

XXII ENACED – II SIEPEC

Eixo Temático: Ensino de Ciências

**SEQUÊNCIA DIDÁTICA HISTÓRICA FUNDAMENTADA NA CRÍTICA DA CIÊNCIA E DA TECNOLOGIA EM HERBERT MARCUSE PARA O ESTUDO DA TERMODINÂMICA**

Geilson Rodrigues da Silva<sup>1</sup>

Marcelo Carbone Carneiro<sup>2</sup>

Nádia Cristina Guimarães Errobidart<sup>3</sup>

**RESUMO**

Nesta pesquisa tivemos como objetivo desenvolver uma sequência didática pautada no estudo de caso histórico integrado com a crítica da ciência e da tecnologia de Herbert Marcuse para elucidar o desenvolvimento da Termodinâmica para ser abordado no Ensino Médio, contribuindo para desenvolver subsídios de estratégias de ensino que possuem potencial de propiciar a aprendizagem dos discentes. Com isso, a sequência didática agregou a função de aproximar o período histórico analisado com a disponibilidade de tempo didático para os estudantes sem distorcer os momentos históricos. Ao delimitarmos o nosso escopo de investigação histórica, para a Revolução Industrial na sequência didática apresentamos a possibilidade de abordagem pautada em aspectos da experimentação e da lógica de construção do conhecimento científico. Nesse sentido, com a utilização da sequência didática é possível favorecer a interligação dos saberes, possibilitando uma visão mais ampla acerca da Termodinâmica e sua relação com a sociedade.

**Palavras-chave:** Estudo de caso histórico. História da Ciência. Máquinas Térmicas. Hebert Marcuse. Racionalidade Técnico-Científica.

**INTRODUÇÃO**

De acordo com Goldfarb (1994) é necessário olhar para a ciência de forma a contemplar a análise dos aspectos históricos e filosóficos para propiciar investigações acerca da natureza da produção do conhecimento científico em determinada época a luz das

---

<sup>1</sup> Licenciado Em Química pelo IFMS, Doutorando em Ensino de Ciências pelo Programa de Pós-Graduação em Ensino de Ciências (PPEC-INFI-UFMS), geilsonrodrigues367@gmail.com

<sup>2</sup> Livre-docente em Filosofia, Doutor e Mestre em Educação, ambos os títulos pela UNESP. Professor do Departamento de Ciências Humanas da FAAC - UNESP - Bauru, onde ministra disciplinas de Filosofia, Filosofia da Ciência e Ética, Professor credenciado e orientador de mestrado e doutorado no programa de Pós-graduação em Educação para a Ciência - FC - Bauru. Atua, também, no programa de Pós-Graduação da Universidade Federal do Mato Grosso do Sul (UFMS - Campo Grande). carbone@faac.unesp.br

<sup>3</sup> Possui graduação em Física Licenciatura pela Universidade Federal de Mato Grosso do Sul (1997), mestrado em Física pela Universidade Federal de Mato Grosso do Sul (2002) e doutorado em Educação pela Universidade Federal de Mato Grosso do Sul (2010). Atualmente é professor adjunto da Universidade Federal de Mato Grosso do Sul. É vice coordenadora do Grupo Interdisciplinar de Pesquisa em Ensino de Ciências. Gestora de acordo de Cooperação Técnica com o Instituto Federal de Educação, Ciências e Tecnologia do Mato Grosso do Sul - IFMS. nacriquer@gmail.com.

**XXII ENACED – II SIEPEC**

influências culturais, sociais, econômicas e políticas. Diante disso, as pesquisas em História da Ciência, apresentam vertentes que primam pela humanização das ciências, contribuindo para apresentação interdisciplinar dos conhecimentos científicos, demonstrando que a ciência é um constructo humano, permitindo que os estudantes compreendam a construção da ciência (MOURA e SILVA, 2014).

Contribuindo com essa discussão Matthews (1995), dissertou acerca da importância da utilização da História, Filosofia e Sociologia no Ensino de Ciências:

A história, a filosofia e a sociologia da ciência, pode humanizar as ciências e aproximá-las dos interesses pessoais, éticos, culturais e políticos da comunidade, pode tornar as aulas de ciências mais desafiadoras e reflexivas, permitindo, deste modo, o desenvolvimento do pensamento crítico; podem contribuir para a superação do mar de falta de significação, presente nas salas de aulas de ciências, onde fórmulas e equações são recitadas sem que muitos cheguem a saber o que significam (MATTEWS, 1995, p. 165).

