

UNIVERSIDADE ESTADUAL DO CENTRO-OESTE, UNICENTRO-PR

**O USO DO SIMULADOR VASCAK NO ENSINO DO
CICLO DE CARNOT**

SONIA MARIA REVILIAU

GUARAPUAVA, PR

2022

SONIA MARIA REVILIAU

O USO DO SIMULADOR VASCAK NO ENSINO DO CICLO DE CARNOT

Defesa apresentada à Universidade Estadual do Centro-Oeste, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Ensino de Ciências Naturais e Matemática, área de concentração em Ensino e Aprendizagem de Ciências Naturais e Matemática, para a obtenção do título de Mestre.

Prof. Dr. Ricardo Yoshimitsu Miyahara

Orientador

GUARAPUAVA, PR

2023

Catálogo na Publicação
Rede de Bibliotecas da Unicentro

R454u Revilliau, Sonia Maria
 O uso do simulador Vascak no ensino do Ciclo de Carnot / Sonia Maria
 Revilliau. -- Guarapuava, 2024.
 vii, 59 f. : il. ; 28 cm

Dissertação (mestrado) - Universidade Estadual do Centro-Oeste,
Programa de Pós-Graduação em Ensino de Ciências Naturais e
Matemática. Área de Concentração: Ensino e Aprendizagem de Ciências
Naturais e Matemática, 2024.

Orientador: Ricardo Yoshimitsu Miyahara
Banca examinadora: Márcia da Costa, Rodrigo Oliveira Bastos

Bibliografia

1. Tecnologia de Ensino. 2. Simuladores Educativos. 3. Aprendizagem
Significativa. I. Título. II. Programa de Pós-Graduação em Ensino de
Ciências Naturais e Matemática.

CDD 536.7

SUMÁRIO

1. Introdução	8
2. Referencial Teórico	14
2.1 Concepção de Aprendizagem segundo Moreira	15
2.2 Aprendizagem Significativa Crítica	16
3. A relevância do uso de simuladores no ensino da Física	19
3.1 A plataforma de simulação Vascak	22
3.2 Apresentação dos Simuladores aos alunos	24
4. Termodinâmica	25
4.1 Máquinas Térmicas	27
4.2 2ª Lei da Termodinâmica	31
4.3 Ciclo de Carnot	33
5. Materiais e Métodos	37
6. Resultados e Discussões	43
7. Conclusão	53
8. Referência Bibliográfica	55

LISTA DE SÍMBOLOS E ABREVIATURAS

BNCC	Base Nacional Comum Curriculares
SEED	Secretaria de Estado da Educação e do Esporte
SBF	Sociedade Brasileira de Física
TAS	Teoria da Aprendizagem Significativa
TASC	Teoria da Aprendizagem Significativa Crítica
TIDICs	Tecnologias Digitais da Informação e Comunicação
UFRGS	Universidade Federal do Rio Grande do Sul

LISTA DE FIGURAS

- Figura 1 – Acesso a plataforma Vascak
- Figura 2 - Página principal da plataforma Vascak
- Figura 3 - Simulação do ciclo de carnot
- Figura 4 - Máquina de Heron
- Figura 5 – Máquina térmica de James Watt
- Figura 6 - Processo cíclico das máquinas
- Figura 7 - Equação de rendimento das máquinas térmicas
- Figura 8 - Ciclo da máquina de carnot (desenho do texto original)
- Figura 9 - Ciclo de carnot
- Figura 10 - Gráfico das transformações
- Figura 11- Gráfico da compressão isotérmica
- Figura 12 - Transformação expansão adiabática
- Figura 13 - Gráfico das respostas obtidas pelos alunos em relação ao calor, trabalho e rendimento.
- Figura 14 - Gráfico da pressão em 20mPa durante o ciclo de carnot
- Figura 15 - Informações de calor, trabalho e rendimento no gráfico do ciclo de carnot
- Figura 16 - Expansão isotérmica, fonte quente na simulação do ciclo de carnot
- Figura 17 - Compressão isotérmica, fonte fria, durante a simulação no ciclo de carnot
- Figura 18 - Respostas obtidas em relação as dificuldades em entender as transformações no ciclo de carnot
- Figura 19 - Opinião dos alunos sobre a plataforma Vascak

RESUMO

Sonia Maria Reviliau. O uso do simulador Vascak no ensino do Ciclo de Carnot

Utilizar plataformas para ensinar Física é uma proposta pedagógica que tem sido discutida com frequência pelos professores, uma vez que é um recurso tecnológico que tende a melhorar a aprendizagem dos alunos, provocando uma grande mudança no processo de ensino aprendizagem. Diante dos desafios enfrentados por diversos docentes para minimizar as dificuldades dos estudantes em assimilar os conteúdos de física, buscou-se alternativas que auxiliem no ensino da disciplina. Uma maneira de aprimorar a aprendizagem é por meio do uso de laboratórios virtuais, incluindo a plataforma de simulação Vascak, que pode ser uma grande aliada do professor em sala de aula. Assim sendo, utilizar plataformas de simulação em física pode ser uma boa opção para aprimorar o desenvolvimento cognitivo do estudante. Este trabalho utilizou uma plataforma de simulação com o objetivo de criar um produto educacional, apresentando um guia para o uso do simulador Vascak, que abrange o tema de física Ciclo de Carnot. Os conteúdos foram trabalhados de acordo com o produto educacional “O Uso do Simulador Vascak no Ensino da Física (Ciclo De Carnot)” e, durante as aulas, os estudantes estudaram os conceitos teóricos do conteúdo e, depois, usaram a plataforma de simulação. Para obter-se uma análise final da pesquisa, foi utilizado o questionário respondido pelos alunos durante as aulas de simulações, o qual foi usado para a avaliação da intervenção didática a respeito do conteúdo aprendido, bem como a percepção dos alunos em relação ao uso do simulador em sala. Com fundamento na Teoria da Aprendizagem Significativa, na qual o aluno é capaz de explicar um conceito com suas próprias palavras, constatou-se que os resultados obtidos com a utilização da plataforma de simulação Vascak foram positivos. Foi evidente o progresso na aprendizagem dos estudantes, ao expressarem os conceitos aprendidos a partir da integração do conhecimento prévio com o novo, atribuindo significado ao aprendizado e à ferramenta de simulação. Dessa forma, o uso desse recurso no ensino de física favorece o aprendizado dos alunos.

Palavras-chave: Tecnologia de Ensino; Simuladores Educativos; Aprendizagem Significativa.

ABSTRACT

Sonia Maria Reviliau. Using the Vascak simulator to teach the Carnot Cycle

Using platforms to teach physics is a pedagogical proposal that has often been discussed by teachers, since it is a technological resource that tends to improve student learning, causing a major change in the teaching-learning process. Faced with the challenges faced by many teachers in minimizing students' difficulties in assimilating physics content, alternatives have been sought to help teach the subject. One way of improving learning is through the use of virtual laboratories, including the Vascak simulation platform, which can be a great ally for teachers in the classroom. Therefore, using simulation platforms in physics can be a good option for improving students' cognitive development. This work used a simulation platform with the aim of creating an educational product, presenting a guide to using the Vascak simulator, which covers the physics topic of the Carnot Cycle. The content was worked on in accordance with the educational product "The Use of the Vascak Simulator in Physics Teaching (Carnot Cycle)" and, during the lessons, the students studied the theoretical concepts of the content and then used the simulation platform. In order to obtain a final analysis of the research, the questionnaire answered by the students during the simulation classes was used to evaluate the didactic intervention in terms of the content learned, as well as the students' perception of the use of the simulator in the classroom. Based on the Meaningful Learning Theory, in which students are able to explain a concept in their own words, the results obtained using the Vascak simulation platform were positive. The students' learning progress was evident, as they expressed the concepts they had learned by integrating their previous knowledge with the new, attributing meaning to learning and to the simulation tool. In this way, the use of this resource in physics teaching favors student learning.

Keywords: Teaching Technology; Educational Simulators; Meaningful Learning.

1. INTRODUÇÃO

Durante a pandemia, as escolas da educação básica buscaram alternativas de aprendizado durante as aulas no ensino remoto. Durante este período, diversos tópicos foram abordados com o objetivo de estabelecer conexões entre as tics e os ambientes de aprendizagem dos estudantes. Muitos debates se concentraram no uso de plataformas de ensino, o que aumentou o potencial da inclusão de recursos tecnológicos como uma ferramenta auxiliar no processo de ensino e aprendizagem. De acordo com Rocha et al. (2021), “a comunidade escolar precisou se adaptar a uma nova realidade, na qual as atividades deveriam ser desenvolvidas de forma remota. Os estudantes passaram a realizar suas tarefas escolares pela internet de maneira mais independente. O sistema educacional global sofreu um grande impacto. No Brasil, muitas escolas tiveram que suspender as aulas presenciais e adotar o ensino a distância, o que gerou dificuldades tanto para os professores quanto para os alunos.

Durante este período, foram tomadas ações para que as aulas não parassem completamente e, com o objetivo de finalizar o ano letivo, dando aos alunos a chance de continuarem os estudos mesmo estando no modo remoto. As tic's foram a solução encontrada para continuar as aulas. De maneira sucinta, já havia sido iniciada a introdução das ferramentas tecnológicas no ambiente escolar, no entanto, durante a pandemia, essa introdução se intensificou. Com o progresso da tecnologia e a popularização do ensino a distância, foi possível encontrar soluções para tornar a educação mais flexível e acessível para todos.

No ensino da física, os laboratórios virtuais foram ganhando mais espaço nas aulas remotas. Dessa forma, plataformas de simulações foram sendo usadas para proporcionar aulas mais atraentes, que possibilitasse uma maior aproximação do conteúdo estudado. A ideia de empregar simuladores era minimizar as dificuldades de aprendizagem dos estudantes, uma vez que ensinar física em uma sala de aula remota era um desafio para a maioria dos professores.

Entende-se que naquele momento de pandemia era necessário optar-se por outros recursos, porém isso deixou alunos acomodados com a experiência do uso das tecnologias e desta maneira, seu aprendizado se tornou dependente destes recursos. No ensino da física houve melhoras significativas ao usar as plataformas de simulações, do ponto de vista educacional. Essa inserção foi necessária devido à assimilação do abstrato dos conteúdos de física.

Os alunos retornaram às aulas presenciais após a pandemia, mas as dificuldades em manter o aprendizado sem o uso de recursos tecnológicos durante as aulas foram um período de grande resistência por parte deles e de muitos desafios enfrentados pelos professores. A forma como os estudantes estavam "envolvidos" com a tecnologia dificultava o trabalho do professor em promover aulas significativas que aprimorassem o aprendizado dos estudantes. Assim, concluiu-se que resistir fielmente ao uso da tecnologia durante as aulas seria um obstáculo ainda maior para o professor.

Ao observar o ambiente escolar depois do retorno das aulas, percebe-se um ambiente muito distante do que estava previsto para o retorno das aulas. Muitos educandos com um pensamento voltado para o mundo das tecnologias, redes sociais e, cada vez mais, distantes do aprendizado. Muitas escolas tiveram a necessidade de recompor as aprendizagens e houve muitas reflexões dos professores em relação às adaptações de novas técnicas, que estimulassem a aprendizagem dos alunos. Durante a nova era pós- pandemia, os docentes estavam preocupados com uma mudança significativa no modo de ensinar, com o objetivo de estabelecer um ensino de excelência que aprimorasse suas habilidades e restaurasse o seu aprendizado.

O retorno à sala de aula presencial, foi o momento de recuperar o aprendizado do aluno e tem se tornado um dos principais desafios das escolas, pois não podemos esquecer que a maioria das crianças e adolescentes, passaram quase dois anos estudando de forma remota e apesar dos inúmeros esforços dos professores, muitos voltaram com sérias dificuldades em acompanhar o processo de ensino neste período (SANTANA; ROCHA, 2022).

A atual situação educacional requer a criação de novas metodologias de ensino, uma vez que, diante dos eventos, é necessário pensar em novas formas de estimular a aprendizagem dos estudantes. A pós pandemia tornou-os extremamente dependentes das plataformas digitais. Para as disciplinas de exatas, essa dependência tornou-se um fator de dificuldade no processo de aprendizagem.

Ao unir as plataformas de simulação com os conteúdos estudados, o aluno voltará a se envolver no processo de ensino de maneira mais tranquila, sem conflitos e proporcionando aulas diferenciadas, em que o aluno usaria um recurso tecnológico, mas dando prioridade ao seu aprendizado. Essa inserção ocorre de forma gradual, sem prejudicar etapas importantes do processo de ensino e aprendizagem, uma vez que é necessário estabelecer uma ligação entre um conhecimento já adquirido pelo aluno com um novo conhecimento. Dessa forma, ele se transformará em um conhecimento mais amplo, mais rico e que permitirá desenvolver

capacidades para expressar com suas palavras conceitos já aprendidos. Sendo assim, os simuladores seriam uma alternativa para complementar o seu ensino.

Foram enfrentados diversos desafios, aliados à esperança de resultados positivos. A introdução de uma metodologia nova, talvez desconhecida por educadores e alunos, poderia causar apreensão e insegurança em relação ao seu funcionamento. No entanto, ao longo do tempo, foram superados e aprimorados os obstáculos e desafios para a aceitação e aprovação de metodologias com o uso de plataformas de simulação.

Diante do contexto escolar das escolas públicas, onde não há laboratórios de ciências, a utilização das plataformas de simulações foi bem-vinda como uma opção metodológica adotada por muitos professores de física. Sendo assim, muitos professores usaram laboratórios virtuais durante as aulas, mesmo no período pós- pandemia. Com base nas Diretrizes Curriculares da Educação Básica, que enfatizam a relevância de buscar alternativas pedagógicas que apoiem o desenvolvimento cognitivo dos alunos, como plataformas de simulação, muitos educadores optaram por aprimorar a aprendizagem utilizando uma metodologia, como os laboratórios virtuais.

As Diretrizes Curriculares da Educação Básica mostram a relevância do papel do professor e enfatizam isso ao mencionar o uso de recursos tecnológicos.

Qualquer que seja o recurso tecnológico utilizado é preciso que esteja de acordo com o plano de trabalho docente feito pelo professor. O computador, o livro, TV, o filme, são meramente instrumentos e recursos para o ensino e não substituem o professor (PARANÁ, 2008, pg.76).

Assim, compreende-se que, independentemente da disponibilidade de qualquer tipo de recurso metodológico, a presença do professor sempre será imprescindível. O uso desses instrumentos é um modo de melhorar o aprendizado, com o objetivo de uma aprendizagem significativa, que aproxime a realidade dos fenômenos que ocorrem na natureza. Por último, esses recursos têm como objetivo auxiliar o professor em sua aula, e não substituir.

Com base nos obstáculos enfrentados, foi identificada uma nova perspectiva em relação ao uso das mídias digitais em sala de aula. A proposta de incluir plataformas virtuais de ensino durante as aulas foi repensada com o objetivo de proporcionar aulas mais positivas, uma vez que seria uma forma de aprimorar o aprendizado dos alunos e permitir que eles usufruam dos recursos oferecidos pela tecnologia para melhorar o ambiente escolar. Diante disso, é imprescindível repensar a relevância da utilização dessas ferramentas, uma vez que a maneira de ensinar e aprender pode variar e os recursos tecnológicos podem ser uma opção benéfica no processo de aquisição de conhecimento.

Desta forma Moran (2000, Apud Silva et al, 2018), “Cada docente pode encontrar sua forma mais adequada de integrar as várias tecnologias e procedimentos metodológicos”.

É relevante destacar que há realidades distintas em cada instituição de ensino básico, e nem sempre é possível aproveitar os benefícios positivos que uma ferramenta tecnológica pode oferecer, mas em todas as circunstâncias, há uma ótima opção para promover um ensino de qualidade e bem-sucedido.

No que diz respeito às disciplinas de exatas, todo o critério adotado pelo professor faz toda a diferença. No ensino de física, a utilização de laboratórios de ciência é de grande importância para tornar a aula mais atraente, permitindo que o estudante tenha uma melhor compreensão do conteúdo. Durante a pandemia, esse foi um aspecto crucial na busca por plataformas de simulação que possibilitasse uma maior interação com o conteúdo estudado. Houve a necessidade de relacionar o fenômeno em questão com aspectos que fossem relevantes para o estudante. Com base nessa perspectiva, algumas plataformas foram incorporadas durante as aulas e obtiveram resultados satisfatórios. Isso persistiu mesmo após a pandemia, já que os estudantes se acostumaram com uma rotina escolar quase inteiramente tecnológica.

Muitos autores defendem de forma moderada o uso da tecnologia em prol da educação e sob esse olhar, há o respaldo positivo em fazer essa utilização em sala de aula. Segundo, Alinprandine (2009, Apud Silva et al, 2018) “O uso do computador em uma simulação ou na modelagem do ambiente real é uma possibilidade de transição dos modelos tradicionais de ensino para a construção de formas alternativas de ensinar física”. Desta forma, a troca de saber não tem limites e acontece independente da metodologia utilizada, mas desenvolver o potencial de cada aluno com recursos que estão ao alcance do professor, torna a aula mais atrativa e proporciona trocas de experiências entre aluno e professor.

É indispensável que a experimentação esteja sempre presente ao longo de todo o processo de desenvolvimento das competências em Física, privilegiando-se o fazer, manusear, operar, agir, em diferentes formas e níveis. É dessa forma que se pode garantir a construção do conhecimento pelo próprio aluno, desenvolvendo sua curiosidade e o hábito de sempre indagar, evitando a aquisição do conhecimento científico como uma verdade estabelecida e inquestionável (MEC, 2023, pg.84).

