caso, Yin destaca uma lista básica de habilidades exigidas, a saber: ser capaz de fazer boas perguntas e interpretar as respostas, ser um bom ouvinte, ser capaz de ser adaptável e flexível, ter uma noção clara das questões que estão sendo estudadas e ser imparcial em relação a noções preconcebidas (Ibid., p. 81). A coleta de dados para os estudos de caso pode se basear em muitas fontes de evidências, entretanto, Yin (2001) identifica e faz distinção entre seis fontes, a saber: (i) documentação: envolve a coleta e análise de documentos escritos, como relatórios, memorandos, registros, literatura relevante, dentre outros; (ii) registros em arquivos: refere-se à pesquisa em registros arquivados, que podem incluir documentos históricos, registros oficiais, arquivos eletrônicos e outros materiais arquivados relevantes para o estudo de caso; (iii) entrevistas: envolve a realização de entrevistas com participantes-chave, especialistas ou pessoas envolvidas no caso; (iv) observação direta: consiste na observação direta e sistemática do comportamento, ações e interações das pessoas envolvidas no caso; (v) observação participante: implica a participação ativa do pesquisador no ambiente e nas atividades do caso, interagindo com os participantes; (vi) artefatos físicos: envolve a análise de objetos físicos, produtos, artefatos ou qualquer item tangível relacionado ao caso.

O autor ainda destaca três princípios que devem ser incorporados na investigação de um estudo de caso para aumentar sua qualidade: (a) utilizar várias fontes de evidências, ou seja, evidências provenientes de duas ou mais fontes, mas que convergem em relação ao mesmo conjunto de fatos ou descobertas; (b) criar um banco de dados para o estudo de caso, isto é, uma reunião formal de evidências distintas a partir do relatório final do estudo de caso; (c) manter um encadeamento de evidências, isto é, ligações explícitas entre as questões feitas, os dados coletados e as conclusões a que se chegou (Ibid., p. 105).

O estudo de caso realizado neste trabalho, caracterizado como exploratório e de caso único, segundo a perspectiva de Yin (Ibid.), teve como unidade de análise os 30 estudantes do 1º ano do Curso Técnico em Administração Integrado ao Ensino Médio do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Sul,

Câmpus Veranópolis-RS, que experienciaram a implementação da sequência didática desenvolvida.

Na qualidade de instrumentos para produção de dados, foram elaborados uma ficha para autoavaliação do estudo prévio e um questionário de avaliação, com o intuito de coletar as percepções dos alunos acerca da sequência didática aplicada e das modificações no processo de ensino e de aprendizagem. A aplicação dos instrumentos ocorreu logo após o término da aplicação da sequência didática. Os participantes assinaram o Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (TCLE), autorizando o uso das respostas obtidas por meio dos instrumentos de pesquisa e das imagens dos encontros presenciais.

4.3 Concepção e elaboração de uma sequência didática sobre as Leis da Termodinâmica

Conforme já exposto, a sequência didática elaborada no presente trabalho tratou dos conteúdos de física relacionados ao estudo das Leis da Termodinâmica, organizando o conhecimento dos conceitos, propriedades e processos térmicos. A escolha desses conteúdos pode, em nossa compreensão, gerar motivação ao ser estudada, pois abrange conceitos essenciais em praticamente todas as áreas da Física.

Objetivando organizar e desenvolver os materiais para estudo sob a luz da Teoria da Aprendizagem Significativa, abordamos, inicialmente, o conceito de energia de forma abrangente, contextualizando e caracterizando nos fenômenos físicos do cotidiano, destacando os princípios de conservação e degradação e apresentando as Leis da Termodinâmica como consequência desses.

Procuramos estabelecer uma organização hierárquica do conhecimento, partindo de conceitos gerais e amplos seguindo para conceitos mais específicos e detalhados, proporcionando a diferenciação progressiva. Conjuntamente, ambicionamos possibilitar nos alunos a reconciliação integradora, visando promover a conexão de novos conceitos de maneira coesa e a resolução de conflitos de significado, para criar uma compreensão mais completa e harmoniosa do conteúdo.

Sobre o conceito de energia e sua conservação, o físico norte-americano Richard P. Feynman afirma que

existe um fato ou, se você preferir, uma *lei* que governa todos os fenômenos naturais conhecidos até agora. Não se conhece nenhuma exceção a essa lei – ela é exata, pelo que sabemos. A lei chama-se *conservação da energia*. Segundo ela, há uma certa quantidade, que denominamos energia, que não se modifica nas múltiplas modificações pelas quais passa a natureza (Feynman, 2004, p. 115).

Feynman ainda destaca que apesar da conservação da energia ser uma lei universal a quantidade de energia disponível para ser utilizada pela humanidade não obedece ao mesmo princípio:

[...] embora saibamos que a energia é conservada, a energia disponível para utilização humana não é conservada tão facilmente. As leis que governam quanta energia está disponível denominam-se *leis da termodinâmica* e envolvem um conceito chamado entropia para processos termodinâmicos irreversíveis (Feynman, 2004, p. 136).

Durante a elaboração da sequência didática, buscamos encontrar materiais em concordância com a distribuição dos conteúdos e abordagem dos conceitos que pretendíamos apresentar. Um dos utilizados foi Moreira (1998), onde o autor apresenta um texto didático para o ensino dos conceitos físicos energia, entropia e irreversibilidade sob a luz da Teoria de Aprendizagem Significativa.

Para o planejamento da sequência didática foram selecionadas quatro semanas no terceiro semestre do ano letivo correspondente. Cada semana possuía dois encontros presenciais, sendo o primeiro com duas aulas em sequência e o segundo com apenas uma aula, totalizando 8 encontros e 12 aulas. O tempo de cada aula foi de 50 minutos, completando 10 horas de encontros presenciais.

O Quadro 2 apresenta o planejamento para elaboração da sequência didática, destacando os temas e conteúdos trabalhados em cada semana, a sequência de abordagem dos conceitos envolvidos, bem como os objetivos de aprendizagem pretendidos aos estudantes.

Quadro 2 – Planejamento de conteúdos para a elaboração da sequência didática (continua).

1ª semana adotando a Sala de Aula Invertida	
Tema: Energia: suas formas e conservação.	
Conteúdos	Objetivos de aprendizagem a serem alcançados pelos estudantes
1. Conceito de energia	<ul style="list-style-type: none"> • Compreender e associar o conceito de energia a situações reais;

Quadro 2 – Planejamento de conteúdos para a elaboração da sequência didática (continuação).

2. Formas de energia 3. Transformação de energia 4. Lei da conservação da energia 5. Energia interna 6. Calor	<ul style="list-style-type: none"> • Reconhecer e exemplificar diferentes formas de energia em situações reais; • Identificar transformações de energia de uma forma em outra em situações reais; • Entender a conservação da energia como uma lei geral e reconhecê-lo em situações do cotidiano; • Compreender o conceito de energia interna de um corpo como o conjunto das energias de movimento e de interação das suas partículas; • Reconhecer o conceito de calor como energia em trânsito entre um sistema e sua vizinhança em razão de uma diferença de temperatura entre eles.
2ª semana adotando a Sala de Aula Invertida	
Tema: A primeira lei da termodinâmica.	
Conteúdos	Objetivos de aprendizagem a serem alcançados pelos estudantes
1. Variação da energia interna de um gás ideal; 2. Trabalho mecânico na expansão e na compressão de gases; 3. Primeira lei da Termodinâmica; 4. Transformações gasosas: isobárica, isocórica, isotérmica e adiabática.	<ul style="list-style-type: none"> • Compreender o conceito de energia interna de um gás ideal e sua variação nas transformações termodinâmicas; • Reconhecer a aplicação do conceito de trabalho nos sistemas que contenham gases; • Compreender a relação entre as grandezas calor, trabalho e variação de energia interna como um princípio da conservação da energia; • Compreender a 1ª lei da Termodinâmica como uma expressão do princípio da conservação da energia; • Aplicar a 1ª lei da Termodinâmica às diferentes transformações gasosas.
3ª semana adotando a Sala de Aula Invertida	
Tema: Entropia e a segunda lei da termodinâmica.	
Conteúdos	Objetivos de aprendizagem a serem alcançados pelos estudantes
1. Transformações reversíveis e irreversíveis 2. Ordem, desordem e entropia 3. Princípio da degradação da energia 4. Segunda lei da Termodinâmica	<ul style="list-style-type: none"> • Compreender transformações reversíveis e irreversíveis e analisar a probabilidade de ocorrência dessas em fenômenos cotidianos; • Compreender que no universo há uma tendência natural para o estado de maior desordem; • Compreender o conceito de entropia na perspectiva microscópica; • Compreender que a segunda lei da termodinâmica é uma expressão do princípio da degradação da energia.

Quadro 2 – Planejamento de conteúdos para a elaboração da sequência didática (conclusão).

4ª semana adotando a Sala de Aula Invertida	
Tema: Máquinas térmicas.	
Conteúdos	Objetivos de aprendizagem a serem alcançados pelos estudantes
1. Transformações cíclicas 2. Máquinas térmicas 3. Ciclo de Carnot 4. Máquinas frigoríficas	<ul style="list-style-type: none"> • Compreender, interpretar e utilizar diagramas que representem transformações gasosas cíclicas; • Reconhecer as partes e compreender as etapas do funcionamento de uma máquina térmica; • Compreender as relações entre calor e trabalho nas máquinas térmicas; • Compreender e avaliar o rendimento de uma máquina térmica; • Compreender e aplicar o ciclo de Carnot no funcionamento das máquinas térmicas ideais; • Reconhecer as partes e compreender as etapas do funcionamento de uma máquina frigorífica.

Fonte: Autoria própria.

4.3.1 Planejamento das atividades a partir da Sala de Aula Invertida

A sequência didática, estruturada com base na Sala de Aula Invertida, envolveu o desenvolvimento de materiais instrucionais para o estudo prévio realizado antes do encontro presencial, e de atividades específicas para os momentos presenciais. Segundo Schneiders (2018), são necessárias quatro ações fundamentais para o sucesso da SAI. Primeiramente, (i) realizar planejamento prévio de cada unidade de aprendizagem, e em seguida, (ii) elaborar os materiais de estudo e disponibilizá-los para os alunos antes das aulas presenciais. Ainda, (iii) incentivar o comprometimento dos alunos com a proposta, no sentido da autonomia e do protagonismo do seu aprendizado, e por fim, o (iv) comprometimento do professor em atuar como organizador dos conhecimentos nos momentos antes da aula, como orientador nos momentos em sala de aula, e como avaliador da aprendizagem ao término da aula.

Em relação ao estudo prévio, foram propostas três atividades aos alunos: fazer a leitura de um texto; responder uma questão; e assistir a videoaula produzida pelo professor. Durante a seleção e elaboração dos materiais e atividades, tivemos em vista abordar com clareza e contextualização os conteúdos desenvolvidos.

Para os encontros presenciais, foram planejadas atividades em grupos com o objetivo de promover a discussão, a compreensão, a integração e a colaboração entre

os colegas sobre os conhecimentos apresentados no material desenvolvido para o estudo prévio. Além dessas, foram planejadas atividades individuais, com o objetivo de verificar a aprendizagem dos alunos.

O Quadro 3 apresenta o planejamento de atividades para o estudo prévio e para sala de aula.

Quadro 3 – Planejamento das atividades adotando a Sala de Aula Invertida.

Tempo e espaço	Atividades realizadas pelos estudantes
Antes do encontro presencial (estudo prévio em casa)	1º. Fazer a leitura do texto indicado; 2º. Responder à questão instigante; 3º. Assistir a videoaula produzida pelo professor.
Durante o encontro presencial (na sala de aula)	1º. Para retomada do estudo prévio, tarefas realizadas em grupos de no máximo três estudantes; 2º. Para verificação da aprendizagem, tarefas realizadas individualmente pelos estudantes; 3º. Para integrar conhecimentos, tarefas realizadas em grupos de no máximo três estudantes.

Fonte: Autoria própria.

4.3.2 Elaboração dos materiais instrucionais para o estudo prévio

O principal material didático elaborado para o estudo prévio foi a videoaula, abordando os conteúdos relacionados ao tema da semana. Além disso, selecionamos textos disponíveis na Internet e, acerca destes, elaboramos questionamentos que, em conjunto, desempenharam o papel de organizadores prévios. Os textos indicados são artigos extraídos de sites de divulgação científica, estão relacionados ao conteúdo que foi trabalhado durante a semana e acreditamos que possuem um nível de leitura acessível aos estudantes (ver Anexo A).

Quanto à questão elaborada, procurou-se que esta pudesse provocar nos estudantes reflexões sobre o tema que seria posteriormente abordado na videoaula. Ademais, tinha por objetivo reconhecer os conhecimentos prévios acerca do que seria estudado na semana.

Em relação a videoaula, os conteúdos foram apresentados de modo que os estudantes pudessem relacionar ao que foi lido no texto indicado e ao que foi respondido na questão instigante. Os conceitos foram organizados e apresentados

com base na diferenciação progressiva e na reconciliação integradora, visando facilitar a aprendizagem dos estudantes, em consonância com os princípios da Teoria da Aprendizagem Significativa.

Todo o material instrucional destinado ao estudo prévio foi disponibilizado com antecedência ao encontro presencial, em Ambiente Virtual de Ensino e Aprendizagem (AVEA) Moodle⁹, administrado pelo IFRS.

O Quadro 4 apresenta as tarefas elaboradas e propostas para o estudo prévio de cada semana.

Quadro 4 – Tarefas planejadas para o estudo prévio (continua).

1ª semana adotando a Sala de Aula Invertida (de 31/10 a 06/11)
Tema: Energia: suas formas e conservação.
1ª tarefa - Leitura de texto (publicado no Moodle na quinta-feira, 31/10/2019). Título: A descoberta que mudou a humanidade. Disponível em: [acesso em 25 out. 2019] .
2ª tarefa - Responder questão (publicado no Moodle na sexta-feira, 01/11/2019). Questão: <i>O termo "energia" é muito presente no cotidiano das pessoas. Precisamos de energia em nossos corpos, em nossas residências, nos automóveis, nas máquinas, nos aparelhos, etc. Existem diversas situações onde o termo "energia" é empregado. Sendo assim, baseado na sua percepção, responda: O que é energia e como podemos obtê-la?</i>
3ª tarefa - Assistir Videoaula 01 (publicado no Moodle no domingo, 03/11/2019). Título: As leis da Termodinâmica - Energia: suas formas e conservação. Disponível em: [link para o vídeo] .
2ª semana adotando a Sala de Aula Invertida (de 07/11 a 13/11)
Tema: A primeira lei da termodinâmica.
1ª tarefa - Leitura de texto (publicado no Moodle na quinta-feira, 07/11/2019). Título: Os segredos que o frio esconde. Disponível em: [acesso em 07 nov. 2019] .
2ª tarefa - Responder questão (publicado no Moodle na quinta-feira, 07/11/2019). Questão: <i>Caro(a) aluno(a), pense, reflita e responda com sinceridade: Por que o desodorante aerossol parece frio em contato com a pele?</i>
3ª tarefa - Assistir Videoaula 02 (publicado no Moodle no domingo, 10/11/2019). Título: As leis da Termodinâmica - A primeira lei da Termodinâmica. Disponível em: [link para o vídeo] .

⁹ <https://moodle.ifrs.edu.br/login/index.php>

Quadro 4 – Tarefas planejadas para o estudo prévio (conclusão).

3ª semana adotando a Sala de Aula Invertida (de 14/11 a 20/11)
Tema: Entropia e a segunda lei da termodinâmica.
1ª tarefa - Leitura de texto (publicado no Moodle na quinta-feira, 14/11/2019). Título: O caos e a ordem. Disponível em: [acesso em 25 out. 2019] .
2ª tarefa - Responder questão publicado no Moodle na sexta-feira, 14/11/2019). Questão: <i>Você já deve ter ouvido que "é preciso economizar energia". Por exemplo: desligar as luzes para economizar eletricidade, dirigir de forma mais suave para economizar gasolina, etc. No entanto conhecemos o princípio da conservação da energia, importante lei da Física que diz: a energia total do Universo é constante; não pode ser criada nem destruída, mas apenas transformada em diversas modalidades. Sabendo disso, responda: Se a energia se conserva, por que precisamos economizá-la?</i>
3ª tarefa - Assistir Videoaula 03 (publicado no Moodle no domingo, 17/11/2019). Título: As leis da Termodinâmica - Entropia e a segunda lei da Termodinâmica. Disponível em: [link para o vídeo] .
4ª semana adotando a Sala de Aula Invertida (de 21/11 a 27/11)
Tema: Máquinas térmicas.
1ª tarefa - Leitura de texto (publicado no Moodle no sábado, 23/11/2019). Título: Entenda o que é termodinâmica e suas aplicações nos dias de hoje. Disponível em: [acesso em 23 nov. de 2019] .
2ª tarefa - Responder questão (publicado no Moodle no sábado, 23/11/2019) Questão: <i>Você conseguiria esfriar uma cozinha deixando aberta a porta do refrigerador e fechando a porta e as janelas da peça? Explique.</i>
3ª tarefa - Assistir a videoaula 04 (publicado no Moodle no domingo, 24/11/2019). Título: As leis da Termodinâmica - Máquinas térmicas. Disponível em: [link para o vídeo] .

Fonte: Autoria própria.

4.3.2.1 Sobre a elaboração dos textos

Para dar início ao estudo prévio dos estudantes, selecionamos um artigo que destaca a importância da utilização do fogo como instrumento de transformação da nossa sociedade e progresso da cultura humana. O autor versa sobre aproveitamento do fogo como fonte de energia desde sua descoberta por povos primitivos até a Revolução Industrial e o advento da máquina a vapor, culminado no grande processo de industrialização que nos levou ao atual estágio tecnológico. Ainda, afirma que compreender como ocorrem os processos de transformação de energia estabeleceu

a termodinâmica com um dos mais importantes ramos do conhecimento da física. Portanto, acreditamos que o artigo se tratava de um potencial organizador prévio dos conhecimentos que seriam abordados na primeira semana, haja vista que se aproximava do tema energia e dos conteúdos propostos para a semana e seguintes.

A respeito do segundo, inicialmente o autor aborda situações em que podemos encontrar temperaturas extremamente baixas, citando o zero absoluto como sendo o limite inferior para a grandeza e impossível de ser atingido na natureza. Logo após, o texto versa sobre a primeira lei da Termodinâmica relacionando com os conceitos de conservação de energia, calor, transferência de energia e trabalho, estabelecendo concordância com o tema e conteúdos propostos para segunda semana. Ainda, o autor faz menção ao histórico de busca por uma máquina ideal e a consequente impossibilidade natural de um rendimento de 100%.

Para a terceira semana, o texto selecionado inicialmente apresenta ideias de ordem e desordem relacionadas ao cotidiano das pessoas. Em sequência o autor aborda o conceito de entropia, estabelecendo sua relação com a ordem e desordem de sistemas físicos. Ainda, estabelecendo a relação do conceito com a segunda lei da termodinâmica. Posto isto, percebemos que o artigo escolhido se encaixa com o tema e os conteúdos propostos para a semana em questão, e sendo assim, acreditamos que este é um potencial organizador prévio para o estudo dos estudantes.

Finalmente, o texto selecionado para a quarta e última semana apresenta uma abordagem geral ao estudo da termodinâmica. Trata-se de uma entrevista com o professor Cláudio Furukawa, do laboratório didático do Instituto de Física da Universidade de São Paulo (USP), que responde perguntas acerca do tema Termodinâmica abordando a área de estudo e suas aplicações nos dias atuais. Acreditamos que o texto selecionado cumpre o papel de resgatar e contextualizar os tópicos de Termodinâmica abordados nas semanas anteriores, além de servir como organizador prévio para as outras atividades da última semana.

4.3.2.2 Sobre a elaboração das questões

A primeira questão aborda o termo energia e tinha um intuito de fazer com que os alunos pudessem expressar suas percepções acerca deste. Procurou-se reconhecer os conhecimentos prévios dos alunos acerca do tema. O conceito de

energia, suas formas, transformação e conservação, são o tema da primeira semana e foram retomados tanto na videoaula como nas atividades presenciais.

Para segunda semana elaboramos uma questão aborda uma situação cotidiana. Assim como na primeira, a questão tinha por objetivo reconhecer os conhecimentos prévios existentes a respeito da situação apresentada. Os conhecimentos necessários para responder à questão foram apresentados na videoaula e a situação foi retomada em uma demonstração de experiência na sala de aula.

Para terceira semana propusemos aos alunos uma reflexão estabelecendo uma relação entre uma expressão comum no cotidiano das pessoas, a necessidade de economizar energia, com o princípio da conservação de energia. Essa mesma reflexão é retomada na videoaula e durante as atividades presenciais.

A questão da quarta e última semana propõe uma reflexão acerca de uma situação hipotética. Procurou-se provocar nos alunos uma retomada dos conhecimentos e conteúdos trabalhados tanto no estudo prévio como nas atividades presenciais nas três semanas anteriores. A situação indicada na questão foi abordada novamente nas atividades presenciais.

4.3.2.3 Sobre a elaboração das videoaulas

Se realizarmos uma breve pesquisa na Internet, em especial no YouTube¹⁰, será possível encontrar diferentes formatos de videoaulas. Algumas apresentarão a gravação de um professor em sala de aula utilizando lousa e giz, entretanto, outras poderão ser grandes produções que envolvem estúdios de gravação e habilidade profissional em edição de vídeos.

Diante dos inúmeros formatos diferentes, buscamos reconhecer aquele que estivesse mais próximo das possibilidades do autor deste trabalho, entendendo que este não possuía acesso ou experiência com estúdio de gravação, câmeras filmadoras, ambiente com iluminação adequada, entre outros. Por conseguinte, a produção de videoaulas para este trabalho teve por princípio utilizar os recursos físicos e tecnológicos presentes na rotina do autor, e ainda, que acreditamos serem possíveis para grande parcela dos professores do país.

¹⁰ <https://www.youtube.com/>

Isto posto, optamos pelo formato conhecido por *screencast*, que se constitui na gravação digital de saída de tela de computador, também conhecida como captura de tela de vídeo ou uma gravação de tela, geralmente contendo narração em áudio. Nesse formato, decidimos por elaborar e gravar quatro apresentações de slides, cada uma contendo a aula planejada para semana em questão.

As videoaulas foram produzidas na residência do autor deste trabalho utilizando os seguintes recursos tecnológicos: notebook pessoal, com webcam e microfone integrados, bem como softwares para produção de slides, para gravação digital de saída de tela de computador e para edição de vídeos. Ainda, foi utilizado um microfone de lapela com o objetivo de obtermos uma gravação de áudio com qualidade brevemente superior àquela captada pelo microfone integrado ao notebook.

No que se refere aos softwares para produção das videoaulas, foram utilizados o Microsoft PowerPoint¹¹ da elaboração das apresentações gráficas, o Open Broadcaster Software (OBS)¹² para gravação das apresentações e o Shotcut¹³ para edição dos vídeos. Com exceção do Microsoft PowerPoint, os dois outros estão disponíveis gratuitamente para download na Internet.

Definidos o formato da videoaula e os recursos necessários para sua elaboração, deu-se início a construção das apresentações gráficas, slides, tendo em mente o planejamento e a organização dos conteúdos a serem abordados durante as quatro semanas adotando o método SAI. As apresentações foram organizadas em quatro partes: introdução, desenvolvimento dos conteúdos, revisão e encerramento. A introdução tinha por objetivo apresentar situações contextualizadas com os conteúdos que seriam abordados. Em sequência, iniciava-se o desenvolvimento dos conteúdos, sendo essa a maior parte da apresentação. Logo após, uma breve revisão retomando os principais conceitos desenvolvidos. Por último, encerramos a apresentação citando os principais conceitos que serão abordados na próxima videoaula.

Objetivando uma melhor compreensão dos conceitos e exemplos, na construção dos slides foram utilizadas diversas imagens e ilustrações, essas foram obtidas na Internet, com licença livre para uso e reprodução, ou produzidas pelo

¹¹ <https://www.microsoft.com/pt-br/microsoft-365/powerpoint>



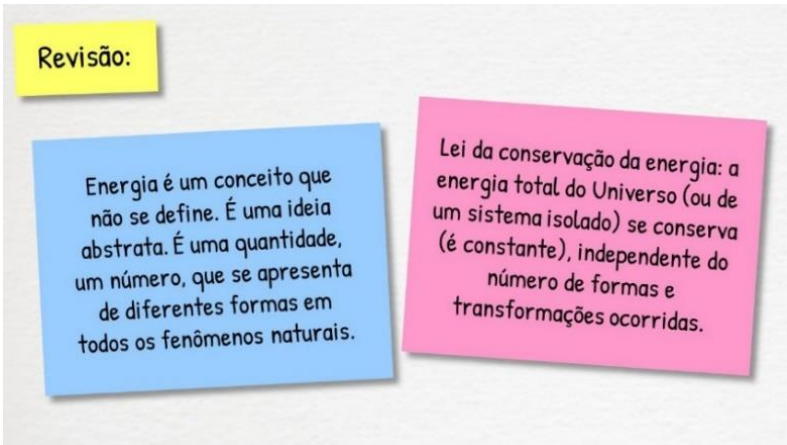
¹² <https://obsproject.com/pt-br>

¹³ <https://shotcut.org/>

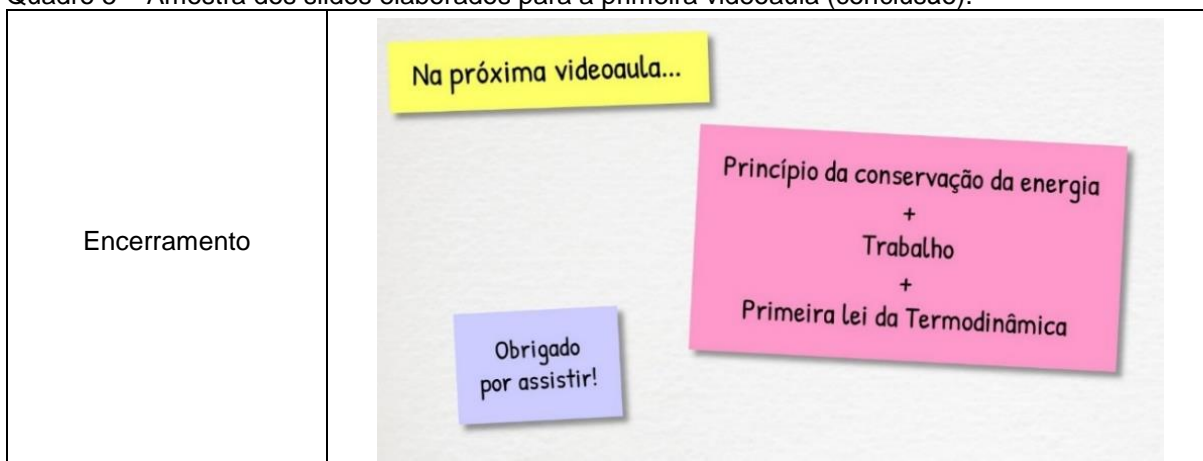
professor, autor deste trabalho. Ainda, foram utilizados os efeitos de animação disponíveis no Microsoft PowerPoint, fazendo os elementos gráficos aparecerem, desaparecerem ou se moverem durante a apresentação dos slides.