Pautadas por essas ideias Palma et al (2017), apontaram que o emprego da História da Ciência no ensino permite desenvolver uma visão mais humana da ciência, principalmente se propiciar uma aproximação do contexto histórico e cultural que os cientistas estão imersos contribuindo assim para que os discentes percebam o processo coletivo da produção de conhecimentos. Assim como a evolução das ideias a partir de tentativas e erros, desmitificando a premissa que a ciência é desenvolvida apenas por gênios, com teorias consolidadas (MARTINS, 2006).

Esse emprego busca superar ideias acerca do Ensino de Ciências pautado em práticas educativas tradicionais que são aquelas que prezam pela repetição, memorização, reprodução de conhecimentos no qual o professor irá transmitir estes conhecimentos levando a uma visão de neutralidade da ciência e da tecnologia contribuindo para que a tecnologia seja compreendida unicamente como consequência da ciência (LEAL, 1999, MOREIRA, 2017; 2021; SILVA, 2019).

Essa concepção de ciência e tecnologia de forma reducionista e acrítica contribuí para que durante a formação da Educação Básica e no Ensino Superior os egressos sejam meros consumistas da tecnologia não sendo capazes de se posicionar de forma crítica acerca dos benefícios e malefícios da tecnologia e também não percebem como estão sendo manipulados pelas grandes empresas e pelos governos ao assinarem procurações em branco acerca de questões importantes que permeia a sociedade.

**XXII ENACED – II SIEPEC**

E um dos temas de estudo do Ensino de Ciências que é abordado de forma predominantemente matematizada trata-se da termodinâmica que teve a sua construção por meio de um processo lento com avanços e retrocessos que ocorreu durante séculos, mas que teve um impulso maior nos meandros da Revolução Industrial devido aos interesses em acumular capital com a exploração das máquinas a vapor para suprir as necessidades técnicas que ocorreram com a expansão da industrialização.

Deste modo, para retratar isso utilizaremos os estudos de caso histórico pautado nas concepções de Stinner et al (2003) como referencial metodológico. Pois o Estudo de Caso Histórico, consistiu em uma ferramenta importante, que possibilitou a aproximação do contexto histórico do desenvolvimento da Termodinâmica com as diferentes visões dos cientistas em relação ao estudo do calor. Demonstrando os conflitos entre as ideias dos cientistas, bem como, o cenário social que se constituía na Europa com a ascensão do capitalismo moderno, que prezava pelo estímulo constante ao acúmulo de riquezas que eram mantidos pelos avanços econômicos que as máquinas a vapor proporcionavam. Esses avanços eram advindos de entendimentos superficiais acerca do funcionamento das máquinas térmicas desde que elas continuassem a gerar lucros. E somando-se a isso elencamos a utilização da crítica da ciência e da tecnologia de Hebert Marcuse como referencial teórico pois entendermos que a Termodinâmica floresceu por meio do desenvolvimento científico e tecnológico já a escolha do Marcuse ocorre pois ele contribuiu de forma decisiva para a construção da teoria crítica do conhecimento e da tecnologia.

Diante desses aportes, nesta pesquisa temos como objetivo apontar uma sequência didática pautada no estudo de caso histórico de Stinner et al (2003) integrado com a crítica da ciência e da tecnologia de Herbert Marcuse para elucidar o desenvolvimento da Termodinâmica para ser abordado no Ensino Médio contribuindo para desenvolver estratégias de ensino que possuem potencial de propiciar a aprendizagem dos discentes.

**A CRÍTICA DA CIÊNCIA E DA TECNOLOGIA DE HEBERT MARCUSE**

Pensadores como Habermas (2014), apontaram a importância da obra marcuseana no processo de desmistificação da racionalização e do papel da ciência e da tecnologia na legitimação da dominação. Assim sendo, a ciência no sentido da lógica da dominação tem como premissas a lógica formal para conjecturar acerca do mundo fechado em si, no qual a

**XXII ENACED – II SIEPEC**

“unidimensionalidade<sup>4</sup>” torna-se o universo totalitário pautado na razão tecnológica. No intermédio entre as fases tecnológicas e pré-tecnológicas temos uma continuidade conceitual da relação entre seres humanos e a natureza ancorados na dominação e dentro dessa relação têm elementos que visam derrubar a ordem vigente estando em luta com as tendências de estabilização com a dicotomia positivo-negativo no qual o positivo irá prevalecer (MARCUSE, 1973). Nesse sentido, a ciência é decisiva para esse embate pois justifica tecnicamente a não-liberdade e a opressão uma vez que os cientistas são responsáveis pelas consequências sociais da ciência e esta proposição é regida pela organização interna e pelo pleno potencial da ciência, assim como, do lugar e utilização da ciência na sociedade (MARCUSE, 2009).