Dessa forma, ao analisar as potencialidades de uma plataforma de simulação, foi possível conceber um instrumento significativo para essa alteração, de grande relevância no desenvolvimento da aprendizagem e no ambiente escolar. Sendo assim, é pertinente salientar

que as plataformas de simulações que oferecem ambientes virtuais ricos em conteúdos, estimulando a curiosidade, a reflexão e uma perspectiva diferente em relação ao estudo da física são um recurso indispensável, objetivo e que pode ser inserido nas aulas, sendo um fator de grande ajuda para a perspectiva de um aprendizado mais aprofundado em física. A tecnologia tem se tornado cada vez mais presente na educação e, no que diz respeito à Física, não é diferente. O uso de recursos tecnológicos pode tornar as aulas mais dinâmicas e interativas, além de facilitar a compreensão dos conceitos físicos.

Uma das formas de utilizar a tecnologia no ensino da Física é através de simulações. Existem programas que permitem simular fenômenos físicos, como o movimento de um corpo, a propagação de uma onda, entre outros. Essas simulações podem ser projetadas em uma tela, permitindo que os alunos visualizem e interajam com os conceitos estudados. Outra forma de utilizar a tecnologia é através de experimentos virtuais. Com o uso de sensores e softwares específicos, é possível realizar experimentos de Física de forma virtual, sem a necessidade de equipamentos físicos. Isso permite que os alunos realizem experimentos em uma escala que seria impossível em um laboratório convencional.

No ensino de física podemos destacar os programas de computador, os quais se apresentam como uma importante ferramenta de representação conceitual dos fenômenos físicos. Alguns alunos possuem dificuldades no entendimento desses fenômenos no início, ou mesmo durante o curso de física. Como solução para esse problema, os softwares usados para o ensino de física têm por objetivo principal o auxílio ao professor na tradução, modelagem e representação desses fenômenos (SILVA; SILVA,2018).

Em resumo, o uso da tecnologia no ensino da Física pode ser uma excelente ferramenta para tornar as aulas mais dinâmicas, interativas e efetivas na compreensão dos conceitos físicos.

O propósito deste estudo, que tem como objetivo o uso de uma plataforma de simulação como uma ferramenta auxiliar de ensino na disciplina de Física, foi criado a partir de uma questão percebida durante a retomada das aulas presenciais após a pandemia. Durante este período, foi notado um grande distanciamento dos estudantes em relação ao ensino e uma crescente dependência da tecnologia. Com o objetivo de incentivar o aprendizado dos alunos, optou-se por integrar a tecnologia nas aulas de física, introduzindo a plataforma de simulação Vascak para proporcionar aulas mais interativas, permitindo que os alunos utilizem as ferramentas tecnológicas para melhorar seu aprendizado.

O objetivo do estudo é obter bons resultados com o uso do simulador na disciplina de física, capacitando os alunos a usarem o simulador durante o estudo do conteúdo, bem como apresentar um produto educacional na forma de um roteiro para realizar as simulações

referentes ao conteúdo de Ciclo de Carnot, no qual possam verificar se os princípios facilitadores da aprendizagem significativa foram observados.

O objetivo é auxiliar na construção do conhecimento dos educandos, inovar novamente, propor uma didática que respeita as etapas de cada aprendizado e, dessa forma, oferecer uma ferramenta que auxilie no ensino, visando fortalecer a relação entre aluno e professor.

Para que isso traga resultados satisfatórios, o trabalho é realizado diretamente na escola com a turma do 2ºAno B, durante as aulas de física. Nas primeiras etapas da pesquisa busca-se entender quais são as maiores dificuldades enfrentadas em relação a aprendizagem e ensino e por conseguinte trabalhar as dificuldades de aprendizagem dos alunos com recursos didáticos que minimizem essa carência, desse modo, introduzindo a plataforma Vascak como uma ferramenta auxiliar do professor, que promova ainda mais a prática de ensino. Ao longo da pesquisa, trabalhamos aspectos importantes sobre o uso da plataforma, a fim de ter uma proposta concreta em relação ao uso e conhecimento desses recursos didáticos. Durante o processo da construção de dados que são essenciais para as análises finais do trabalho, a turma realizará suas aulas no laboratório virtual, fazendo simulações do conteúdo estudado (Ciclo de Carnot).

Ao final do projeto, o objetivo é analisar os resultados através de um questionário que os estudantes preencheram sobre a experiência de usar simuladores nas aulas e o que isso trouxe para o seu aprendizado. Além disso, queremos também capacitar os alunos na plataforma Vascak e criar uma produção pedagógica em formato de roteiro, com uma sequência didática que siga os princípios facilitadores da aprendizagem significativa. A análise desses questionários também será útil para avaliar o impacto na metodologia do professor, analisando se essa ferramenta de ensino é adequada e quais são os maiores problemas enfrentados ao aplicar essa ferramenta de ensino nas aulas.

2. REFERENCIAL TEÓRICO

Nos dias de hoje, há muitos debates sobre a relevância do uso de computadores no ensino, e essa discussão tem se tornado mais intensa e se expandido mais entre os profissionais da educação, uma vez que é uma ferramenta que poderá auxiliar de forma positiva no processo de ensino-aprendizagem. Segundo Frederico; Gianotto (2013) “A utilização do computador é um dos temas debatidos entre professores das mais diversas áreas e modalidades de ensino, devido suas múltiplas ferramentas, que podem ser exploradas com a intenção de contribuir nos processos de ensino e aprendizagem”.

Dado a relevância de uma metodologia diferenciada para o aprendizado do aluno, torna-se mais plausível apresentar aos professores essa ferramenta auxiliar de ensino, com foco na inserção, mas de acordo com a realidade de cada educador. Para Mercado (2002, Apud Frederico; Gianotto, 2013) “Não basta colocar à disposição dos professores apenas os computadores, mas, é preciso prepará-los, respeitar seu tempo e principalmente, fazer com que ele entenda o porquê de uma ferramenta nova de trabalho”.

O despertar para o novo é sempre um desafio, mas o comprometimento em tornar isso possível é extremamente gratificante. A análise de diversos trabalhos, nos quais se afirma a relevância do uso de programas de computador para o processo de ensino-aprendizagem, nos leva a crer que a mudança nem sempre é uma tarefa árdua.

Ratifica-se que essas possibilidades didáticas só terão sentido se inseridas em um projeto educacional inovador, ético, ou seja, não adianta inserir as redes no ensino e continuar com práticas arraigadas em uma organização tradicional na qual o conteúdo esteja sendo trabalho de forma mecânica e sem significado. (Silva et al, 2018, pg.9).

Diante disso, é perceptível a necessidade de que estudos e pesquisas atinjam os ambientes escolares com o objetivo de integrar a tecnologia à metodologia de ensino do professor. A integração é uma questão crucial nos dias atuais, uma vez que a tecnologia está cada vez mais presente na vida do aluno, o que torna a sua inserção em sala de aula bastante aprazível.

Na atualidade, muitas são as possibilidades do uso das TIC no contexto educacional. Ciência, tecnologia e sociedade andam atreladas, o que torna impossível definir tecnologia sem falar em ciência, assim como não se pode enfatizar ciência e tecnologia sem evidenciar a sociedade que é modificada e se modifica com as mesmas (MELO, 2022).

Dessa forma, a ciência e a tecnologia estão cada vez mais próximas. Nesse contexto, a Física também está envolvida neste processo, uma vez que é uma ciência que está sempre em busca de soluções que ajudem significativamente, seja em sala de aula ou fora dela.

2.1 CONCEPÇÃO DE APRENDIZAGEM SEGUNDO MOREIRA

A educação atual, que é a mais desenvolvida nas instituições de ensino, tem alguns impactos relevantes na aprendizagem. É necessário fazer algumas reflexões sobre o envolvimento deste processo de ensino na aprendizagem dos alunos. Para isso, algumas concepções de ensino devem ser compreendidas para que haja um progresso neste processo de formação da aprendizagem. Métodos mais coerentes devem ser aplicados para que essa aprendizagem por transmissão mecânica seja superada.

Marco Antônio Moreira (2010), um dos autores mais conhecido nesta área da educação, traz algumas abordagens importantes a respeito da aprendizagem por transmissão mecânica e abordagens muito relevantes para a educação sobre a aprendizagem significativa. O que o autor defende em seus trabalhos é uma aprendizagem significativa, onde o sujeito tenha capacidade de uma formação mais ética, crítica e humanizado.

Moreira é um marco na área do estudo para o Ensino de Ciências e a Pesquisa em Ensino de Ciências, particularmente em Física, sempre contribuindo de forma significativa principalmente em estudos relacionados a Teoria da Aprendizagem Significativa Crítica (TASC). Foi aluno do professor Joseph Novak, que era discípulo de Ausubel, criador da Teoria da Aprendizagem Significativa (TAS). Para Moreira a teoria de Ausubel foi de extrema importância para o ensino de física e ciências e sua teoria serviu de base para o desenvolvimento da Teoria de Aprendizagem Significativa Crítica, onde Moreira ressalta os princípios facilitadores para potencializar a aprendizagem significativa. Coelho, Marques e Souza (2019).

Moreira tem diversos trabalhos publicados na área de ensino, mais especificamente na área da aprendizagem significativa. Em um de seus trabalhos ele apresenta sua teoria como caminhos para potencializar uma aprendizagem significativa mais crítica, pois para ele, o aluno tem potencial para perceber como é importante o novo conhecimento a ser construído, pois irá, permitir a visão de um mundo dentro e fora de sua cultura.

É através da aprendizagem significativa crítica que o aluno poderá fazer parte de sua cultura e, ao mesmo tempo, não ser subjugado por ela, por seus ritos, mitos e ideologias. É através dessa aprendizagem que ele poderá lidar construtivamente com a mudança sem deixar se dominar por ela, manejar a informação, sem se sentir impotente sobre a sua grande disponibilidade e velocidade de fluxo, usufruir e desenvolver a tecnologia sem se tornar tecnófilo (DE PAULO, 2018, p. 79 apud MOREIRA, 2000, p.35).

Segundo sua concepção na área da aprendizagem significativa, Moreira é um marco

no ensino, suas obras publicadas são consideradas base em muitos estudos referente ao ensino de ciências, sendo citadas em diversos trabalhos acadêmicos, mestrados e doutorados. Mas o que o faz ser um dos escritores mais citados em obras, é o fato de ter uma excelente visão sobre a aprendizagem significativa crítica, a qual vem sendo muito debatida entre professores da rede básica de ensino. Para os professores, Moreira traz grandes ensinamentos sobre a aprendizagem significativa crítica, pois, no atual cenário da educação, buscar por novas metodologias de ensino é uma forma relevante para que não haja um retrocesso escolar. Na fala dele, percebemos o quanto ele defende uma aprendizagem inovadora, demonstrando que há sempre várias maneiras de ensinar e aprender.

vamos ensinar de maneiras diferentes, vamos fazer um mix do clássico com as tecnologias digitais, é nesse sentido que eu cheguei em uma Aprendizagem Significativa, porém crítica. Crítica no sentido de não aceitar tudo passivamente. Entender, mas entender com crítica, por exemplo, quando falo na incerteza do conhecimento, os alunos perguntariam por que se esse conhecimento é incerto, respondo vamos devagar, os conhecimentos são incertos, mas isso não quer dizer que tal conhecimento não seja bom, que ele não possa mudar ou que possa haver outras explicações/alternativas (MOREIRA, 2022, p.732).

É evidente a preocupação de Moreira em relação ao conhecimento adquirido pelo estudante, uma vez que, de certa forma, tudo o que é aprendido deve ter um significado. Portanto, para que o aprendizado seja significativo, é necessário que o estudante tenha a capacidade de questionar suas incertezas e buscar alternativas para compreender melhor. Diante do que foi apresentado, para compreendermos melhor a teoria de Moreira, conversaremos mais sobre ela.

2.2 TEORIA DA APRENDIZAGEM SIGNIFICATIVA DE MOREIRA

Atualmente, notamos que o método de ensino por meio de transmissão é ainda utilizado na instituição de ensino, onde os estudantes são "programados" a aprender fórmulas e definições, como forma de preparação para provas e testes. Isso tem um impacto significativo no conhecimento adquirido, já que muitas vezes o que se aprende não é relevante para o estudante. É crucial que o aluno compreenda de forma significativa esse fenômeno, pois, depois, esses conhecimentos adquiridos devem fazer sentido durante a resolução de qualquer tipo de tarefa. Sendo assim, é importante que o aluno tenha diferentes perspectivas sobre aquilo que aprendeu.

Para Moreira (2021) fazer com que crianças e adolescentes passem anos na escola sendo preparados para provas é um absurdo educacional. Treinar para a testagem não é educar e confundir essa testagem com avaliação é um erro. Esse tipo de preparação vem

predominando ainda em muitas escolas, é quase comum observar isso no cotidiano escolar, alunos sendo preparados para provas e testes.

O que muito vem sendo debatido é exatamente este tipo de metodologia observadas em escolas, esse método que é muito conhecida pela aprendizagem mecânica, que segundo Moreira (2021) é um armazenamento cognitivo, na memória de curto prazo, literal, arbitrário, sem significado, que não requer compreensão e resulta em aplicação mecânica a situações conhecidas, é o que está mais presente em sala de aula e mudar essa concepção de ensino é um desafio para os professores, que a cada dia, estão sendo sobrecarregados e cobrados ainda mais por resultados (números) na aprendizagem dos alunos.

Um docente que trabalha na educação básica, além de tentar modificar a situação atual da aprendizagem dos estudantes, é frequentemente confrontado com muitas cobranças por resultados. Esses resultados são números de aprovação, sem se importar com o processo de aprendizagem do aluno. Para que haja uma mudança nesse cenário, é imprescindível buscar novas técnicas de ensino que promovam a aprendizagem significativa e crítica, capacitando o estudante a questionar ainda mais o que acontece ao seu redor. A teoria de Moreira sobre a aprendizagem significativa crítica é uma das opções mais precisas para isso.

Novos conhecimentos são essenciais para obter-se uma aprendizagem significativa, porém, esses novos conhecimentos devem se relacionar positivamente com os conhecimentos prévios.

A interação cognitiva entre conhecimentos novos e prévios é a característica chave da aprendizagem significativa. Nesta interação, o novo conhecimento deve relacionar-se de maneira não arbitrária, i.e., não com qualquer conhecimento prévio, mas com algum que seja especificamente relevante para dar-lhe significado. Deve também relacionar-se de maneira substantiva, i.e., não ao pé da letra, com aquilo que o aprendiz já sabe. (MOREIRA, 2021, p. 26).

O conhecimento adquirido deve levar em consideração sempre o conhecimento prévio do aluno, isso se torna uma base para um bom desenvolvimento para uma aprendizagem significativa, além do interesse do aluno e sua predisposição em aprender.

Essa predisposição pode ser alcançada com o uso apropriado de materiais introdutórios que façam uma ponte entre os conhecimentos já estáveis no intelecto do aprendiz com os conhecimentos a serem adquiridos. Segundo a perspectiva da TAS, esses materiais introdutórios são denominados organizadores prévios e apresentam forte potencial, quando considerados, para despertar a atenção para conceitos chaves a serem desenvolvidos na sequência, considerando como base os conhecimentos já internalizados. Esses conhecimentos, segundo a TAS, são denominados conhecimentos

subsunçores (HUF, 2021).

Nesta interação de assimilação de conteúdo, a nova informação interage com uma estrutura que são os conhecimentos subsunçores que servem como suporte, um pilar para facilitar a aprendizagem para o novo assunto, desta forma os conhecimentos irão se completar na estrutura cognitiva. Esse processo atuará de forma auxiliadora na construção do conhecimento, possibilitando aos alunos uma visão mais ampla do meio onde estão inseridos.

O processo de aprendizagem exige algumas situações, onde leva o aluno a entender a sociedade que o cerca e parte dessas situações o aluno deve ter um pensamento mais crítico.

não basta que a aprendizagem seja significativa é preciso que seja crítica, ou seja, é preciso permitir que o aluno faça parte do processo de aprendizagem e que esteja preparado para viver em sociedade, sendo parte dela ao mesmo tempo em que a crítica (CHINORE, 2021, p. 6, apud MOREIRA, 2012).

O educando deve estar preparado para as situações no meio onde está inserido, seja no ambiente escolar ou em sociedade. A sua visão de mundo é essencial para a construção do seu conhecimento e ter um olhar mais crítico, o ajuda a dar mais significados àquilo que está à sua volta. Dar significados àquilo que está aprendendo potencializa a sua capacidade cognitiva, desenvolve habilidades que serão úteis em sua vida acadêmica e fora dela.

De acordo com Moreira, existem alguns princípios norteadores e que constituem a base da Teoria da Aprendizagem Significativa Crítica (TASC) que são:

1. Aprender que aprendemos a partir do que já sabemos. (Princípio do conhecimento prévio.)
2. Aprender/ensinar perguntas ao invés de respostas. (Princípio da interação social e do questionamento.)
3. Aprender a partir de distintos materiais educativos. (Princípio da não centralidade do livro de texto.)
4. Aprender que somos perceptores e representantes do mundo. (Princípio do aprendiz como perceptor/representador.)
5. Aprender que a linguagem está totalmente implicada em qualquer e em todas as tentativas humanas de perceber a realidade. (Princípio do conhecimento como linguagem.)
6. Aprender que o significado está nas pessoas, não nas palavras. (Princípio da consciência semântica.)
7. Aprender que o ser humano aprende corrigindo seus erros. (Princípio da aprendizagem pelo erro.)
8. Aprender a desaprender, a não usar conceitos e estratégias irrelevantes para a

sobrevivência. (Princípio da desaprendizagem.)