A seguir, o Quadro 5 apresenta uma amostra dos slides elaborados para cada parte da apresentação para a primeira videoaula.

Quadro 5 – Amostra dos slides elaborados para a primeira videoaula (continua).

Parte	Amostra dos slides elaborados
Introdução	 <p>Para começo de conversa...</p> <p>Desenvolvimento da Termodinâmica Século XIX</p> <p>Motor a vapor</p> <p>Motor móvel a vapor</p> <p>Trator a vapor</p>
Desenvolvimento	 <p>A energia interna...</p> <p>A energia interna de um corpo está relacionada com a movimentação das partículas que o compõe.</p> <p>menor movimentação das partículas</p> <p>menor energia interna</p> <p>maior movimentação das partículas</p> <p>maior energia interna</p> <p>Forjando o metal quente</p>
Revisão	 <p>Revisão:</p> <p>Energia é um conceito que não se define. É uma ideia abstrata. É uma quantidade, um número, que se apresenta de diferentes formas em todos os fenômenos naturais.</p> <p>Lei da conservação da energia: a energia total do Universo (ou de um sistema isolado) se conserva (é constante), independente do número de formas e transformações ocorridas.</p>

Quadro 5 – Amostra dos slides elaborados para a primeira videoaula (conclusão).



Fonte: Autoria própria.

Finalizada a elaboração da apresentação de slides, iniciamos a gravação das videoaulas. Diferentemente da prática na sala de aula, com a presença dos alunos, este trabalho é um ato solitário do professor. Fazendo uso da apresentação de slides, o professor ministra sua aula para a câmera.

Conforme exposto anteriormente, utilizamos o software Open Broadcaster Software (OBS) para fazer a gravação da tela do computador e para transformar a gravação original na versão final da videoaula utilizamos o Shotcut, software editor de vídeo. Embora tivéssemos inexperiência com os softwares citados e a tarefa a ser realizada, encontramos suporte nos diversos vídeos tutoriais disponíveis no YouTube. É relevante destacar que existem diversos softwares de edição de vídeo disponíveis para download na Internet, entretanto, alguns podem ser utilizados somente mediante a compra da licença, do contrário, exibem uma marca d'água no resultado final dos vídeos editados.

Em razão da falta de experiência do professor com produção de videoaulas, as gravações geravam arquivos grandes, com muitos erros de locução, pausas, e a consequente repetição daquilo que deveria ser dito de forma correta. As características pessoais do modo de se expressar, haja vista de que o autor não se trata de alguém profissional da área audiovisual, tornou a produção dos vídeos um processo que demandou muito tempo, tanto para gravação como para edição dos vídeos.

Finalizada a videoaula, essa era imediatamente publicada no canal pessoal do professor no YouTube e o seu endereço eletrônico publicado no AVAE Moodle da turma. Ainda, era encaminhado um aviso para os alunos, via e-mail institucional, com

o endereço eletrônico e as informações pertinentes as tarefas de estudo prévio para semana.

Reconhecemos que a inexperiência com a produção de vídeos e a consequente demanda de tempo para concluí-los ocasionou atrasos na publicação das videoaulas. À vista disso, o tempo disponível para visualização das videoaulas pelos alunos ficou aquém do desejado pelo autor do trabalho.

As publicações ocorreram entre 17 h e 18 h 30 min dos domingos que antecediam o primeiro encontro presencial, nas segundas-feiras, às 15 h 50 min. Portanto, nenhuma videoaula esteve disponível para visualização com antecedência superior a 24 horas ao momento presencial. Em consequência, os alunos precisaram fazer o estudo prévio no sábado à noite ou na segunda-feira pela manhã.

4.3.3 A sequência didática elaborada

Nesta seção, apresentamos a sequência didática elaborada para abordar as Leis da Termodinâmica, adotando o método Sala de Aula Invertida. Previamente, já expomos detalhadamente os conteúdos selecionados, os objetivos de aprendizagem almejados e os materiais desenvolvidos para o estudo prévio. Agora, incluímos as atividades presenciais conduzidas em sala de aula, que tiveram por objetivo o resgate, o debate e a aplicação dos conceitos apresentados no estudo prévio.

Procuramos diversificar as atividades realizadas em sala de aula, mesclando questões abertas e fechadas, resolução de problemas, observação e descrição de demonstrações experimentais, uso de simulações virtuais, confecção de mapas mentais, entre outros.

Ademais, planejamos que algumas das atividades fossem realizadas em grupos de estudantes, favorecendo o compartilhamento de conhecimentos e a colaboração entre os colegas; outras foram realizadas de forma individual, permitindo que os estudantes expressassem os conhecimentos adquiridos. No Apêndice B todas as atividades desenvolvidas encontram-se disponíveis.

Para melhor compreender todas as atividades desenvolvidas, antes e após os encontros, optamos por descrever a sequência didática de forma individualizada por semana de execução. Retomamos informações fornecidas previamente nesse trabalho, para facilitar a organização e compreensão da proposta, e descrevemos os

momentos e atividades elaboradas para os encontros presenciais. No Quadro 6, apresentamos a sequência didática desenvolvida para primeira semana.

Quadro 6 – Sequência didática elaborada para primeira semana.

Tema: Energia: suas formas e conservação.	
Conteúdos: Conceito de energia, formas de energia, transformação de energia, lei da conservação da energia, energia interna e calor.	
Tarefas antes do encontro presencial (estudo prévio em casa).	
1º. Fazer a leitura do texto “A descoberta que mudou a humanidade”; 2º. Responder à questão “O que é energia e como podemos obtê-la?”; 3º. Assistir a videoaula “As leis da Termodinâmica - Energia: suas formas e conservação”.	
Atividades durante os encontros presenciais (na sala de aula).	
1º encontro 2 aulas 100 min	1º momento: Fazer questionamentos aos alunos referentes ao estudo prévio. Perguntar se houve dificuldades em realizá-lo, se existem dúvidas pertinentes ao conteúdo apresentado, ou ainda, se alguém tem alguma outra manifestação a fazer. Tempo estimado: no máximo 15 minutos. 2º momento: Dividir a turma em grupos de três alunos e distribuir a primeira atividade para o encontro. A atividade elaborada pretende resgatar o conteúdo apresentado na videoaula 01, visando a colaboração dos colegas e, se necessário, o auxílio do professor. Tempo estimado: 60 minutos. 3º momento: Separar os grupos para os alunos realizarem de forma individual a segunda atividade para o encontro. A atividade elaborada solicita que o aluno se expresse escrevendo sobre os conceitos de energia, conservação da energia, energia interna e calor. Tempo estimado: 25 minutos.
2º encontro 1 aula 50 min	1º momento: Encaminhar os alunos para o laboratório de informática. Tempo estimado: 5 minutos. 2º momento: Dividir a turma em dois alunos por computador e entregar a atividade para o encontro. A atividade foi elaborada para ser realizada explorando a simulação sobre “Formas de Energia e Transformações”, do projeto PhET. Tempo estimado: 45 minutos.

Fonte: Autoria própria.

Na primeira semana, concentramos nosso objeto de estudo no conceito de energia, ofertando aos estudantes possibilidades de reconhecerem diferentes formas e transformações de energia. Somando os dois encontros da semana, apenas em um momento os estudantes realizaram atividade de forma individual, mostrando nossa clara intenção de proporcionarmos a colaboração entre os colegas e o auxílio do professor na realização das atividades.

A segunda semana concentrou o maior recorte de conteúdo. Em razão disso, elaboramos atividades para desenvolver desde os conceitos fundamentais à primeira Lei da Termodinâmica e até as transformações gasosas envolvidas. Assim sendo, elaboramos demonstrações experimentais para que os estudantes observassem os fenômenos e conseguissem relacionar com o conteúdo desenvolvido na semana. O Quadro 7 compreende a sequência didática da segunda semana.

Quadro 7 – Sequência didática elaborada para segunda semana.

Tema: A primeira lei da termodinâmica.	
Conteúdos: variação da energia interna de um gás ideal, trabalho mecânico na expansão e na compressão de gases, primeira lei da Termodinâmica e transformações isobárica, isocórica, isotérmica e adiabática.	
Tarefas antes do encontro presencial (estudo prévio).	
<p>1º. Fazer a leitura do texto “Os segredos que o frio esconde”;</p> <p>2º. Responder à questão “Por que o desodorante aerossol parece frio em contato com a pele?”;</p> <p>3º. Assistir a videoaula “As leis da Termodinâmica - A primeira lei da Termodinâmica”.</p>	
Atividades durante os encontros presenciais (na sala de aula).	
3º encontro 2 aulas 100 min	<p>1º momento: Fazer questionamentos aos alunos referentes ao estudo prévio. Perguntar se houve dificuldades em realizá-lo, se existem dúvidas pertinentes ao conteúdo apresentado, ou ainda, se alguém tem alguma outra manifestação a fazer. Tempo estimado: no máximo 10 minutos.</p> <p>2º momento: Dividir a turma em grupos de três alunos e distribuir a primeira atividade para o encontro. A atividade elaborada pretende resgatar o conteúdo apresentado na videoaula 02, visando a colaboração dos colegas e, se necessário, o auxílio do professor. Tempo estimado: 70 minutos.</p> <p>3º momento: Separar os grupos para os alunos realizarem de forma individual a segunda atividade para o encontro. A atividade elaborada solicita que o aluno responda cinco questões de múltipla escolha, acerca dos conteúdos desenvolvidos na primeira atividade. Tempo estimado: 20 minutos.</p>
4º encontro 1 aula 50 min	<p>1º momento: Dividir a turma em grupos de três alunos e distribuir a atividade elaborada para o encontro. Nela, o grupo precisa explicar os fenômenos observados nas demonstrações experimentais realizadas pelo professor, relacionando-os com a primeira lei da Termodinâmica e as transformações gasosas. Tempo estimado: 5 minutos.</p> <p>2º momento: Realizar as demonstrações experimentais, contando com o auxílio de um ou dois alunos, quando necessário. Durante a realização dos experimentos, fazer questionamentos aos alunos sobre os fenômenos observados. Tempo estimado: 45 minutos.</p>

Fonte: Autoria própria.

No Quadro 8, apresentamos a sequência didática desenvolvida para terceira semana.

Quadro 8 – Sequência didática elaborada para terceira semana.

Tema: Entropia e a segunda lei da termodinâmica.	
Conteúdos: transformações reversíveis e irreversíveis, ordem, desordem e entropia, princípio da degradação da energia e segunda lei da Termodinâmica.	
Tarefas antes do encontro presencial (estudo prévio).	
<p>1º. Fazer a leitura do texto “O caos e a ordem”;</p> <p>2º. Responder à questão “Se a energia se conserva, por que precisamos economizá-la?”;</p> <p>3º. Assistir a videoaula “As leis da Termodinâmica - Entropia e a segunda lei da Termodinâmica”.</p>	
Atividades durante os encontros presenciais (na sala de aula).	
<p>5º encontro 2 aulas 100 min</p>	<p>1º momento: Fazer questionamentos aos alunos referentes ao estudo prévio. Perguntar se houve dificuldades em realizá-lo, se existem dúvidas pertinentes ao conteúdo apresentado, ou ainda, se alguém tem alguma outra manifestação a fazer. Tempo estimado: no máximo 10 minutos.</p> <p>2º momento: Dividir a turma em grupos de três alunos e distribuir a primeira atividade para o encontro. A atividade elaborada pretende resgatar o conteúdo apresentado na videoaula 03, visando a colaboração dos colegas e, se necessário, o auxílio do professor. Tempo estimado: 70 minutos.</p> <p>3º momento: Separar os grupos para que os alunos realizem, de forma individual, a segunda atividade do encontro. A atividade elaborada solicita que o aluno retorne ao estudo prévio e responda novamente à pergunta 'Se a energia se conserva, por que precisamos economizá-la?', considerando as Leis da Termodinâmica. Tempo estimado: 20 minutos.</p>
<p>6º encontro 1 aula 50 min</p>	<p>1º momento: O professor apresenta um experimento que envolve a dissolução em água de uma pastilha efervescente de vitamina C. Durante o experimento, o professor faz questionamentos aos alunos sobre o que é observado. Tempo estimado: 15 minutos.</p> <p>2º momento: Dividir a turma em grupos de três alunos e distribuir a atividade elaborada para o encontro, intitulada de “a desordem dos feijões”, cujo objetivo é compreender o conceito de entropia por meio de um modelo experimental Tempo estimado: 35 minutos.</p>

Fonte: Autoria própria.

O segundo encontro da terceira semana concentrou atividades de estudo do conceito de entropia, haja vista que esse conceito não é, de maneira geral, familiar para os estudantes, tão pouco abordado no Ensino Médio. As atividades experimentais elaboradas tiveram por objetivo promover a compreensão sobre o sentido natural das transformações em sistemas físicos.

Por último, no Quadro 9, apresentamos a sequência didática desenvolvida para quarta semana.

Quadro 9 – Sequência didática elaborada para quarta semana.

Tema: Máquinas térmicas.	
Conteúdos: transformações cíclicas, máquinas térmicas, ciclo de Carnot, máquinas frigoríficas.	
Tarefas antes do encontro presencial (estudo prévio).	
1º. Fazer a leitura do texto “Entenda o que é termodinâmica e suas aplicações nos dias de hoje”; 2º. Responder à questão “Você conseguiria esfriar uma cozinha deixando aberta a porta do refrigerador e fechando a porta e as janelas da peça? Explique.”; 3º. Assistir a videoaula “As leis da Termodinâmica - Máquinas térmicas”.	
Atividades durante os encontros presenciais (na sala de aula).	
7º encontro 2 aulas 100 min	1º momento: Fazer questionamentos aos alunos referentes ao estudo prévio. Perguntar se houve dificuldades em realizá-lo, se existem dúvidas pertinentes aos conteúdos apresentados, ou ainda, se alguém tem alguma outra manifestação a fazer. Tempo estimado: no máximo 10 minutos. 2º momento: Dividir a turma em grupos de três alunos e distribuir a única atividade elaborada para o encontro. A atividade pretende resgatar os conteúdos apresentados na videoaula 04, visando a colaboração dos colegas e, se necessário, o auxílio do professor. Tempo estimado: 90 minutos.
8º encontro 1 aula 50 min	1º momento: Organizar os alunos para realizarem de forma individual a tarefa elaborada para o encontro. Tempo estimado: 5 minutos. 2º momento: Distribuir a cada aluno a tarefa elaborada para o último encontro, na qual é solicitado que se desenvolva um mapa mental abordando os conceitos relacionados às Leis da Termodinâmica. Para o auxiliar os alunos, foi adicionado na tarefa uma lista com palavras-chave/conceitos relacionados ao tema da proposta. Tempo estimado: 45 minutos.

Fonte: Autoria própria.

Para a última semana da sequência didática, não elaboramos atividades relacionadas a demonstrações experimentais ou uso de simuladores virtuais. Concentramo-nos em produzir tarefas que pudessem realizar o resgate do que foi apresentado ao longo das semanas e, ao mesmo tempo, promover a consolidação do que foi aprendido. No próximo capítulo, apresentamos os relatos dos encontros presenciais, detalhando os momentos e as atividades realizadas.

5 RELATO DE IMPLEMENTAÇÃO DA SEQUÊNCIA DIDÁTICA

Os encontros presenciais ocorreram entre 04 e 27 de novembro de 2019, às segundas e quartas-feiras. Nas segundas-feiras, os encontros tinham duração de duas aulas, das 15 h 50 min às 17 h 30 min, iniciando após o intervalo entre o terceiro e o quarto períodos. Nas quartas-feiras, os encontros tinham duração de uma aula, também iniciando após o intervalo.

O encontro de segunda-feira era o primeiro após o estudo prévio; portanto, as atividades elaboradas tinham por objetivo resgatar os conhecimentos apresentados na videoaula, promover a colaboração entre os colegas e avaliar o aprendizado individual de cada aluno. Para o encontro de quarta-feira, o objetivo era integrar conhecimentos entre os alunos através de atividades práticas, entre elas o uso de laboratório virtual de física e demonstrações de experiências realizadas pelo professor. A seguir, faremos um breve relato individual dos encontros presenciais.

5.1 Primeiro encontro presencial (segunda-feira, 04 de novembro de 2019)

Após soar o sinal para o fim do intervalo e início do quarto período, os alunos se encaminharam para sala de aula onde o professor já os aguardava. Imediatamente foi solicitado que se acomodassem em suas cadeiras e mesas para iniciarmos com as atividades. Era possível perceber uma expectativa em relação a realização do método de ensino que estava sendo proposto.

Os primeiros 15 minutos do encontro foram utilizados para questionamentos a respeito das atividades propostas no estudo prévio. Poucos alunos se manifestaram, sendo que esses disseram que não haviam ocorridos problemas ou dificuldade de acesso aos materiais elaborados. Entretanto, houve um estranhamento em razão da primeira videoaula ser apenas narrada e não apresentar a gravação da imagem do professor. Disseram que compreensão dos conteúdos seria melhor se houvesse a imagem do professor no vídeo. Por esse motivo, as videoaulas seguintes passaram a conter uma pequena janela com a gravação do professor durante a explicação dos conteúdos apresentados nos slides.

O motivo para a primeira videoaula não apresentar a gravação do professor foi o entendimento pessoal desse de que aquele material produzido poderia ser utilizado

por outros professores, após a formatação do produto educacional, e de que talvez a presença do autor não fosse interessante ou relevante para aqueles que desejassem usar em suas aulas os mesmos materiais elaborados neste trabalho.

Acreditamos que esse entendimento tenha sido um equívoco, tendo em vista que existem diversas videoaulas disponíveis na Internet, em diversos formatos, sendo que em muitas está presente a imagem do professor explicando os conteúdos. Essa condição não deve ser um impeditivo para que outros professores possam utilizá-las com seus alunos.

Posteriormente aos questionamentos acerca do estudo prévio, foi solicitado aos estudantes se reunirem em grupos de três alunos para realização da primeira atividade (ver Apêndice B). O objetivo foi a retomada e o compartilhamento de percepções acerca dos conteúdos apresentados na videoaula e demais atividades propostas no estudo prévio.

Os alunos tiveram cerca de 50 minutos para concluí-la, respondendo a três questões fechadas, de múltipla escolha, e cinco questões abertas. Durante a realização da atividade, o professor circulou em todos os grupos, auxiliando no desenvolvimento e tirando dúvidas quando solicitado. Ainda, foi permitido aos alunos usarem as anotações realizadas durante o estudo prévio durante o desenvolvimento da atividade.

Esgotado o tempo para conclusão da primeira atividade, foi solicitado aos alunos que se separassem e retornassem aos seus lugares, reorganizando sala de aula em cinco colunas de mesas e cadeiras. O tempo restante da aula, cerca de 30 minutos, foi utilizado para realização da segunda atividade (ver Apêndice B), essa de forma individual, elaborada com a intenção de reconhecer nos alunos conhecimentos adquiridos sobre os conteúdos abordados no estudo prévio e na atividade anterior. Para essa não foi permitida consulta nas anotações do caderno, porém foi dito que havia liberdade na forma como eles iriam apresentar os conhecimentos acerca dos conceitos solicitados.

Na medida que os primeiros alunos finalizavam a atividade, o professor passava em suas mesas recolhendo-as. O encontro se encaminhou para o fim dessa forma, até esgotar o tempo da aula e o professor recolher as últimas atividades que ainda não haviam sido entregues.

Figura 1 – Alunos realizando a segunda atividade do primeiro encontro.



Fonte: Autoria própria.

5.2 Segundo encontro presencial (quarta-feira, 06 de novembro de 2019)

Para o segundo encontro, elaboramos uma atividade experimental virtual (ver Apêndice B) utilizando uma simulação do projeto PhET Simulações Interativas da Universidade do Colorado em Boulder, disponível gratuitamente na Internet. O objetivo foi explorar diferentes fontes de energia, demonstrar transformações de energia e possibilitar uma melhor compreensão do princípio da conservação de energia.

Para realizar a atividade, os alunos foram encaminhados para um dos laboratórios de informática do câmpus, organizados em duplas e cada um ocupou um computador. Também receberam uma folha impressa com a atividade proposta, sendo essa possuía cinco questões a serem desenvolvidas no simulador para serem respondidas (ver Apêndice B).

5.3 Terceiro encontro presencial (segunda-feira, 11 de novembro de 2019)

Seguindo a mesma organização da primeira semana, o encontro iniciou com uma breve retomada ao estudo prévio. Novamente os alunos foram questionados sobre a participação nas atividades propostas. Alguns se manifestaram argumentando que não tiveram tempo ou que esqueceram de realizar as tarefas em casa. Outros consideraram a videoaula extensa por possuir 35 minutos de duração, condição que gerou desmotivação para alguns realizarem a tarefa com dedicação.

Ainda sobre a videoaula, a maioria dos alunos aprovaram o fato de que nessa estava presente a gravação do professor durante a explicação e apresentação dos slides, o que não ocorreu na primeira e foi motivo para críticas. Os mesmos argumentaram que a compreensão foi facilitada com a visualização do professor.

Após esse primeiro momento de questionamentos sobre o estudo prévio, os alunos reuniram-se em grupos de três componentes para realização da primeira atividade do encontro. Assim como na semana anterior, a primeira atividade buscou fazer o resgate do estudo prévio com questões que abordavam os conteúdos apresentados na videoaula. Cada grupo recebeu uma folha, impressa frente e verso, com as questões a serem respondidas (ver Apêndice B).

Essa atividade utilizou o tempo restante do encontro. Durante a sua realização, o professor circulou entre os grupos auxiliando na resolução das questões, quando necessário, e sanando as dúvidas daqueles que solicitavam algum esclarecimento.

A última questão da atividade envolvia a resolução de um problema utilizando as fórmulas matemáticas apresentadas na 2ª videoaula. Para auxiliar na resolução, o professor chamou a atenção da turma para que observassem o quadro branco da sala, onde a questão foi explicada e dicas para resolvê-la foram apresentadas.

Ainda para esse encontro, havia sido planejada uma atividade individual que consistia na resolução de cinco questões de múltipla escolha. Porém, essa atividade foi realizada no ambiente virtual devido ao fato da primeira atividade ter requerido um tempo maior que o planejado.

5.4 Quarto encontro presencial (quarta-feira, 13 de novembro de 2019)

Para esse encontro foram elaboradas quatro práticas experimentais de demonstração, realizadas pelo professor. A atividade destinada aos alunos foi a explicação dos fenômenos observados, relacionando-os com os termos da primeira Lei da Termodinâmica e as transformações gasosas, conteúdos apresentados na segunda videoaula.

A tarefa foi realizada em grupos de três alunos, com os mesmos componentes dos 1º e 3º encontros. Ainda, cada grupo recebeu do professor uma folha com a orientação para realização da tarefa, e apresentando a descrição dos recursos e procedimentos executados nas quatro práticas experimentais (ver Apêndice B).

Figura 2 – Arranjos experimentais elaborados pelo professor.



Fonte: Autoria própria.

A primeira prática demonstrou a formação de uma neblina dentro de uma garrafa, por meio da evaporação e posterior condensação de uma pequena quantidade de álcool etílico hidratado 96°GL, utilizado por ser mais volátil que a água. Para a montagem, escolhemos uma garrafa PET transparente, produzida para armazenar água mineral com gás. A essa acoplamos uma válvula para vedação de ar em pneus sem câmara. Utilizamos uma bomba manual acoplada à válvula, para adicionar ar no interior da garrafa, e vedamos com uma rolha a saída do ar pelo bocal da tampa de rosca. Ainda, utilizamos um termômetro com termopar para medir a temperatura no interior da garrafa.

Para produzir a neblina, borrifamos o álcool no interior da garrafa e tampamos a com a rolha. Em seguida, bombeamos o ar algumas vezes para dentro da garrafa, segurando firmemente a rolha, aumentando a pressão gasosa no seu interior. Logo após, soltamos a rolha abrindo a garrafa, permitindo que a pressão no seu interior diminua imediatamente, fazendo o vapor de álcool condensar e formar a neblina.