Segundo, Pisani (2008) o início do projeto científico e na maneira da sua forma de apreensão por meio da natureza e da objetividade temos a gênese do desenvolvimento social da ciência e da tecnologia no qual irá derivar a racionalidade científico-tecnológica que será aliada da dominação e do controle social. Marcuse, vai além de buscar estabelecer um paralelismo entre a racionalidade científica e a tecnológica ele busca evidenciar o caráter instrumentalista interno da racionalidade científica por meio do qual ela é a priori da tecnologia sendo também um a priori da tecnologia específica que é a tecnologia como forma de controle social e coesão social.

Acerca da ciência, temos que ela se desenvolveu em contextos sociais específicos em um tempo histórico próprio que tem relações sociais próprias, refletindo no modo em que é organizado a vida. A maneira de organização da vida em um contexto social leva a um modo específico de compreender o mundo e requer uma forma singular pelo qual as pessoas se relacionam com a natureza e com elas mesmas e com os outros. E a relação entre as pessoas e o mundo, assim como, a sociedade é determinada pelos interesses e também as necessidades, pelas dificuldades que surgem, pelas respostas que são mobilizadas para responder as dificuldades e pelas próprias questões que são formuladas em relação às dificuldades existentes ou as novos. Assim, a ciência tem uma lente específica para olhar para a natureza e

---

<sup>4</sup> A sociedade unidimensional preza a existência de apenas um modo de pensar e agir, resultado de um aglutinamento de resistência entre a razão e realidade e também entre teoria e prática, bem como, o pensamento não apresenta a capacidade negadora e está preso à realidade social não sendo capaz de transcender. O poder subversivo da teoria não tem mais espaço no sistema de pensamento e comportamento que repreende quaisquer valores, aspirações e mesmo ideias que não estejam de acordo com a racionalidade dominante (MARCUSE, 1969).

**XXII ENACED – II SIEPEC**

um modo próprio de entender as questões existentes, de resolvê-los e de formular novas questões acerca de uma situação inicial ou de novos problemas (LIMA, 2020).

Assim, a ciência para Marcuse não deve ser reduzida a duas razões dicotômicas, uma do eixo da ciência e de sua ordem interna e outra de caráter externo, ou seja, sociológica tal como fazem os defensores das abordagens internalista e externalista. Para Marcuse, as duas abordagens estão inter-relacionadas e isto permite o progresso da ciência, bem como, a sua regressão. Nesse sentido, a ciência e sociedade torna-se integradas de tal forma que não é possível dissociá-las (MARCUSE, 2009).

Sendo assim, temos a partir do avanço da sociedade industrial avançada dependeu em certo momento do uso da abordagem taylorista para a quantificação do tempo necessário de execução das atividades na linha de montagem e com essa quantificação temos o cerne da sociedade administrada no processo produtivo. Deste modo, a formação pautada em conhecimentos técnicos de engenheiros e cientistas é fundamental para o capitalismo organizado (MARCUSE, 1969).

Dessa forma, os apontamentos contribuem no sentido de entender não apenas o caráter técnico dos engenheiros e cientistas, mas também, o conteúdo político que está impregnado no pensamento unidimensional. Essa política não é semelhante em nenhum aspecto ao apontado por Marcuse como a realização de uma democracia efetiva nos aspectos socialista pautado pela participação efetiva das pessoas livres e racionais na tomada de decisões, mas sim expressa a política repressiva que controla o aparato de dominação tecnológico no cerne da ciência da natureza.

**PERCUSO METODOLÓGICO**

Esta pesquisa é de cunho bibliográfico no qual recorreremos aos casos históricos para isso iremos utilizar as orientações de Stinner et al (2003). A primeira etapa a seguir, de acordo com os autores supracitados trata-se da elaboração da atividade que irá ser trabalhada com os estudantes, embasada em um contexto histórico que contenha a maior parte das orientações apontadas por eles. Assim, a sequência didática agregou a função de aproximar o período histórico analisado com a disponibilidade de tempo didático para os estudantes sem distorcer os momentos históricos. Com isso mapeamos a atividade em torno do desenvolvimento da Termodinâmica no contexto da Revolução Industrial. Por meio da delimitação deste período

**XXII ENACED – II SIEPEC**

histórico, realizamos uma integração de acordo com os eixos integradores: as máquinas térmicas, a teoria do calórico, e as leis da Termodinâmica.