9. Aprender que as perguntas são instrumentos de percepção e que definições e metáforas são instrumentos para pensar. (Princípio da incerteza do conhecimento.)

10. Aprender a partir de distintas estratégias de ensino. (Princípio da não utilização do quadro-de-giz.)

11. Aprender que simplesmente repetir a narrativa de outra pessoa não estimula a compreensão. (Princípio do abandono da narrativa.)

Diante dos princípios da Aprendizagem Significativa Crítica, fica claro que a aprendizagem se caracteriza como significativa quando entendemos como funciona cada princípio durante o processo de ensino aprendizagem. Esses princípios são os norteadores para que possamos alcançar os objetivos propostos, quanto a potencialização da aprendizagem. Entender que ter um conhecimento prévio de qualquer assunto, facilita significativamente a construção de um conhecimento, que possibilita uma melhor interação social e desperta potencialidades na interação no mundo em que o cerca, é a chave correta para a mudança, bem como, o uso de linguagens mais formais, facilitando o entendimento diante de uma linguagem mais científica. Os princípios apresentados por Moreira, dão suporte para qualquer área da educação, pois, permite que o pensamento pela busca por estratégias de ensino seja mais abrangente, buscando por formas mais realistas, introduzindo metodologias que não se prendam somente no quadro e giz e sim metodologias que estimulem a capacidade intelectual de cada aluno.

3. A RELEVÂNCIA DO USO DE SIMULADORES NO ENSINO DA FÍSICA

Ao analisar dispositivos úteis para o ensino, é importante destacar as plataformas de simulações como uma habilidade indispensável para auxiliar no processo de ensino-aprendizagem dos estudantes. Além de influenciar a reflexão e a curiosidade intelectual, também trata de questões de análise de fenômenos naturais, auxiliando na resolução de problemas, bem como na compreensão de conteúdos de forma significativa e reflexiva, o que facilita a produção de conhecimentos.

Sob o olhar da Base Nacional Comum Curriculares (BNCC), autor destaca que dentre algumas ferramentas importantes na busca do letramento científico, destacamos as Tecnologias Digitais da Informação e Comunicação (TIDIC) com competências gerais, que estão articuladas de forma direta e indireta no processo de ensino e aprendizagem.

No ensino da Física, a cada dia está mais presente o uso das TIDIC, que vem sendo

um desafio de contextualizar o conteúdo com a realidade do aluno, assim tornando o assunto mais interessante ao ser estudado, e possibilitando que o conteúdo seja mais atrativo, trazendo significados ao estudante.

Atualmente, percebe-se que o uso de tecnologias para fins pedagógicos está cada vez mais presente em sala de aula. Em diversas instituições de ensino, há programas educacionais voltados para o uso de plataformas e, em algumas disciplinas, está se tornando comum esse uso. Essa inserção é uma forma de aproximar o aluno do conteúdo, trazendo mais significados, permitindo uma maior interação entre o aluno e o professor, tornando a aula mais atraente e, dessa forma, diminuindo o fracasso escolar.

A inserção dessas tecnologias no Ensino de Ciências, em especial a Física, tem como finalidade melhorar a prática de ensino, possibilitando ganhos pedagógicos no sentido de interação entre o professor e o estudante, e principalmente na perspectiva de novas relações de aprendizagem estabelecidas entre os estudantes, fazendo uso de recursos que estas tecnologias disponibilizam, agregados a outros instrumentos já utilizados pelo professor (OLIVEIRA, 2021. pg. 27).

Ao estudar um conteúdo, a contextualização quanto à realidade do aluno é relevante para a construção do conhecimento. As novas tecnologias, através das plataformas de simulações, permitem a abordagem de conteúdos através da visualização de fenômenos físicos que não podem ser percebidos de outra forma. Assim sendo, essas simulações possibilitam a compreensão de fenômenos que, frequentemente, não são abordados em livros didáticos.

A utilização de simuladores virtuais além de auxiliar na aprendizagem também, contribui na interação entre os alunos, possibilitando trocas de experiências, socialização de ideias e auxilia na construção de debates e análises em grupos. Todo processo é uma troca de experiências e possibilitar isso aos alunos é uma forma de impulsionar os mesmos na busca pelo conhecimento. Segundo Oliveira (2021) as novas tecnologias, principalmente as digitais, vêm influenciando de modo significativo na forma como os indivíduos aprendem e se relacionam, tornando-se cada vez mais acessível e bastante incorporada ao contexto escolar.

No campo educacional, está se tornando comum essa prática, uma vez que a tecnologia se tornou indispensável para os alunos. Sendo assim, é interessante usar essas tecnologias para o bem da escola. Considerando a velocidade com que os estudantes estão se “prendendo” à era da tecnologia, é importante trazer esses recursos para a sala de aula como um aliado do professor, a fim de proporcionar aulas significativas, simulando fenômenos presentes no cotidiano dos estudantes. Essa interação com o fenômeno estudado proporciona ao aluno um conhecimento mais amplo, aproximando-se da sua realidade. Dessa forma, sua

capacidade de perceber o mundo que o cerca ganha uma interpretação mais significativa.

Os simuladores virtuais são destinados para todas as disciplinas, na área das ciências exatas os que são mais comuns em utilizar são o Phet, Modellus e Vascak, mas há muitos software destinados à simulações nas ciências exatas. O software Phet oferece simulações na área de Ciências e Matemática, acesso gratuito que pode ser feito online ou baixado no computador. Sua dinâmica de simulação é de fácil assimilação e permite uma ótima visualização do conteúdo simulado. O software Modellus destinado para simulações em Física e Matemática, traz uma linguagem de fácil compreensão, acesso gratuito, onde é necessário realizar um cadastro para que o software seja baixado. Há três versões diferentes e todas estão disponíveis com uma alta interatividade, onde o professor pode construir modelos matemáticos. Vascak é um software gratuito, podendo ser acessado online ou pode ser baixado no computador. É um software para simulações em Física, tendo um grande campo de simulações em diversos conteúdos. Suas simulações são de fácil assimilação, possui um ótimo campo visual e não há necessidade de cadastro para ter acesso na plataforma.

A utilização deste programa é bastante comum nas áreas de ciências exatas e a escolha de cada professor é deliberada. São plataformas com versões diferentes e que apresentam simulações de conteúdos diferentes, mas são bem acessíveis para que todos possam utilizá-los. Nesse contexto, percebe-se que todos os recursos destinados à educação são acessíveis e ajudam no processo de construção do conhecimento do aluno. Com a falta de laboratórios de ciências, a única opção para as demonstrações de fenômenos são os simuladores virtuais, que têm sido uma proposta pedagógica para suprir essa falta e aproximar os alunos da realidade.

podemos considerar os simuladores virtuais como alternativas para minimizar a necessidade destes laboratórios didáticos ou como uma ferramenta introdutória para os mesmos, aplicados ao processo de ensino; observado como uma tentativa de cooperar com a formação discente através do desenvolvimento das competências científicas e tecnológicas. Advertido que as simulações virtuais podem ser utilizadas pelo docente para proporcionar um ambiente motivacional para os discentes (SANTOS, 2021, pg.1463).

Essas ferramentas são alternativas que podem aproximar conteúdos que poderiam ser vistos somente em laboratórios, com o conhecimento do aluno. Isso facilitaria uma melhor interação e visualização, estimulando o aluno a criar suas próprias experiências com o fenômeno físico desejado. Considerando todos os benefícios, a inclusão de um recurso com grande potencial seria mais um apoio para o professor.

É importante salientar que esses recursos são para relacionar a teoria com a prática, logo, é relevante saber usar simuladores que atendam às necessidades dos estudantes e que,

de fato, o conteúdo teórico seja idêntico na simulação. Para que a assimilação seja significativa, deve-se ficar de olho no conteúdo estudado e se o simulador escolhido para trabalhar em sala de aula, atende às dificuldades de aprendizagem, se é um recurso que pode ser considerado um potencializador na aprendizagem e se traz uma linguagem que os estudantes possam compreender.

É um desafio unir a teoria com a prática na disciplina de Física em situações em que os recursos pedagógicos são limitados, mas são desafios que, aos poucos, estão sendo superados. A exemplo disso, são essas ferramentas educacionais que, além de auxiliar a prática docente, também permitem que os alunos possam interagir virtualmente com os experimentos, associando a teoria à prática. De acordo com Santos (2021) “as simulações virtuais podem ser ferramentas educacionais eficazes para o aprendizado dos discentes, podendo melhorar o currículo da disciplina”. Sendo assim, conhecer alguns aparatos tecnológicos digitais vem sendo uma necessidade de melhoria nas metodologias de ensino e uma forma de subsidiar a prática docente.

3.1 PLATAFORMA DE SIMULAÇÃO VASCAK

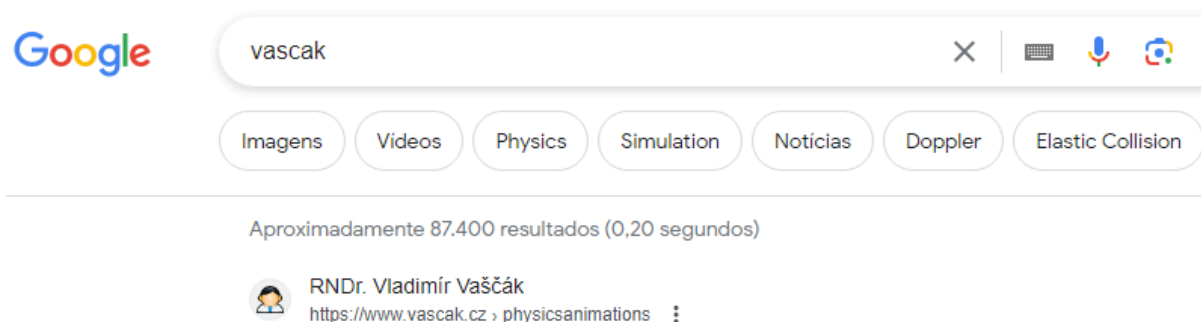
O programa de simulação Vascak é um Software [ou site] que promove simulações físicas de todos os tipos de conteúdos. O diferencial deste site é o gigantesco campo de material que pode ser consumido inclusive por navegadores de smartphones, tornando assim mais fácil o uso do mesmo. O programa foi criado por Vladimir Vascak, professor de matemática e física, da república Tcheca.

O uso do simulador auxilia de forma significativa na compreensão dos conteúdos, assim facilitando a aprendizagem do aluno. A aula torna-se mais atraente e desperta a curiosidade entre os estudantes, em tornar realidade aquele conteúdo que somente é visto na teoria.

A plataforma Vascak é voltada para o ensino da física e abrange diversos conteúdos estudados na educação básica. Possui uma boa compreensão e uma interface fácil com os estudantes. A utilização de seu material contribui significativamente para o progresso da aprendizagem, pois é de fácil compreensão e apresenta uma linguagem acessível aos estudantes. O Vascak se sobressaltou entre os outros simuladores também empregados por sua facilidade de uso, conteúdo de fácil compreensão e linguagem adequada para estudantes da educação básica. Esses aspectos relevantes foram responsáveis pela sua decisão de utilizar a plataforma durante a pesquisa.

Na figura abaixo, está um exemplo de como acessar a plataforma Vascak, sua visão

principal na página e também um exemplo da simulação das transformações que ocorrem no Ciclo de Carnot.



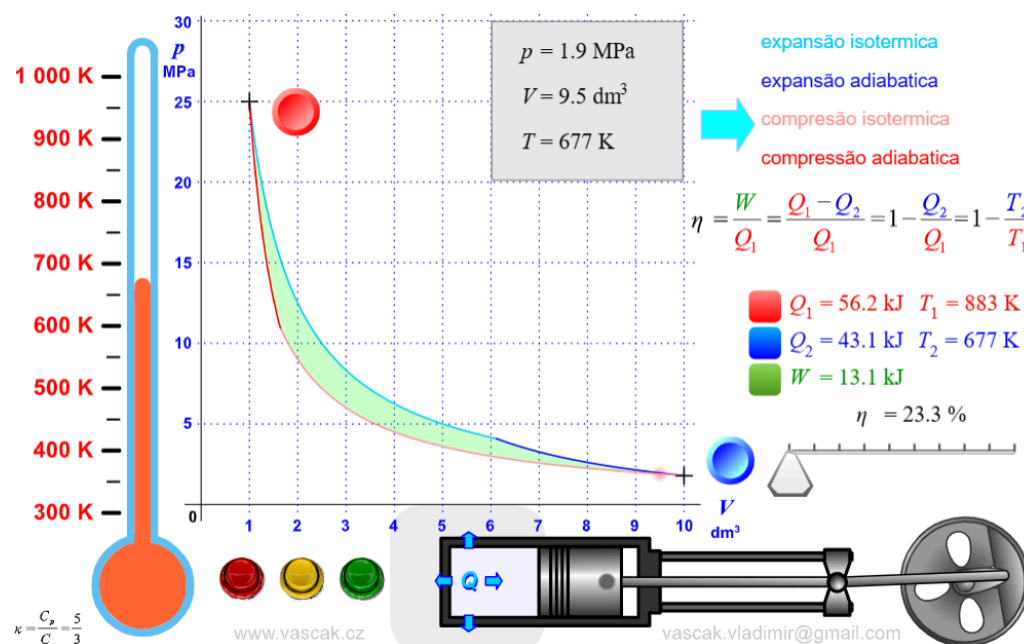
Fonte: Google

Figura 1: Acesso a plataforma vascak



Fonte: Vascak

Figura 2: Página principal da plataforma vascak



Fonte: [Ciclo de Carnot \(vascak.cz\)](http://Ciclo de Carnot (vascak.cz))

Figura 3 - Simulação Plataforma Vascak

A plataforma traz amplos conteúdos de física, que podem ser trabalhados durante as aulas, como o conteúdo de Ciclo de Carnot que foi possível realizar várias simulações no software Vascak, facilitando a compreensão de todas as transformações que ocorrem durante o ciclo. O Phet é um outro programa de simulação na área da física que é excelente para ser utilizado durante as aulas. Uma plataforma de simulações também está disponível, mas as mudanças necessárias para compreender como ocorre o ciclo de carnot, por exemplo, ainda não estão disponíveis.

3.2 APRESENTAÇÃO DOS SIMULADORES AOS ALUNOS

O uso dos simuladores, durante a pesquisa, era pouco conhecido pelos estudantes. Os simuladores utilizados foram Phet e Vascak, já que a turma não tinha conhecimento algum sobre essas plataformas. Conforme os estudos, foi constatado que o uso dessas plataformas é mais frequente em pesquisas de dissertação ou em cursos de graduação em Física, mas seu uso em sala de aula como um recurso didático é bastante raro. Segundo (SOUZA FILHO, 2022).

Os aplicativos vêm sendo utilizados de forma sistemática pelos autores nos últimos anos, testando-os e reelaborando-os. Este uso vem sendo feito no ciclo básico de cursos universitários (introdução à Física, Física I, Física II dos cursos de Física, Licenciatura em Física e Ciências Matemáticas).

Dessa forma, a utilização dessas plataformas em sala de aula deveria ser mais comum,

pois possibilita que os alunos interajam mais, conhecendo outros ambientes que não sejam somente o quadro e giz, além de aumentar o seu conhecimento.

Os exercícios podem ser feitos aos poucos, de acordo com a interação do aluno, mas é crucial a sua participação, pois poderá ser usada como facilitadora de conhecimento e, assim, complementando o conhecimento teórico. A cada aula, fazer demonstrações de simuladores facilitará o envolvimento do aluno com a plataforma. Dessa forma, a utilização dos simuladores se tornará algo recorrente nas aulas, uma vez que atuará como um recurso auxiliar para melhorar a aprendizagem.

CONTEÚDOS ABORDADOS

Os conteúdos contemplados no planejamento escolar foram abordados na dissertação com um olhar mais aprofundado para o contexto histórico de cada tema. Apresentando suas principais contribuições para a comunidade acadêmica, bem como o conhecimento de cada estudioso. A forma que cada tema da termodinâmica foi abordado, retrata a sua importância de sua descoberta para a ciência e para a sociedade. Durante o planejamento escolar, os conceitos fundamentais da termodinâmica foram organizados de acordo com a ordem correspondente na dissertação, e foram abordados esses tópicos durante as aulas, dando maior ênfase ao tema Ciclo de Carnot.

4. TERMODINÂMICA

Ao analisarmos a temperatura, o calor, a pressão, o volume e outras variáveis, logo nos lembramos da Termodinâmica, uma área da Física que se dedica diretamente à análise das mudanças de comportamento dessas variáveis. Além de trabalhar com as mudanças de comportamento, também está dedicada aos estudos sobre as formas de energia e as trocas de calor, o que, por consequência, analisa os efeitos que essas grandezas físicas causam. Por meio da termodinâmica, foi viável realizar estudos mais aprofundados, principalmente na área macroscópica da matéria, e estudos voltados para a criação de leis que regem a termodinâmica atual.

São quatro as leis da termodinâmica: a chamada lei zero, que dá sentido ao conceito de temperatura, baseado no equilíbrio térmico, segundo o qual dois corpos estarão à mesma temperatura somente se ambos estiverem em equilíbrio térmico com um terceiro; a primeira e a segunda lei, que são as de maior utilização prática e a terceira, segundo a qual a temperatura possui um limite inferior, chamado zero absoluto (ROCHA, 2010, pg.37).