Durante o procedimento, o termômetro com termopar registava a temperatura da mistura ar-álcool ao aumentarmos e posteriormente diminuirmos a pressão no interior da garrafa. Isso foi possível ao acoplarmos o termopar a rolha, fazendo com que este permanecesse dentro da garrafa fechada. Dois alunos da turma auxiliaram o professor durante a prática, um para bombear o ar para a garrafa, e outro para filmar a leitura do termômetro e transmitir para o projetor multimídia da sala, possibilitando aos outros presentes acompanharem as variações de temperatura.

Nosso objetivo, ao propormos essa prática, foi possibilitar aos alunos a observação de variações de temperatura e pressão em uma amostra gasosa, sem a identificação de uma fonte de calor bem definida, e dessa forma, que conseguissem

relacionar o fenômeno observado aos termos da primeira lei da termodinâmica e a uma transformação adiabática.

Figura 3 – Realização da primeira prática experimental.



Fonte: Autoria própria.

Na segunda prática do encontro, vaporizamos o jato de um aerossol diretamente no sensor do termopar de um termômetro, e observamos a leitura da temperatura registrada. Utilizamos um tipo conhecido por “spray gelado”, comumente comercializado para o alívio de dor em contusões. Um aluno da turma auxiliou o professor durante a prática, filmando a leitura do termômetro e transmitindo para o projetor multimídia da sala, possibilitando aos outros presentes acompanharem as variações de temperatura.

Assim como na prática experimental anterior, apresentamos aos alunos um fenômeno envolvendo expansão gasosa e diminuição de temperatura, esperando que conseguissem estabelecer relações com os termos da primeira Lei da Termodinâmica e a uma transformação adiabática. Ainda, destacamos que a prática apresentada estava diretamente relacionada com a questão proposta no estudo prévio da semana, quando foi solicitado aos alunos responderem “Por que o desodorante aerossol parece frio em contato com a pele?”.

Figura 4 – Realização da segunda prática experimental.



Fonte: Autoria própria.

Para realizar as duas últimas práticas, solicitamos aos alunos se deslocarem da sala de aula para a área de convivência. Nessa, além do amplo espaço, havia mesas que foram utilizadas para montagem e apresentação dos experimentos. Quatro mesas foram utilizadas e os grupos se dividiram entre elas para realizar a observação dos fenômenos.

Construímos dois arranjos experimentais para demonstrar o trabalho realizado por uma massa gasosa, um deles apresentando o inflar de uma bexiga e outro o movimento do êmbolo de uma seringa. Utilizamos a água no estado de vapor para produzir os fenômenos apresentados.

Durante a construção dos arranjos, selecionamos oito latas de alumínio de 350 ml. Em quatro dessas, colamos no seu bocal uma seringa de 3 ml, sem o êmbolo, e vestimos a abertura da seringa com uma pequena bexiga. Nas outras quatro, colamos uma seringa de 10 ml no seu bocal, com o êmbolo. No momento de realizar a prática, depositamos em cada lata cerca de 10 ml de água morna no seu interior.

Para que cada lata tivesse sua própria fonte de calor, selecionamos oito latas de alumínio de 473 ml para servirem de apoio. Em cada lata removemos a tampa superior e recortamos uma abertura na lateral. No interior dessas colocamos uma vela em cada para servir de fonte de calor.

Para realizar as práticas, utilizamos quatro mesas da área de convivência. Em cada uma, disponibilizamos duas latas para serem as fontes de calor, uma lata com a bexiga e outra com a seringa provida de êmbolo. Acendemos a vela no interior das latas maiores e colocamos as latas menores apoiadas sobre essas.

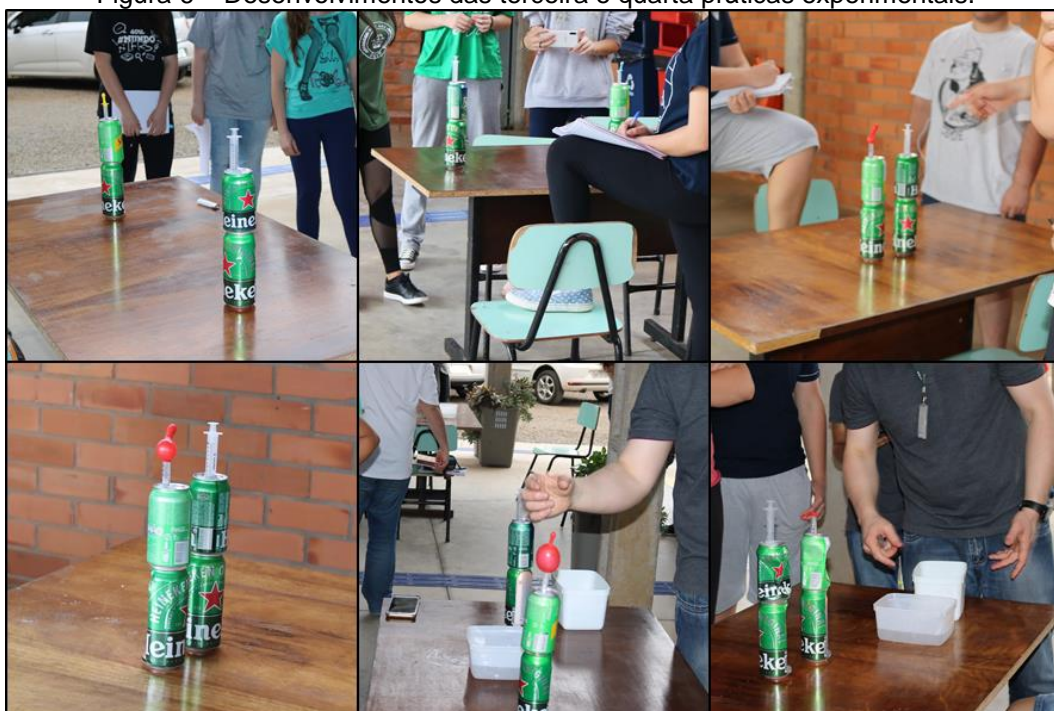
Figura 5 – Montagem das terceira e quarta práticas experimentais.



Fonte: Autoria própria.

Após montarmos as práticas, solicitamos aos alunos dividirem-se entre dois a três grupos por mesa para observarem os fenômenos e fazerem as anotações que julgassem necessárias. Na medida que a fonte de calor produzia o vapor da água dentro da lata, a bexiga começa a inflar. Quanto ao êmbolo da seringa, seu movimento levou um certo tempo para iniciar, porém, quando ocorreu percorreu com rapidez todo o espaço disponível na seringa.

Figura 6 – Desenvolvimentos das terceira e quarta práticas experimentais.



Fonte: Autoria própria.

Para finalizar a apresentação das duas práticas, após a bexiga inflar e o êmbolo se mover, foi solicitado aos alunos que mergulhassem essas latas em água gelada para observar o que iria acontecer. Para isso, o professor colocou nas mesas potes de plástico com água e gelo.

Durante a realização das práticas o professor circulou pelas mesas, conversando com os alunos, tirando dúvidas sobre os experimentos e a tarefa, explicando os fenômenos que eram observados. Nosso objetivo com as duas últimas práticas experimentais foi possibilitar a visualização da realização de um trabalho gerado por uma massa de vapor da água. Ainda, que os estudantes pudessem associar os fenômenos observados no arranjo experimental com os termos da primeira lei da termodinâmica, reconhecendo a fonte de calor e o trabalho, inferir uma variação da energia interna, e indicar uma transformação gasosa no processo.

Figura 7 – Discussão sobre a terceira e quarta práticas experimentais.



Fonte: Autoria própria.

5.5 Quinto encontro presencial (segunda-feira, 18 de novembro de 2019)

Após duas semanas e quatro encontros presenciais, iniciamos o quinto encontro com os mesmos questionamentos das outras duas últimas segundas-feiras. Os alunos demonstraram estarem mais habituados com o novo método de ensino. No entanto as justificativas para a não realização das atividades no estudo prévio continuavam as mesmas, principalmente o esquecimento e a falta de interesse.

Em seguida, os alunos reuniram-se em grupos de três componentes para realização da primeira atividade. Essa que tinha por objetivo realizar o resgate do que havia sido apresentado na 3ª videoaula e promover a reflexão e o compartilhamento

de percepções a respeito dos conceitos relacionados a entropia e aos princípios de conservação e degradação da energia (ver Apêndice B).

A tarefa foi elaborada com duas questões de verificação, essas sobre os conceitos apresentados na videoaula, e três questões abertas, essas apresentando situações que a serem respondidas e justificadas acerca dos conceitos de ordem, desordem, entropia, primeira e segunda leis da termodinâmica. Da mesma forma como nas outras atividades em grupos propostas nos outros encontros, o professor participou ativamente circulando pela sala de aula e atendendo os estudantes sempre que solicitado.

A primeira atividade foi realizada em aproximadamente 60 minutos. Logo após, foi solicitado aos alunos reorganizarem as mesas e cadeiras da sala de aula para retornarem aos seus lugares e, de forma individual, realizarem a segunda atividade elaborada para o encontro, elaborada com a mesma questão apresentada no estudo prévio da semana. No entanto, foi solicitado aos alunos justificarem suas respostas baseando-se nas leis da termodinâmica. O objetivo dessa atividade foi verificar se houve alterações de percepções ao que havia sido questionado e, conseqüentemente, aprendizagem dos conceitos envolvidos (ver Apêndice B).

Durante a realização da segunda atividade proposta, que utilizou cerca de 30 minutos, o tempo restante do encontro, os alunos permaneceram em silêncio e não utilizaram as anotações do estudo prévio. Também não solicitaram o auxílio do professor para realizar a tarefa.

5.6 Sexto encontro presencial (quarta-feira, 20 de novembro de 2019)

O encontro iniciou com uma demonstração, realizada pelo professor, na sala de aula e em frente a todos os alunos. O professor utilizou três copos e depositou água em cada um deles, sendo um com água gelada, outro copo com água a temperatura ambiente e o último com água quente.

Logo após, o professor mediu a temperatura da água nos três copos com o termômetro digital com termopar. Na sequência, foi adicionado uma pastilha de vitamina C efervescente em cada um dos copos. Os estudantes deveriam acompanhar o processo de dissolução das pastilhas, verificando e comparando o conteúdo dos copos.

Figura 8 – Demonstração envolvendo pastilhas efervescentes.

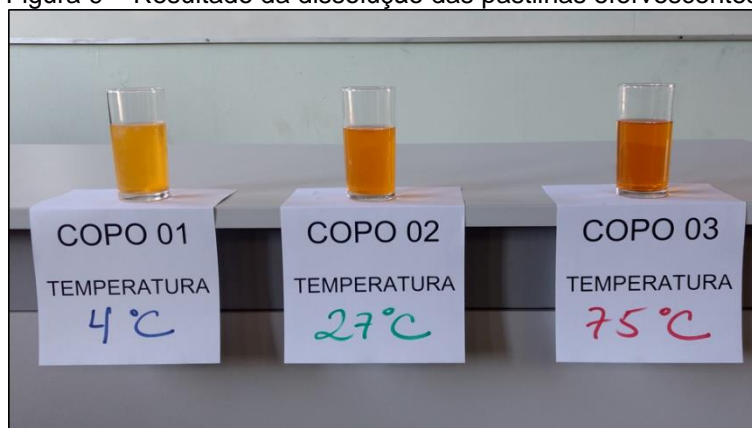


Fonte: Autoria própria.

Após um certo intervalo de tempo, verificou-se que no copo com água quente a pastilha se dissolveu rapidamente, não sendo possível diferenciá-la do restante do líquido. Entretanto, no copo com água gelada uma grande porção da pastilha ainda estava sendo dissolvida, sendo nítida a sua diferenciação do restante do líquido.

Ao propormos essa demonstração, nosso propósito foi demonstrar para os alunos um processo irreversível, associando aos conceitos de ordem e desordem, e consequentemente, sobre a entropia de um sistema. Ainda, promover a discussão entre os estudantes e o professor durante a observação do fenômeno.

Figura 9 – Resultado da dissolução das pastilhas efervescentes.



Fonte: Autoria própria.

Em seguida a demonstração, os alunos se reuniram em grupos de três componentes para realizar a atividade elaborada para o encontro (ver Apêndice B). Com o título de *A desordem dos feijões*, o propósito foi possibilitar a compreensão do conceito de entropia por meio de um modelo experimental.

Cada grupo recebeu uma pequena caixa de papel, fechada, com uma tampa transparente que permitia uma visão do seu conteúdo. Dentro da caixa havia uma divisão, separando 30 feijões pretos de 30 feijões marrons. Essa divisão possuía uma fenda, possibilitando a passagem de feijões de um lado para outro à medida que a caixa fosse agitada.

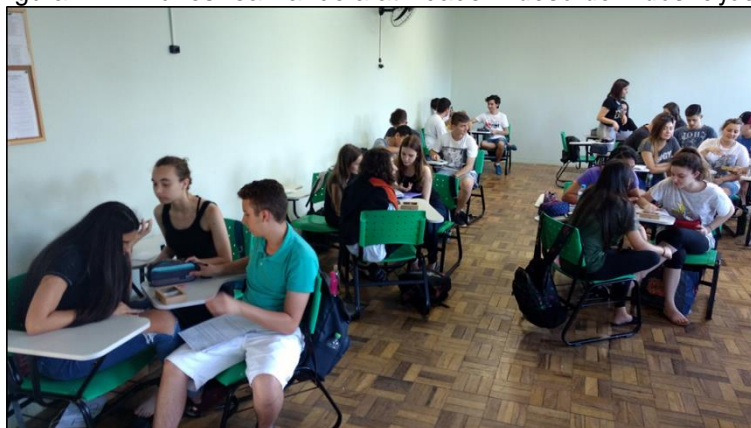
Figura 10 – Elaboração das caixas destinadas à atividade *A desordem dos feijões*.



Fonte: Autoria própria.

A tarefa elaborada compreendia procedimentos a serem realizados com a caixa, em companhia de seis questões para serem respondidas. O objetivo com esta prática experimental foi possibilitar aos alunos uma melhor compreensão dos conceitos de ordem e desordem, e entropia.

Figura 11 – Alunos realizando a atividade *A desordem dos feijões*.



Fonte: Autoria própria.

Os alunos deveriam fazer movimentos com a caixa e observar como os feijões se comportavam. À medida que as caixas eram sacudidas, feijões pretos e feijões marrons se misturavam, e a partir dessas observações as questões poderiam ser

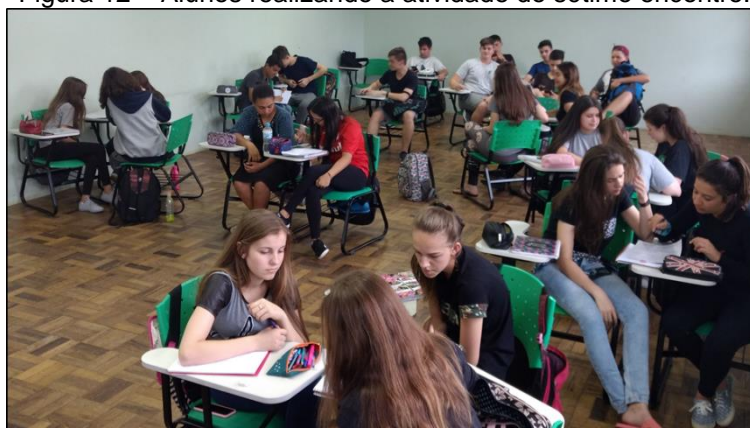
respondidas. Enquanto os alunos realizavam a atividade, o professor circulava pelos grupos, orientando sobre os procedimentos e sanando as principais dúvidas.

5.7 Sétimo encontro presencial (segunda-feira, 25 de novembro de 2019)

A última segunda-feira da sequência didática iniciou-se da mesma maneira como ocorrera nas três semanas anteriores. Quando questionados sobre a participação nas atividades do estudo prévio, os alunos não relataram dificuldades de acesso e compreensão dos materiais elaborados. Porém, alguns disseram que não haviam realizado alguma atividade por esquecimento, falta de tempo ou desinteresse.

Na sequência, reunidos em grupos de três alunos, teve início a única atividade elaborada para esse encontro. Cada grupo recebeu uma avaliação com nove questões (ver Apêndice B) relacionadas aos conteúdos apresentados na última videoaula. A razão pela qual elaboramos apenas uma atividade para os alunos foi o fato dessa apresentar questões que solicitavam a análise de diagramas e o uso de fórmulas matemáticas, e sendo assim, demandavam maior compreensão, habilidades lógicas e tempo para resolução.

Figura 12 – Alunos realizando a atividade do sétimo encontro.



Fonte: Autoria própria.

Destacamos, ainda, que a última questão da avaliação foi a mesma proposta na segunda atividade do estudo prévio. Fizemos isso com o intuito de promover nos alunos a percepção dos seus próprios saberes, possibilitando reconhecer se havia ou não diferenças entre as respostas apresentadas nos momentos distintos. Enquanto

os grupos realizavam a atividade, o professor circulava pela sala de aula atendendo as solicitações de esclarecimento e dúvidas a respeito das questões e dos conteúdos.

Na avaliação havia uma questão sobre máquinas térmicas que essa solicitava a utilização de fórmulas. Para auxiliar na resolução, o professor utilizou o quadro branco da sala para fazer uma explicação para todos os grupos. Essa ação de fazer alguma explicação para todos se repetiu em outros momentos, sempre que havia uma dúvida persistente e comum nos grupos.

5.8 Oitavo encontro presencial (quarta-feira, 27 de novembro de 2019)

Para o último encontro presencial foi proposta uma atividade individual com a intenção de possibilitar aos alunos o resgate e reconhecimento da maior parte dos conteúdos abordados durante a experiência didática. A atividade consistia no desenvolvimento de um mapa mental abordando os conceitos de termodinâmica (ver Apêndice B). Cada aluno recebeu uma folha, apresentando a tarefa e as palavras-chaves relacionadas aos conceitos relacionados às leis da termodinâmica. A mesma folha deveria ser utilizada na construção do mapa.

Figura 13 – Alunos realizando a atividade do último encontro.



Fonte: Autoria própria.

Ainda, dissemos aos alunos que fizessem uso da criatividade para expressar o entendimento e conhecimento sobre o próprio aprendizado da melhor forma possível. Apesar de solicitarmos o desenvolvimento de um mapa mental, não ficamos limitados a essa exigência, apesar de ser do nosso conhecimento que os alunos estavam familiarizados com este tipo de atividade em outras disciplinas do curso.

Para realização da atividade, foi permitido que os alunos pudessem utilizar as anotações realizadas no estudo prévio, caso houvesse alguma dúvida específica. Porém, observamos que apenas alguns alunos utilizaram essas anotações, enquanto o restante dispensou essa possibilidade.

6 ANÁLISE E DISCUSSÃO DAS CONTRIBUIÇÕES DA SEQUÊNCIA DIDÁTICA

Neste capítulo faremos a apresentação, análise e discussão dos dados produzidos com os sujeitos da pesquisa. Inicialmente, abordaremos àqueles da autoavaliação do estudo prévio, realizada pelos alunos no encontro subsequente ao último adotando o método SAI (ver Apêndice C). Em sequência, trataremos os dados produzidos por meio de questionário de avaliação da implementação do método SAI, compreendido pela sequência didática desenvolvida e implementada nesta dissertação (ver Apêndice D).

6.1 Autoavaliação do estudo prévio

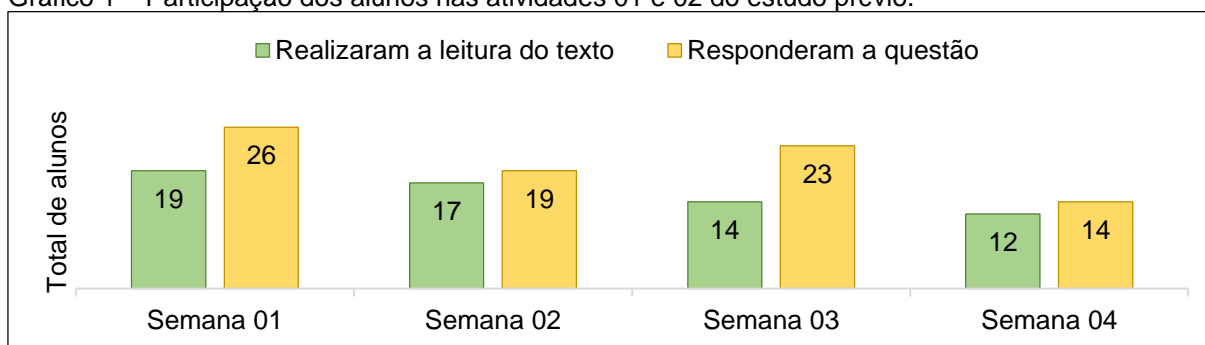
A efetividade da SAI, como possível método de ensino e aprendizagem, está condicionada à participação dos alunos nas tarefas propostas para o estudo prévio. O acesso do professor aos dados relativos à participação dos alunos nessas tarefas é limitado, ainda que existam ferramentas nos AVEA indicando aqueles que acessaram ou não os materiais disponibilizados.

No que diz respeito as tarefas elaboradas para o estudo prévio nesse trabalho, em uma dessas foi possível verificar a participação dos alunos no próprio AVEA, quando as respostas da questão instigante foram coletadas. No entanto, em relação a leitura do texto e visualização da videoaula, não foi possível realizar a mesma verificação.

Em razão do exposto, optamos por elaborar uma autoavaliação do estudo prévio. Com esse instrumento, foi possível produzir dados relativos à participação nas atividades propostas, além das justificativas para quando não houve a participação. Ainda, oportunizamos no mesmo instrumento um espaço para reflexão do aluno quanto ao seu comprometimento no estudo prévio.

A seguir, o Gráfico 1 apresenta os dados relativos à participação dos alunos nas atividades 01 e 02 do estudo prévio, respectivamente, tratando-se da leitura do texto indicado e da resposta para a questão instigante.

Gráfico 1 – Participação dos alunos nas atividades 01 e 02 do estudo prévio.



Fonte: Autoria própria.

Observando os dados acima, consideramos que a participação dos alunos nas duas primeiras tarefas do estudo prévio se mostrou abaixo da nossa expectativa. Como dito anteriormente, elaboramos essas atividades com a intenção de que se consumassem em organizadores prévios para os conteúdos que seriam abordados nas videoaulas. Pretendíamos com essas ativar possível subsunçores na estrutura cognitiva dos alunos.

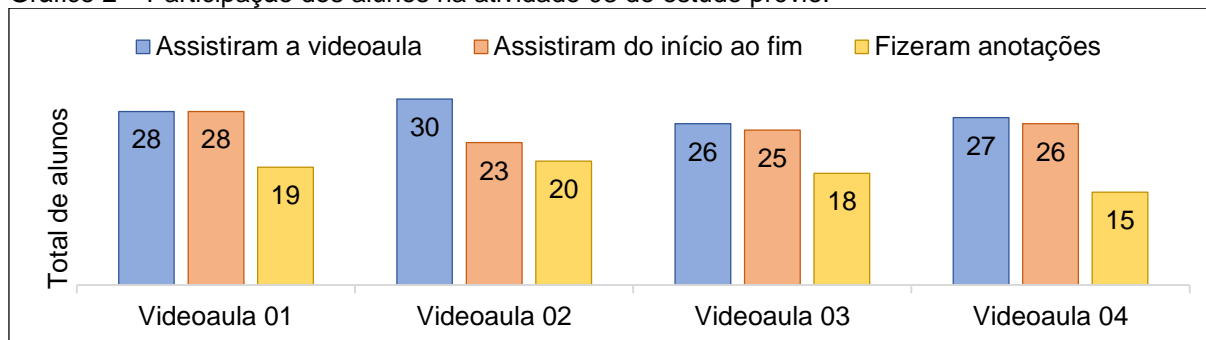
A atividade de leitura obteve a maior participação na primeira semana, sendo essa realizada por 63% dos alunos. Nas semanas seguintes esse percentual foi diminuindo, de modo que apenas 40% dos alunos realizaram a última leitura indicada. Em geral, as justificativas dos alunos para o não cumprimento dessa atividade foram o esquecimento e a falta de interesse.

Em relação a segunda atividade, responder à questão instigante, percebemos que houve a essa maior participação dos alunos em comparação com a leitura do texto, tendo em vista que em todas as semanas o total de respondentes foi maior que o total de leitores. Nessa atividade, a maior participação ocorreu na primeira semana, tendo 87% respondentes, e a menor participação na última semana, de modo que apenas 47% responderam à questão.

Ainda sobre a segunda atividade, percebemos que houve uma diminuição do número de participantes da primeira para segunda semana, entretanto um aumento da segunda para terceira semana. Acreditamos que essa oscilação no número de respondentes entre as semanas seja em decorrência da complexidade das questões elaboradas. Embora tenham sido orientados de que não seriam cobradas respostas corretas, apenas que essas fossem genuínas, percebemos que alguns alunos recorreram a algum auxílio, como *sites* na Internet, para elaborar suas respostas.

A seguir, os Gráficos 2 e 3 apresentam os dados relativos à participação dos alunos na atividade 03 do estudo prévio, tratando-se da visualização das videoaulas.