Consideramos importante, demonstrar um panorama geral dos aspectos que foram abordados na sequência didática pautada nas ideias e questões científicas que permeavam o contexto, bem como, as características sociais e econômicas que também estão interligadas no estudo de casos históricos utilizando para isso a crítica da ciência e da tecnologia de Hebert Marcuse.

**RESULTADOS E DISCUSSÕES**

No quadro 1 apresentamos a nossa proposta de integração entre o estudo de caso histórico na perspectiva de Stinner et al (2003) com o mapeamento histórico da Termodinâmica balizado pela crítica da ciência e da tecnologia de Hebert Marcuse.

**Quadro 1:** Sequência didática para o estudo da Termodinâmica.

ESTUDO DE CASO HISTÓRICO (STINNER et al, 2003)		ABORDAGEM HISTÓRICA DA TERMODINÂMICA	A CRÍTICA DA CIÊNCIA E DA TECNOLOGIA
Momento marcante no desenvolvimento da ciência (1)		Desenvolvimento da Termodinâmica e suas relações com a Revolução Industrial.	Identificar a legitimação da dominação por meio da ciência e da tecnologia.
Relacionar conhecimentos científico e cotidianos, em nível pedagógico adequado (2)		Identificação de conhecimentos prévios relativos a Natureza da Ciência e a Termodinâmica.	
Estabelecer o ponto de partida da narrativa, identificando pessoas, detalhando fatos ou eventos conflitantes e marcantes. (3)		Antecedentes a primeira revolução industrial, revolução gloriosa, lei do Cercamentos de Terra, êxodo rural, exploração da mão de obra, busca por fontes de energia, disputa pelo aperfeiçoamento de máquinas térmicas visando ganhos econômicos, guerras napoleônicas, surgimento das locomotivas a vapor e de navios, a mecanização na indústria de cervejas na Inglaterra, a luta por direitos trabalhistas: Ludismo e Cartismo.	
Evidenciar relações do estudo de caso histórico com o cotidiano escolar do aluno (4)		A exploração da mão de obra das mulheres e das crianças, urbanização e a poluição, as máquinas térmicas e a sociedade.	
Mapeando o contexto e situações-problemas relacionadas (5)	Principais ideias	Teoria do calórico, equivalente mecânico do calor, Conservação de energia e entropia.	Pensamento Unidimensional por meio da manutenção do status vigente de dominação.
	Questões científicas	Como aperfeiçoar as máquinas térmicas? Por que o trabalho mecânico apresentava um ponto inesgotável de calórico? Qual a eficiência máxima de uma máquina térmica?	

**Encontro Nacional de Educação (ENACED) e Seminário Internacional de Estudos e Pesquisa em Educação nas Ciências (SIEPEC)**

**XXII ENACED – II SIEPEC**

	Controvérsias relevantes	A teoria do calórico x a teoria mecânica do calor. Impactos sociais da utilização das máquinas térmicas. A originalidade do equivalente mecânico do calor.	
	Principais personagens	Denis Palpin, Thomas Savery, Thomas Newcomen, James Watt, Antonie Lavoisier, Conde Rumford, Léonard Carnot, Julius Mayer, James Joule, Willian Thomsom, Hermann Helmholtz, Rudolf Clausius.	
	Contexto social	A divisão de classes sociais, exploração da mão de obra, mudança de sociedade rural para urbana, ascensão da burguesia como classe dominante, expansão de impérios.	
	Contexto econômico	Mercantilismo, Liberalismo Econômico, Acúmulo de capital.	
	Contexto cultural	Tecelagem, Transporte Marítimo.	
	Fontes de influência	O parlamento, os estados absolutistas.	
Evidenciar o processo de construção do conhecimento científico (6)		A História da Termodinâmica a partir da revolução industrial e as transformações sociais advindas das máquinas térmicas.	Racionalidade Técnico-Científico
Evidenciar elos entre as ideias e estabelecer um paralelo com os conceitos aceito atualmente (7)		O processo de aperfeiçoamento das máquinas térmicas e sua importância econômica, social e militar. As consequências que a mecanização dos meios de produção teve na sociedade. As contribuições de Sadi Carnot para a compreensão do calor, James Prescoule Joule e as suas contribuições para a determinação do equivalente mecânico do calor, o desenvolvimento da Termodinâmica a partir das contribuições de Helmholtz, Clausius, Thomson para a formulação da Termodinâmica.	

Fonte: Adaptado pelos autores de SILVA, 2019, p. 66-68.