Os primeiros estudos nessa área tiveram início no século XIX, com foco no

desenvolvimento de máquinas a vapor, uma vez que era o auge da Revolução Industrial. Com um pensamento mais voltado para o industrialismo, estudos mais aprofundados também eram direcionados para essa área, a fim de proporcionar o desenvolvimento de máquinas movidas a vapor mais eficientes. O surgimento da Termodinâmica foi relevante para a indústria e para a ciência. Seus estudos são fundamentais para a evolução da ciência e para o desenvolvimento de pesquisas sobre a conservação da energia do universo. Muitos pesquisadores, com seus estudos, demonstraram o seu contexto histórico e suas aplicações no cotidiano.

Diversos estudos relacionados à Termodinâmica foram surgindo, permitindo a criação de outras teorias científicas. Em 1864, Sadi Carnot foi um dos primeiros estudiosos a apresentar estudos relacionados à Termodinâmica, sendo considerado um dos primeiros cientistas a abordar o tema. Sadi Carnot, foi o primeiro a apresentar que quando se tem duas fontes com temperaturas diferentes, o trabalho pode ser obtido durante a troca de calor dessas fontes.

Carnot deixa claro que o calor originário da fonte de maior temperatura é transformado em trabalho e o restante do calor é absorvido pela fonte de menor temperatura. Se for realizado o processo no sentido inverso, usando-se as mesmas quantidades, serão restabelecidas as condições iniciais do sistema (NASCIMENTO *et al.*, 2004).

Carnot foi considerado um dos mais importantes estudiosos sobre a Termodinâmica com seus estudos, como "Reflexões sobre a Potência Motriz do Fogo", onde ele apresentava ideias sobre calor, potência e eficiência ligadas à máquina térmica.

As contribuições de Carnot foram primordiais para o avanço da teoria do calor, ao englobar aspectos de conceitos de reservatórios de calor, do tipo térmico, reversibilidade e a existência de um diferencial de temperatura, que exerceria trabalho no processo de interação com o calor (SILVA; ERROBIDART, 2019, pg.91).

Carnot não tinha uma base certa para seus estudos e por isso suas obras publicadas eram reduzidas, pois, nesse período a comunidade científica dava mais respaldo para trabalhos mais empíricos e matemáticos. Apesar de os estudos sobre máquinas térmicas serem mais práticos, a comunidade científica influenciou para que os estudos científicos fossem desenvolvidos, trazendo aspectos sociais para o cotidiano. A cada avanço das máquinas térmicas, os resultados eram relevantes para a sociedade, uma vez que se iniciava uma era com muitas mudanças para a indústria. Apesar de ser uma inovação no industrialismo, problemas sociais foram gerados devido à exploração do trabalho humano, tendo havido constantes manifestações em desfavor do processo de industrialização.

Com toda essa situação, os estudos de Carnot foram cruciais para a criação de novas teorias e leis, e seus estudos voltados para a conservação da energia foram cruciais para a

sustentação das bases físicas. Carnot afirmava que máquinas térmicas eficientes eram aquelas que possuíam processos reversíveis operando em transformações cíclicas. De acordo com NASCIMENTO et al (2003) “as interpretações da obra de Carnot foram de fundamental importância na formulação das leis fundamentais da Termodinâmica”, sendo assim, Carnot foi essencial para a evolução nos estudos que envolvem a termodinâmica.

4.1 MÁQUINAS TÉRMICAS

Desde tempos remotos, a humanidade buscou alternativas para substituir o trabalho manual por outras formas mais vantajosas. A criação de dispositivos que executassem tarefas do dia a dia já estava em andamento, mas a ideia de substituir o trabalho manual por algo mais ágil reforçava a ideia de criar máquinas que realizassem tarefas diárias. Com isso, projeções de máquinas foram sendo desenvolvidas e o primeiro registro de uma máquina térmica, foi à de Heron. “O inventor da primeira máquina a vapor que se tem notícia até hoje foi Heron de Alexandria, que fez contribuições significativas para o campo das ciências exatas e, acima de tudo, na geometria” Andrade e Sampaio (2021).

A máquina de Heron tinha como base canos que eram conectados a uma bacia com água, em cima desta base de canos havia uma esfera oca com água no seu interior. Na esfera há dois canos fixos em forma de L e quando aquecidos, o vapor era solto pelos canos fixos na esfera.



Fonte: In Encyclopædia Britannica. 2000

Figura 4 – Máquina de Heron

Na figura acima está a máquina desenvolvida por Heron, cujo seu maior objetivo era a produção de movimentos giratórios quando a água era aquecida.

O funcionamento da máquina de Heron acontece quando a água recebe energia térmica proveniente da fonte de calor, passando então para a forma de vapor, que sai de forma rápida. A saída do vapor de água devido à sua expansão exerce uma força de ação, enquanto a força de reação atua empurrando o cano no sentido contrário ao da ejeção de vapor, ocasionando desta forma um movimento circular no dispositivo (ANDRADE e SAMPAIO, 2021, pg. 124).

Nesta época o que Heron criou foi um grande passo para as próximas máquinas térmicas, este dispositivo por ele criado tornava calor em trabalho mecânico, mas não era suficiente para gerar uma energia mecânica em grandes quantidades. Posteriormente, novas máquinas térmicas foram criadas com o objetivo de gerar mais energia mecânica, capazes de realizar grandes tarefas automotivas e industriais.

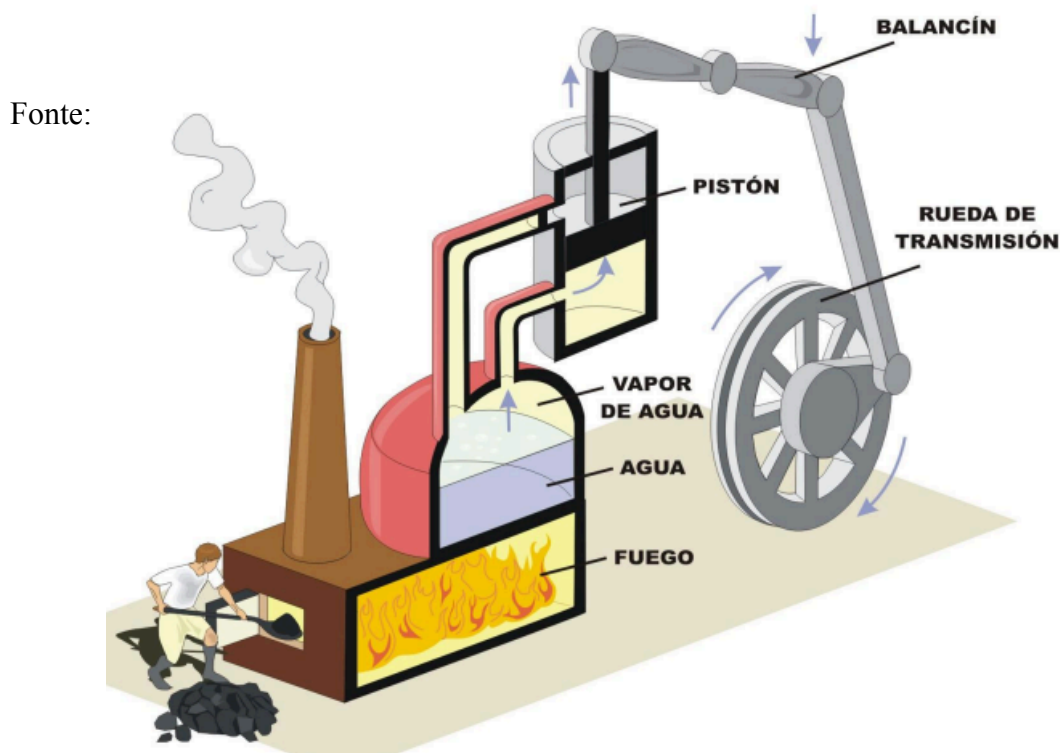
Com a evolução tecnológica, as máquinas foram os primeiros aparelhos mecânicos a serem empregados em larga escala na indústria, por volta do século XVIII. A partir da invenção inicial da máquina térmica, outras foram criadas com um grande potencial na produção de energia mecânica.

Nesse período de revolução, algumas invenções ganharam destaque, como a máquina de fiar (spinning jenny) produzida por James Hargreaves em 1767, que era operada por um único trabalhador e permitia realizar o trabalho de oito pessoas. No mesmo período James Watt (1769) aperfeiçoou a máquina a vapor, criada por Thomas Savery em 1698, sendo esta, um dos símbolos da revolução industrial que substituiu a energia física pela mecânica (SILVA et al, 2016).

Em 1765, James Watt concebeu a máquina a vapor, com algumas modificações em relação às máquinas anteriormente criadas, e sua ideia foi bem aceita no comércio e na indústria, contribuindo para a Revolução Industrial. Watt desenvolveu a máquina pensando na economia de combustível que era oriunda do carvão. Com seus estudos mais científicos, Watt analisava outras máquinas e estudava condições para que pudesse melhorar, tanto na economia do combustível, como na eficiência da máquina a vapor. James, que se dedicava mais à análise científica, não estava habituado a construir máquinas em escala real e não dispunha de grandes recursos financeiros para executar seu projeto. Assim sendo, buscou parcerias para que suas previsões pudessem ser construídas em larga escala. Watt e suas ligações empresariais começaram a se relacionar com grandes indústrias, o que permitiu a criação de sua própria companhia.

A máquina a vapor de Watt funcionava, a partir da transformação da água em vapor. Um dispositivo que funcionava utilizando duas fontes térmicas, onde a energia térmica era

transformada em energia mecânica (trabalho). A máquina transformava a energia térmica do vapor em energia mecânica, utilizando um êmbolo que se movia dentro de um cilindro. O combustível é de combustão externa, ou seja, queima fora do cilindro. O vapor é admitido por um lado do cilindro e expulso do outro por um sistema de válvulas enquanto o pistão se movimenta. Na figura abaixo, a máquina construída por James Watt.



Escolaspereira

Figura 5 – Máquina Térmica de James Watt

As máquinas funcionavam seguindo o princípio de que o calor é uma forma de energia, possibilitando a produção de trabalho. As máquinas a vapor e de combustão interna funcionavam com base no aumento da energia interna e no trabalho executado.

As usinas térmicas operam em ciclos, ou seja, sua substância é submetida a diferentes estados de pressão, volume e temperatura para que possa ser movimentada. Isso depende do combustível ou fonte de energia, que ao final de todo o processo se transforma em energia mecânica. É necessário dois reservatórios térmicos com temperaturas diferentes para realizar um processo cíclico de retirada de energia de um reservatório térmico e, em troca, ceder energia para a vizinhança.

Em termos mais formais, essas máquinas funcionam entre duas fontes, uma quente e uma fria. De forma natural, a troca de calor se dá da fonte mais quente

para a fonte mais fria, essa troca gera um fluxo que passa por pistões ou turbinas da máquina térmica que transforma essa energia em trabalho (UFES, 2017).

É possível observar de que forma um processo cíclico ocorre de acordo com a figura abaixo.



Fonte: Baguinski

Figura 6- Processo cíclico das máquinas térmicas

Observa-se que uma máquina funciona a partir de uma fonte quente (Q_1), onde fornecerá calor para a máquina, a qual converterá parte desse calor em trabalho (τ) e o restante cederá para a fonte fria (Q_2). “A fonte quente pode ser constituída pela caldeira da máquina à vapor, ou a queima do combustível no interior de um motor à combustão. Parte do calor absorvido pelo gás é convertido em trabalho útil” (Físicasp (2017).

O que caracteriza a qualidade de uma máquina térmica é o rendimento (η). O rendimento é a capacidade de uma máquina térmica em transformar a energia retirada do reservatório em trabalho. O rendimento de uma máquina sempre será inferior a 100%, não tendo comprovações científicas que máquinas tenham capacidade de ter um rendimento maior que 100%. “O valor mínimo para o rendimento é ZERO se a máquina não realizar nenhum trabalho, e o máximo, 1, se fosse possível que a máquina transformasse todo o calor recebido em trabalho, mas como é de conhecimento, isto não é possível” (USP, 2022).

Para o cálculo do rendimento de uma máquina térmica, visando o quanto de trabalho ela produz (τ) e o quanto de calor foi fornecido pela fonte quente (Q_1), utiliza-se a seguinte

expressão matemática:

$$\eta = \frac{\tau}{|Q_1|}$$

Fonte: Fin

Figura 7 – Equação Rendimento da máquina térmica

Onde, (η) é o rendimento que será fornecido porcentualmente, (τ) é o trabalho realizado pela máquina térmica e (Q_1) é a fonte quente, onde o calor é recebido.

As máquinas térmicas foram as inovações mais bem-sucedidas durante a Revolução Industrial, uma vez que combinavam a conveniência de realizar tarefas do dia a dia com atividades de maior importância nas indústrias. O seu desenvolvimento foi relevante para a ciência, bem como para a evolução da tecnologia.

4.2 Segunda Lei da Termodinâmica

O estudo da Termodinâmica teve início no século XIX, apresentando explicações relevantes sobre o comportamento de variáveis como pressão, volume e temperatura. A criação de teorias macroscópicas e de fenômenos que ocorrem na natureza foi um processo que ficou registrado na história da ciência como o início de um grande progresso científico. Dois enunciados foram cruciais para a criação desta lei e sua conexão com o conceito de entropia a levou a ser considerada uma das leis mais relevantes da Física.

Historicamente a segunda lei da termodinâmica e o conceito de entropia foram desenvolvidos primeiramente a partir do estudo do estabelecimento do equilíbrio térmico e da eficiência das máquinas térmicas e só posteriormente no contexto da Teoria Cinético Molecular (TCM). Como resultados desses estudos foram elaboradas duas interpretações desses conceitos: a termodinâmica e a estatística, que podem ser consideradas complementares (HALLIDAY et al, 2005, pg.22 apud MOURA, 2018).

A partir dos estudos desenvolvidos, pode-se compreender que esta lei explica por meio de experimentação o sentido em que acontecem os fenômenos da natureza, indicando de certa forma as trocas de calor em processos que ocorrem de forma espontânea. De acordo com Moura (2018), “Ela é resultado da generalização de fatos experimentais. Assim, no processo de estabelecimento de equilíbrio térmico entre dois corpos a diferentes temperaturas o fluxo de calor se dá do corpo mais quente para o mais frio”.

A Segunda lei da Termodinâmica, que corresponde a transferência de energia térmica,

foi formulada de diferentes maneiras por Clausius em 1850, por Kelvin em 1852 e posteriormente por outros cientistas.

O físico Sadi Carnot, contribuiu muito para os estudos de Clausius e Kelvin, pois, os primeiros estudos relacionados à segunda lei da termodinâmica surgiram com os trabalhos de Sadi, que com seus estudos sobre as Máquinas Térmicas possibilitou a formulação da 2ª Lei, onde caracterizou sendo um marco, pois, seus estudos eram direcionados na eficiência de máquinas térmicas. A partir dos estudos de Carnot, então Clausius e Kelvin iniciaram vários trabalhos até chegar na construção da 2ª lei da termodinâmica.

A segunda lei da termodinâmica trata das trocas de calor, para que temperaturas diferentes possam igualar-se e atingir o equilíbrio térmico. Trata diretamente do rendimento das máquinas térmicas, fazendo com que, a lei seja muito útil na aplicação da construção das máquinas térmicas.

a segunda lei da termodinâmica é enunciada da seguinte maneira: em um sistema isolado quando acontece um processo irreversível a entropia aumenta. Evidentemente, como os processos reais são irreversíveis, essa formulação da segunda lei da termodinâmica indica a direção em que acontecem espontaneamente os fenômenos na natureza (MOURA, 2018, pg.31)

De acordo com Clausius e Kelvin a 2ª lei da termodinâmica, pode ser enunciada destas formas:

→ Enunciado de Clausius:

O calor não pode fluir, de forma espontânea, de um corpo de temperatura menor, para um outro corpo de temperatura mais alta.

De acordo com o enunciado de Clausius, o sentido natural do fluxo de calor é da temperatura mais alta para a mais baixa, para que ocorra a inversão do sentido, terá que ter um agente externo envolvido durante o processo.

→ Enunciado de Kelvin-Planck:

É impossível a construção de uma máquina que, operando em um ciclo termodinâmico, converta toda a quantidade de calor recebido em trabalho.

O enunciado de Kelvin implica que, não é possível que uma máquina térmica tenha um rendimento de 100% e uma quantidade de calor, por mais que seja pequena, não se transforma totalmente em trabalho.

Desta maneira podemos entender que, a 2ª lei da termodinâmica norteia as condições

para que o calor seja convertido em trabalho nas máquinas térmicas e também em refrigeradores.

4.3 CICLO DE CARNOT

Em 1824, Sadi Carnot apresentou seu ciclo termodinâmico às máquinas térmicas. Sadi, que era físico e engenheiro militar, propôs um ciclo que se traduzia por uma sequência de transformações gasosas em ciclos entre duas fontes térmicas. Carnot, em seu estudo intitulado "Reflexões Sobre a Potência Máxima do Fogo", descreveu como ocorreria a transformação gasosa entre duas fontes térmicas.

Carnot descreveu uma máquina ideal, cujo ciclo completo de funcionamento se dava de modo que a substância utilizada em sua operação - vapor, gás ou outra qualquer - é levada de volta a seu estado inicial, indicando assim, a independência da chamada Potência Máxima do Fogo (calor) com relação aos agentes de operação da máquina e sua dependência exclusiva das temperaturas das fontes de calor envolvidas. Nascia assim, o famoso Ciclo de Carnot (LARANJEIRAS, 2014).