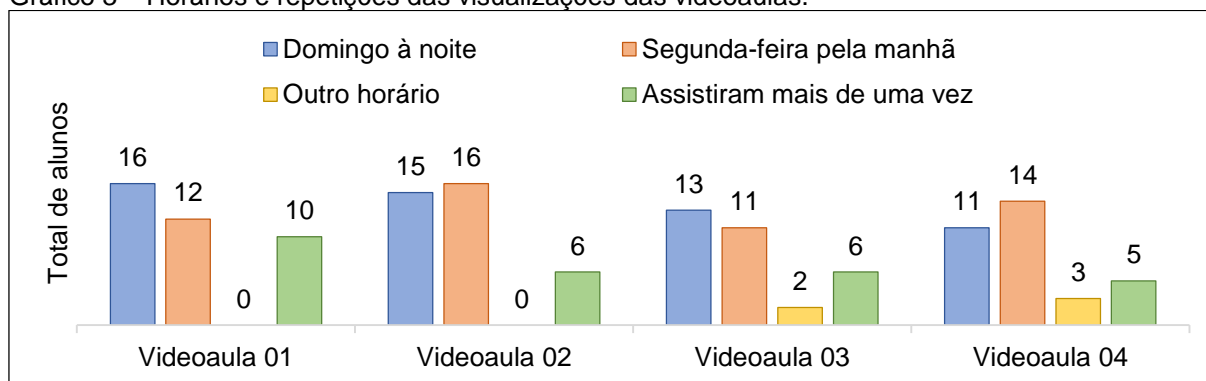
Gráfico 2 – Participação dos alunos na atividade 03 do estudo prévio.



Fonte: Autoria própria.

No gráfico acima, observamos que a maioria dos alunos responderam que assistiram as videoaulas produzidas pelo professor, ainda que alguns não tenham assistido do início ao fim. Percebemos que na segunda videoaula, aquela com maior tempo de duração, houve a maior diferença entre aqueles que assistiram de forma parcial ou integral. Entretanto, um número considerável de alunos não fez anotações sobre os conteúdos que foram apresentados nas videoaulas, apesar de reforçarmos a importância dessa ação para realização das atividades em sala de aula.

Gráfico 3 – Horários e repetições das visualizações das videoaulas.



Fonte: Autoria própria.

Em relação aos dias e horários para visualização das videoaulas, os alunos dividiram-se entre a noite do domingo e a manhã da segunda-feira, conforme a preferência, possibilidade e disponibilidade de tempo individual. Apenas para as duas últimas videoaulas, houve alunos que realizaram essa atividade em outro horário, geralmente antes do primeiro período da tarde ou no intervalo entre o terceiro e quarto.

Em tempo, destacamos que nas quatro semanas houve um certo número de alunos que assistiram as videoaulas mais de uma vez.

Refletindo sobre os dados acerca do estudo prévio, percebemos que o número de participantes em cada uma das atividades propostas pode ter relação com a postura dos alunos. Durante as atividades de leitura, responder à questão e fazer anotações da videoaula pressupõem uma postura ativa do estudante; todavia, apenas assistir a videoaula pode envolver uma postura passiva.

Finalizando a autoavaliação, foi solicitado aos alunos escreverem uma reflexão a respeito do próprio comprometimento com o estudo prévio. Nosso intuito foi oportunizar um momento de reflexão e posteriormente obter uma breve síntese dos principais aspectos observados nas respostas, destacando aquilo que julgamos pertinente na avaliação deste trabalho. A seguir, apresentamos algumas reflexões coletadas.

A05 - Acredito que me comprometi com o estudo prévio, levando em consideração que realizei as tarefas propostas com certa antecedência. Acredito que o que poderia ter executado com maior empenho foi a leitura dos textos, apesar de ter lido, não o fiz com a maior atenção. Ter feito anotações durante a videoaula foi de grande utilidade para a realização de exercícios e maior fixação do conteúdo.

A06 - Procurei ler os textos, responder as questões e assistir todas videoaulas. Porém não assisti mais de uma vez as videoaulas, pois eu não possuía tempo para fazer essa revisão. Penso que eu tive um certo comprometimento, mas não foi um empenho total.

A08 - Acredito que me comprometi o devidamente necessário nas três primeiras semanas por assistir as videoaulas sempre antes da segunda-feira de tarde. Porém por um descuido meu, na quarta semana, acabei esquecendo totalmente de assistir a videoaulas em casa e acabo por ter que assistir na escola, logo quando eu cheguei.

A15 - No início não me comprometi totalmente, esqueci de ler o texto e de responder as perguntas, porém ao longo do tempo eu fiz todas as atividades propostas, inclusive as das semanas anteriores que eu não havia feito, mas ao assistir as videoaulas não anotei mas assisti mais de uma vez.

A18 - Eu particularmente quando tive tempo realizei as atividades propostas, mas em função do horário que as videoaulas eram postadas acabou sendo mais difícil de assistir todos, pois tinha várias provas e outros compromissos. Mas se eu tivesse maior organização poderia ser possível.

A19 - Eu procurei me esforçar bastante, pois gostei da ideia de um novo método, então assisti todas as videoaulas, fiz anotações, respondi as perguntas no Moodle e li os textos. E percebi que valeu a pena pois entendi bem mais o conteúdo neste método de ensino do que no tradicional.

A21 - Eu assisti todas as videoaulas, anotei os conceitos mais importantes, mas acabei não lendo os textos. Participei e ajudei nas atividades propostas pelo professor em sala de aula. Alguns momentos do vídeo eu fazia uma pausa, pois via que não estava prestando atenção.

A24 - *Eu assisti todas as videoaulas, mas poderia ter me dedicado mais, ter lido os textos sugeridos, ter prestado mais atenção e ter feito mais anotações sobre os assuntos. Acredito que o motivo de não ter me dedicado tanto foi a quantidade de provas e trabalhos que tínhamos para fazer e acebei deixando o cansaço tomar conta, fazendo com que eu não me dedicasse muito.*

A25 - *Sei que faltou comprometimento de minha parte e também por não precisar de tanta nota para aprovação na matéria acabei colocando a própria matéria e esta atividade em segundo plano, focando na realização de outras tarefas. Talvez se esta atividade tivesse sido realizada em outro período do ano teria me esforçado mais.*

A29 - *Na minha opinião, eu deveria ter prestado mais atenção nos vídeos e ter feito mais anotações, para que assim eu tivesse mais materiais anotados para os trabalhos que foram realizados em aula. Consegui entender os conteúdos abordados nos vídeos.*

Ao analisarmos as respostas, de forma geral percebemos que os alunos acreditavam ter se comprometido com o estudo prévio, embora a maioria admitiu não terem realizado todas as atividades. De fato, observamos poucas respostas em que alunos afirmaram terem realizado todas as atividades do estudo prévio. Todavia, alguns afirmaram não terem empregado dedicação suficiente para realizar todas as atividades propostas para casa.

Entre as principais justificativas para a não realização das atividades, podemos citar a dificuldade de concentração e organização do tempo necessários para o estudo, a falta de motivação, o período do ano letivo em que o trabalho foi aplicado, a complexidade das atividades, o tempo de duração das videoaulas e compromissos particulares ou familiares.

6.2 Avaliação dos elementos da Sala de Aula Invertida compreendidos na sequência didática

Para avaliarmos as percepções dos estudantes acerca da experiência didática vivenciada (narrada no Capítulo 5 desta dissertação), construímos um questionário com 30 questões, sendo 27 fechadas e 3 abertas, e aplicamos no encontro subsequente ao da autoavaliação do estudo prévio.

Inicialmente, apresentaremos as respostas para as questões que foram estruturadas baseando-se na escala de Likert. Essas questões, de 1 a 25, são afirmativas de múltipla escolha, sobre as quais o aluno deveria manifestar a sua opinião em uma escala de cinco níveis: 5, para concordo totalmente, 4, para concordo

parcialmente, 3, para indiferente, 2, para discordo parcialmente, e 1, para discordo totalmente.

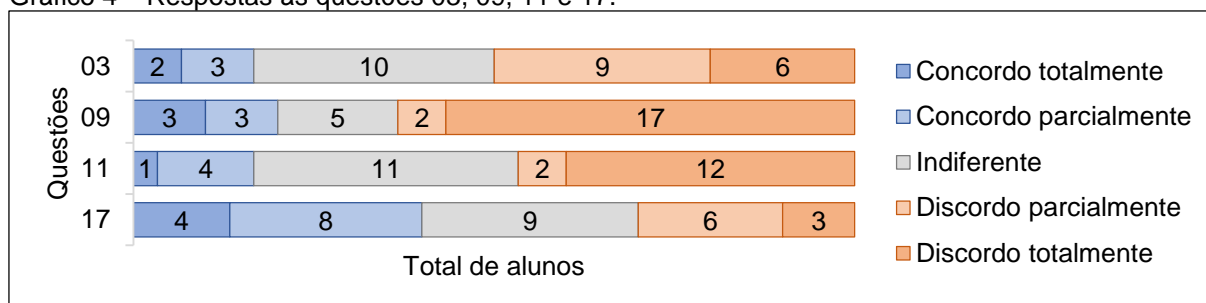
Apresentaremos a seguir, na Tabela 1 e no Gráfico 4, as respostas para as questões que investigaram as percepções dos alunos em relação ao próprio aprendizado.

Tabela 1 – Distribuição das respostas às questões 03, 09, 11 e 17.

Questões	5	4	3	2	1
03. Aprenderia melhor se o conteúdo fosse explicado somente pelo professor em sala de aula.	7%	10%	33%	30%	20%
09. Prefiro realizar as tarefas de sala sozinho do que realizá-las em grupo.	10%	10%	17%	7%	57%
11. Prefiro aprender o conteúdo das aulas em sala com o professor e fazer os exercícios em casa.	3%	13%	37%	7%	40%
17. Compreendo melhor o conteúdo quando explicado pelo professor em sala de aula.	13%	27%	30%	20%	10%

Fonte: Autoria própria.

Gráfico 4 – Respostas às questões 03, 09, 11 e 17.



Fonte: Autoria própria.

Observando as respostas, percebemos que a maioria dos alunos discordaram das afirmações 03, 09 e 11, visto que essas apresentam um formato de ensino e aprendizagem que pode ser reconhecido como tradicional, com aulas expositivas na sala de aula e tarefas para os alunos resolverem em suas casas.

Na questão 17, os dados obtidos indicam que 40% dos alunos acreditam que compreenderiam melhor os conteúdos se a explicação desses fosse realizada em sala de aula, enquanto 30% discordam dessa afirmação e outros 30% se mostraram indiferentes. Percebemos aqui, assim como nas reflexões dos alunos a respeito do estudo prévio, que a interação entre aluno e professor durante a explicação de conteúdo é considerada um fator importante para a aprendizagem.

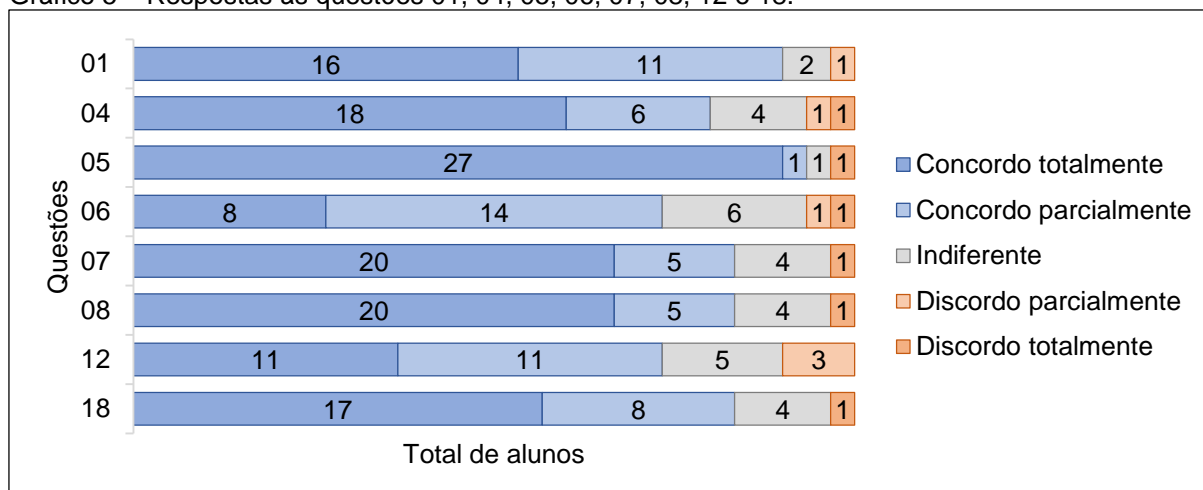
Apresentamos a seguir, na Tabela 2 e no Gráfico 5, as respostas para as questões que investigaram as percepções dos alunos em relação a utilização de videoaulas como recurso didático.

Tabela 2 – Distribuição das respostas às questões 01, 04, 05, 06, 07, 08, 12 e 18.

Questão	5	4	3	2	1
01. A utilização de videoaulas para a exposição da matéria foi relevante para o seu aprendizado.	53%	37%	7%	3%	0%
04. É mais fácil compreender o conteúdo através de videoaulas do que através dos textos do livro.	60%	20%	13%	3%	3%
05. As videoaulas são úteis para revisar a matéria estudada.	90%	3%	3%	0%	3%
06. O tempo de duração e cada videoaula estava de acordo com os conteúdos abordados.	27%	47%	20%	3%	3%
07. O número de videoaulas estava de acordo com os conteúdos abordados.	67%	17%	13%	0%	3%
08. O uso de videoaulas para a exposição do conteúdo influencia a forma como se aprende.	67%	17%	13%	0%	3%
12. É mais fácil aprender matérias novas através de videoaulas.	37%	37%	17%	10%	0%
18. A visualização das videoaulas me ajudou a compreender melhor o conteúdo.	57%	27%	13%	0%	3%

Fonte: Autoria própria.

Gráfico 5 – Respostas às questões 01, 04, 05, 06, 07, 08, 12 e 18.



Fonte: Autoria própria.

Os dados obtidos com as respostas revelaram que houve grande aceitação e aprovação da utilização de videoaulas como recurso instrucional para desenvolver

novos conteúdos. Dentre as respostas mais positivas, destacamos a questão 05, que obteve 90% dos alunos concordando totalmente com a afirmação sobre as videoaulas serem um recurso útil para revisar conteúdo. Dentre as respostas menos positivas, destacamos as afirmações das questões 06 e 12, ao mesmo tempo que, conforme as reflexões acerca do estudo prévio, entendemos que esses dados possam estar relacionados a segunda videoaula, considerada extensa pelos alunos, e a impossibilidade de tirar dúvidas durante a visualização das videoaulas.

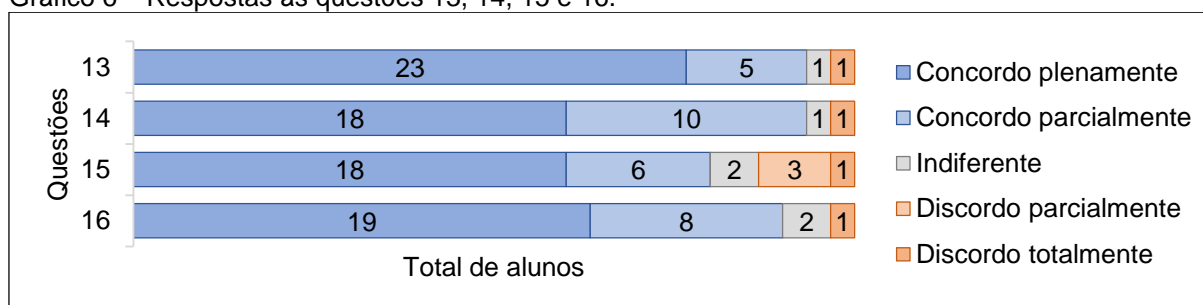
Na Tabela 3 e no Gráfico 6, expomos as respostas para as questões que investigaram as percepções dos alunos em relação as atividades práticas e/ou em grupo.

Tabela 3 – Distribuição das respostas às questões 13, 14, 15 e 16.

Questões	5	4	3	2	1
13. As experiências demonstradas pelo professor me ajudaram a compreender os conceitos de Termodinâmica.	77%	17%	3%	0%	3%
14. A atividade realizada no laboratório de informática me ajudou a compreender o conceito de energia.	60%	33%	3%	0%	3%
15. A atividade intitulada <i>Desordem dos feijões</i> me ajudou a compreender o conceito de entropia.	60%	20%	7%	10%	3%
16. As atividades realizadas em grupo me ajudaram a compreender melhor os conceitos estudados.	63%	27%	7%	0%	3%

Fonte: Autoria própria.

Gráfico 6 – Respostas às questões 13, 14, 15 e 16.



Fonte: Autoria própria.

As respostas obtidas com as questões 13, 14, 15 e 16 mostraram que a ampla maioria dos alunos concordaram com as afirmações, indicando que as demonstrações experimentais e as atividades realizadas em grupo foram importantes e auxiliaram na compreensão dos conteúdos e conceitos relacionados às leis da Termodinâmica.

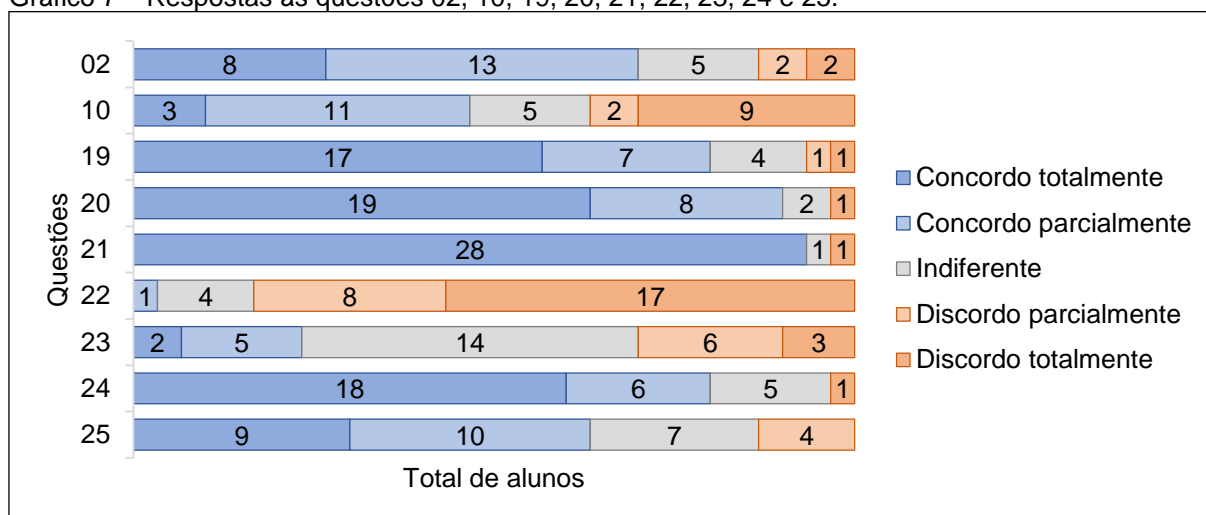
Expomos, na Tabela 4 e no Gráfico 7, as respostas para as questões que investigaram as percepções dos alunos em relação a SAI e aos papéis do aluno e do professor durante a implementação do método.

Tabela 4 – Distribuição das respostas às questões 02, 10, 19, 20, 21, 22, 23, 24 e 25.

Questão	5	4	3	2	1
02. Me tornei mais ativo em sala de aula após a implementação do método de ensino da sala de aula invertida.	27%	43%	17%	7%	7%
10. Me senti confuso no começo da utilização do método de ensino da sala de aula invertida.	10%	37%	17%	7%	30%
19. Recebi mais atenção do professor depois que ele passou a ensinar através da sala de aula invertida.	57%	23%	13%	3%	3%
20. O método de ensino da sala de aula invertida me ajudou a aprender sobre a relação trabalho e energia.	63%	27%	7%	0%	3%
21. O método de ensino da sala de aula invertida foi uma experiência inovadora de aprendizado.	93%	0%	3%	0%	3%
22. Me senti confuso durante todo o tempo em que nós utilizamos do método de ensino da sala de aula invertida.	0%	3%	13%	27%	57%
23. Precisei de mais atenção do professor para a realização das tarefas depois que ele passou a ensinar através da sala de aula invertida.	7%	17%	47%	20%	10%
24. A utilização do método de ensino da sala de aula invertida me fez interagir mais frequentemente com os meus colegas de sala.	60%	20%	17%	0%	3%
25. Me senti mais motivado a aprender física após a utilização do método de ensino da sala de aula invertida.	30%	33%	23%	13%	0%

Fonte: Autoria própria.

Gráfico 7 – Respostas às questões 02, 10, 19, 20, 21, 22, 23, 24 e 25.



Fonte: Autoria própria.

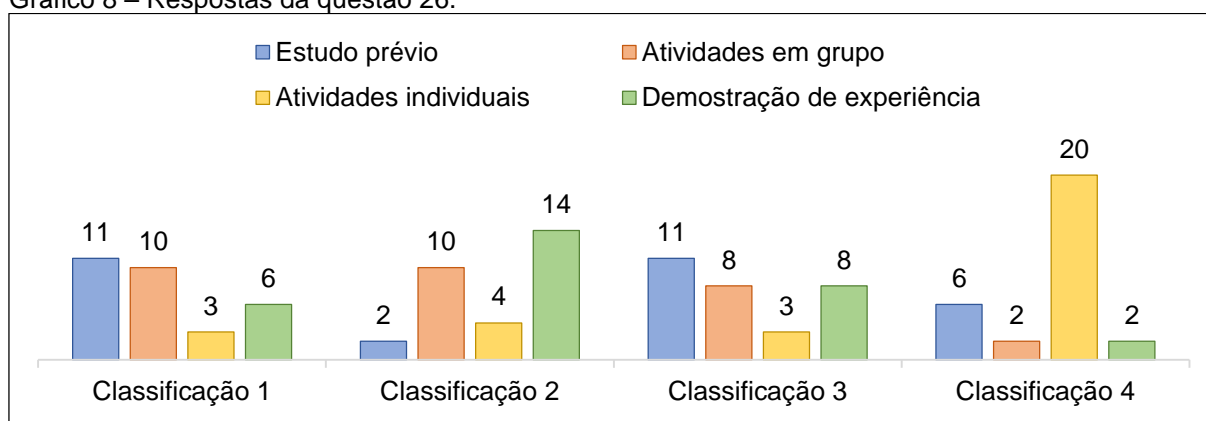
Na questão 10, notamos que parte da turma, 47%, concorda que houve um sentimento de confusão no início da adoção do método SAI, no entanto, outra parte, 37%, discorda dessa afirmação. Porém, conforme a questão 22, 83% dos alunos discordam que esse sentimento de confusão se manteve durante todo período de adoção da SAI. Conforme os dados, entendemos que os alunos compreenderam a dinâmica do método SAI, e as possíveis dúvidas em relação a mesma foram sanadas ao longo das semanas e encontros presenciais.

Na questão 02, 70% dos alunos concordam que se tornaram mais ativos em sala de aula com a implementação da SAI, e nas questões 19 e 24, 80% concordam que receberam mais atenção do professor e que houve maior interação com os colegas de sala. Na questão 23, 23% concordam enquanto 30% discordam da afirmação sobre precisar de mais atenção do professor para a realização das tarefas, depois da adoção da sala de aula invertida.

No que tange as percepções dos alunos sobre a relevância do método SAI no processo de ensino e aprendizagem, as questões 20, 21 e 25 revelam que, para 90% dos alunos, o método ajudou no aprendizado sobre a relação trabalho e energia, para 93%, a sua utilização foi experiência inovadora, e para 63%, houve maior motivação para aprender física.

Na sequência, a questão 26 investigou qual atividade foi mais significativa para o aprendizado, na percepção dos alunos. Eles tiveram que classificar as atividades em ordem crescente de 1 a 4, sendo 1 para a mais significativa e 4 para a menos significativa. O Gráfico 8 apresenta as respostas dadas pelos alunos para essa questão.

Gráfico 8 – Respostas da questão 26.



Fonte: Autoria própria.

Considerando apenas a classificação 1, atribuída para a atividade considerada mais significativa para o aprendizado, observamos que as eleitas foram o estudo prévio, com 11 votos (37%), e as atividades em grupo, com 10 votos (33%). Porém, se somarmos as classificações 1 e 2, iremos observar um resultado diferente. Contabilizando essas duas classificações, 20 alunos (67%) atribuíram a classificação 1 ou 2 para as atividades em grupo e para as demonstrações de experiência, enquanto apenas 13 alunos (43%) fizeram o mesmo com o estudo prévio.

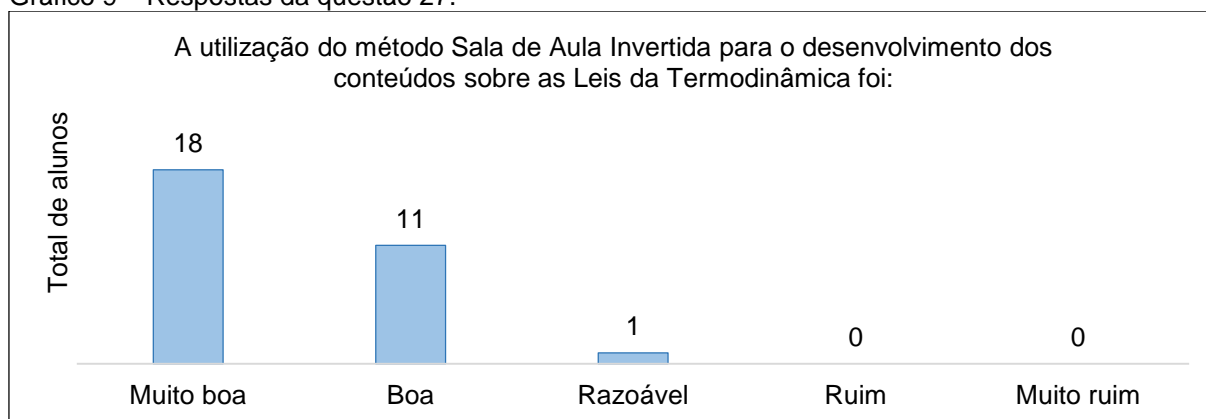
Ainda sobre o estudo prévio, parte significativa dos alunos atribuiu a essa atividade as classificações 3 e 4, tendo essas 11 (37%) e 6 (20%) indicações, respectivamente. Tendo isso em vista, observamos que essa atividade foi a que mais dividiu opiniões entre os alunos quanto ao significado para o aprendizado.