Na sequência didática é possível abordar diversos fatores extracientíficos como: a economia, sistema político, os aspectos sociais e os principais desdobramentos de cada fator de forma a englobar uma visão ampla do processo de Revolução Industrial, considerando diferentes cenários e o pioneirismo inglês. Também é possível abordar os problemas ambientais que as atividades industriais provocaram, assim como, os problemas de saúde, advindos da poluição do ar e das águas interligados com o corpus de investigação dos aspectos sociais, sem levar a

XXII ENACED – II SIEPEC

simplificação desses aspectos bem como, dos aspectos conceituais envolvidos no estudo da Termodinâmica.

Ao delimitarmos o nosso escopo de investigação histórica, para a Revolução Industrial, apresentamos a abordagem do caso histórico do desenvolvimento da Termodinâmica pautada em aspectos da experimentação e da lógica de construção do conhecimento científico. Assim como, por meio da sequência didática é possível elencar a influência da sociedade no desenvolvimento das teorias.

**CONSIDERAÇÕES FINAIS**

Assim sendo, a abordagem histórica da Termodinâmica pautada no estudo de caso histórico integrado com a crítica da ciência e da tecnologia de Hebert Marcuse é uma estratégia importante para a construção do conhecimento científico visto que a abordagem comumente utilizada para o ensino de Termodinâmica é pautada na linguagem matemática. Nesse sentido, com a utilização da sequência didática é possível favorecer a interligação dos saberes que se encontra dissociados nas disciplinas escolares, possibilitando uma visão mais ampla acerca da Termodinâmica e sua relação com a sociedade permitindo assim que os discentes sejam cidadãos críticos frente aos problemas sociocientíficos da sociedade contemporânea.

**REFERÊNCIAS**

GOLDFARB, A, M, A. **O que é História da Ciência?** São Paulo: Brasiliense, 1994.

HABERMAS, J.; **Facticidade E Validade**. Contribuições Para Uma Teoria Discursiva Do Direito E Da Democracia. São Paulo: Editora: Unesp, 2014.

LEÃO, D, M, M. Paradigmas contemporâneos de Educação: Escola Tradicional E Escola Construtivista. **Cadernos de Pesquisa**, s/v, n. 107, p. 187-206, 1999.

LIMA, R, I, da S.; **O conceito de racionalidade tecnológica no pensamento de Herbert Marcuse: origem, desenvolvimento e implicações sociais**. 2020. 93 f. Dissertação (Mestrado em Filosofia) - Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2020.

MARCUSE, H. **A ideologia da sociedade industrial**: O homem unidimensional. Rio de Janeiro: Zahar Editores, 1969.

MARCUSE, H. **Contrarrevolução e revolta**. Rio de Janeiro: Zahar Editores, 1973.

MARCUSE, H. A responsabilidade da Ciência. **Scientiae Studia**, V.7, n.1, p. 165-164, 2009.

XXII ENACED – II SIEPEC

MATTEWS, M, R. História, Filosofia e Ensino de Ciências: A Tendência Atual de Reaproximação. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**. v.12, n.3, p. 164-214, 1995.

MOREIRA, M, A. O Bóson de Higgs: Uma conjectura audaz?. **Ensino e tecnologia em revista**. v. 1, n.2, p. 141-157, 2017.

MOREIRA, M, A. Desafios no ensino da física. **Revista Brasileira de Ensino de Física**. v. 43, (suplemento 1), p. 1-8, 2021.

MOURA, B, A. SILVA, C, C. Abordagem multicontextual da história da ciência: Uma proposta para o ensino de conteúdos históricos na formação de professores. **Revista Brasileira de História da Ciência**. v.7,n.2, p.336-348, 2014.

PALMA, C, R. et al. Um levantamento de teses e dissertações de um programa de pós-graduação sobre a aproximação da História da Ciência e o Ensino de Ciências. **Actio: Docência em Ciências**. v.2, n.1, p. 401-419, 2017.

PISANI, M. M. Algumas considerações sobre ciência e política no pensamento de Herbert Marcuse. **Scientiae Studia**, v. 7, n. 1, p. 135-158, 2009.

SILVA, G, R. 139 f. **A Teoria Histórico Cultural como estratégia para a construção de conceitos científicos em uma abordagem histórico-contemporânea da Termodinâmica**. Dissertação de Mestrado em Ensino de Ciências, Programa de Pós-Graduação em Ensino de Ciências, Universidade Federal de Mato Grosso do Sul, Campo Grande, 2019.

STINNER, A. et al. The Renewal of case studies in Science Education. **Science & Education**. v.12, s/n, p. 612-643, 2003.