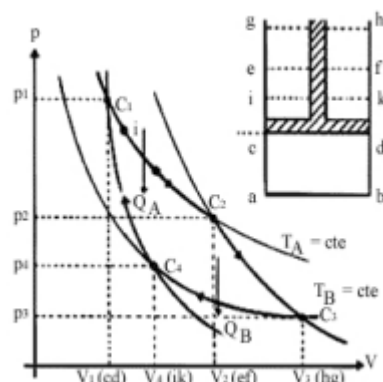
Pelos estudos que foram apresentados por Carnot, o objetivo do ciclo desenvolvido era visar o máximo rendimento de uma máquina térmica, capaz de converter o máximo de calor em trabalho, a fim de estabelecer um processo termodinâmico reversível. Pensando em um ciclo, onde não teria muitas perdas de calor, Sadi propôs um processo quase estático, com poucos atritos possibilitando ser um processo reversível. Após longos estudos, foram estabelecidos alguns princípios que nortearia o funcionamento das máquinas térmicas, onde atingiria o rendimento máximo em um ciclo característico. Segundo Laranjeiras (2014):

- A máquina deveria poder operar em ciclos sucessivos;
- A substância de operação (considerada como um gás ideal) deveria ser capaz de transferir calor da fonte quente para a fonte fria sem perdas;
- A máquina deveria poder operar “de trás para frente”, ou seja, reversivelmente - isto significa que ela pode operar como um refrigerador.

Segundo as características do ciclo de Carnot, as máquinas térmicas deveriam operar por meio do revezamento de algumas transformações que possui quatro fases (expansão isotérmica, expansão adiabática, compressão isotérmica, compressão adiabática). E para que seu funcionamento ocorra sem perdas, o processo deve ocorrer entre duas fontes, onde a substância transferirá calor da fonte quente para a fria. Essa transferência de calor contribui no funcionamento da máquina e pela teoria de Carnot esse processo poderia ser reversível,

desde que, o processo sempre esteja perto do equilíbrio termodinâmico.

De acordo com os princípios de funcionamento que Carnot estabelece, a máquina funcionaria de acordo com o que ele propôs teoricamente, desta forma, sua máquina teria esta estrutura:



Fonte: Laranjeiras (2014)

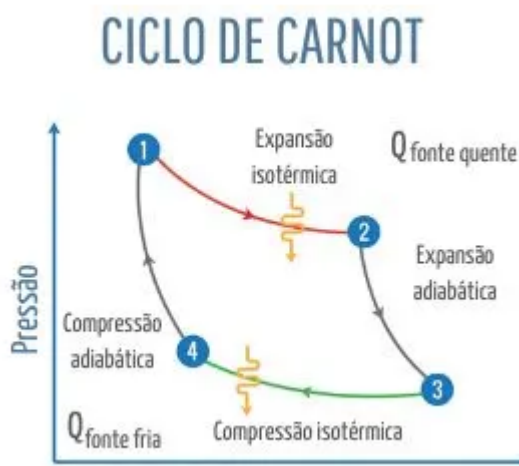
Figura 8 – Ciclo da máquina de Carnot (desenho do texto original)

Esboço original do funcionamento do ciclo de Carnot, um diagrama de $P \times V$. Neste esboço, observa-se que há uma sequência de sete etapas, mas de maneira resumida pode-se compreender o funcionamento por quatro etapas (expansão isotérmica, expansão adiabática, compressão isotérmica, compressão adiabática).

No ciclo de Carnot o processo é considerado reversível, visto que, não deve haver trabalho efetuado pelo atrito ou por forças dissipativas que produzem calor e o processo deve estar próximo ao estado de equilíbrio.

Em um processo reversível que leve o sistema de um estado inicial a uma temperatura T_i até um estado final a uma temperatura T_f , podemos imaginar que o sistema passa por uma sucessão de estados intermediários nos quais ele, por estar em equilíbrio em cada um desses estados, está em contato com um reservatório térmico a uma temperatura T entre T_i e T_f (ROQUE, 2004).

O ciclo proposto por Carnot era instituído por quatro fases:



Fonte: Campos

Figura 9 – Ciclo de Carnot

A condição para o funcionamento da máquina térmica para que opere em ciclos sucessivos, deve-se a transferência de calor de uma fonte quente para uma fonte fria. De acordo com Laranjeiras (2004):

1. Expansão isotérmica: A fonte quente e a substância de operação (gás) estão em contato, à mesma temperatura. O gás retira calor da fonte quente e sofre uma expansão isotérmica, empurrando o embolo, ou seja, realizando trabalho.
2. Expansão adiabática: Isolado termicamente do exterior, o gás se esfria a medida que se expande (ainda realizando trabalho) até atingir a temperatura da fonte fria, quando o processo é interrompido.
3. Compressão isotérmica: Em contato com a fonte fria, à mesma temperatura desta, o gás é comprimido isotermicamente (sofre trabalho), transferindo calor para a fonte fria.
4. Compressão adiabática: Já afastado da fonte fria, isolado termicamente do exterior, o gás é comprimido até atingir a temperatura da fonte quente, reiniciando o ciclo.

Essas foram as etapas do ciclo traçado por Carnot. Conforme a explicação fornecida, a fase inicial consiste em uma mudança de temperatura constante, aumentando a temperatura e realizando o trabalho. A segunda etapa é aquela em que não há trocas de calor com o meio externo. O seu tamanho aumenta, mantendo sua energia total, mas a pressão e a temperatura são reduzidas. Na etapa seguinte, a substância é colocada em contato com a fonte fria, o que diminui sua energia interna e mantém a temperatura constante, mas gradualmente a pressão aumenta. Na última fase não há trocas de calor, com isso a temperatura e volume voltam a aumentar. A substância é afastada da fonte fria, o que reduz a pressão e mantém a energia interna.

Esse seria o sistema termodinâmico desenvolvido por Carnot, uma máquina teórica,

que conseguisse atingir o maior rendimento possível, trabalhando entre duas fontes térmicas.

Durante esse processo, Carnot (1824) enfatiza que o máximo aproveitamento do calórico para a produção do movimento ocorreria quando todas as mudanças de temperatura, no fluido, acontecessem devido a mudanças de volume. A partir de seus estudos, o autor estabelece que os fluidos elásticos (gás ou vapor) possuem melhor desempenho na produção de potência motriz do fogo (BORGES; FORATO, 2017).

As contribuições de Carnot foram cruciais para o progresso da ciência e, posteriormente, da tecnologia. Seus estudos tiveram um impacto significativo no ensino de conceitos físicos, tais como a propriedade dos gases e suas variáveis, bem como as consequências dos processos reversíveis e irreversíveis. Todos os estudos envolvendo o funcionamento das máquinas térmicas, foram de extrema importância para o avanço da ciência e também da evolução tecnológica, porém o ciclo de Carnot foi bem admitido e se destacou por ser um ciclo, onde há quase a ausência de desperdícios de energia, como o atrito e assim possibilitando uma maior eficiência.

5. MATERIAIS E MÉTODOS

Com base na questão levantada no estudo, onde se observou que a utilização da tecnologia está cada vez mais presente na rotina escolar dos estudantes, foram estabelecidos alguns objetivos para finalizar o estudo e contribuir com a questão levantada. Esses objetivos incluíam examinar e selecionar recursos tecnológicos do tipo simulador, capacitar os alunos no uso do Vascak e apresentar um objeto de ensino através de um roteiro de uso de simuladores educacionais. Para alcançar os objetivos, elaborou-se um plano de ação que inclui algumas tarefas a serem cumpridas durante a pesquisa, tais como observar e avaliar o conhecimento prévio dos estudantes, listar informações sobre os conteúdos (conteúdos que podem ser simulados), elaborar atividades (testes) para serem realizadas com os alunos, elaborar um plano de ensino que seja utilizado como guia para a realização das atividades em sala de aula e avaliar o desempenho dos alunos durante o período de simulação.

Ao iniciar a pesquisa com os estudantes, o conteúdo contemplado era Termodinâmica e Máquinas Térmicas, conteúdos do início do 3º trimestre que estavam no planejamento escolar. A turma escolhida é do 2º ano do ensino médio, com 15 alunos (6 meninos e 9 meninas). É uma turma considerada pequena, porém muitos participativos, questionadores e alunos que demonstram interesse em aprender, considerando que esses foram os pré requisitos para a escolha da turma. A turma escolhida faz parte do Colégio público, Gabriela Mistral localizado no Município de Porto Barreiro, Paraná.

Dessa forma, começaram-se os estudos teóricos sobre Termodinâmica e, posteriormente, sobre Máquinas Térmicas, levando em consideração os seus principais conceitos. Nesse processo, os estudantes já tinham familiaridade com as plataformas de simulações, mas ainda não tinham usado a plataforma Vascak, que seria usada nas aulas para a pesquisa. Durante algumas conversas, os estudantes demonstraram grande interesse em explorar e trabalhar no simulador. Por isso, foi apresentada a plataforma Vascak e, durante uma aula, foi explicado como acessar, selecionar os conteúdos e realizar simulações, além de explicar a função do simulador. Durante as conversas com a turma, sempre foi explicado os propósitos de utilizar a plataforma e o objetivo principal de incluir o simulador nas aulas. Ao longo da pesquisa, como os alunos sempre estavam utilizando a plataforma, eles já tinham aprendido a acessar, observar as simulações e obter informações sobre o fenômeno simulado.

Essa introdução ao uso das plataformas foi feita de forma gradual e, a cada aula, foi sendo apresentada a ideia do simulador. A primeira conversa com os estudantes consistiu em examinar técnicas e recursos didáticos que pudessem solucionar as dificuldades de aprendizagem e, ao mesmo tempo, tornar a aula mais interativa, fugindo um pouco do

tradicional uso de quadro e giz. Após essas análises em relação ao que poderia ser útil para a aprendizagem e sempre levando em conta as opiniões dos alunos, começou a fase da inserção do simulador nas aulas de física, fazendo uma analogia da teoria com a prática.

A cada aula, estudava-se o conteúdo teórico e posteriormente as simulações no laboratório virtual e desta forma o plano de ensino teria um roteiro adaptado. As aulas seguiram alguns princípios da aprendizagem significativa, para que a aprendizagem dos educandos pudessem ser desenvolvida a potencializar seus conhecimentos. Então, seguindo os princípios do conhecimento prévio, da não centralidade do livro de texto e também o princípio da não utilização do quadro-de-giz as aulas tomam esta forma:

1 Aula – Introdução a Termodinâmica

Antes de começar a aula, é importante conversar com a turma sobre o que eles compreendem sobre o tema a ser abordado, observar e avaliar os conceitos dos estudantes antes de iniciar o conteúdo. Depois de explicar o assunto, levar em conta as ideias dos alunos e relacionar com o novo conhecimento. Durante a aula, atividades desafiadoras podem ser realizadas para promover a troca de conhecimentos entre os estudantes. A aula iniciará desta forma:

- Estudar os conteúdos teóricos fazendo uma relação com o conhecimento prévio do aluno. Para isso, algumas questões são necessárias serem debatidas com os alunos.
- O que é calor?
- O que são trocas de calor? No seu cotidiano há exemplos de trocas de calor?
- Qual a relação do calor com as máquinas térmicas?
- O calor pode ser convertido em trabalho?
- Quais as condições necessárias para que calor seja convertido em trabalho?

Após discutir com a turma sobre o tema em questão, começamos com o conteúdo para que possam relacionar o que já sabem com o novo conhecimento. Nesta fase, é mais interativo não concentrar a aula em textos, mas deixá-los para que possam debater, questionar e criar seus próprios conceitos. No decorrer da aula, atividades desafiadoras são realizadas, como o passa ou repassa, onde os alunos aprendem também com seus erros. Sendo assim, é relevante a troca de conhecimentos entre os alunos e o professor. Nesta atividade do passa ou repassa que é considerada uma metodologia ativa, os alunos vão respondendo às questões sobre o conteúdo, aqueles que não conseguem formular uma resposta passa a questão para o outro, assim todos vão respondendo e reformulando seu conhecimento. Essa tarefa requer que eles solicitem soluções para problemas e aprimorem suas habilidades cognitivas.

Seguindo o princípio da não utilização do quadro-de-giz, a próxima aula realizada no

laboratório virtual, para que os alunos assimilem a teoria (conteúdo estudado em sala) com a prática. Durante as aulas na plataforma, os alunos acessam o simulador, direcionam o conteúdo estudado em sala e vão observando as simulações, fazem anotações e respondem alguns questionamentos sobre o que eles estão simulando.

A aula seguinte desenvolverá conceitos sobre Máquinas térmicas e os alunos participarão da aula, demonstrando seus conhecimentos.

1 Aula – Máquinas Térmicas

□ Questões a serem debatidas em sala, antes de iniciar com o conteúdo:

- Que tipos de máquinas térmicas vocês conhecem?
- Qual é a função de uma máquina térmica?
- Ela pode gerar energia? Trabalho?
- Qual é a fonte de energia que pode ser utilizada?

Após as discussões com a turma, começa-se a abordar o tema de Máquinas Térmicas, relacionando-o com o conhecimento dos alunos, sempre relacionando o conteúdo com seus conhecimentos prévios, a fim de que eles possam organizar o novo conhecimento de forma mais abrangente. Essas questões servem para debater o tema e estimular os subsunçosos dos estudantes para que possam atribuir significados ao novo conhecimento. Dessa forma, ao debater, levantar questionamentos e incentivar os estudantes, eles poderão criar um conceito baseado em suas próprias palavras.

Na aula seguinte, quando terminar o conteúdo, sem concentrar a aula em textos ou em quadros, usaremos o simulador para aumentar a capacidade de aprendizado dos alunos. Ao usar o simulador, deixamos o tradicionalismo de muitas aulas expositivas de lado, oferecendo aos alunos uma aula mais atraente, despertando a atenção dos alunos em algo que os permita ter mais autonomia para estudar.

Muitos dos conteúdos seguiram este tipo de aula, uma vez que, em outras ocasiões, os debates e questionamentos para incentivar a aprendizagem dos alunos sempre tiveram êxito. Sendo assim, foi dado continuidade a esse tipo de aula antes de começar um novo conteúdo. Quando possível, sempre era utilizado o simulador Vascak para realizar as aulas práticas, todavia vale ressaltar que são apenas duas aulas de física semanalmente e por consequência, sempre era dado prioridade a alguns conteúdos.

Nos últimos estágios da pesquisa, os estudantes já estavam bem familiarizados com a plataforma, conseguindo desenvolver os conteúdos de forma correta e assimilando a teoria com a prática de acordo com as simulações. Sendo assim, o próximo passo foi dar prioridade

ao conteúdo do Ciclo de Carnot, pois este seria o último item da pesquisa. Seguindo o plano de aula elaborado para a pesquisa e seguindo alguns princípios que facilitam a aprendizagem significativa, iniciamos a aula de Ciclo de Carnot com perguntas e debates com a turma antes de introduzir o conteúdo teórico.

1 Aula – Ciclo de Carnot

- Antes de começar os estudos direcionados ao conteúdo, a aula teve alguns debates para que além disso, os alunos possam aprimorar seus conhecimentos com o novo conhecimento que virá.
- Realizar uma atividade desafiadora com os alunos, como aprendizagem entre pares sobre: Processos das transformações termodinâmicas e Agentes responsáveis pelo rendimento de um motor. Após realizar a atividade, dar continuidade com a turma debatendo sobre as questões a seguir.
- Em quais momentos do cotidiano é perceptível as transformações da termodinâmica?
- Qual a importância para um ciclo termodinâmico, cada etapa das transformações?

Realmente, o conteúdo de Ciclo de Carnot não foi tão simples em comparação com os outros conteúdos, e os alunos utilizaram mais aulas para organizar seus conhecimentos com o novo conhecimento adquirido. No entanto, eles adotaram estratégias para aprimorar seus estudos, como vídeos e animações. Propor aulas é altamente recomendável, desde que os estudantes estejam dispostos a receber o conhecimento desejado, passando por trocas de conhecimentos e discussões para chegar a um entendimento correto, tudo isso é uma estratégia que contribui de maneira benéfica para o progresso da aula. Nestas aulas sobre o ciclo de Carnot, o uso da atividade entre pares que é uma proposta de metodologia ativa, colaborou positivamente na assimilação do conteúdo, os alunos formularam explicações a respeito do conteúdo e responderam as questões a partir daquilo que haviam formulado. É possível afirmar que o conhecimento específico presente na estrutura cognitiva dos estudantes foi crucial para o novo conhecimento adquirido, dando significado ao que estavam aprendendo.

Após as aulas teóricas, iniciou as aulas práticas no simulador Vascak. Durante todas as aulas, os estudantes foram estimulados a se interessar pelo tema, dando suas opiniões sobre o assunto, utilizando apenas o mínimo de textos, livros e quadros.

Prosseguindo com o plano de aula, agora as aulas eram no simulador. No primeiro momento os alunos observaram atentamente todo o ciclo e suas transformações termodinâmicas. Quando tinham dúvidas perguntavam, mas como as simulações eram realizadas em duplas, na maioria das vezes as dúvidas eram sanadas entre eles. E dessa forma

eles iriam realizar as simulações no Vascak. Anotavam tudo em seus cadernos, cada nome das transformações e com as aulas teóricas já conseguiam observar a diferença entre cada etapa das transformações. Os estudantes também manuseavam no gráfico das linhas das isotermas, nos valores de pressão e volume e também verificavam as diferenças em cada variável conforme a transformação ocorrida e conseguiam entender a relação da eficiência com o trabalho.