Para a maioria dos alunos, as atividades individuais foram consideradas as menos significativas para o aprendizado, tendo em vista que 20 desses (67%) atribuíram a essas a classificação 4.

Observando os dados obtidos por essa questão, de forma geral, podemos classificar as atividades, de mais para menos significativa para o aprendizado segundo os alunos, na seguinte ordem: atividades em grupo, demonstrações de experiência, estudo prévio e atividades individuais.

A questão de número 27, a última fechada e de múltipla escolha, solicitou aos alunos uma avaliação geral sobre a utilização do método SAI. No Gráfico 9 podemos observar os dados obtidos com essa questão.

Gráfico 9 – Respostas da questão 27.



Fonte: Autoria própria.

Encerrando o questionário, foram propostas três questões abertas que tinham por objetivo averiguar os aspectos positivos e negativos do método SAI, e ainda o que poderia ser feito para melhorar o método. No Quadro 10, apresentamos essas questões, e em sequência, apresentamos uma síntese das opiniões coletadas.

Quadro 10 – Questões 28, 29 e 30.

Questões
28. Na sua opinião, qual os aspectos positivos do método Sala de Aula Invertida?
29. Na sua opinião, quais os aspectos negativos do método Sala de Aula Invertida?
30. Na sua opinião, o que poderia ser feito para melhorar a implementação do método Sala de Aula Invertida?

Fonte: Autoria própria.

Na opinião dos respondentes, os aspectos positivos do método SAI que receberam mais destaque foram a utilização de videoaulas para apresentação de conteúdos, as atividades desenvolvidas com a colaboração dos colegas, as demonstrações de experiências e o auxílio do professor na execução das atividades nos encontros presenciais. A seguir, apresentamos algumas respostas coletadas com a questão 28.

A02 - A compreensão dos conteúdos mais facilmente, as atividades práticas ajudaram muito na compreensão dos conteúdos e como funcionam, mais tempo para tirar dúvidas em sala.

A04 - Que como nós temos mais tempo em aula para exercícios, fica muito mais fácil de aprender a matéria, os experimentos ajudaram muito na aprendizagem.

A09 - Consegui interagir mais com o professor na sala de aula tirando as dúvidas que tinha sobre o conteúdo. Além de tirar as dúvidas no grupo, onde, se algo que eu não tivesse entendido muito bem eles me ajudavam.

A11 - Fazer exercícios com o auxílio do professor, poder rever a explicação quantas vezes sentir necessário.

A12 - As videoaulas são positivas para a revisão de conteúdo, se sentir dúvida de algo podemos voltar quantas vezes forem necessárias até a compreensão. É positivo pois temos o conteúdo à disposição em qualquer momento.

A13 - Ter a aula a qualquer momento para estudar, poder revisar conteúdos, fazer anotações sem pressa, tirar dúvidas por e-mail, maior concentração pois a videoaulas será vista somente em casa.

A14 - Poder rever os conteúdos pela videoaula, fazer atividades em grupo e poder ver demonstrações de experiência.

A19 - *Falando particularmente de mim, em casa eu levava muito mais tempo para realizar exercícios e com bastante dificuldade. Com esse método conseguia prestar mais atenção nas videoaulas e me distrair menos que em sala de aula. Além disso, com o auxílio do professor é muito mais fácil realizar os exercícios.*

A26 - *O fato de se você não tiver entendido alguma coisa, você pode ter a “explicação” quantas vezes quiser, é só rever o vídeo.*

A30 - *É bom pois as vezes não entendo o conteúdo em sala de aula e não consigo realizar os exercícios em casa, assim conversando com os amigos, vendo as demonstrações fica mais fácil, e também gosto de ter calma para fazer minhas anotações e as vezes na sala tem que fazer mais rápido.*

Em relação as videoaulas, os alunos destacaram, dentre outras coisas, a possibilidade de aprender sozinho, com maior concentração, no melhor horário e de escolha pessoal, e ainda, poder voltar ou avançar a explicação do professor, fazer as anotações em pressa, visualizar quantas vezes desejar e revisar o conteúdo.

No que se refere as atividades desenvolvidas nos encontros presenciais, os alunos, em sua maioria, observaram uma melhor compreensão dos conteúdos, destacando uma melhor utilização do tempo de sala de aula. Na opinião dos respondentes, durante as atividades realizadas houve mais tempo para tirar dúvidas com o professor e, também, uma maior interação entre os colegas. Ainda, as tarefas em grupo e as demonstrações experimentais receberam destaque com sendo as que melhor auxiliaram na compreensão de conceitos.

Transcorrendo para as observações negativas da SAI, percebemos que essas se concentram nos materiais e atividades do estudo prévio, além da responsabilidade e compromisso dos alunos. A seguir, apresentamos algumas respostas coletadas com a questão 29.

A01 - *Os horários de quando o vídeo era postado, mas apenas isso foi negativo.*

A08 - *Que muitas vezes acaba surgindo dúvidas ao longo da explicação e não é possível consultar o professor e pode ser que depois não se lembre mais qual era a dúvida, muitas vezes os exemplos já estão feitos com isso é difícil algumas vezes pegar qual era o raciocínio.*

A12 - *Depende do tamanho do vídeo, se for muito longo perdemos o interesse, é o mesmo caso para os textos.*

A17 - *Nem todos os alunos retiram parte de seu tempo para assistir videoaulas e fazer anotações, o que prejudica o aluno especificamente, mas o professor também no momento de revisão e andamento da turma.*

A18 - *Eu acho que preferiria mais vídeos e pouco conteúdo cada. Tipo, poderia ser uns 5 ou 6 vídeos e uns 10 ou 12 minutos. E para ver tudo a tempo poder ser 2 vídeos por semana.*

A19 - *Eu não encontrei aspectos negativos, apenas um, pois acho um pouco difícil não tirar dúvidas na hora e depois acabar esquecendo, mas com um pouco de esforço acho que daria para anotá-las e tirá-las com o professor na sala.*

A20 - *O aspecto negativo foi a mal organização de tempo para conseguir fazer as atividades em ordem que o professor pediu, um dos vídeos ficou muito longo e não consegui assistir todo ele.*

A23 - *Um aspecto negativo é a falta de controle, de certa forma, que o professor possui. Sendo assim, ele não terá certeza de que a videoaula foi, de fato, assistida, por mais que depois seja possível notar em algumas atividades.*

A25 - *Nas atividades em grupos alguns integrantes não assistem o vídeo e ficam na carona dos colegas.*

A27 - *Maior responsabilidade individual pelo primeiro contato do novo conteúdo ser em casa.*

Alguns respondentes consideraram as videoaulas com longa duração, “demoradas”, inclusive sugeriram para que o número de videoaulas fosse maior, mas com a duração individual menor. Ainda, houve uma opinião destacou como negativo a publicação das videoaulas com pouca antecedência aos encontros presenciais.

Parte dos respondentes destacou como aspecto negativo a falta de interatividade em tempo real e a impossibilidade de sanar as dúvidas com o professor durante a visualização da videoaula, além de que a espera até o encontro presencial poderia gerar o esquecimento daquilo que não ficou compreendido.

Entretanto, em número considerável, praticamente a metade dos respondentes, apontaram como pontos negativos a dificuldade de organização do tempo para o estudo prévio e, principalmente, a responsabilidade e o comprometimento individual de cada aluno com a proposta do método.

O número de disciplinas regulares, tarefas, estudos para avaliações e as atividades da vida particular e extraescolar foram algumas justificativas citadas para a dificuldade de realizar o estudo prévio. Em relação a responsabilidade e comprometimento, os respondentes justificam suas opiniões com base na falta de interesse, dedicação e cooperação dos alunos com a proposta e o professor. Também relatam que aqueles colegas que não haviam realizado o estudo prévio contribuíram muito pouco para as atividades em grupo.

Seguindo para as sugestões para melhorar a implementação do método SAI, percebemos contribuições que corroboram com diversas observações apontadas anteriormente pelos respondentes. Entre as opiniões, percebemos maior destaque para as videoaulas e o período do ano letivo em que foi aplicado o método,

seguidamente pelas atividades desenvolvidas. Com menor destaque, observamos a necessidade de cobranças pelo comprometimento dos alunos e, para poucos respondentes, a necessidade de atividades mais próximas a forma tradicional do professor de ensinar. A seguir, apresentamos algumas respostas coletadas com a questão 30.

A04 - Fazer videoaulas mais curtas, mais demonstrações de experiência.

A07 - Gostei bastante das aulas de experimentos, principalmente daquela do litro com álcool que se transforma em vapor devido à pressão. Em minha opinião essas experiências poderiam ser feitas mais vezes.

A08 - Seria bom quando possível usar papéis, canetas que mostrassem passo a passo de como se chegou naquele resultado, que apresentasse alguns fenômenos reais e como eles acontecem na vida real, o seu passo a passo.

A11 - Abordar menos conteúdo, com videoaulas de duração menor, escolher um período do ano mais motivador, onde as notas já não estejam encaminhadas.

A15 - Haver uma revisão completa dos conteúdos vistos em casa.

A16 - Poderia ser feito mais antecipado os vídeos serem postados mais cedo e o projeto podia ser aplicado mais no início do ano.

A20 - Poderia ter sido postado os vídeos antes para depois os alunos terem tempo para ver, e vídeos mais curtos para dar tempo de assistir.

A23 - Acredito que o método já esteja bom o bastante, porém pode ser interessante que algum momento da videoaula sejam demonstradas em um quadro, juntamente com o professor, assim como em sala de aula. Isso facilitaria a produção de das videoaulas e não se tornaria muito distante de como é normalmente na escola.

A27 - Uma maior cobrança para que as atividades de casa não fossem esquecidas.

A29 - Aplicar ele no meio do ano, pois os alunos já sabem que precisam prestar atenção e de nota, e estão mais descansados.

Sobre a utilização das videoaulas como recurso didático, de modo geral, as opiniões convergem para que sejam elaboradas em maior número, com menos conteúdo e menor tempo de duração, apresentado mais exemplos do cotidiano. Ainda, que sejam publicadas com maior antecedência ao encontro presencial. Além disso, alguns alunos sugeriram que o formato da videoaula fosse diferente do apresentado e mais próximo do que é visto em sala de aula, com o professor utilizando o quadro branco, ou uma folha de papel e canetas, para explicar e demonstrar o conteúdo.

Em relação ao período de realização do método proposto, parte dos respondentes consideram que teriam maior comprometimento e motivação em outro período do ano, talvez na metade do ano e não final do último trimestre letivo.

Sugeriram um momento que estivessem mais descansados e sentissem a necessidade de se dedicar mais a proposta para obtenção de boas notas.

No que diz respeito às atividades desenvolvidas, foi sugerido um maior número de atividades práticas e demonstrações de experiências. Além disso, uma maior diversidade de atividades e tarefas propostas para os alunos, como por exemplo, um estudo de caso ou uma paródia.

Por fim, houve um pequeno número de respondentes que sugeriu que o professor consiga, de alguma forma, cobrar ou fazer com que os alunos se comprometam mais com a proposta, principalmente com o estudo prévio. Também em pequeno número, houve aqueles que sugeriram ao professor fazer uma revisão completa do estudo prévio e a correção de todas as atividades “de forma tradicional”, o que entendemos ser utilizando o quadro branco e na sala de aula.

6.3 Como estudantes respondem à transição do ensino tradicional para a Sala de Aula Invertida, considerando suas atitudes e percepções, a partir de uma sequência didática sobre as Leis da Termodinâmica?

Ao finalizarmos a análise dos dados coletados, percebemos que, de maneira geral, o método Sala de Aula Invertida foi aprovado pelos estudantes, obtendo deles uma avaliação predominantemente positiva e satisfatória em relação à maioria de suas particularidades.

Todavia, como estratégia didática, a SAI exige dos estudantes dedicação e comprometimento com o estudo prévio. Acerca disso, percebemos que a maioria se empenhou na realização das atividades que antecederam os encontros presenciais, especialmente na visualização da videoaula. Não obstante, muitos encontraram alguma dificuldade em concluir esse estudo por completo, principalmente a leitura do texto e as anotações durante a visualização da videoaula.

Dentre as razões apontadas para o não cumprimento dessas atividades, destacamos a necessidade de mudança de hábito, dificuldades de concentração e organização, esquecimento, falta de motivação ou desinteresse. Reconhecemos que esses resultados podem estar relacionados com a qualidade dos materiais instrucionais, selecionados e/ou elaborados pelo professor, além disso, com o pouco

tempo entre a disponibilização desses materiais aos estudantes e a realização dos encontros presenciais.

Em relação aos encontros presenciais, de maneira geral, os estudantes demonstraram engajamento com as atividades propostas. Reconheceram que as aulas se tornaram mais dinâmicas, especialmente com atividades que envolviam a colaboração entre os colegas e contavam com o auxílio do professor quando necessário. Destacaram positivamente o tempo adicional para realizar as tarefas em sala de aula, aproveitando as explicações do professor para esclarecer dúvidas, bem como as atividades que envolveram práticas e demonstrações experimentais.

Os estudantes expressaram crenças positivas em relação à própria aprendizagem após participarem da Sala de Aula Invertida. Comparativamente aos métodos tradicionais, como a aula expositiva, eles relataram sentir que aprenderam melhor sobre Física com essa abordagem inovadora. Além disso, destacaram a sensação de maior proximidade com o professor durante as atividades em sala de aula, o que contribuiu para um ambiente de aprendizado mais colaborativo e interativo. As videoaulas foram identificadas como recursos úteis para estudar e revisar os conteúdos a qualquer momento, o que facilita a compreensão dos temas abordados e a preparação para as atividades propostas. Essas percepções evidenciam a valorização dos aspectos interativos e personalizados da Sala de Aula Invertida na promoção de uma experiência de aprendizado mais eficaz e satisfatória para os estudantes.

7 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os processos de ensinar e aprender evoluíram consideravelmente nas últimas décadas, especialmente pelo advento das TDIC no contexto educacional. Professor e estudante já não estão limitados apenas à sala de aula física, visto que têm à sua disposição uma vasta série de recursos educacionais online. A Internet e os espaços virtuais, como os ambientes virtuais de ensino e aprendizagem, tornaram-se meios de transformação do ensino, ampliando a disponibilidade de informações e promovendo a divulgação do conhecimento humano de maneira sem precedentes. Nesse contexto, a relação entre professor e aluno adquire um dinamismo singular, refletindo a necessidade de atualização da escola aos tempos modernos, tendo em vista atender às demandas dos estudantes do século XXI, proporcionando-lhes oportunidades de aprendizagem significativas e relevantes.

O presente trabalho foi desenvolvido com a proposta de apresentar uma experiência didática alternativa ao ensino tradicional, baseada no método conhecido por Sala de Aula Invertida. Nossa intenção foi revitalizar e aprimorar o processo de ensino e aprendizagem em Física, bem como criar um produto educacional acessível e aplicável por professores em todo o país. Em síntese, nosso objetivo foi elaborar e aplicar uma sequência didática, sob a luz da Teoria da Aprendizagem Significativa e do método Sala de Aula Invertida, para ensinar as Leis da Termodinâmica em uma turma de estudantes do Ensino Médio.

Nossa pesquisa concentrou-se na coleta das percepções dos estudantes em relação à sequência didática implementada. Adotamos o estudo de caso, seguindo a perspectiva de Yin (2001), para responder a seguinte questão de pesquisa: *“Como estudantes respondem à transição do ensino tradicional para a Sala de Aula Invertida, considerando suas atitudes e percepções, a partir de uma sequência didática sobre as Leis da Termodinâmica?”*.

Em síntese, o método Sala de Aula Invertida foi aprovado pelos alunos, obtendo dos mesmos uma avaliação predominantemente positiva. As videoaulas foram avaliadas positivamente enquanto recurso didático, porém com ressalvas em relação ao tempo de duração e a forma de apresentação e explicação dos conteúdos pelo professor. As atividades em sala de aula foram o destaque mais positivo, especialmente aquelas realizadas com a colaboração dos colegas e do professor,

seguidamente pelas atividades envolvendo demonstrações experimentais. Por outro lado, as atividades realizadas de forma individual, tanto na sala de aula quanto no estudo prévio que deve ser conduzido pelo estudante antes do encontro presencial, receberam menos avaliações positivas.

A elaboração de uma sequência didática sobre as Leis da Termodinâmica utilizando a Sala de Aula Invertida representa uma abordagem diferenciada para o ensino desse conteúdo, que possui significativa importância no ensino de Física. Ao fundamentar nossos materiais na Teoria da Aprendizagem Significativa, buscamos garantir que o processo de ensino e aprendizagem fosse mais significativo e relevante para os alunos, promovendo uma compreensão mais profunda e duradoura dos conceitos abordados.

Além disso, o trabalho resultou na criação de um produto educacional, que julgamos ser disseminável, representado principalmente pelas videoaulas disponíveis no YouTube. Essas videoaulas não só podem ser utilizadas por outros professores em suas próprias aulas, proporcionando uma alternativa diferenciada e acessível de ensino, mas também servem de exemplos inspiradores para que eles produzam seus próprios materiais instrucionais. Dessa forma, acreditamos que nosso trabalho não apenas contribui para a melhoria do ensino de física, mas também para o desenvolvimento e compartilhamento de práticas pedagógicas que pretendam inovar e qualificar o processo de ensino e aprendizagem.

Esse trabalho foi produzido por um professor de Física que sempre utilizou como método de ensino a aula expositiva, assumindo o papel de protagonista dentro da sala de aula. Antes deste trabalho, nunca havia experimentado algo diferente do conhecido como aula tradicional, nunca havia gravado uma videoaula. Elaborar os materiais e atividades para adoção da Sala de Aula Invertida foi um desafio e um trabalho árduo; entretanto, foi recompensador experimentar e vivenciar uma postura diferente na sala de aula, especialmente na interação com os alunos. Definir os recortes de conteúdos, selecionar os textos, elaborar as questões e produzir as videoaulas foi um trabalho que exigiu muito esforço. Especialmente em relação às videoaulas, desde escolher o formato utilizado, passando pela elaboração dos slides, e, por fim, a gravação e edição do vídeo para ser disponibilizado para os alunos. Nossa experiência nos fez reconhecer que a elaboração dos materiais para o estudo

prévio dos estudantes compreende o maior trabalho a ser realizado pelo professor que pretende adotar a Sala de Aula Invertida como estratégia didática.

Como estratégia didática, a Sala de Aula Invertida demonstrou ser possível e adequada para os estudantes dos dias atuais, visto que a utilização da Internet e de ambientes virtuais, nas atividades relacionadas ao processo de ensino e aprendizagem, é uma realidade para a maioria dos professores e estudantes das escolas que oferecem o Ensino Médio. Na sala de aula, os alunos se mostraram mais autônomos e participativos, favorecendo a colaboração entre os colegas. A aula presencial se tornou mais dinâmica, com o professor mais próximo dos alunos, discutindo e esclarecendo as dúvidas quando surgiam. Houve uma otimização do tempo em sala de aula, permitindo a realização de atividades práticas, como, por exemplo, a realização de experiências.

Percebemos que a principal dificuldade encontrada pelos estudantes foi a realização do estudo prévio. Desenvolver as atividades que antecedem o encontro presencial, com o empenho e dedicação necessários, é uma tarefa que nem todos os estudantes estão dispostos ou acostumados a fazer, sem contar aqueles que se esquecem de realizar as atividades ou que, por alguma razão, não conseguem acessar os materiais elaborados pelo professor. Diante disso, a nossa experiência vivenciada com a Sala de Aula Invertida e as impressões coletadas com os alunos indicam que a estratégia didática não nos parece ser adequada para ser utilizada por longos períodos, tampouco como único método de ensino. A impressão que obtivemos é de que a estratégia parece mais adequada para recortes de conteúdos, módulos específicos a partir do planejamento do que se quer ensinar.

É importante reconhecer que este estudo apresenta algumas limitações que devem ser consideradas ao interpretar os resultados e conclusões. Primeiramente, estava fora do escopo de investigação uma verificação aprofundada da aprendizagem dos estudantes. A aproximação entre a Teoria da Aprendizagem Significativa e a Sala de Aula Invertida carece, portanto, de pesquisas futuras. Sugerimos a realização de estudos longitudinais envolvendo múltiplos grupos e a aplicação de instrumentos de avaliação mais abrangentes, a fim de compreender melhor os efeitos da Sala de Aula Invertida na aprendizagem dos alunos e explorar mais a fundo os mecanismos subjacentes à aprendizagem significativa.

Destacamos, por fim, que ao explorarmos a implementação da Sala de Aula Invertida, buscamos não apenas enriquecer a experiência de aprendizagem dos alunos, mas também facilitar sua construção ativa de conhecimento. Essa abordagem oferece uma oportunidade significativa de avançar na construção de práticas pedagógicas adaptadas às demandas do século XXI, proporcionando uma educação mais relevante e alinhada com as necessidades e expectativas dos estudantes. Esperamos que nosso trabalho possa inspirar e auxiliar outros professores que desejam adotar a Sala de Aula Invertida, não apenas para ensinar Física, mas também para outras disciplinas. Seguimos acreditando no potencial dessa estratégia didática para transformar a experiência de aprendizagem dos alunos e promover uma educação mais significativa e engajadora.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ARAUJO, I. S.; MAZUR, E. **Instrução pelos colegas e ensino sob medida**: uma proposta para engajamento dos alunos no processo de ensino-aprendizagem de física. Caderno Brasileiro de Ensino de Física, Florianópolis, v. 30, n. 2, p. 362-384, 2013.

AUSUBEL, D. P. **Aquisição e retenção de conhecimentos**: uma perspectiva cognitiva. Lisboa: Plátano Edições Técnicas, 2003.

BENDER, W. N. **Aprendizagem baseada em projetos**: educação diferenciada para o século XXI. Porto Alegre: Penso, 2015.

BERBEL, N. A. N. **A problematização e a aprendizagem baseada em problemas**: diferentes termos ou diferentes caminhos? Interface – Comunicação, Saúde, Educação, v.2, n.2, 1998.

BACICH, L.; TANZI NETO, A. e TREVISANI, F. **Ensino Híbrido**: personalização e tecnologia na educação. Porto Alegre: Penso, 2015.

BERGMANN, J & SAMS, A. **A Sala de Aula Invertida**: Uma metodologia ativa de aprendizagem. Rio: LTC, 2016.

DEPONTI, M. A. M.; BULEGON, A. M. **Uma revisão de literatura sobre o uso da metodologia Sala de Aula Invertida para o Ensino de Física**. VIDYA, v. 38, n. 2, p. 103-118, jul./dez., 2018 - Santa Maria, 2018.

DOMINGUINI, L. **Física moderna no Ensino Médio: com a palavra os autores dos livros didáticos do PNLEM**. Revista Brasileira De Ensino De Física, v. 34, n. 2, 2012. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/S1806-11172012000200013>

MORAN, J. M. **Mudando a educação com metodologias ativas**. In Convergências Midiáticas, Educação e Cidadania: aproximações jovens. Coleção Mídias Contemporâneas. 2015. Disponível em: <http://www2.eca.usp.br/moran/wp-content/uploads/2013/12/mudando_moran.pdf>. Acesso em: 16 fev. 2017.

MOREIRA, M. A. **Grandes desafios para o ensino da Física na educação contemporânea**. Revista do Professor de Física, v. 1, n. 1, p. 1-13, 7 ago. 2017.

MOREIRA, M. A. **O que é afinal aprendizagem significativa?** Aula Inaugural do Programa de Pós-Graduação em Ensino de Ciências Naturais, Instituto de Física, Universidade Federal do Mato Grosso, Cuiabá, MT, 23 de abril de 2010. Aceito para publicação, *Curriculum*, La Laguna, Espanha, 2012. Disponível em: <<http://moreira.if.ufrgs.br/oqueeafinal.pdf>>. Acesso em: 11 jun. 2018.

MOREIRA, M. A. **Teorias de aprendizagem**. 2. ed. São Paulo: EPU, 2011.

OLIVEIRA, T. E.; ARAUJO, I. S.; VEIT, E. A. **Aprendizagem Baseada em Equipes (Team-Based Learning)**: um método ativo para o Ensino de Física. Caderno Brasileiro de Ensino de Física, v. 33, n. 3, p. 962-986, dez. 2016.

OLIVEIRA, T. E.; ARAÚJO, I. S.; VEIT, E. A. **Sala de aula invertida (Flipped Classroom)**: inovando as aulas de física. Física na Escola, v. 14, n. 2, 2016.

OSTERMANN, F.; CAVALCANTI, C. J. H. **Teorias de Aprendizagem**. Porto Alegre: Evangraf; UFRGS, 2011.

PRODANOV, C. C.; FREITAS, E. C. **Metodologia do trabalho científico**: métodos e técnicas da pesquisa e do trabalho acadêmico. 2. ed. Novo Hamburgo: Feevale, 2013.

SCHNEIDERS, L. A. **O método da sala de aula invertida (flipped classroom)**. Lajeado: Ed. da Univates, 2018.

VALENTE, J. **Blended learning e as mudanças no ensino superior**: a proposta da sala de aula invertida. Educar em Revista, Curitiba, Brasil, Edição Especial n. 4/2014, p. 79-97.

YIN, R. K. **Estudo de caso**: planejamento e métodos. 2. ed. Porto Alegre: Bookman, 2001.

YIN, R. K. **Pesquisa qualitativa do início ao fim**. Porto Alegre: Penso, 2016.

APÊNDICE A – Produto Educacional

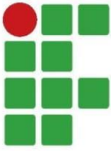
Figura A-1 – Capa do Produto Educacional.



Fonte: Autoria Própria.

APÊNDICE B – Atividades elaboradas para os encontros presenciais

Figura B-1 – Primeira atividade realizada no primeiro encontro presencial, página 1.

INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA DO RIO GRANDE DO SUL – CAMPUS VERANÓPOLIS					
	AS LEIS DA TERMODINÂMICA - 1º ENCONTRO			CURSO: TÊC. EM ADMINISTRAÇÃO	
	Componente Curricular: Física I			Professor: Dante Deon	
	Turma: 1º ano	Trimestre: 3º	Peso: 1,0 ponto	Data: 04/11/2019	Nota:
	Nome do Aluno (a):				
	Nome do Aluno (a):				
Nome do Aluno (a):					

01. (ENEM 2008) A energia geotérmica tem sua origem no núcleo derretido da Terra, onde as temperaturas atingem 4.000 °C. Essa energia é primeiramente produzida pela decomposição de materiais radiativos dentro do planeta. Em fontes geotérmicas, a água, aprisionada em um reservatório subterrâneo, é aquecida pelas rochas ao redor e fica submetida a altas pressões, podendo atingir temperaturas de até 370 °C sem entrar em ebulição. Ao ser liberada na superfície, à pressão ambiente, ela se vaporiza e se resfria, formando fontes ou gêiseres. O vapor de poços geotérmicos é separado da água e é utilizado no funcionamento de turbinas para gerar eletricidade. A água quente pode ser utilizada para aquecimento direto ou em usinas de dessalinização.

Roger A. Hinrichs e Merlin Kleinbach. Energia e meio ambiente. Ed. ABDR (com adaptações).

Depreende-se das informações acima que as usinas geotérmicas

(A) utilizam a mesma fonte primária de energia que as usinas nucleares, sendo, portanto, semelhantes os riscos decorrentes de ambas.

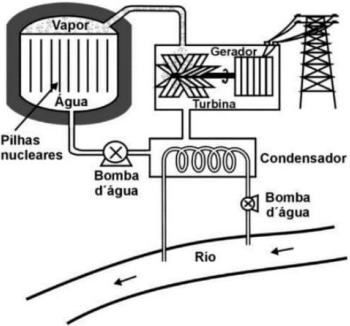
(B) funcionam com base na conversão de energia potencial gravitacional em energia térmica.

(C) podem aproveitar a energia química transformada em térmica no processo de dessalinização.

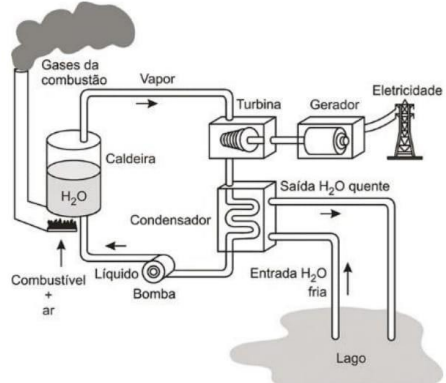
(D) assemelham-se às usinas nucleares no que diz respeito à conversão de energia térmica em cinética e, depois, em elétrica.

(E) transformam inicialmente a energia solar em energia cinética e, depois, em energia térmica.

02. (ENEM 2000) A energia térmica liberada em processos de fissão nuclear pode ser utilizada na geração de vapor para produzir energia mecânica que, por sua vez, será convertida em energia elétrica. Abaixo está representado um esquema básico de uma usina de energia nuclear.



03. (ENEM 2009) O esquema mostra um diagrama de bloco de uma estação geradora de eletricidade abastecida por combustível fóssil.



HINRICH, R. A.; KLEINBACH, M. Energia e meio ambiente. São Paulo: Pioneira Thomson Learning, 2003 (adaptado).

Se fosse necessário melhorar o rendimento dessa usina, qual das seguintes ações poderia resultar em alguma economia de energia, sem afetar a capacidade de geração da usina?

(A) Reduzir a quantidade de combustível fornecido à usina para ser queimado.

(B) Reduzir o volume de água do lago que circula no condensador de vapor.

(C) Reduzir o tamanho da bomba usada para devolver a água líquida à caldeira.

(D) Melhorar a capacidade dos dutos com vapor conduzirem calor para o ambiente.

(E) Usar o calor liberado com os gases pela chaminé para mover um outro gerador.

Fonte: Autoria própria.

Figura B-2 – Primeira atividade realizada no primeiro encontro presencial, página 2.

INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA DO RIO GRANDE DO SUL – CAMPUS VERANÓPOLIS

04. Para colaborar com segurança no trânsito, as motocicletas devem dispor de sinalizadores, como a lanterna de freio. A energia necessária para acender a lâmpada da lanterna é proveniente de um dínamo, um dispositivo que utiliza o movimento da motocicleta para transformar energia.

Responda:

- a) Que tipos de energia são transformados no dínamo?
- b) Porque, ao acelerar uma motocicleta, o brilho da lâmpada da lanterna de freio fica mais intenso?

05. Uma usina termelétrica converte, após diversos estágios de processamento, a energia térmica proveniente da queima de alguns combustíveis, como gás natural e óleo *diesel*, em energia elétrica. Após a transformação, a energia elétrica é transportada pelos fios da rede elétrica até os edifícios, residenciais ou empresariais.

Responda:

- a) Após o processo de transformação, a energia total final é igual, maior ou menor que a energia total inicial? Justifique sua resposta.
- b) Dê alguns exemplos de eletrodomésticos e os tipos de transformação de energia envolvidos em seu funcionamento.

06. É correto afirmar que a maior parte dos tipos de energia com os quais lidamos no dia a dia é proveniente, de algum modo, do Sol? Explique.

07. Identifique as transformações de energia que ocorrem durante o funcionamento de um(a):

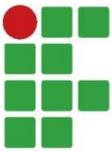
- a) televisor;
- b) ferro elétrico de passar roupas;
- c) controle remoto;
- d) computador;
- e) secador de cabelos;
- f) celular (sem estar conectado ao carregador).

08. A água é uma substância em abundância na natureza e fundamental para existência da vida. Facilmente ela pode ser encontrada nos estados sólido, líquido e gasoso. Sabendo disso e com base em seus conhecimentos, indique em cada uma das situações abaixo qual possui maior energia interna ou se não há diferença:

- a) 300 ml de água a 20 °C ou 300 ml de água a 60 °C
- b) 40 g de gelo a 0 °C ou 40 g de água a 0 °C
- c) 100 g de água a 100 °C ou 100 g de vapor da água a 100 °C
- d) 200 g de água a 50 °C ou 400 g de água a 50 °C

Fonte: Autoria própria.

Figura B-4 – Atividade realizada no segundo encontro presencial, página 1.

INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA DO RIO GRANDE DO SUL – CAMPUS VERANÓPOLIS					
	AS LEIS DA TERMODINÂMICA - 2º ENCONTRO			CURSO: TÊC. EM ADMINISTRAÇÃO	
	Componente Curricular: Física I			Professor: Dante Deon	
	Turma: 1º ano	Trimestre: 3º	Peso: 0,5 ponto	Data: 06/11/2019	Nota:
	Nome do Aluno (a):				
	Nome do Aluno (a):				

ATIVIDADE NO LABORATÓRIO DE INFORMÁTICA



Objetivo: explorar a simulação sobre Formas de Energia e Transformações do projeto PhET Simulações Interativas da Universidade de Colorado Boulder (https://phet.colorado.edu/pt_BR/simulation/energy-forms-and-changes).

Tópicos abordados: formas, sistemas, transferência, conversão e conservação de energia

Tempo máximo de atividade: 50 minutos

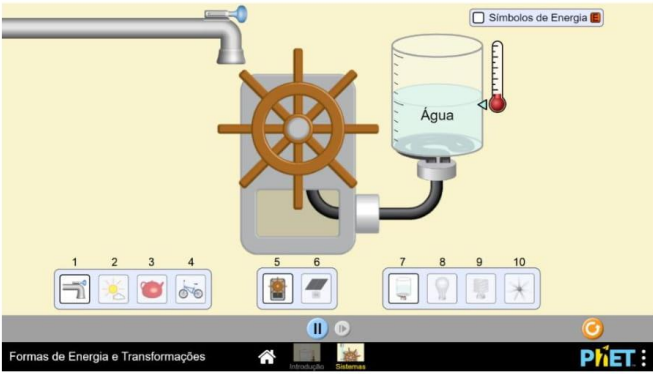
Passo a passo:

- 1º) Acessar o site do projeto PhET e buscar a simulação Formas de Energia e Transformações;
- 2º) Clicar e acessar a simulação;
- 3º) Escolher a opção “Sistemas”;

- 4º) Reconhecer

1	Torneira com registro
2	Sol e nuvens
3	Chaleira e aquecedor
4	Menino e bicicleta
5	Roda (gerador elétrico)
6	Placa fotovoltaica
7	Água e resistor
8	Lâmpada incandescente
9	Lâmpada fluorescente
10	Ventilador



Atividades:

01. 1º) Abra o registro da torneira e observe o que acontece na roda, no termômetro e no resistor (embaixo do recipiente com água); 2º) Clique para mostrar os “Símbolos de Energia”; 3º) Responda: a) Quais são as transformações de energia? Onde?; b) Existem “perdas” de energia (energia dissipada)? Em qual forma? De onde e para onde?; c) A energia total aumentou, diminuiu ou permaneceu constante.

Fonte: Autoria própria.

Figura B-5 – Atividade realizada no segundo encontro presencial, página 2.

INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA DO RIO GRANDE DO SUL – CAMPUS VERANÓPOLIS

02. 1º) Clique no item 8 para observar as transformações de energia; 2º) Clique no item 9 para observar as transformações de energia; 3º) Responda: a) Quais são as transformações em cada lâmpada?; b) Existe energia dissipada? Em qual forma? De onde e para onde?; c) Qual das lâmpadas aparentemente é mais eficiente? Porquê?

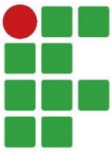
03. 1º) Clique no item 10 e no item 3, ativando o aquecimento; 2º) Observe as transformações de energia; 3º) Responda: a) Quais são as transformações de energia? Onde?; b) Existe energia dissipada? Em qual forma? De onde e para onde?; c) A energia total aumentou, diminuiu ou permaneceu constante.

04. 1º) Clique no item 8 e no item 4, selecionando a velocidade máxima do ciclista; 2º) Observe as transformações de energia; 3º) Responda: a) Quais são as transformações de energia? Onde?; b) Existe energia dissipada? Em qual forma? Onde e para onde?; c) A energia total aumentou, diminuiu ou permaneceu constante.

05. 1º) Clique nos itens 6, 7 e 2, selecionando a menor quantidade de nuvens; 2º) Observe as transformações de energia; 3º) Responda: a) Quais são as transformações de energia? Onde?; c) Existe energia dissipada? Em qual forma? De onde e para onde?; c) Como a quantidade de nuvens altera o sistema?; d) A energia total aumentou, diminuiu ou permaneceu constante.

Extra: Discuta com seu colega situações reais onde são observadas semelhanças com as atividades simuladas.

Figura B-6 – Primeira atividade realizada no terceiro encontro presencial, página 1.

INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA DO RIO GRANDE DO SUL – CAMPUS VERANÓPOLIS					
	AS LEIS DA TERMODINÂMICA - 3º ENCONTRO			CURSO: TÉC. EM ADMINISTRAÇÃO	
	Componente Curricular: Física I			Professor: Dante Deon	
	Turma: 1º ano	Trimestre: 3º	Peso: 1,0 ponto	Data: 11/11/2019	Nota:
	Nome do Aluno (a):				
	Nome do Aluno (a):				
Nome do Aluno (a):					

01. Defina a primeira lei da Termodinâmica completando as frases a seguir com os números correspondentes as palavras ou expressões encontradas na tabela.

1 conservação	3 diferença	5 trocas	7 energia interna	9 energia
2 primeira	4 trabalho	6 calor	8 natural	10 meio

A _____ de uma dada quantidade de um gás ideal é função exclusiva de sua temperatura.

A variação da _____ de um sistema é dada pela _____ entre o _____ trocado com o _____ exterior e o _____ realizado no processo termodinâmico.

A _____ lei da Termodinâmica é uma reafirmação do princípio da _____ da _____, válida para qualquer processo _____ que envolva _____ de energia.

02. Nomeie os termos das equações a seguir.

$$\Delta U = \frac{3}{2} \cdot n \cdot R \cdot \Delta T \quad \tau = p \cdot \Delta V \quad \Delta U = Q - \tau$$

ΔU		τ	
n		p	
R		ΔV	
ΔT		Q	

03. Reveja os conceitos de transformações gasosas completando as frases a seguir.

Em uma transformação _____ a temperatura é constante.

Em uma transformação _____ a pressão é constante.

Em uma transformação _____ o volume é constante.

Em uma transformação _____ o gás não troca calor com o meio exterior.

04. Indique como se dá cada transformação gasosa completando a tabela abaixo.

Transformações	Isobárica	Isocórica	Isotérmica	Adiabática
Varição da energia interna	$\Delta U = Q - \tau$			
Calor	$Q = \Delta U + \tau$			
Trabalho	$\tau = Q - \Delta U$			

Fonte: Autoria própria.

Figura B-7 – Primeira atividade realizada no terceiro encontro presencial, página 1.

INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA DO RIO GRANDE DO SUL – *CAMPUS VERANÓPOLIS*

05. Complete a tabela abaixo.

	Expansão adiabática	Compressão adiabática
Trabalho é realizado	Pelo gás	
Volume		
Temperatura		Aumenta
Pressão		
Energia interna		

06. Responda: a) Qual é a condição necessária para se afirmar que em uma transformação gasosa houve realização de trabalho? b) Quando é que o trabalho de um gás é considerado positivo, quando é considerado negativo e quando é considerado nulo?

07. Responda: É possível aumentar ou diminuir a temperatura de um gás sem fornecer ou retirar calor dele? Dê pelo menos um exemplo de cada caso e explique como se dá a variação de temperatura nessas condições.

08. Dois mols de um gás ideal monoatômico sofrem o processo termodinâmico AB indicado no gráfico. Sendo $R = 8,31 \text{ J/mol}\cdot\text{K}$, determine:

- as temperaturas inicial e final do gás;
- a variação de energia interna do gás no processo AB ;
- o trabalho realizado pelo gás ao passar do estado A para o estado B ;
- a quantidade de calor trocada pelo gás na transformação de A para B .

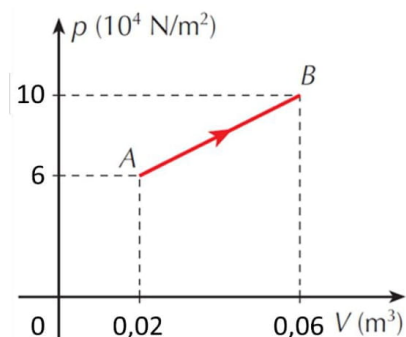
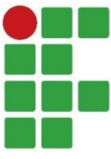



Figura B-8 – Segunda atividade realizada no terceiro encontro presencial.

INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA DO RIO GRANDE DO SUL – CAMPUS VERANÓPOLIS					
	AS LEIS DA TERMODINÂMICA - 3º ENCONTRO			CURSO: TÉC. EM ADMINISTRAÇÃO	
	Componente Curricular: Física I			Professor: Dante Deon	
	Nome do Aluno (a):				Nota:
	Turma: 1º ano	Trimestre: 3º	Peso: 0,5 ponto	Data: 11/11/2019	

01. (Uepa) Um estudante verifica a ação do calor sobre um gás perfeito inserido em uma seringa de vidro, aquecendo-a com uma vela e mantendo fechada a sua saída.



Desprezando-se o atrito entre o êmbolo da seringa e o vidro, pode-se afirmar que, durante o aquecimento:

(a) o gás se tornará mais denso. Com isso, a pressão do ar atmosférico empurrará o êmbolo da seringa, comprimindo o gás.

(b) se a pressão do gás se mantiver constante, a energia interna do sistema aumenta, fazendo com que o gás realize trabalho, deslocando o êmbolo da seringa.

(c) se a pressão do gás se mantiver constante, o sistema gasoso recebe trabalho, diminuindo o volume interno da seringa.

(d) se a energia interna do sistema aumenta, certamente o gás sofrerá uma transformação isométrica.

(e) toda a energia recebida será integralmente utilizada para deslocar o êmbolo, tratando-se, por tanto, de uma transformação isobárica do gás.

02. A primeira coluna descreve uma transformação sofrida pelo gás; a segunda contém a denominação utilizada para indicar essa transformação.

(A) O gás realiza trabalho e sua energia interna não varia.	(1) Compressão isotérmica.
(B) O gás tem sua energia interna aumentada e não troca trabalho com o meio externo.	(2) Compressão adiabática.
(C) O gás não troca calor com o meio externo, mas sua temperatura aumenta.	(3) Aquecimento isométrico.
(D) O gás recebe trabalho e sua energia interna não varia.	(4) Expansão isotérmica.

Em qual das alternativas as associações estão corretas?

(a) A-1, B-2, C-3 e D-4.

(b) A-4, B-2, C-1 e D-3.

(c) A-4, B-3, C-2 e D-1.

(d) A-3, B-1, C-4 e D-2.

(e) A-2, B-4, C-1 e D-3.

03. Um estudante manuseava uma bomba manual (metálica) de encher bola de futebol. Mantendo o orifício de saída do ar tapado com seu dedo, ele comprimia rapidamente o êmbolo e observava que o ar dentro da bomba era aquecido. Das afirmativas a seguir, qual você usaria para explicar o fenômeno descrito?

(a) Quando se comprime rapidamente um gás, facilita-se a troca de calor entre o ar que está dentro da bomba e o meio externo.

(b) A compressão rápida do ar foi feita isobaricamente, provocando aumento na velocidade de suas partículas.

(c) O fenômeno descrito é impossível de ocorrer, pois, sendo o corpo da bomba metálico, qualquer energia que seja fornecida para o ar interno será imediatamente transferida para o meio externo.

(d) Quando se comprime um gás, sua temperatura sempre aumenta.

(e) Devido à rapidez da compressão, o ar que está dentro da bomba não troca calor com o meio externo; assim, o trabalho realizado provoca aumento da energia interna desse ar.

04. A primeira lei da Termodinâmica, aplicada a uma transformação gasosa, se refere à:

(a) conservação da energia total.

(b) relatividade do movimento de partículas subatômicas, que constituem uma massa de gás.

(c) expansão e contração do binômio espaço-tempo no movimento das partículas do gás.

(d) conservação da quantidade de movimento das partículas do gás.

(e) conservação de massa do gás.

05. Na transformação de um gás perfeito, os estados final e inicial acusaram a mesma energia interna. Nesse caso, certamente:

(a) não houve troca de calor entre o gás e o ambiente.

(b) não houve troca de trabalho entre o gás e o ambiente.

(c) são iguais as temperaturas dos estados inicial e final.

(d) a transformação foi cíclica.

(e) a transformação foi isométrica.

Fonte: Autoria própria.

Figura B-9 – Atividade realizada no quarto encontro presencial.

INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA DO RIO GRANDE DO SUL – CAMPUS VERANÓPOLIS					
	AS LEIS DA TERMODINÂMICA - 4º ENCONTRO			CURSO: TÊC. EM ADMINISTRAÇÃO	
	Componente Curricular: Física I			Professor: Dante Deon	
	Turma: 1º ano	Trimestre: 3º	Peso: 0,5 ponto	Data: 13/11/2019	Nota:
	Nome do Aluno (a):				
	Nome do Aluno (a):				
Nome do Aluno (a):					

ATIVIDADE: OBSERVAÇÃO DE EXPERIÊNCIA

Tarefa: explicar os fenômenos observados nas experiências abaixo relacionando-os com a os termos da primeira lei da Termodinâmica e as transformações gasosas.

EXPERIÊNCIAS

1ª – Produzir uma neblina dentro de uma garrafa PET.

Montagem: Uma garrafa PET com uma válvula de pneu conectada a uma bomba manual de ar e uma rolha no bocal da tampa de rosca. Um termômetro com termopar para medir a temperatura no interior da garrafa. Um borrifador com álcool.



Procedimento: Borrifar álcool no interior da garrafa, tampar a garrafa com a rolha e bombear o ar. Logo após, retirar a rolha. Observar o que ocorre no interior da garrafa e na medida da temperatura registrada pelo termômetro antes e após retirar a rolha.


2ª – Vaporizar o jato de um aerossol em um termômetro.

Procedimento: Vaporizar o jato de um aerossol em um termômetro com termopar e observar a medida de temperatura registrada.



3ª – Inflar uma bexiga.

Montagem: Uma lata de alumínio de 473 ml com uma vela acesa no seu interior. Uma lata de alumínio de 350 ml com uma seringa sem êmbolo de 3 ml colada no seu bocal. Cerca de 10 ml de água no seu interior. Uma bexiga pequena vestindo a extremidade da seringa.



Procedimento: Colocar a lata de 350 ml sobre a lata de 473 ml e observar.

Após inflar a bexiga, mergulhar a lata com a seringa em água fria e observar.

4ª – Mover o êmbolo de uma seringa.

Montagem: Uma lata de alumínio de 473 ml com uma vela acesa no seu interior. Uma lata de alumínio de 350 ml com uma seringa com êmbolo de 10 ml colada no seu bocal. Cerca de 10 ml de água no seu interior.

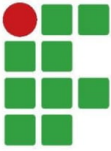


Procedimento: Colocar a lata de 350 ml sobre a lata de 473 ml e observar.

Após mover o êmbolo, mergulhar a lata com a seringa em água fria e observar.

Fonte: Autoria própria.

Figura B-10 – Primeira atividade realizada no quinto encontro presencial, página 1.

INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA DO RIO GRANDE DO SUL – <i>CAMPUS VERANÓPOLIS</i>					
	AS LEIS DA TERMODINÂMICA - 5º ENCONTRO			CURSO: TÉC. EM ADMINISTRAÇÃO	
	Componente Curricular: Física I			Professor: Dante Deon	
	Turma: 1º ano	Trimestre: 3º	Peso: 1,0 ponto	Data: 18/11/2019	Nota:
	Nome do Aluno (a):				
	Nome do Aluno (a):				
Nome do Aluno (a):					

01. Classifique as frases abaixo como transformações reversíveis e irreversíveis marcando R nas reversíveis e I nas irreversíveis.

() Transformações que podem se efetuar em ambos os sentidos.

() Transformação inversa que só pode ser efetuada como parte de um processo mais complexo, envolvendo interações com outros corpos.

() Um cubo desliza em um plano inclinado e se choca elasticamente em uma mola ideal voltando à posição inicial.

() Um cubo desliza em um plano inclinado com atrito chocando-se com uma mola, sendo necessário fornecer energia para voltar à posição inicial.

02. Defina a segunda lei da Termodinâmica e o conceito de máquina térmica completando as frases a seguir com os números correspondentes as palavras encontradas na tabela.

1 ciclos	3 impossível	5 trabalho	7 alta	9 espontânea
2 calor	4 temperatura	6 quente	8 frio	10 integralmente

I. O _____ não passa de forma _____ de um corpo para outro de _____ mais _____.

II. É _____ construir uma máquina, operando em _____, cujo único efeito seja retirar _____ de uma fonte e convertê-lo _____ em _____.

III. Para que uma máquina térmica converta _____ em _____ de modo contínuo, ela deve operar em _____ entre duas fontes térmicas, uma _____ e outra _____. A máquina térmica retira _____ da fonte _____, converte-o parcialmente em _____ e rejeita o restante para a fonte _____.

03. A energia interna de um enorme *iceberg* pode ser aproveitada para realizar trabalho? Justifique.

Fonte: Autoria própria.

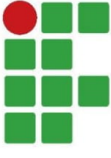
Figura B-11 – Primeira atividade realizada no quinto encontro presencial, página 2.

INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA DO RIO GRANDE DO SUL – CAMPUS VERANÓPOLIS

04. Entropia é uma medida da desordem de um sistema. Sempre que a energia se converte espontaneamente de uma forma para outra, o sentido da transformação é para um estado maior de desordem e, portanto, com maior entropia. Exemplifique uma situação em seu cotidiano em que a entropia esteja envolvida.

05. A soma das energias cinéticas moleculares da água de um lago frio resulta num valor de energia maior do que a soma das energias cinéticas moleculares de uma xícara de chá quente. Imagine que você tenha imergido parcialmente a xícara de chá quente na água do lago, de onde o chá absorve 10 calorias da água e esquenta, enquanto a água que cedeu as 10 calorias esfria. Essa transferência de energia violaria a primeira lei da termodinâmica? Ela violaria a segunda lei? Justifique suas respostas.

Figura B-13 – Atividade realizada no sexto encontro presencial, página 1.

INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA DO RIO GRANDE DO SUL – <i>CAMPUS VERANÓPOLIS</i>					
	AS LEIS DA TERMODINÂMICA - 6º ENCONTRO			CURSO: TÉC. EM ADMINISTRAÇÃO	
	Componente Curricular: Física I			Professor: Dante Deon	
	Turma: 1º ano	Trimestre: 3º	Peso: 0,5 ponto	Data: 20/11/2019	Nota:
	Nome do Aluno (a):				
	Nome do Aluno (a):				
Nome do Aluno (a):					

ATIVIDADE: A DESORDEM DOS FEIJÕES

Objetivo: compreender o conceito de entropia por meio de um modelo experimental.

Material: uma pequena caixa de papel com dois compartimentos separados por uma tira de papel possuindo uma pequena abertura que permite a passagem entre os compartimentos; uma tira de papel dobrado sobreposta a passagem entre os dois compartimentos; uma tampa de papel com parte plástica que permite visualizar o interior da caixa fechada; 30 feijões pretos e 30 feijões cariocas (marrom claro).

Para realizar a atividade, o grupo irá receber a caixa fechada, com 30 feijões pretos em um compartimento e 30 feijões marrons no outro. Uma tira de papel sobreposta a separação dos compartimentos irá impedir a passagem dos feijões de um lado para outro.

Procedimentos e questões:

1º) Ao receber a caixa, observe a disposição dos feijões. Essa é a ordem inicial (estado inicial). Tire uma foto da caixa onde aparece a disposição dos feijões.

2º) Agite a caixa por 10 segundos, sem incliná-la, mantendo sua base sempre em um plano horizontal. Após, observe a disposição dos feijões. Compare com a ordem inicial.

Questão 01: Houve mudança na ordem inicial? Se você continuar agitando a caixa, é possível que os feijões retornem espontaneamente para as suas posições iniciais? Cite uma maneira de colocar os feijões na sua ordem inicial.

3º) Abra a caixa e retire a tira de papel sobreposta a separação dos compartimentos. Após, feche a caixa.


4º) Observe a disposição dos feijões. Tire uma foto da caixa onde aparece a disposição dos feijões.

5º) Agite a caixa por 20 segundos, sem incliná-la, mantendo sua base sempre em um plano horizontal. Após, observe a disposição dos feijões. Compare com a ordem inicial.

Questão 02: O que é possível afirmar sobre o nível de organização dentro da caixa antes e depois da agitação? Qual estado é mais organizado?

Fonte: Autoria própria.

Figura B-15 – Atividade realizada no sétimo encontro presencial, página 1.

INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA DO RIO GRANDE DO SUL – CAMPUS VERANÓPOLIS					
	AS LEIS DA TERMODINÂMICA - 7º ENCONTRO			CURSO: TÊC. EM ADMINISTRAÇÃO	
	Componente Curricular: Física I			Professor: Dante Deon	
	Turma: 1º ano	Trimestre: 3º	Peso: 1,0 ponto	Data: 25/11/2019	Nota:
	Nome do Aluno (a):				
	Nome do Aluno (a):				
Nome do Aluno (a):					

01. Complete as frases abaixo de acordo com o conceito de transformação cíclica.

Ciclo de sentido horário: conversão de _____ em _____.

Ciclo de sentido anti-horário: conversão de _____ em _____.

02. Reveja o ciclo de Carnot completando as frases a seguir com os números correspondentes as palavras encontradas na tabela.

1 quente	3 horário	5 trabalho	7 zero	9 positivo
2 100%	4 rendimento	6 máximo	8 fria	10 inatingível

O ciclo de Carnot proporciona _____ a uma máquina térmica. Quando o ciclo é percorrido no sentido _____, o _____ é _____. Este _____ é função exclusiva das temperaturas absolutas das fontes _____ e _____. O _____ seria _____ se a temperatura da fonte _____ fosse o _____ absoluto, que na prática é _____.

03. Nomeie os termos das equações a seguir.

$$\tau = Q_1 - Q_2 \quad \eta = \frac{\tau}{Q_1} \quad \eta = 1 - \frac{Q_2}{Q_1} \quad \eta = 1 - \frac{T_2}{T_1}$$

τ		η	
Q ₁		T ₁	
Q ₂		T ₂	

04. Um inventor informa ter construído uma máquina térmica que recebe, em certo tempo, 10000 joules da fonte quente e fornece, ao mesmo tempo, 4000 joules de trabalho útil. A máquina trabalha entre as temperaturas de 77 °C e 227 °C.

a) Qual a quantidade de calor rejeitada para fonte fria?

b) Que rendimento tem a máquina que o inventor alega ter construído?

c) Comente a possibilidade de essa máquina existir.

Fonte: Autoria própria.

Figura B-16 – Atividade realizada no sétimo encontro presencial, página 2.

INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA DO RIO GRANDE DO SUL – CAMPUS VERANÓPOLIS

05. O ciclo de Otto representa as etapas das transformações que ocorrem no motor a combustão. O diagrama pressão versus volume é uma representação teórica de um ciclo real, uma idealização, já que durante o funcionamento de um cilindro os processos não se realizam de forma perfeita. Esse ciclo pode ser resumido em quatro operações ou tempos, conforme as figuras abaixo.

Figura 1: representação dos tempos de um motor a combustão

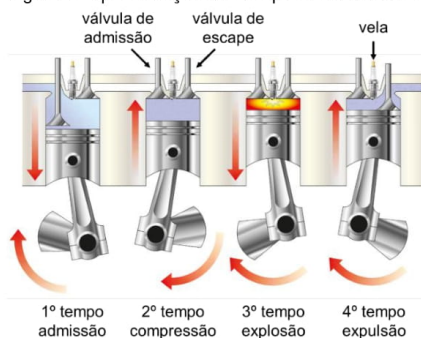
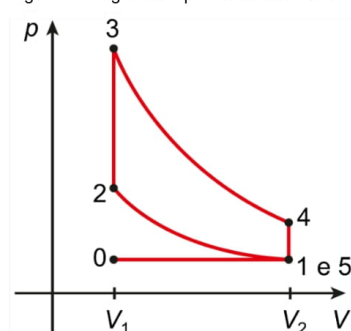


Figura 2: diagrama representando o ciclo Otto

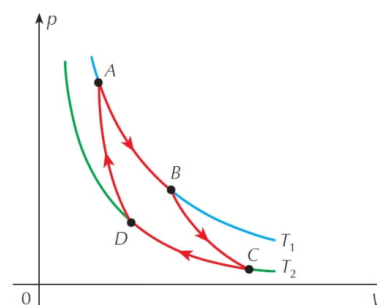


Complete as frases abaixo preenchendo as lacunas com os números correspondentes aos pontos do diagrama representado pela figura 2.

1. Admissão – processo isobárico ____ → _____. Nesta fase, o pistão desce, a válvula de admissão abre e uma mistura de combustível e ar é injetada na câmara interna.
2. Compressão – processo adiabático ____ → _____. As válvulas de admissão e exaustão são fechadas e o pistão sobe, comprimindo a mistura na câmara.
3. Combustão e Expansão – processo isovolumétrico ____ → _____, seguido de expansão adiabática ____ → _____. Quando o pistão atinge o ponto de compressão máxima, uma faísca elétrica é emitida por uma vela, provocando a explosão da mistura combustível-ar. Gases aquecidos empurram o pistão para baixo, expandindo a câmara interna do cilindro.
4. Exaustão ou Escape – abertura da válvula de exaustão, ____ → _____, seguida de descompressão isobárica, ____ → _____. A válvula de escape é aberta, possibilitando a exaustão, isto é, a retirada dos gases formados na explosão.

06. (UFBA-Adaptado) A figura ao lado representa o ciclo de Carnot para um gás ideal. Nessas condições, assinale V para verdadeiro e F para falso nas afirmações abaixo:

- () Na compressão adiabática a energia interna do gás diminui.
- () Na expansão isotérmica o gás recebe calor de uma das fontes.
- () Na expansão adiabática a temperatura do gás diminui.
- () Na compressão isotérmica a energia interna do gás diminui.
- () Na transformação cíclica o gás atinge o equilíbrio térmico com a fonte quente, ao reiniciar novo ciclo.



07. (UFBA-Adaptado) Com base nos conhecimentos sobre Termodinâmica, assinale V para verdadeiro e F para falso nas afirmações abaixo:

- () Quando um gás ideal é comprimido rapidamente, a energia interna do gás aumenta.
- () O ciclo de Carnot é composto por transformações isométricas e isobáricas.
- () O rendimento de uma máquina térmica depende exclusivamente da temperatura da fonte quente.
- () No refrigerador o gás refrigerante remove calor da fonte fria, evaporando-se, e transfere calor à fonte quente, condensando-se.
- () Admitindo-se o Universo como sistema físico isolado, a entropia do Universo sempre aumenta.

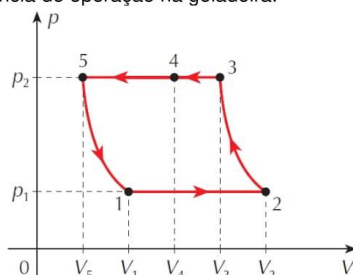
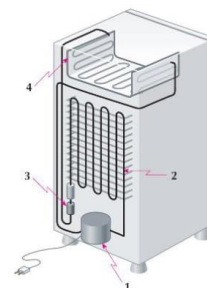
Figura B-17 – Atividade realizada no sétimo encontro presencial, página 3.

INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA DO RIO GRANDE DO SUL – CAMPUS VERANÓPOLIS

08. (UEPB-Adaptado) O refrigerador é uma máquina térmica que retira calor dos corpos colocados em seu interior e rejeita calor para o meio ambiente, que está a uma temperatura mais elevada que a do seu interior. No refrigerador, entretanto, a transferência de calor não é espontânea: é oposta à "ordem natural" e, de acordo com a Segunda Lei da Termodinâmica, é um processo que só se pode efetivar com fornecimento externo de energia.

Como está esquematizado na figura ao lado, o refrigerador consta de quatro componentes: 1 – compressor; 2 – condensador ou radiador; 3 – válvula (tubo capilar); e 4 – congelador.

Tendo como base as informações dadas, analise, nas proposições a seguir, os processos que ocorrem em cada um dos componentes da geladeira, com suas respectivas transformações gasosas, como se observa no diagrama $p \times V$ apresentado, que representa as variações de pressão e volume para o ciclo da substância de operação na geladeira.



Complete as frases abaixo preenchendo as lacunas com os números correspondentes aos pontos do diagrama $p \times V$ apresentado.

I. No compressor, devido à rapidez com que ocorre a compressão, esta pode ser considerada adiabática. A temperatura e a pressão se elevam. Como não há trocas de calor ($Q = 0$), o trabalho realizado pelo compressor é equivalente à variação da energia interna da substância (____ → ____).

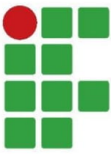
II. A válvula é um tubo capilar que diminui a pressão da substância. Esta decompressão ocorre com muita rapidez, não permitindo a troca de calor com o ambiente, logo se constitui numa transformação adiabática (____ → ____).

III. No congelador, a substância operante troca calor com o interior da geladeira, a pressão constante e aumento de temperatura, expandindo-se à medida que se vaporiza (____ → ____).

IV. O condensador ou radiador é a serpentina na qual o vapor se liquefaz, trocando calor com o ambiente. Inicialmente ocorre uma diminuição de temperatura à pressão constante (____ → ____), seguida de uma diminuição do volume da substância em condensação, à pressão e temperatura constantes (____ → ____).

09. Você conseguiria esfriar uma cozinha deixando aberta a porta do refrigerador e fechando a porta e as janelas da peça? Explique.

Figura B-18 – Atividade realizada no oitavo encontro presencial.

INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA DO RIO GRANDE DO SUL – <i>CAMPUS VERANÓPOLIS</i>					
	AS LEIS DA TERMODINÂMICA - 8º ENCONTRO			CURSO: TÉC. EM ADMINISTRAÇÃO	
	Componente Curricular: Física I			Professor: Dante Deon	
	Nome do Aluno (a):				Nota:
	Turma: 1º ano	Trimestre: 3º	Peso: 1,0 ponto	Data: 27/11/2019	

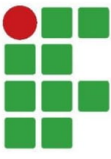
Tarefa: Você tem um amigo que estuda em outra escola e precisa muito da sua ajuda para compreender os conceitos relacionados ao estudo da Termodinâmica. Para ajudar seu amigo, **desenvolva um mapa mental abordando os conceitos de Termodinâmica**. Utilize exemplos. Seja criativo, explore suas ideias.

Palavras-chave/conceitos: adiabática, calor, Carnot, ciclo, conservação, conversão, degradação, desordem, energia, entropia, fonte, frigorífica, frio, interna, irreversível, isobárica, isocórica, isotérmica, lei, máquina, ordem, pressão, primeira, processo, quente, rendimento, reversível, segunda, temperatura, térmica, termodinâmica, trabalho, transformação, Universo, variação, volume...

Fonte: Autoria própria.

APÊNDICE C – Autoavaliação do estudo prévio

Figura C-1 – Autoavaliação do estudo prévio, página 1.

INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA DO RIO GRANDE DO SUL – CAMPUS VERANÓPOLIS			
	AS LEIS DA TERMODINÂMICA - 9º ENCONTRO		CURSO: TÉC. EM ADMINISTRAÇÃO
	Componente Curricular: Física I		Professor: Dante Deon
	Nome do Aluno (a):		
	Turma: 1º ano	Trimestre: 3º	Data: 02/12/2019

AUTOAVALIAÇÃO DO ESTUDO PRÉVIO

O estudo prévio é essencial e fundamental para o sucesso do método Sala de Aula Invertida. Ele consiste em acessar e estudar o material disponibilizado pelo professor antes do encontro presencial (sala de aula). Durante o estudo prévio, o aluno deve realizar anotações sobre os conteúdos estudados para que as eventuais dúvidas sejam sanadas pelo professor e pelos colegas durante o encontro presencial.

Abaixo seguem as atividades de estudo prévio disponibilizadas pelo professor para o desenvolvimento das atividades presenciais durante a implementação do método Sala de Aula Invertida.

1ª semana:
 Ler o texto: *A descoberta que mudou a humanidade*.
 Responder a questão: O que é energia e como podemos obtê-la?
 Assistir a videoaula 01: As leis da Termodinâmica – Energia (20 minutos e 36 segundos)

2ª semana:
 Ler o texto: *Os segredos que o frio esconde*.
 Responder a questão: Por que o desodorante aerossol parece frio em contato com a pele?
 Assistir a videoaula 02: As leis da Termodinâmica – A primeira lei da Termodinâmica (35 minutos e 21 segundos)

3ª semana:
 Ler o texto: *O caos e a ordem*.
 Responder a questão: Se a energia se conserva, por que precisamos economizá-la?
 Assistir a videoaula 03: As leis da Termodinâmica – Entropia e a segunda lei da Termodinâmica (15 minutos e 58 segundos)

4ª semana:
 Ler o texto: *Entenda o que é termodinâmica e suas aplicações nos dias de hoje*.
 Responder a questão: Você conseguiria esfriar uma cozinha deixando aberta a porta do refrigerador e fechando a porta e as janelas da peça? Explique.
 Assistir a videoaula 04: As leis da Termodinâmica – Máquinas térmicas (12 minutos e 15 segundos)

Sobre as atividades da **1ª semana**:

01. Você leu o texto sugerido pelo professor? () SIM. () NÃO. Se NÃO, qual foi o motivo?

02. Você assistiu a videoaula produzida pelo professor? () SIM. () NÃO. Se NÃO, qual foi o motivo?

03. Se você respondeu SIM na pergunta anterior, responda:

a) Assistiu do início ao fim? () SIM. () NÃO, apenas uma parte. Se NÃO, pode estimar o tempo (em minutos) que você assistiu?

b) Em qual horário você assistiu? () Domingo à noite. () Segunda-feira pela manhã. () Outro horário. Qual?

c) Durante a videoaula, você fez anotações sobre o que estava assistindo? () SIM. () NÃO.

Fonte: Autoria própria.

Figura C-2 – Autoavaliação do estudo prévio, página 2.

INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA DO RIO GRANDE DO SUL – CAMPUS VERANÓPOLIS

d) Você assistiu a videoaula mais de uma vez? () SIM. () NÃO.

Sobre as atividades da **2ª semana**:

01. Você leu o texto sugerido pelo professor? () SIM. () NÃO. Se NÃO, qual foi o motivo?

02. Você assistiu a videoaula produzida pelo professor? () SIM. () NÃO. Se NÃO, qual foi o motivo?

03. Se você respondeu SIM na pergunta anterior, responda:

a) Assistiu do início ao fim? () SIM. () NÃO, apenas uma parte. Se NÃO, pode estimar o tempo (em minutos) que você assistiu?

b) Em qual horário você assistiu? () Domingo à noite. () Segunda-feira pela manhã. () Outro horário. Qual?

c) Durante a videoaula, você fez anotações sobre o que estava assistindo? () SIM. () NÃO.

d) Você assistiu a videoaula mais de uma vez? () SIM. () NÃO.

Sobre as atividades da **3ª semana**:

01. Você leu o texto sugerido pelo professor? () SIM. () NÃO. Se NÃO, qual foi o motivo?

02. Você assistiu a videoaula produzida pelo professor? () SIM. () NÃO. Se NÃO, qual foi o motivo?

03. Se você respondeu SIM na pergunta anterior, responda:

a) Assistiu do início ao fim? () SIM. () NÃO, apenas uma parte. Se NÃO, pode estimar o tempo (em minutos) que você assistiu?

b) Em qual horário você assistiu? () Domingo à noite. () Segunda-feira pela manhã. () Outro horário. Qual?

c) Durante a videoaula, você fez anotações sobre o que estava assistindo? () SIM. () NÃO.

d) Você assistiu a videoaula mais de uma vez? () SIM. () NÃO.

Fonte: Autoria própria.

Figura C-3 – Autoavaliação do estudo prévio, página 3.

INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA DO RIO GRANDE DO SUL – CAMPUS VERANÓPOLIS

Sobre as atividades da **4ª semana**:

01. Você leu o texto sugerido pelo professor? () SIM. () NÃO. Se NÃO, qual foi o motivo?

.....
.....

02. Você assistiu a videoaula produzida pelo professor? () SIM. () NÃO. Se NÃO, qual foi o motivo?

.....
.....

03. Se você respondeu SIM na pergunta anterior, responda:

a) Assistiu do início ao fim? () SIM. () NÃO, apenas uma parte. Se NÃO, pode estimar o tempo (em minutos) que você assistiu?

.....

b) Em qual horário você assistiu? () Domingo à noite. () Segunda-feira pela manhã. () Outro horário. Qual?

.....

c) Durante a videoaula, você fez anotações sobre o que estava assistindo? () SIM. () NÃO.

d) Você assistiu a videoaula mais de uma vez? () SIM. () NÃO.

.....

Utilize as linhas abaixo para fazer uma reflexão sobre o seu comprometimento com o estudo prévio.

.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....

Fonte: Autoria própria.

APÊNDICE D – Questionário de avaliação da implementação do método SAI

Figura D-1 – Questionário de avaliação, página 1.



QUESTIONÁRIO DE AVALIAÇÃO DA IMPLEMENTAÇÃO DO MÉTODO SALA DE AULA INVERTIDA

Após trabalharmos com a Sala de Aula Invertida para desenvolvermos o conteúdo de Termodinâmica, dê sua opinião sobre como foi essa experiência. NÃO se preocupe, pois não há respostas corretas. O importante é que a resposta reflita sua opinião em cada item.

Para as afirmações 01 a 25, escolha um número que representa sua opinião conforme a escala: 5 para concordo totalmente, 4 para concordo parcialmente, 3 para indiferente, 2 para discordo parcialmente e 1 para discordo totalmente.

01. A utilização de videoaulas para a exposição da matéria foi relevante para o seu aprendizado.
() 5 () 4 () 3 () 2 () 1
02. Me tornei mais ativo em sala de aula após a implementação do método de ensino da sala de aula invertida.
() 5 () 4 () 3 () 2 () 1
03. Aprenderia melhor se o conteúdo fosse explicado somente pelo professor em sala de aula.
() 5 () 4 () 3 () 2 () 1
04. É mais fácil compreender o conteúdo através de videoaulas do que através dos textos do livro.
() 5 () 4 () 3 () 2 () 1
05. As videoaulas são úteis para revisar a matéria estudada.
() 5 () 4 () 3 () 2 () 1
06. O tempo de duração e cada videoaula estava de acordo com os conteúdos abordados.
() 5 () 4 () 3 () 2 () 1
07. O número de videoaulas estava de acordo com os conteúdos abordados.
() 5 () 4 () 3 () 2 () 1
08. O uso de videoaulas para a exposição do conteúdo influencia a forma como se aprende.
() 5 () 4 () 3 () 2 () 1
09. Prefiro realizar as tarefas de sala sozinho do que realizá-las em grupo.
() 5 () 4 () 3 () 2 () 1
10. Me senti confuso no começo da utilização do método de ensino da sala de aula invertida.
() 5 () 4 () 3 () 2 () 1
11. Prefiro aprender o conteúdo das aulas em sala com o professor e fazer os exercícios em casa.
() 5 () 4 () 3 () 2 () 1
12. É mais fácil aprender matérias novas através de videoaulas.
() 5 () 4 () 3 () 2 () 1
13. As experiências demonstradas pelo professor me ajudaram a compreender os conceitos de Termodinâmica.
() 5 () 4 () 3 () 2 () 1

Fonte: Autoria própria.

Figura D-2 – Questionário de avaliação, página 2.



14. A atividade realizada no laboratório de informática me ajudou a compreender o conceito de energia.
 5 4 3 2 1
15. A atividade intitulada *Desordem dos feijões* me ajudou a compreender o conceito de entropia.
 5 4 3 2 1
16. As atividades realizadas em grupo me ajudaram a compreender melhor os conceitos estudados.
 5 4 3 2 1
17. Compreendo melhor o conteúdo quando explicado pelo professor em sala de aula.
 5 4 3 2 1
18. A visualização das videoaulas me ajudou a compreender melhor o conteúdo.
 5 4 3 2 1
19. Recebi mais atenção do professor depois que ele passou a ensinar através da sala de aula invertida.
 5 4 3 2 1
20. O método de ensino da sala de aula invertida me ajudou a aprender sobre a relação trabalho e energia.
 5 4 3 2 1
21. O método de ensino da sala de aula invertida foi uma experiência inovadora de aprendizado.
 5 4 3 2 1
22. Me senti confuso durante todo o tempo em que nos utilizamos do método de ensino da sala de aula invertida.
 5 4 3 2 1
23. Precisei de mais atenção do professor para a realização das tarefas depois que ele passou a ensinar através da sala de aula invertida.
 5 4 3 2 1
24. A utilização do método de ensino da sala de aula invertida me fez interagir mais frequentemente com os meus colegas de sala.
 5 4 3 2 1
25. Me senti mais motivado a aprender física após a utilização do método de ensino da sala de aula invertida.
 5 4 3 2 1
-
26. Classifique em ordem crescente (de 1 a 4), qual atividade foi mais significativa para o seu aprendizado. Sendo (1) como o mais significativo e (4) como o menos significativo.
- Estudo prévio (leitura de texto, responder questão e assistir videoaula)
- Atividades em grupo
- Atividades individuais
- Demonstração de experiência

Fonte: Autoria própria.

Figura D-3 – Questionário de avaliação, página 3.



27. A utilização do método Sala de Aula Invertida para o desenvolvimento dos conteúdos sobre as leis da Termodinâmica foi:

() Muito boa () Boa () Razoável () Ruim () Muito ruim


28. Na sua opinião, qual os aspectos positivos do método Sala de Aula Invertida?

29. Na sua opinião, qual os aspectos negativos do método Sala de Aula Invertida?

30. Na sua opinião, o que poderia ser feito para melhorar a implementação do método Sala de Aula Invertida?

APÊNDICE E – Termo de consentimento livre e esclarecido

Figura E-1 – Termo de consentimento livre e esclarecido.



INSTITUTO FEDERAL
Sul-rio-grandense
Câmpus
Pelotas - Visconde da Graça



PPGCITED
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS
E TECNOLOGIAS NA EDUCAÇÃO

TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO – TCLE

Projeto de Pesquisa: Sala de Aula Invertida no Ensino de Física: uma experiência em Termodinâmica

Instituição realizadora da Pesquisa: Instituto Federal de Ensino, Ciência e Tecnologia Sul-rio-grandense – Câmpus Pelotas – Visconde da Graça

Pesquisador responsável: Dante Ronaldo Doleski Deon

Objetivos: Aplicar uma sequência didática utilizando o método conhecido por Sala de Aula Invertida, apoiada na teoria da Aprendizagem Significativa, abordando os tópicos de Termodinâmica para uma turma de curso técnico integrado ao ensino médio na disciplina de Física.

Procedimentos a serem utilizados:

A pesquisa será produzida a partir de dados coletados junto aos alunos regulares do primeiro ano do Curso Técnico em Administração Integrado ao Ensino Médio do campus Veranópolis do Instituto Federal do Rio Grande do Sul. Para isso, além das informações coletadas durante a aplicação do método, será solicitado que o sujeito responda a um questionário e, caso tenha interesse, na segunda fase do estudo, será convidado a participar de entrevista e grupo de discussão sobre as temáticas relativas à investigação.

Os dados coletados serão utilizados para tabulação e posterior análise. Há o comprometimento do pesquisador em não divulgar os nomes dos sujeitos dessa pesquisa e nem mesmo informações que possam vir a expô-los, garantindo o sigilo e privacidade absoluto de seu anonimato.