Ao final de cada aula no simulador, sempre era dialogado com a turma, a respeito do que haviam aprendido e o que aquilo contribui para o seu conhecimento. Também havia questionamentos sobre algumas ferramentas do simulador e também falavam das dificuldades em acessar a plataforma. Essas dificuldades sempre eram relacionadas a internet, como a escola tem um grande fluxo de uso das redes, sempre sobrecarregava.

Para realizar as simulações sobre as transformações que ocorrem no Ciclo de Carnot com os estudantes a partir do estudo do conteúdo teórico, levou em média seis aulas no laboratório de informática com as aulas direcionadas na plataforma Vascak. Após essas aulas, os alunos estavam familiarizados em usar o laboratório virtual, com isso foi possível aplicar o questionário-teste, para a finalização da pesquisa.

A etapa final da pesquisa consistiu em um questionário com 10 perguntas sobre o ciclo de Carnot, nas quais os alunos responderam de acordo com seus conhecimentos teóricos e o conhecimento adquirido durante as aulas na plataforma Vascak. Foram abordadas sete questões relacionadas à simulação realizada na plataforma e três questões sobre a relevância de utilizar o simulador. A partir das respostas, foi possível fazer uma análise com gráficos para verificar se os objetivos da pesquisa foram atingidos.

O estudo realizou-se por meio de pesquisa descritiva, com o intuito de observar e analisar os dados coletados, a fim de estabelecer um resultado satisfatório a respeito do objeto estudado.

as pesquisas descritivas têm como finalidade principal a descrição das características de determinada população ou fenômeno, ou o estabelecimento de relações entre variáveis. São inúmeros os estudos que podem ser classificados sob este título e uma de suas características mais significativas aparece na utilização de técnicas padronizadas de coleta de dados (GIL, 1999, apud, OLIVEIRA, 2011, pg.21).

De acordo com o tipo de pesquisa, o estudo busca descrever o objeto de estudo por informações que se recolhe ao longo da investigação, tais informações são mais específicas e detalhadas, assim descrevendo uma realidade. Desta forma, é possível observar características de determinado fenômeno ou de um grupo, a fim de estabelecer uma relação

com o objeto de estudo.

As pesquisas descritivas objetivam a descrição de determinada população, fenômeno ou estabelecimento de relações entre as variáveis. Esse tipo de estudo tem como característica mais significativa a utilização de técnicas padronizadas de coleta de dados, tais como os questionários e a observação sistemática (OLIVEIRA, 2005).

Desta maneira, a pesquisa seguiu por meio de questionários para que pudesse ter uma coleta de informações mais detalhadas, assim permitindo uma análise mais criteriosa para então, chegar a uma conclusão satisfatória em relação a pesquisa.

6. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Durante as aulas os alunos foram aliando o conteúdo teórico com a plataforma de simulação Vascak. O tópico abordado foi o Ciclo de Carnot, no qual os alunos observaram e assimilaram o que aprenderam na teoria. Durante essas aulas, foram elaboradas atividades desafiadoras, com o objetivo de incentivar a aprendizagem dos alunos. As atividades desenvolvidas com os estudantes, foram a aprendizagem entre pares e o passa ou repassa, que são metodologias ativas. Além dessas atividades, um questionário foi oferecido aos estudantes, para que respondessem de acordo com os seus conhecimentos adquiridos no simulador.

- 1ª Questão: **O simulador Vascak auxiliou na compreensão do conteúdo de Ciclo de Carnot?**

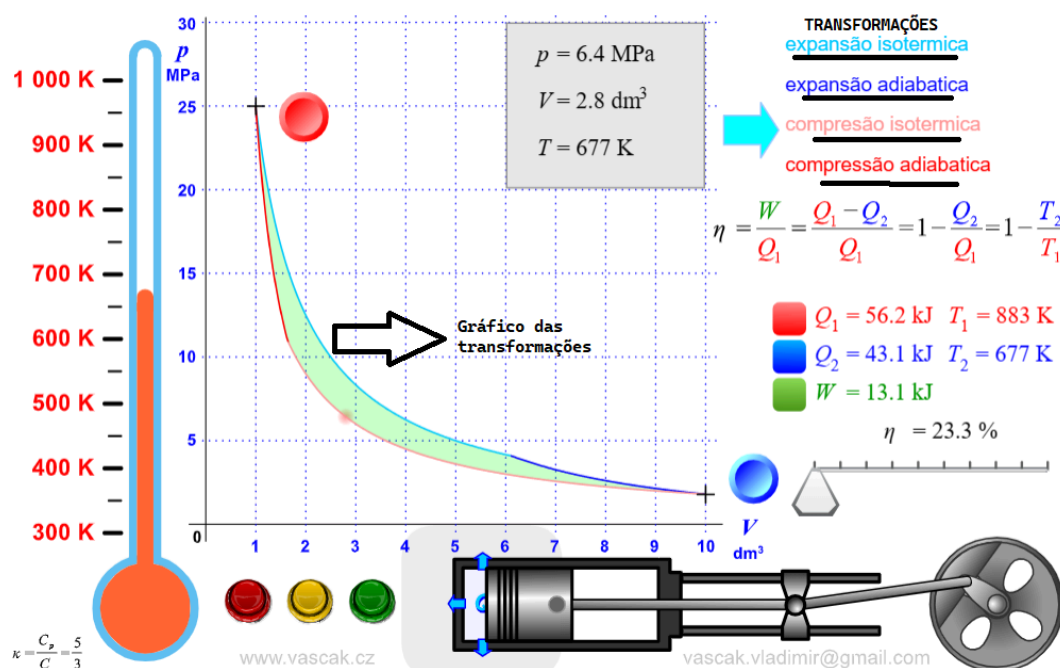
De acordo com as respostas obtidas, observa-se que todos os alunos, 15 ao total responderam que o simulador auxiliou na compreensão do conteúdo, sendo assim uma aprovação de 100% da turma.

- 2ª Questão: **Considera o simulador de fácil acesso?**

Observa-se que na segunda questão 73,33% dos estudantes, 11 de um total de 15, responderam que consideram o simulador de fácil acesso e apenas 26,66%, (4 alunos) responderam que o simulador tem um acesso intermediário, pois relataram que isso é devido à instabilidade da internet.

- 3ª Questão: **Utilizando a plataforma consegue entender as transformações que ocorrem?**

De acordo com as respostas, observa-se que a maioria dos alunos (73,33%) conseguem entender as transformações que ocorrem no Ciclo de Carnot. Ao total foram onze estudantes que conseguiram compreender as transformações e quatro alunos (26,66%) que entenderam de forma mediana. As transformações analisadas no simulador, foram de Expansão isotérmica, Expansão adiabática, Compressão isotérmica e Compressão adiabática.



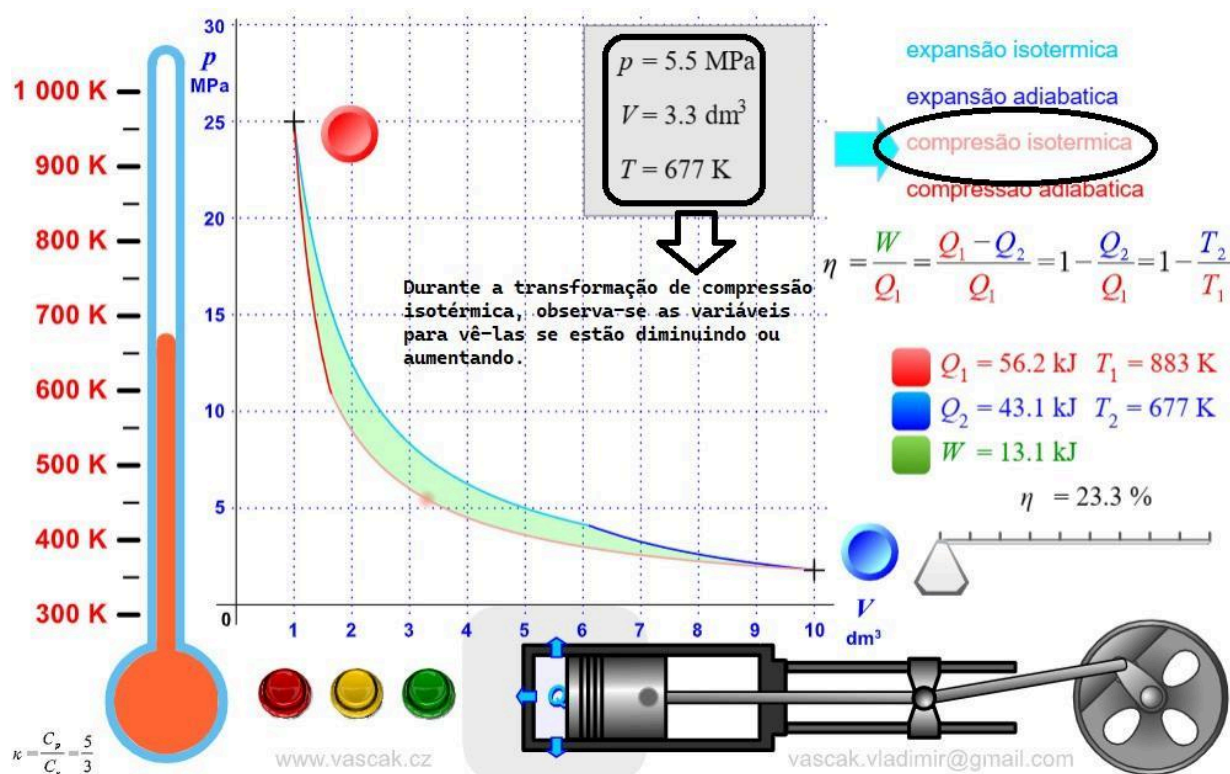
Autor: [Ciclo de Carnot \(vascak.cz\)](http://Ciclo de Carnot (vascak.cz))

Figura 10 – Gráfico das Transformações

Na figura acima, a imagem observada pelos alunos durante a simulação das transformações que ocorrem na plataforma enquanto eles iam respondendo a questão do questionário. Na figura, consta o processo de cada transformação. Com base nesse processo, os alunos compreendem melhor os processos de transformações que ocorrem no simulador.

- 4ª Questão: **Qual é o nome da transformação, onde o volume diminui e a pressão aumenta?**

Nota-se que a maioria dos estudantes (60% da turma) compreenderam o que ocorreu durante a compressão isotérmica e responderam a questão corretamente. Durante essa transformação, observa-se pelo simulador que a variável Volume diminui e a variável Pressão aumenta, pois, a pressão exercida por um gás é inversamente proporcional à variação do volume. Como se trata de uma transformação isotérmica, onde não há variação da temperatura e ela permanece constante, os alunos não tiveram dificuldades em entender a questão.



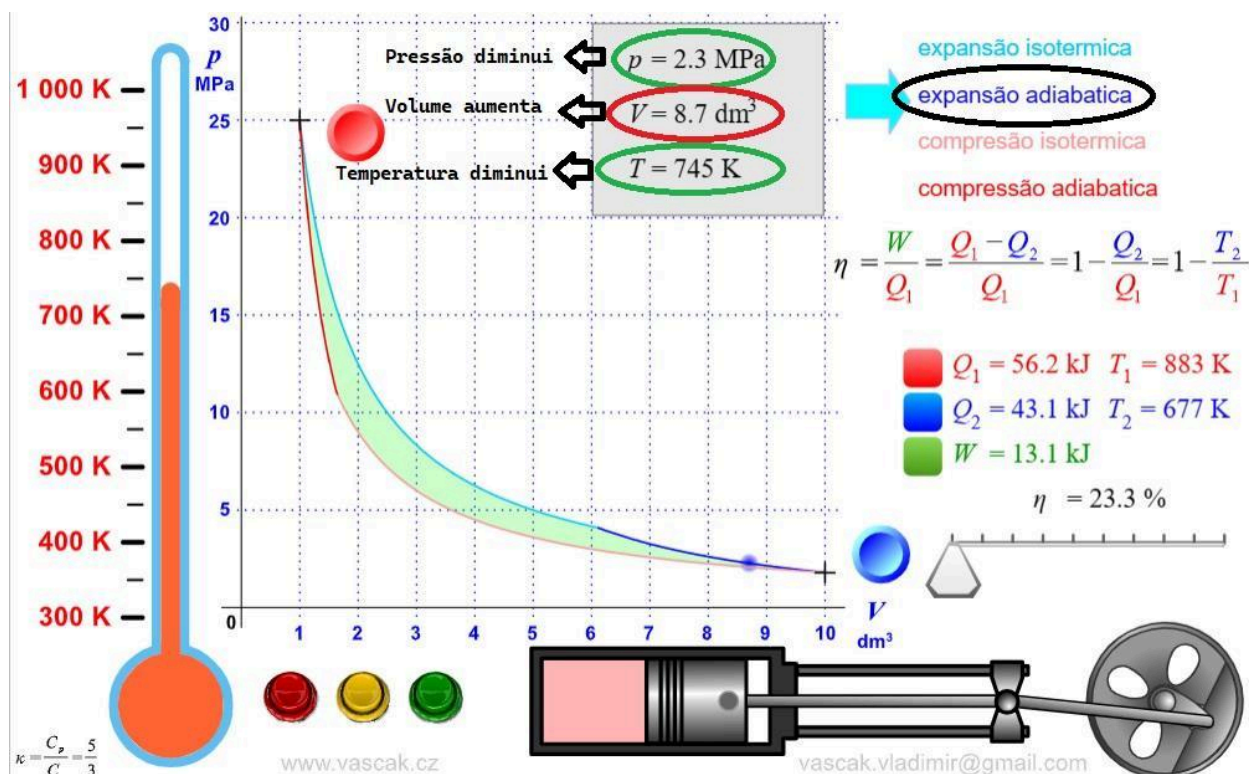
Fonte: [Ciclo de Carnot \(vascak.cz\)](http://Ciclo de Carnot (vascak.cz))

Figura 11 – Gráfico da Compressão Isotérmica

A figura 11, representa a compressão isotérmica no simulador durante a simulação e nesta etapa os estudantes observaram atentamente as variáveis de estado a fim de analisar alguma alteração durante a transformação.

- 5ª Questão: **Qual é o nome da transformação, onde a temperatura e a pressão diminuem e o volume aumenta?**

Observa-se que somente dois alunos responderam errada a questão e os demais alunos (86,66% da turma) conseguiram entender a transformação que ocorria no simulador. Durante a transformação de expansão adiabática, as variáveis Pressão e Temperatura diminuem, devido um aumento repentino na variável Volume.



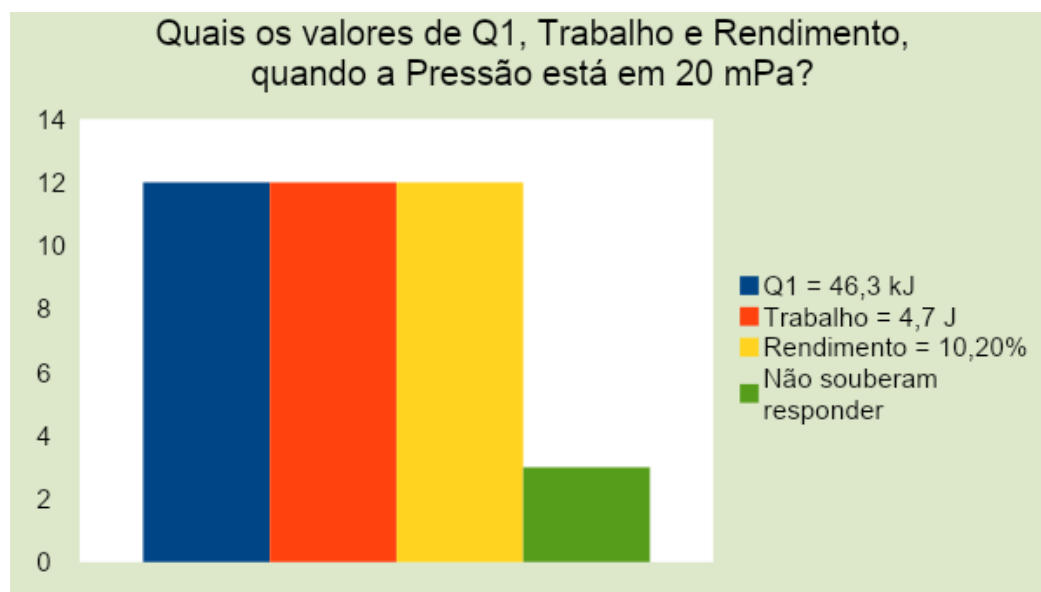
Fonte: [Ciclo de Carnot \(vascak.cz\)](http://Ciclo de Carnot (vascak.cz))

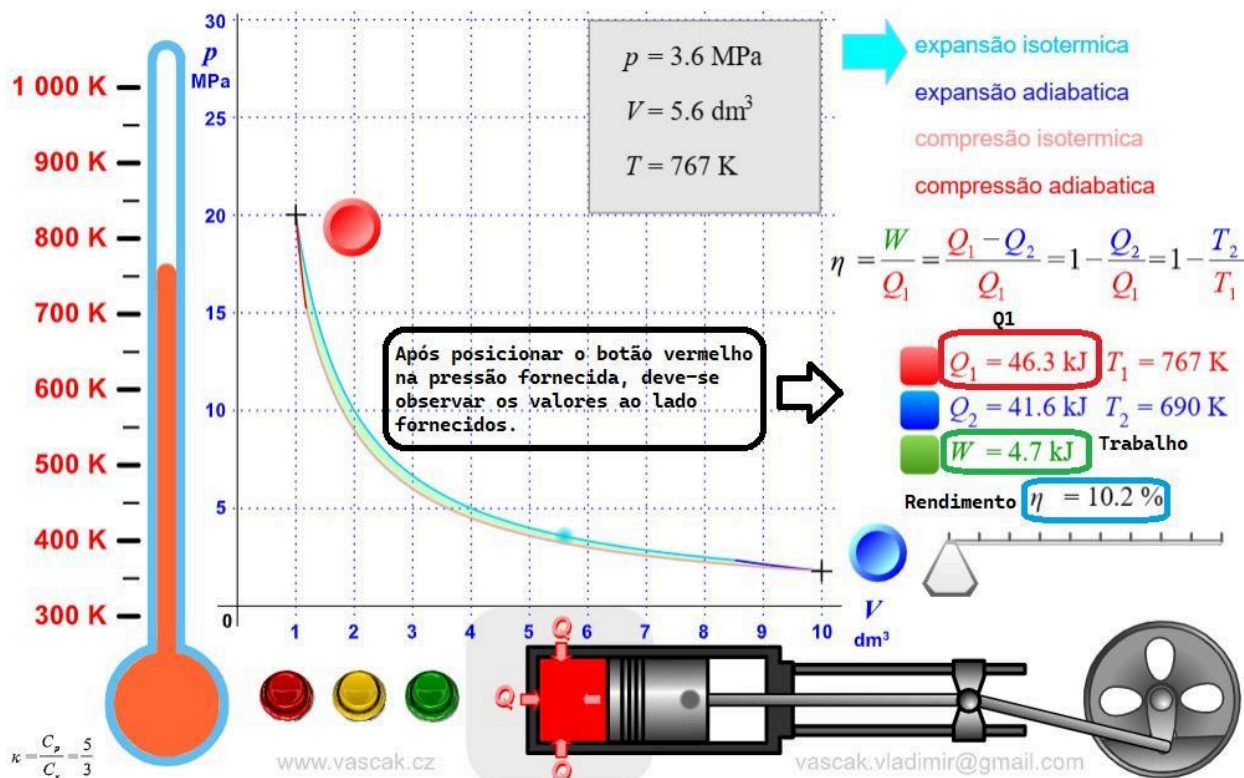
Figura 12 – Transformação Expansão Adiabática

Na figura 12 ocorre uma transformação adiabática e durante a simulação os alunos analisam atentamente as alterações que ocorrem durante essa transformação.

- 6ª Questão - Quais os valores de Q_1 , Trabalho e Rendimento quando a Pressão está em 20mPa?

Para a análise da 6ª questão, utilizou-se um gráfico para entender melhor as respostas obtidas.





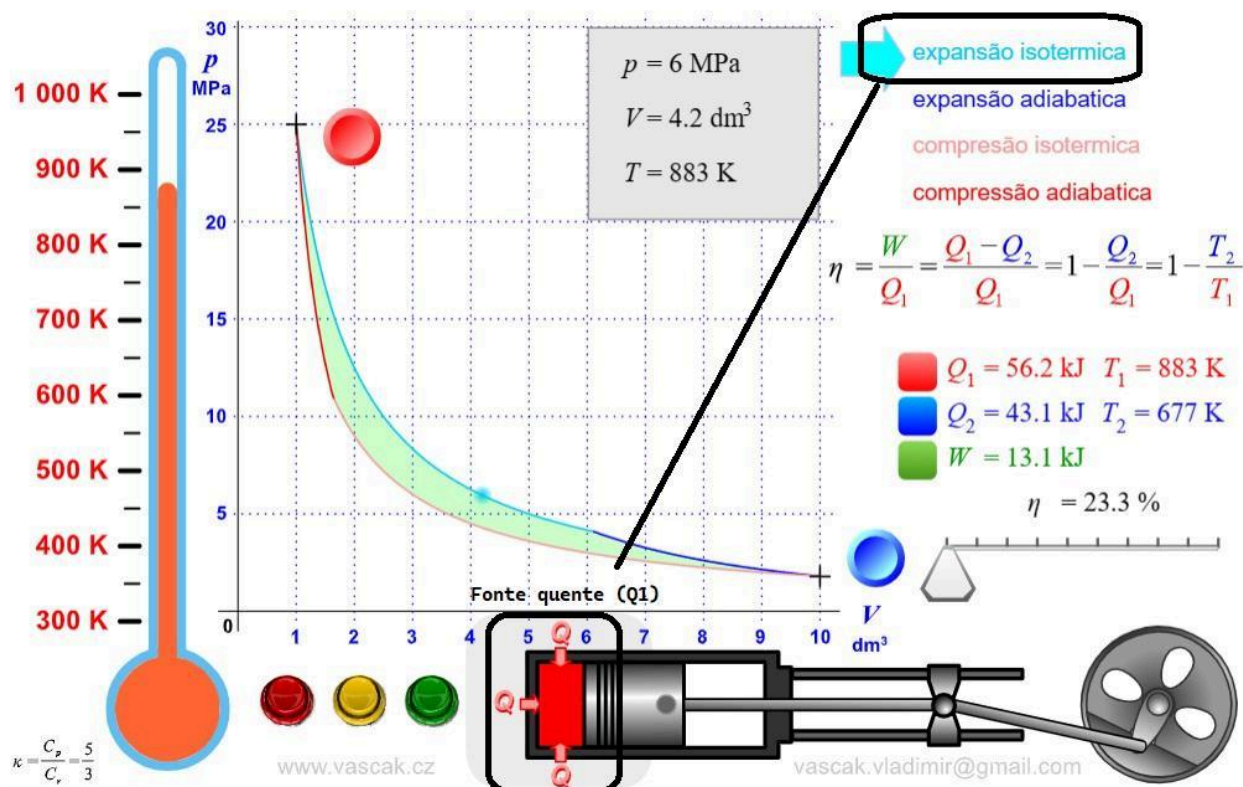
Autor: Ciclo de Carnot (vascak.cz)

Figura 15 – Informações de Q_1 , Trabalho e Rendimento no gráfico do ciclo de carnot.

Nota-se que o simulador já garante todas as informações a respeito do calor da fonte quente (Q_1), do Trabalho e do Rendimento, desta forma, não tendo a necessidade da realização de cálculos. Mas o simulador também fornece as equações, assim podendo calcular os respectivos valores já fornecidos.

- 7ª Questão: **Em quais transformações ocorrem, o contato com a fonte quente (Q_1) e a fonte fria (Q_2)?**

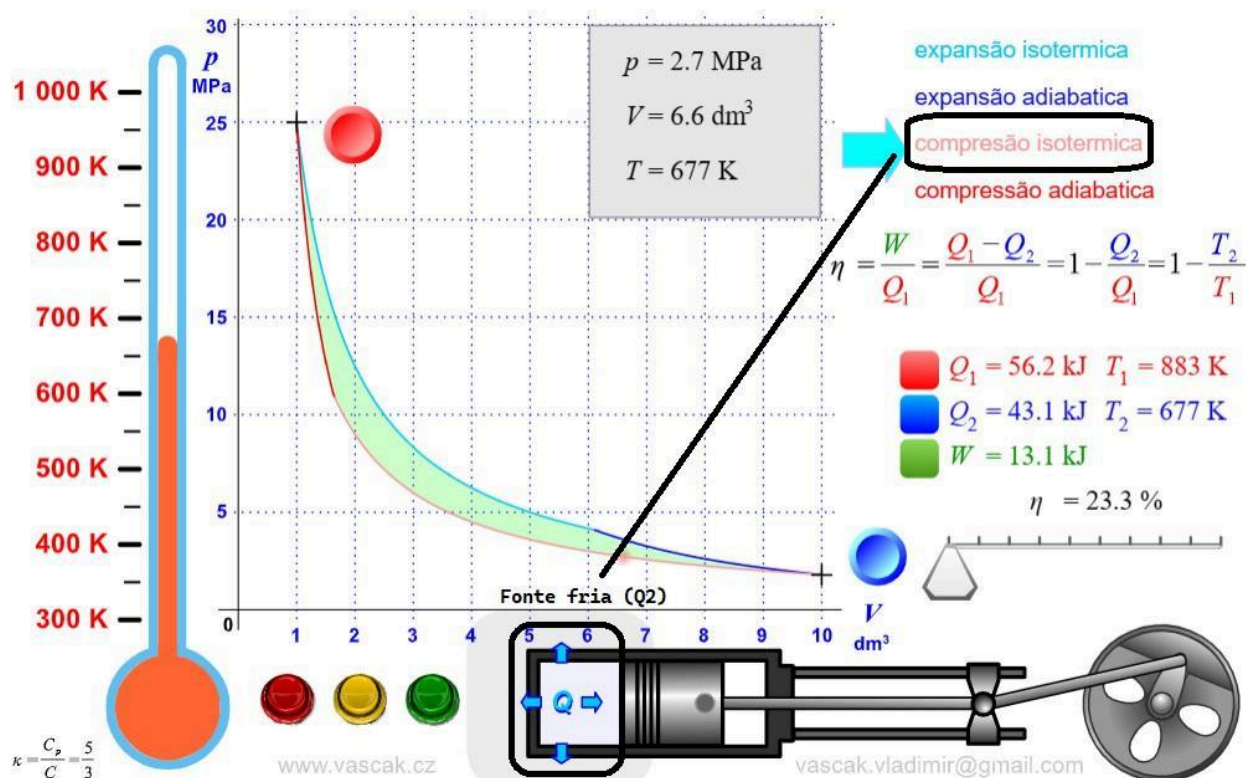
Observa-se que todos os alunos responderam corretamente a questão, de acordo com a simulação na plataforma. Os estudantes analisaram atentamente a simulação para que pudessem verificar, onde ocorrem os contatos com as duas fontes térmicas.



Autor: [Ciclo de Carnot \(vascak.cz\)](http://Ciclo de Carnot (vascak.cz))

Figura 16 – Expansão isotérmica, fonte quente na simulação do ciclo de carnot

Na figura 16, está a simulação para a transformação expansão isotérmica, nota-se que ela ocorre quando está na fonte quente (Q_1).



Fonte: [Ciclo de Carnot \(vascak.cz\)](http://Ciclo de Carnot (vascak.cz))

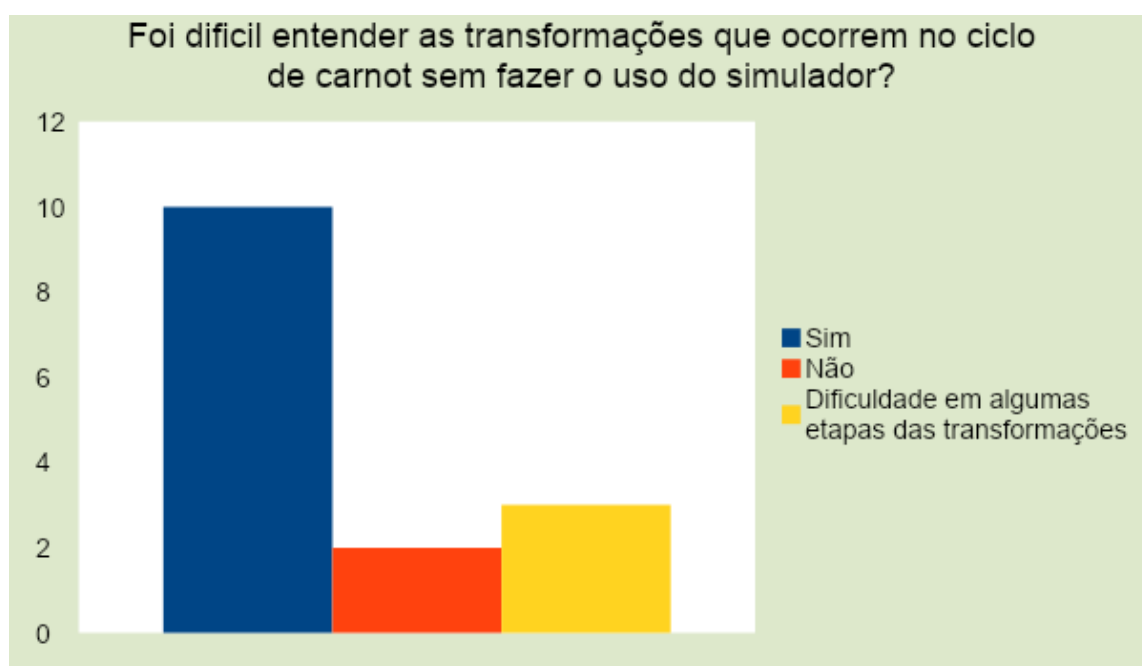
Figura 17 – Compressão Isotérmica, fonte fria (Q_2) durante a simulação no ciclo de carnot. Na figura 17, nota-se que a transformação compressão isotérmica, ocorre com contato na fonte fria.

- 8ª Questão: **Foi importante estudar o conteúdo teórico, antes de realizar as simulações na plataforma?**

As respostas obtidas da 8ª questão demonstram que todos os alunos responderam sim para a questão, de forma a concordar com a importância de se estudar o conteúdo antes de usar a plataforma de simulação. Compreendendo o conteúdo teórico tudo se torna mais fácil e acessível para os alunos, tendo em vista, que há muitas nomenclaturas e grandezas físicas que se deve saber antes de iniciar com o uso de simuladores durante as aulas.

- 9ª Questão: **Foi difícil entender as transformações que ocorrem no ciclo de carnot sem fazer o uso do simulador?**

Para a 9ª questão foi utilizado o gráfico, de acordo com as respostas obtidas.



Fonte do Autor

Figura 18 – Respostas obtidas em relação às dificuldades em entender as transformações no ciclo de carnot.

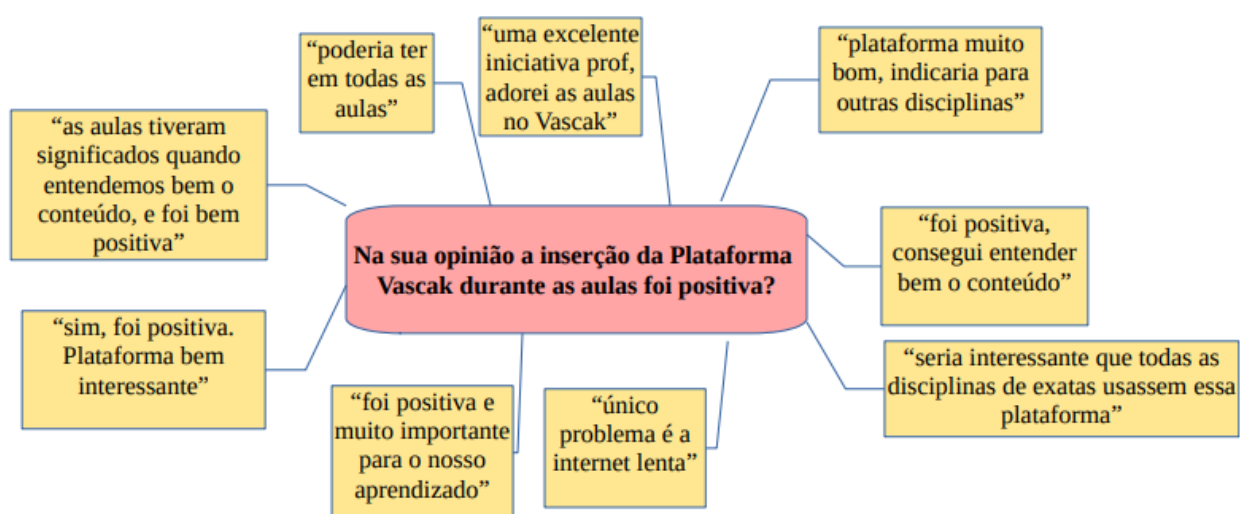
Observa-se na figura 18 que a maioria dos alunos (10) acredita que é mais difícil a compreensão do ciclo de Carnot sem o uso do simulador e (2) alunos, responderam que não é difícil e (3) alunos responderam, que em algumas etapas das transformações tiveram mais

dificuldade em compreender.

- 10ª Questão: **O simulador Vascak ajuda a compreender melhor o conteúdo?**

Nota-se que na questão Dez a maioria dos alunos (73,33%) responderam que o simulador ajuda a compreender melhor o conteúdo e apenas (26,66%), responderam que ajuda de forma mediana.

Ao final do questionário foi ofertada uma última questão sendo esta optativa em responder.



Fonte do Autor

Figura 19 – Opinião dos alunos sobre a Plataforma Vascak

Na figura 19, consta um relato das opiniões dos alunos referentes à plataforma Vascak. Essa questão foi ofertada aos alunos para que opinassem sobre a plataforma e foi deixada livre para que optassem em responder. Nota-se que a maioria dos alunos (60%) responderam deixando sua opinião e todos responderam de maneira satisfatória.

Para verificar se as aulas com a inclusão do laboratório virtual Vascak, resultaram em uma metodologia satisfatória, seguindo alguns princípios que norteiam a aprendizagem significativa, também foram realizadas algumas aulas (4 aulas) com atividades com os alunos, como forma de um feedback final da pesquisa. Essas atividades, foram usadas algumas metodologias ativas para verificar o quanto os alunos compreenderam os conteúdos estudados durante a pesquisa com o simulador. Assim, foi usada a aprendizagem em pares, onde os educandos ficaram em duplas e eram criadas trocas de ideias entre eles, conforme o tema escolhido, para formular um conceito a partir do seu conhecimento. Todos os alunos

participavam de uma conversa. Durante esta atividade, foi empregado um dos princípios da aprendizagem significativa, o Princípio da aprendizagem pelo erro, no qual os estudantes reformularam seus conceitos, corrigindo seus equívocos.