Além disso, o sujeito da pesquisa terá os esclarecimentos desejados e a assistência adequada, se necessária, antes e durante a realização da pesquisa.

Desde já agradeço sua colaboração e atenção frente a pesquisa aqui apresentada.

Veranópolis, 30 de outubro de 2019.

Sujeito da pesquisa: _____

RG: _____ Assinatura: _____

Responsável pelo sujeito da pesquisa: _____

RG: _____ Assinatura: _____

Dante Ronaldo Doleski Deon

Fonte: Autoria própria.

ANEXO A – Textos selecionados para o estudo prévio

Figura A-1 – Texto selecionado para o estudo prévio da primeira semana, página 1.

A DESCOBERTA QUE MUDOU A HUMANIDADE

Há centenas de milhares de anos, nas noites frias de inverno, a escuridão era um grande inimigo. Sem a lua cheia, a negritude da noite, além de assustadora, era perigosa. Havia muitos predadores com sentidos aguçados, e que poderiam atacar facilmente enquanto dormíamos. O frio intenso era outro inimigo. Não eram fáceis os primeiros passos da humanidade, dados por antepassados muito diferentes de nós.

Até que, um dia, talvez ao observar uma árvore atingida por um raio, os hominídeos primitivos descobriram algo que modificaria completamente o rumo da nossa evolução: o fogo. Ao dominar essa entidade, foi possível se aquecer, proteger-se dos predadores e ainda cozinhar os alimentos. Como nenhuma outra criatura do nosso planeta, conseguimos usar a nosso favor um fenômeno natural para ajudar a vencer as dificuldades diárias.

[...]

A importância da utilização do fogo como instrumento de transformação da nossa sociedade se acelerou com o progresso da cultura humana. Além de fornecer conforto térmico e melhorar a preparação de alimentos, ele desde cedo foi usado em rituais dos mais diferentes povos, na fabricação de armas (até os dias atuais), na produção de novos materiais (ajudando a fundir metais, por exemplo) e como fonte de calor para máquinas térmicas. Entretanto, o que é o fogo?

O fogo surge do processo de rápida oxidação de um material combustível, liberando luz, calor e os produtos da reação, como dióxido de carbono e água. Dessa forma, o fogo é uma mistura de gases em altas temperaturas e por isso emite luz na faixa do infravermelho e visível.

Para certas faixas de temperatura, os gases ficam totalmente ionizados. Isso ocorre porque os elétrons são arrancados dos átomos que os compõem, levando-os ao estado de plasma. O plasma (que nada tem haver com o material contido no sangue) pode ser observado, por exemplo, em lâmpadas fluorescentes, em que o gás fica ionizado devido à descarga elétrica.

Revolução Industrial

Um grande salto no desenvolvimento tecnológico ocorreu justamente quando se desenvolveu a máquina a vapor, dando início à Revolução Industrial, no final do século 18. Nesse caso, o principal combustível era o carvão e, a partir da sua queima, produzindo fogo, foi possível

Figura A-2 – Texto selecionado para o estudo prévio da primeira semana, página 2.

transformar a energia liberada em outra, com capacidade de realizar trabalho – ou seja, impulsionar máquinas e equipamentos a fazerem tarefas que antes dependiam da força bruta humana.

Nas primeiras máquinas térmicas, o fogo era utilizado para aquecer a água até a temperatura em que ela se transforma em vapor. A partir disso, com o acúmulo de vapor, a pressão aumentava, fazendo com que ele empurrasse um pistão que colocava uma roda, por exemplo, em movimento.

Essas primeiras máquinas foram usadas para extrair a água das minas de carvão, mas logo foram aplicadas nas indústrias e no desenvolvimento dos trens. Em poucas décadas, essas máquinas transformaram o mundo.

Desde aquele tempo existia a preocupação em desenvolver tecnologias mais eficientes para o aproveitamento da energia, ou seja, construção de máquinas com maior rendimento – que produzam mais consumindo menos. De fato, já no século 19 se fazia uma pergunta cuja resposta até hoje não é fácil: é possível construir uma máquina com 100% de eficiência? Seria possível conseguir isso?

A resposta a essa questão não foi simples e mostrou que não se tratava apenas de uma limitação tecnológica, mas sim uma limitação da natureza. Esses estudos levaram ao desenvolvimento de um novo ramo da física conhecido como termodinâmica.

[...]

O domínio do fogo pelos primeiros homínídeos foi de fundamental importância para a sobrevivência da nossa espécie. Em milhares de anos utilizando o fogo, o homem conseguiu produzir diversos materiais (metálicos, cerâmicos) que impulsionaram o desenvolvimento civilizatório.

Com o advento da máquina a vapor, usando o fogo como fonte de energia, ocorreu o grande processo de industrialização que nos levou ao atual estágio tecnológico.

Ao compreender como ocorrem os processos de transformação de energia, a termodinâmica se estabeleceu com um dos mais importantes ramos do conhecimento da física, que se aplica desde as máquinas a vapor até as modernas usinas nucleares. Sem dúvida, o fogo acendeu a curiosidade humana e foi uma das molas propulsoras do nosso progresso.

Oliveira, A. de. A descoberta que mudou a humanidade. *Ciência Hoje*, 16 jul. 2010. Disponível em: <<http://cienciahoje.org.br/coluna/a-descoberta-que-mudou-a-humanidade/>>. Acesso em: 25 out. 2019.

Figura A-3 – Texto selecionado para o estudo prévio da segunda semana, página 1.

OS SEGREDOS QUE O FRIO ESCONDE

Durante esta época do ano, em maio e junho, quando já passamos do meio do outono e com o inverno se aproximando, algumas regiões do Brasil começam a apresentar com mais frequência temperaturas mais baixas que as de outras épocas do ano, principalmente os estados do Sul e Sudeste. Essa mudança do tempo, devida à ocorrência das estações do ano, está associada ao movimento translação que a Terra realiza ao redor do Sol.

[...]

Como o eixo de rotação da Terra é inclinado cerca de 23 graus em relação a uma reta perpendicular ao plano da sua órbita, o hemisfério Sul nessa época do ano fica menos iluminado do que o Norte. Durante o inverno no Sul, há verão no Norte. Na cidade de São Paulo, podemos observar diferenças de temperatura de quase 25°C entre o verão e inverno.

Em nosso planeta existem regiões que já apresentaram temperaturas muito baixas, quando comparadas com as que ocorrem no inverno brasileiro. A temperatura mais baixa já registrada (e confirmada) no planeta ocorreu na estação russa Vostok, na Antártica, em 1983, quando o termômetro acusou -89,2°C.

Quando mencionamos uma determinada temperatura, é preciso especificar em qual escala ela está sendo medida. A escala Celsius, muito comum no Brasil e na Europa, não é utilizada universalmente. Nos Estados Unidos, a escala mais utilizada é a Fahrenheit. Na escala Celsius, a água no nível do mar se congela a zero grau e ferve a 100 graus. Na escala Fahrenheit, os pontos de congelamento e ebulição da água são de 32 e 212 graus, respectivamente.

Entretanto, existe uma escala de temperatura considerada absoluta, pois foi proposta a partir da constatação de que existe um limite mínimo para essa grandeza. A temperatura mínima equivale a zero kelvin, ou -273,15°C. Além de não existir uma temperatura menor que zero kelvin, esta também nunca pode ser atingida. Existe uma limitação na natureza para que isso ocorra e ela está relacionada com as leis da termodinâmica, em particular com a segunda delas.

Calor e transferência de energia

A primeira lei da termodinâmica expressa a conservação da energia. Ela esclarece que podemos apenas transferir energia para um corpo a partir da realização de um trabalho ou por troca de calor. Vejamos um exemplo. Quando levantamos um copo de vidro a uma altura de um metro, estamos realizando um trabalho para que isso aconteça. A força da gravidade, que tende a atrair

Figura A-4 – Texto selecionado para o estudo prévio da segunda semana, página 2.

todos os corpos, é contrária a esse tipo de movimento e, por isso, quando levantamos o objeto, este acumula energia no campo gravitacional terrestre (chamada de energia potencial gravitacional).

Ao soltarmos o copo, ele entra em movimento em direção ao chão (por causa da gravidade que o atrai) e vai transformando a energia potencial gravitacional em energia cinética (energia de movimento). Ao bater no chão, o copo sofre uma parada brusca do movimento e a energia cinética se dissipa na forma de calor e som e, na grande maioria dos casos, quebrando as ligações das moléculas que o compõem, transformando-o em muitos cacos.

[...]

Por outro lado, quando utilizamos uma queima em uma máquina térmica qualquer, como um automóvel ou mesmo nosso próprio corpo, realizamos um processo de transformação da energia química presente nas ligações moleculares em calor. No caso dos automóveis, o combustível reage com o ar, liberando calor e expandindo os gases no interior dos cilindros do motor, proporcionando o movimento de eixos que fazem o carro andar.

No corpo humano, a “queima” acontece no interior das células. O motor celular principal é uma organela chamada mitocôndria, que extrai energia principalmente da glicose (contida nos alimentos que comemos), transformando-a em moléculas de ATP (adenosina trifosfato), que são utilizadas para liberar a energia química em todo o nosso organismo.

Entretanto, embora a energia sempre se conserve nos processos físicos, químicos e biológicos, há sempre uma fração perdida na forma de calor que não é aproveitada, ou seja, apenas uma parte dessa energia pode se transformar em trabalho útil. Nos automóveis, cerca de dois terços da energia liberada da queima de combustível é perdida na forma de calor. No caso do nosso corpo, que é muito mais eficiente, o rendimento é superior a 60%. Por esse motivo, o motor do automóvel funde se não for refrigerado adequadamente e o nosso organismo entra em colapso caso não consiga controlar sua temperatura.

Em busca da máquina ideal

A constatação de que é impossível obter um processo com 100% de eficiência (transformar toda a energia em trabalho útil) foi feita pela primeira vez pelo engenheiro francês Sadi Carnot (1796-1832), que procurava encontrar uma máquina térmica perfeita. Ele conseguiu mostrar que a máquina térmica mais eficiente possível seria aquela que funcionasse sem atrito e dependesse somente da diferença de temperatura entre dois reservatórios térmicos. Essa “máquina ideal”, que na prática só pode ser obtida de maneira aproximada, é chamada de máquina de Carnot.

Figura A-5 – Texto selecionado para o estudo prévio da segunda semana, página 3.

Dessa forma, uma máquina térmica somente teria 100% de eficiência se a temperatura de um dos reservatórios térmicos fosse 0 kelvin. Como é impossível ter uma máquina com 100% de eficiência, conclui-se que é impossível chegar à temperatura de 0 kelvin!

Em 10 de julho de 1908, há cem anos, o físico holandês Heike Kamerlingh-Onnes (1853-1926) conseguiu pela primeira vez na história atingir a temperatura de 4 kelvin liquefazendo o gás hélio em Leiden, na Holanda. A partir disso foi possível estudar o comportamento de materiais nessa temperatura tão baixa. Em 1911, Onnes e seus estudantes descobriram que, nessa temperatura, o metal mercúrio não apresentava qualquer resistência à passagem da corrente elétrica. Esse fenômeno posteriormente ficou conhecido como supercondutividade, e sua descoberta rendeu o Nobel de Física a Onnes em 1913.

[...]

Além de não oferecer resistência à passagem de corrente, um material supercondutor tem a propriedade de expulsar de seu interior qualquer campo magnético que lhe seja aplicado. Esse efeito foi descoberto em 1933 pelos alemães Walther Meissner (1882-1974) e Robert Ochsenfeld (1901-1993). Posteriormente, foram descobertos muitos outros materiais que exibem o fenômeno da supercondutividade em temperaturas mais altas. O recorde atual é um composto cerâmico consistindo dos elementos tálio, mercúrio, cobre, bário, cálcio e oxigênio que se mantém supercondutor até a temperatura de 138 kelvins, ou seja, -135°C .

A supercondutividade é atualmente aplicada, por exemplo, nas máquinas de ressonância magnética, na forma de bobinas para gerar altos campos magnéticos que permitem obter imagens das estruturas de órgãos internos como o cérebro. O efeito descoberto por Meissner e Ochsenfeld permite também que ímãs levitem sobre um supercondutor, o que permitiu construir trens-bala que flutuam sobre trilhos e alcançam velocidades superiores a 400 km/h.

Temperaturas extremamente baixas criam condições para a ocorrência de muitos outros fenômenos. Eles não aparecem em temperaturas mais altas porque a agitação térmica é suficiente para impedir a sua manifestação. Descobri-los e aproveitá-los em benefício da humanidade talvez seja uma questão de tempo. Como vemos, o frio pode esconder muitos segredos que ainda não foram revelados.

Oliveira, A. de. Os segredos que o frio esconde. *Ciência Hoje*, 16 mai. 2008. Disponível em: <http://cienciahoje.org.br/coluna/os-segredos-que-o-frio-esconde/>. Acesso em: 07 nov. 2019.

Figura A-6 – Texto selecionado para o estudo prévio da terceira semana, página 1.

O CAOS E A ORDEM

A vida em grandes metrópoles – como São Paulo, Tóquio, Nova York e Paris – apresenta uma série de vantagens que tornam essas cidades especiais. Nelas encontramos muitos dos atributos que consideramos sinônimos de progresso, como facilidades de acesso aos bens de consumo, oportunidades de trabalho, lazer, serviços, educação, saúde etc.

Por outro lado, em algumas delas, devido à grandiosidade dessas cidades e aos milhões de cidadãos que ali moram, existem muito mais problemas do que benefícios. Seus habitantes sabem como são complicados o trânsito, a segurança pública, a poluição, os problemas ambientais, a habitação etc. Sem dúvida, são desafios que exigem muito esforço não só dos governantes, mas também de todas as pessoas que vivem nesses lugares. Essas cidades convivem ao mesmo tempo com a ordem e o caos, com a pobreza e a riqueza, com a beleza e a feiura.

A tendência das coisas a se desordenarem espontaneamente é uma característica fundamental da natureza. Para que ocorra a organização, é necessária alguma ação que restabeleça a ordem. É o que acontece nas grandes cidades: despoluir um rio, melhorar a condição de vida dos seus habitantes e diminuir a violência, por exemplo, são tarefas que exigem muito trabalho e não acontecem espontaneamente. Se não houver qualquer ação nesse sentido, a tendência é que prevaleça a desorganização.

Em nosso cotidiano percebemos que é mais fácil deixarmos as coisas desorganizadas do que em ordem. Quando espalhamos objetos pela casa, temos muito trabalho para colocarmos as coisas em ordem. Organizar é sempre mais difícil que bagunçar. A ordem tem seu preço.

Entropia

A existência da ordem/desordem está relacionada com uma característica fundamental da natureza que denominamos entropia. A entropia está relacionada com a quantidade de informação necessária para caracterizar um sistema. Dessa forma, quanto maior a entropia, mais informações são necessárias para descrevermos um sistema.

Um baralho com as cartas dispostas em ordem aleatória é um sistema caracterizado por uma grande entropia.

Para facilitar a compreensão desse conceito, podemos fazer uma analogia com algo bastante comum: cartas de baralho. Se inicialmente tivermos o baralho com as cartas organizadas de acordo

Figura A-7 – Texto selecionado para o estudo prévio da terceira semana, página 2.

com a sua sequência e naipes, o nosso sistema (baralho) contém um certo grau de informação. Rapidamente descobrimos qual é a regra que está organizando as cartas.

Por outro lado, quando embaralhamos as cartas, bastam apenas alguns movimentos para que a sequência inicial seja desfeita, ou seja, as cartas ficam mais desorganizadas. Para recolocá-las na ordem inicial, necessitaremos de muito mais informações a respeito da posição da carta (teremos que descobrir onde está o 5 de copas para colocá-lo após o 4 de copas). As cartas embaralhadas apresentam, então, uma entropia maior do que a das cartas organizadas.

A tendência do aumento da entropia está relacionada com uma das mais importantes leis da física: A segunda lei da termodinâmica. Essa lei mostra que, toda vez que realizamos algum trabalho, parte da energia empregada é perdida para o ambiente, ou seja, não se transforma em trabalho útil. Ao organizarmos as cartas, gastamos energia e, conseqüentemente, liberamos algum calor para o meio ambiente. A energia liberada ajudará a desorganizar as moléculas de ar ao nosso redor, aumentando a entropia ao nosso redor. Dessa forma, para diminuir a entropia de um determinado lugar é necessário aumentar a entropia em outro.

Embate constante

A manutenção da vida é um embate constante contra a entropia. A luta contra a desorganização é travada a cada momento por nós. Desde o momento da nossa concepção, a partir da fecundação do óvulo pelo espermatozoide, nosso organismo vai se desenvolvendo e ficando mais complexo. Partimos de uma única célula e chegamos à fase adulta com trilhões delas, especializadas para determinadas funções. A vida é, de fato, um evento muito especial e, até o momento, sabemos que ela ocorreu em um único lugar do universo – o nosso planeta.

[...]

Entretanto, com o passar do tempo, nosso organismo não consegue mais vencer essa batalha. Começamos a sentir os efeitos do tempo e envelhecer. Nosso corpo já não consegue manter pele com a mesma elasticidade, os cabelos caem e nossos órgãos não funcionam mais adequadamente. Em um determinado momento, ocorre uma falha fatal e morreremos.

Como a manutenção da vida é uma luta pela organização, quando esta cessa, imediatamente o corpo começa a se deteriorar e rapidamente perde todas as características que levaram muitos anos para se estabelecer. As informações acumuladas ao longo de anos, registradas em nosso cérebro a partir de configurações específicas dos neurônios, serão perdidas e não poderão ser novamente recuperadas com a completa deterioração do nosso cérebro.

Figura A-8 – Texto selecionado para o estudo prévio da terceira semana, página 3.

A entropia nos mostra que a ordem que encontramos na natureza é fruto da ação de forças fundamentais que, ao interagirem com a matéria, permitem que esta se organize. Desde a formação do nosso planeta, há cerca de cinco bilhões de anos, a vida somente conseguiu se desenvolver às custas de transformar a energia recebida pelo Sol em uma forma útil, ou seja, capaz de manter a organização.

Para tal, pagamos um preço alto: grande parte dessa energia é perdida, principalmente na forma de calor. Dessa forma, para que existamos, pagamos o preço de aumentar a desorganização do nosso planeta. Quando o Sol não puder mais fornecer essa energia, dentro de mais cinco bilhões de anos, não existirá mais vida na Terra. Com certeza a espécie humana já terá sido extinta muito antes disso.

O universo também não resistirá ao embate contra o aumento da entropia. Em uma escala inimaginável de tempo de 10^{100} anos (10 seguido de 100 zeros!), se o universo continuar a sua expansão, que já dura aproximadamente 15 bilhões de anos, tudo o que conhecemos estará absolutamente disperso. A entropia finalmente vencerá. Mas essa história fica para um outro dia.

Oliveira, A. de. O caos e a ordem. *Ciência Hoje*, 18 ago. 2006. Disponível em: <<http://cienciahoje.org.br/coluna/o-caos-e-a-ordem/>>. Acesso em: 25 out. 2019.

Figura A-9 – Texto selecionado para o estudo prévio da quarta semana, página 1.

ENTENDA O QUE É TERMODINÂMICA E SUAS APLICAÇÕES NOS DIAS DE HOJE

Especialista conta como a ciência transformou energia térmica em mecânica

Do motor dos automóveis à panela de pressão, a termodinâmica está presente em muitos fenômenos do dia a dia. Desde as antigas máquinas a vapor, fundamentais para a Revolução Industrial, ocorrida na Inglaterra em meados do século XVIII, os estudos da termodinâmica possibilitaram a análise das propriedades da matéria em determinadas situações de pressão e temperatura. Nas palavras do físico Cláudio Furukawa, do laboratório didático do Instituto de Física da Universidade de São Paulo (USP), “para todos os processos químicos, existe por trás o estudo da termodinâmica”. Para contar um pouco sobre como isso acontece, Furukawa, que é mestre em Energia pelo Instituto de Eletrotécnica e Energia da USP, fala ao site do Globo Ciência.

O que é a termodinâmica?

A termodinâmica estuda os fenômenos que lidam com temperatura, calor e pressão, analisando as propriedades da matéria em condições específicas. Em outras palavras, ela estuda as variações macroscópicas e microscópicas, incluindo a mudança de temperatura e de pressão de um conjunto de partículas. Esses estudos englobam, por exemplo, as mudanças de estado físico da matéria de sólido para líquido, ou de líquido para gasoso.

Sendo uma ciência interdisciplinar, a termodinâmica funde a química e a física. Para todos os processos químicos, existe por trás o estudo da termodinâmica. Uma reação química depende muito da temperatura e da pressão. Para cozinhar uma carne, por exemplo, o processo de cozimento é acelerado quando temos uma pressão maior, porque as reações químicas ocorrem mais rápido. A geladeira é um exemplo de máquina térmica, pois dentro dela temos uma temperatura mais baixa, retardando os processos químicos por diminuir os movimentos das moléculas, conservando os alimentos.

Como a termodinâmica viabiliza o estudo da pressão?

A termodinâmica estuda as transformações da matéria, sendo possível analisar as características de um conjunto específico de partículas. No caso da pressão, que seria a quantidade de partículas colidindo em uma determinada superfície, exercendo força, podemos estudá-la individualmente. A pressão é definida como a força dividida pela área. A unidade que utilizamos para

Figura A-10 – Texto selecionado para o estudo prévio da quarta semana, página 2.

medi-la é a Pascal, que equivale a um Newton por metro quadrado. O Newton é a força que deve ser empregada para sustentar 100 gramas de qualquer objeto.

A partir de quando foi possível estudar as propriedades da pressão para produzir energia mecânica?

Em meados do século XVIII, James Watt começou a estudar a máquina a vapor e a sua aplicação na indústria. Ele percebeu que a água quando muda de estado físico consegue realizar algum trabalho mecânico. Além de Watt, outros cientistas como James Prescott Joule e Nicolas Léonard Sadi Carnot também contribuíram para os estudos da termodinâmica.

James Watt concluiu que a água em estado líquido ocupa certo volume em determinada temperatura. Se pegarmos um copo de água, é possível perceber o volume que ela ocupa. No estado líquido, a densidade de um litro de água equivale a um quilograma. Se ocorrer uma mudança de estado físico, ou seja, do estado líquido para o gasoso, nós temos uma variação de volume de mais de 1200 vezes. Por isso que a panela de pressão explode caso alguém tampe o furo dela. Esse era o grande problema das antigas máquinas térmicas, pois elas explodiam muito. Watt estudou esses processos e criou as primeiras máquinas a vapor.

Como surgiram os primeiros indícios da termodinâmica na história?

A Revolução Industrial só foi possível graças às máquinas térmicas, principalmente às movidas a vapor. Voltando um pouco mais ao passado, na época da Grécia antiga, já havia incidências das máquinas térmicas. A turbina de Heron é um bom exemplo, pois consistia de uma espécie de panela com dois canículos tangenciais para a saída de vapor. À medida que o líquido localizado dentro dessa panela evaporava, o vapor a fazia girar, fornecendo energia mecânica a partir de uma energia térmica. Ou seja, temos aí uma transformação de energia. Entretanto, o experimento de Heron não tinha nenhuma aplicação prática na época.

A pressão aumenta quando um fluido passa do estado líquido para o gasoso. E o que acontece na reação inversa?

Do mesmo modo que a água aumenta de volume quando muda do estado líquido para o gasoso, na reação inversa acontece o contrário. É o princípio da bomba de vácuo. No século XIX, esse tipo de processo foi usado para sugar água das minas de carvão. O fenômeno também ocorre nas frentes frias. Quando o tempo começa a mudar, o vapor disperso na atmosfera condensa com um ar

Figura A-11 – Texto selecionado para o estudo prévio da quarta semana, página 3.

mais frio, fazendo com que a pressão caia. No Brasil, quando vem uma frente fria para o Sudeste, por exemplo, percebemos o ar bem mais quente, pois com a diminuição de pressão, o ar quente do Nordeste, ou do Centro-oeste, se desloca para essa região.

Hoje em dia, onde a termodinâmica é aplicada?

Em todos os processos que envolvem a mudança de estados. Sua aplicação vai desde as máquinas térmicas à meteorologia, com a medição de pressão e temperatura, umidade relativa do ar. Ou seja, existem inúmeros instrumentos que permitem medir as características variáveis dos gases, como os hidrômetros, que conferem a umidade relativa do ar e o barômetro, que afere a pressão.

A termodinâmica também é aplicada em larga escala nos automóveis. No processo de combustão, há uma grande liberação de calor e energia. Essa energia térmica é aproveitada para realizar o trabalho mecânico. A termodinâmica também é aplicada em outras situações, como na turbina de avião e nas usinas termoelétricas, que se utilizam do calor produzido pela fissão atômica.

No laboratório, quais equipamentos são utilizados para o estudo da termodinâmica?

Para os estudos dos gases, fluídos e sólidos em geral, há medidores de pressão, como os manômetros. Existem também equipamentos para medir absorção de radiação, a exemplo dos calorímetros, que medem a quantidade de calor necessária para aquecer certa quantidade de material. Além disso, ele serve para calcular o calor específico de substâncias, capacidades térmicas de sistemas, entre outras aplicações.

Disponível em: <<http://redeglobo.globo.com/globociencia/noticia/2011/12/entenda-o-que-e-termodinamica-e-suas-aplicacoes-nos-dias-de-hoje.html>>. Acesso em: 23/11/2019.