O tema escolhido para esta atividade, onde a turma foi dividida em duplas, foi “A relação do ciclo de carnot com a 2ª Lei da Termodinâmica”. Os estudantes tinham aproximadamente 10 a 15 minutos para debater com sua dupla a respeito do tema e após, iniciavam as trocas de ideias na turma. cada uma das duplas explicava o conceito criado a respeito do tema. Assim, os estudantes interagiram, trocavam informações e corrigiam conceitos que haviam interpretado de maneira incorreta. Todos os estudantes participaram de maneira positiva nesta tarefa, apresentando um bom desempenho e uma grande interação durante a aula.

Outra atividade de aprendizagem entre pares foi desenvolvida para que possamos avaliar se os estudantes obtiveram uma aprendizagem satisfatória. Os alunos utilizaram seus conhecimentos prévios, como a não centralidade do livro, a interação social e o questionamento, aprendendo que, simplesmente, repetir a narrativa de outra pessoa não estimula a compreensão. Esses são alguns princípios que tornam a aprendizagem significativa.

A turma dividiu-se em duplas e, para cada uma, um tema de natureza pertinente (termodinâmica, máquinas térmicas e Ciclo de Carnot) foi escolhido para que elas desenvolvessem uma simulação no simulador vascak, com a apresentação de conceitos próprios sobre o tema. Os estudantes utilizaram a Tv Educatron da sala para demonstrar às outras duplas a simulação do tema escolhido, com explicações coerentes aos colegas, que relacionassem o conteúdo teórico estudado com a simulação. Além disso, os estudantes responderam às perguntas de forma tranquila e com respostas compreensíveis. Para esta atividade os alunos escolheram livremente qualquer simulação relacionada aos temas acima citado, tiveram aproximadamente 15 minutos para simular o tema escolhido no simulador, anotar suas observações, para além, demonstrar a simulação para a turma, com explicações coerentes. Observou-se que houve muita interação durante a dinâmica, os estudantes explicaram as simulações de forma clara e objetiva, respondendo de forma positiva a cada questionamento de seus colegas. A atividade estimulou a aprendizagem dos alunos, onde construíram conceitos próprios para a explicação do fenômeno ocorrido durante a simulação.

A metodologia ativa passa ou repassa foi aplicada para que os estudantes realizassem atividades em grupo, permitindo maior interação e tornando a aula mais atrativa. Nesta atividade, a turma dividiu-se em grupos e algumas questões envolvendo os conteúdos

estudados durante a pesquisa foi apresentada, cada grupo teria um tempo de troca de ideias e formulação de uma resposta. Ao final do período de tempo, cada grupo deveria apresentar suas respostas, se o grupo que não obteve êxito na formulação do conceito, terá a questão repassado para o outro grupo e se o mesmo acertar a questão irá pontuar. Ao final da atividade, todos poderão reformular os seus conceitos e verificar os seus erros.

Observa-se que os estudantes apreciam jogos de competição e sentem-se mais motivados a acertar as questões. Durante a atividade, todos os grupos participaram, demonstrando que tiveram uma compreensão satisfatória do tema abordado. Ao final de todas as aulas que se dedicaram ao uso de metodologias ativas, verificou-se que a turma apresentou-se mais interativa, tendo a capacidade de debater de forma adequada os conceitos com os colegas e, em muitos casos, dando-lhes mais explicações sobre o que haviam aprendido. Avaliavam os conceitos que descreviam incorretamente, dando suas opiniões a respeito do tema em questão. Os estudantes demonstraram-se mais dispostos a aprender e sempre deram significado ao que aprenderam, fazendo comparações com seus cotidianos.

O uso dessas ferramentas está ligado ao fato de que, no planejamento escolar, devemos usar essas técnicas. Assim sendo, os estudantes já estão habituados a esse tipo de ensino.

7. CONCLUSÃO

Neste trabalho foi concebida e implementada uma sequência didática envolvendo o uso do simulador Vascak para o ensino do Ciclo de Carnot. A sequência se estruturou numa série de aulas que aconteceram no seguinte ciclo: levantamento de concepções prévias, organização destas concepções, exposição do conteúdo, atividades com o simulador. Posteriormente, para avaliar a intervenção pedagógica, foram utilizados um questionário opinativo e duas atividades, sendo uma em duplas (Aprendizagem entre pares) e a outra em grupos (Passa ou Repassa). Essas atividades são metodologias ativas, comumente utilizadas em sala de aula, a fim de estimular a aprendizagem dos alunos.

Ao analisar cada questão do questionário e também analisar as atividades de feedback com os estudantes, pode-se notar que algumas metas da pesquisa foram alcançadas. Os estudantes conseguiram acessar o site do simulador de forma fácil, usar as ferramentas adequadamente, compreender a linguagem e as nomenclaturas e identificar as grandezas físicas trabalhadas na plataforma Vascak. Dessa forma, conseguiram construir um conhecimento a partir da ferramenta utilizada, onde foi possível identificar que houve uma assimilação dos conteúdos com o que eles simularam na plataforma Vascak. Isso foi possível verificar durante todo o desenvolvimento da pesquisa, onde os estudantes tiveram um bom desempenho, compreendendo os conteúdos estudados.

Ao finalizar todas as tarefas, foi constatado que a inclusão da plataforma de simulação aprimorou o aprendizado dos estudantes, resultando em uma compreensão maior dos conteúdos estudados. Em relação ao uso da plataforma Vascak, os estudantes demonstraram uma boa compreensão durante as simulações, sem dificuldades de aprendizagem. Observa-se que as respostas obtidas no questionário foram coerentes com as produções dos alunos durante as aulas, apresentando um desempenho satisfatório e refletindo positivamente em suas respostas.

Com base nas últimas atividades realizadas em sala de aula, constatou-se que os estudantes desenvolveram um conceito sobre o Ciclo de Carnot com base no conhecimento adquirido e conseguiram explicar de maneira adequada, relacionando a teoria estudada com a prática no simulador Vascak. Tiveram um bom desempenho, quando solicitado aos mesmos para que realizassem uma simulação para a turma, explicando um conceito já estudado os alunos demonstrando domínio do conteúdo e uma ótima explicação no simulador. Assim sendo, foi perceptível que alguns princípios da aprendizagem significativa foram incorporados durante esse processo. Os princípios mais evidenciados foram os conhecimentos prévios e o princípio da aprendizagem por erro, que apesar de serem

princípios facilitadores muito importantes, a pesquisa tinha como objetivo identificar mais alguns que são extremamente relevantes para a avaliação da aprendizagem significativa. No entanto, apesar de não ter atingido todos os princípios, a pesquisa foi considerada satisfatória em relação às metas alcançadas, uma vez que os estudantes demonstraram um aprendizado significativo para o produto final. Dessa forma, pode-se considerar que a utilização da plataforma Vascak aumenta a capacidade de aprendizado dos alunos.

Assim sendo, o trabalho realizado com os estudantes durante um trimestre foi significativo, visto que, de acordo com os diagnósticos, é possível notar que a maioria das metas foi atingida. Observa-se, pelos resultados da pesquisa, que ao utilizar uma plataforma de simulação, é possível obter uma aprendizagem restauradora, uma vez que os alunos conseguiram reorganizar seus conhecimentos e restaurar o processo cognitivo ao revisar conteúdos cruciais para o seu aprendizado. Isso tem efeitos benéficos na compreensão do conteúdo, facilitando a compreensão teórica e permitindo uma maior interação entre teoria e prática. A simulação proporciona uma aproximação com a realidade, permitindo que os estudantes compreendam como ocorre tal fenômeno físico, além de estimular a curiosidade em aprender. Os resultados alcançados foram satisfatórios para a presente pesquisa e foi de acordo com a opinião dos estudantes.

Posto isso, verifica-se a importância de aulas mais interativas, com a inserção de ferramentas que auxiliam na potencialização do ensino, porém, é importante citar que, ao mesmo tempo que uma metodologia desse tipo é inserida como um recurso auxiliar no processo de aprendizagem, há pontos que dificultam o uso, por exemplo, falta de internet no colégio, a falta de espaços com laboratórios de informática e a sobrecarga de aulas que o professor tem para conseguir organizar previamente o uso completo de simuladores em todas as aulas, além de, o número de aulas semanais que a disciplina de física possui na grade curricular, mas apesar de as dificuldades que poderão ocorrer, a pesquisa foi satisfatória e possibilitou obter resultados positivos, dando espaços para estudos posteriores. Ainda há o comprometimento na busca por recursos que potencializem o processo de ensino e aprendizagem.

8. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ANDRADE, Wellington Gonçalves de; SAMPAIO, Thiago Alves de Sá Muniz. **Máquina de Heron: desenvolvimento de um procedimento experimental para o ensino da termodinâmica a fim de entender as máquinas térmicas**. Semiárido de Visu, 2021. Disponível em:

<https://semiariododevisu.ifsertao-pe.edu.br/index.php/rsdv/article/download/214/195/559>.

Acesso em: 03 nov. 2022.

BORGES, Danielle Beatriz de Sousa; FORATO, Thaís Cyrino de Mello. **Ciência e sociedade retratos da história da termodinâmica na Arte**. SciELO Livros, 2017. Disponível em: <https://books.scielo.org/id/8938t/pdf/moura-9788568576847-08.pdf>. Acesso em: 14 dez. 2022.

COELHO, Lincoln Mansur; MARQUES, Adílio Jorge; SOUZA, Dominique Guimarães de. **A Teoria da Aprendizagem Significativa e o ensino de História**. Revista Educação Pública, 2019. Disponível em: <https://educacaopublica.cecierj.edu.br/artigos/19/31/a-teoria-da-aprendizagem-significativa-e-o-ensino-de-historia>. Acesso em: 01 dez. 2022.

CHIRONE, Adriana Regina da Rocha. **Aprendizagem significativa crítica no ensino dos números e seus conjuntos**. Revista Dynamis, Blumenal, v. 27, n. 2, p. 4-19, 12 nov. 2022.

DE PAULO, Iramaia Jorge Cabral. MOREIRA Marco Antonio. **O professor, o investigador, o ser humano**. Revista do Professor de Física, [S. l.], v. 2, n. 3, p. 76–79, 2018. DOI: 10.26512/rpf.v2i3.19958. Disponível em: <https://periodicos.unb.br/index.php/rpf/article/view/19958>. Acesso em: 23-10-2022.

FIN, Denis. **Segunda lei da termodinâmica: conceitos e fórmulas**. Aprova Total, 2020. Disponível em: <https://aprovatotal.com.br/segunda-lei-da-termodinamica/>. Acesso em: 02 mar. 2023.

FÍSICASP. **Máquinas Térmicas (Motor)**. Física SP. 2017. Disponível em: http://fisicasp.com.br/wp-content/uploads/2017/03/Maquinas_termicas_e_ciclo_de_carnot.pdf. Acesso em: 09 jan. 2023.

HUF, Samuel Francisco. **Potencialidades da aprendizagem significativa por meio das tendências metodológicas em educação matemática: possíveis caminhos para o ensino e aprendizagem de matemática no 6º ano do ensino fundamental**. Repositório Institucional da Universidade Tecnológica Federal do Paraná, 2021. Disponível em: <http://repositorio.utfpr.edu.br/jspui/handle/1/27613>. Acesso em: 30 ago. 2023.

LARANJEIRAS, Cássio. **190 Anos do Ciclo de Carnot**. e-Boletim da Física, 2014. Disponível em: <https://periodicos.unb.br/index.php/e-bfis/article/download/9820/8676>. Acesso em: 28 dez. 2022.

MOREIRA, Marco Antonio. **O que é afinal aprendizagem significativa?** Instituto de Física, 2010. Disponível em: <http://moreira.if.ufrgs.br/oqueefinal.pdf>. Acesso em: 11 mar. 2023.

MOREIRA, Marco Antonio. **Aprendizagem significativa em ciências: condições de ocorrência vão muito além de pré requisitos e motivação**. Ensino de Ciências e Tecnologia em Revista, Santo Ângelo, v. 11, n. 2, p. 25-35, 03 nov. 2022.

MOREIRA, Marco Antonio. **Diálogo com educadores**. Revista Espaço Pedagógico, 2022. Disponível em: <http://seer.upf.br/index.php/rep/article/view/14081>. Acesso em: 02 nov. 2022.

MOURA, Tiago Martins. **A segunda lei da termodinâmica e o conceito de entropia: uma proposta de sequência didática potencialmente significativa**. Portal Ufersa, 2018. disponível em: <https://mnpes.ufersa.edu.br/wp-content/uploads/sites/94/2018/03/disserta%3%87%3%83o-tiago-martins.pdf>. acesso em: 12 fev. 2023.

NASCIMENTO, Cássius K. *et al.* **Reflexões sobre a contribuição da Carnot à primeira lei da termodinâmica**. SciELO Brasil, 2004. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/S0100-40422004000300026>. Acesso em: 07 fev. 2023.

OLIVEIRA, Cícero Neilton dos Santos. **Experimentação no ensino de física com o uso do simulador computacional phet na aprendizagem de força e movimento no ensino médio**. Riufal, 2021. Disponível em: <https://www.repositorio.ufal.br/jspui/bitstream/123456789/8352/1/Experimenta.pdf>. Acesso em: 10 mar. 2023.

OLIVEIRA, Maxwell Ferreira de. **Metodologia científica: um manual para a realização de pesquisas em administração**. Centro de Recursos Computacionais, 2011. Disponível em: https://files.cercomp.ufg.br/weby/up/567/o/Manual_de_metodologia_cientifica_-_Prof_Maxwell.pdf. Acesso em: 22 out. 2022.

OLIVEIRA, Marcelle Colares. **Metodologias de pesquisa adotadas nos estudos sobre balanced scorecard**. Anais do Congresso Brasileiro de Custos, 2006. Disponível em: <https://anaiscbc.emnuvens.com.br/anais/article/download/1701/1701>. Acesso em: 12 out. 2022.

ROCHA, João Augusto de Lima. **Elementos de termodinâmica**. SciELO Livros, 2010. Disponível em: <https://books.scielo.org/id/c49zf/pdf/rocha-9788523212353-04.pdf>. Acesso em: 02 abr. 2023.

ROQUE, Antônio C. **Entropia e a Segunda Lei da Termodinâmica**. Sisne.Org, 2004. Disponível em: <http://sisne.org/Disciplinas/Grad/BiofisicaBio/Termodin%20mica%204.pdf>. Acesso em: 01 fev. 2023.

SANTOS, José Ronaldo dos. **Alguns simuladores virtuais que podem ser inseridos no ensino de física para auxiliar a prática docente e minimizar a necessidade de laboratórios didáticos**. Campina Grande: Realize, 2021. p. 1461-1483. Disponível em: https://editorarealize.com.br/editora/ebooks/conedu/2021/ebook1/TRABALHO_EV150_MD7_SA100_ID228_01112021002746.pdf. Acesso em: 11 mar. 2023.

SANTANA, Mary Delane Gomes de; ROCHA, Claud Kirmayr da Silva. **Os impactos na educação básica durante e pós pandemia: um estudo de caso sobre as percepções e experiências dos professores das escolas do ensino fundamental do município de Brejo do cruz – pb**. Plataforma Espaço Digital, 2022. disponível em: https://editorarealize.com.br/editora/anais/conedu/2022/trabalho__ev174_md1_id8665_tb2822_01122022141726.pdf. acesso em: 01 ago. 2023.

SILVA, Geilson Rodrigues da; ERROBIDART, Nádia Cristina Guimarães. **Termodinâmica e Revolução Industrial: Uma abordagem por meio da História Cultural da Ciência**. Instituto Multidisciplinar, 2019. Disponível em: <https://cursos.ufrj.br/posgraduacao/ppgeducimat/files/2021/06/Hist%C3%B3ria-das-m%C3%A1quinas-t%C3%A9rmicas-e-o-desenvolvimento-das-leis-da-Termodin%C3%A2mica.pdf>. Acesso em: 12 dez. 2022.

SILVA, Valdinei de Souza; SILVA, Luzanira de Souza; FILHA, Vera Lúcia da Silva Augusto; SÁ, Cintia Lopes Soares Gomes de; BORGES, Ana Patrícia Vargas. **Máquinas térmicas e revolução industrial, uma análise e suas principais características**. Plataforma Espaço Digital, 2016. disponível em: https://www.editorarealize.com.br/editora/anais/conedu/2016/trabalho_ev056_md4_sa10_id9032_10082016111259.pdf. acesso em: 02 out. 2022.

SILVA, Drayton Mário da; SILVA, Adamares Marques da. **O uso da tecnologia como meio auxiliar para o ensino da física: uma abordagem geral sobre sua importância e possibilidades**. CIET: Horizonte, 2018. Disponível em: <https://cietenped.ufscar.br/submissao/index.php/2018/article/download/562/90/>. Acesso em: 12 maio 2023.

UFES, Pibid – Física. **A física ontem e hoje: máquinas térmicas**. Máquinas Térmicas. Ufes, 2017. Disponível em:

https://fisica.alegre.ufes.br/sites/fisica.alegre.ufes.br/files/field/anexo/jornal_22a_edicao-_online_.pdf. Acesso em: 10 nov. 2022.

USP. **2ª Lei da Termodinâmica**. Sistemas EEL, 2022. Disponível em: <https://sistemas.eel.usp.br/docentes/arquivos/1488970/LOQ4076/2a.LeidaTDeciclodeCarnot.pdf>. Acesso em: 19 jan. 2023.