

# ESTUDO SOBRE A ABORDAGEM DO CONCEITO DE ENTROPIA UTILIZADOS NOS LIVROS DE 2º ANO DO ENSINO MÉDIO

---

## RESUMO

A física é permeada de conceitos com elevado grau de complexidade, tornando-se um desafio para os livros didáticos prezarem por uma precisão conceitual e ao mesmo tempo serem didáticos. Nesse contexto o presente trabalho propôs realizar uma pesquisa bibliográfica sobre o estudo da entropia, seta do tempo e irreversibilidade, conceitos fundamentais para que se entenda a 2ª lei da Termodinâmica. Reconhecendo a importância deste assunto, e também do papel que o livro didático ocupa nesse processo, este trabalho se propõe a avaliar os livros didáticos que foram utilizados para a escolha do livro a ser usado nas instituições de ensino. O projeto foi iniciado com o levantamento da bibliografia base para a escrita do material de referência para a execução da pesquisa e, em seguida, foram feitas as análises das abordagens sobre o assunto nos livros do ensino médio, em que a precisão conceitual foi o critério de maior peso nas análises realizadas. Conforme previsto no início do presente trabalho e devidamente observado por meio do estudo nos exemplares aqui citados, conclui-se que parte dos livros escolhidos para o triênio 2018, 2019 e 2020, não conseguem expor todos os conceitos e definições acerca do conteúdo da segunda lei da termodinâmica. Além de não apresentarem boa didática e a devida precisão conceitual exigida para a compreensão deste complexo ramo da física.

Palavras-chave: Livros didáticos, Precisão conceitual, Segunda lei da termodinâmica.

## ABSTRACT

Physics is permeated by concepts with a high degree of complexity, making it a challenge for textbooks to cherish conceptual accuracy while being didactic. In this context the present work proposed to perform a bibliographical research on the study of entropy, time arrow and irreversibility, fundamental concepts to understand the 2nd law of thermodynamics. Recognizing the importance of this subject, and also of the role that the textbook occupies in this process, this paper proposes to evaluate the textbooks that were used to choose the book to be used in educational institutions. The project began with a survey of the basic bibliography for the writing of reference material for the execution of the research, and then the analysis of the approaches on the subject in high school books, in which conceptual accuracy was the criterion of greater weight in the analyzes performed. As foreseen at the beginning of the present work and duly observed through the study in the copies cited here, it is concluded that part of the books chosen for the triennium 2018, 2019 and 2020, cannot expose all concepts and definitions about the content of the second law of thermodynamics. In addition to not having good didactics and the due conceptual precision required to understand this complex branch of physics.

Keywords: Textbooks, Conceptual precision, Second law of thermodynamics.

---

## 1. Introdução

A física, assim como outras ciências, é permeada de conceitos que, apesar de possivelmente se apresentarem superficialmente simples num contato inicial, podem possuir também um elevado grau de complexidade em seus fundamentos, além de uma vasta amplitude de ligações com outras áreas e aplicações. Logo, para alguns assuntos, além do cuidado de desenvolver uma exposição com clareza didática na exposição, é um desafio extremamente importante quando se aborda um assunto, prezarmos pela precisão conceitual que este exige, para que a aprendizagem ocorra de maneira sólida e eficaz. É nesse contexto que o presente trabalho propôs realizar uma pesquisa bibliográfica sobre o estudo da termodinâmica, mais especificamente da entropia, seta do tempo e irreversibilidade, conceitos fundamentais para que se entenda a 2ª lei da Termodinâmica.

Diversos trabalhos têm ressaltado as dificuldades encontradas dentro de suas propostas. Colovan e da Silva (2005), avaliam a evolução da aprendizagem de alunos do ensino médio quando colocados em contato com o conceito de entropia em situações cotidianas por meio de atividades e textos didáticos. De Barros (2011) mostra em seus estudos que o tema não é abordado com a devida atenção em alguns livros de ensino médio. Outros, como Moura (2017) apresenta uma proposta de sequência didática para a abordagem do conteúdo. De Almeida (2015) por sua vez, além de mencionar a limitação que o assunto impõe em termos de uso de atividades propostas pelos livros didáticos, também desenvolve uma unidade didática que contempla a sequência do referido conceito intercalando com vídeos que evidenciam demonstrações experimentais lúdicas.

É reconhecendo a importância do assunto supracitado e também o importante papel que o livro didático ocupa nesse processo, e tendo em vista a grande variedade de livros disponíveis e que trazem diversas abordagens para serem utilizadas no ensino médio, algumas das quais, se destacam por uma ênfase didática podendo chegar a comprometer a precisão do conceito, e assim prejudicar o processo de aprendizagem, que este trabalho se propõe de elaborar um material didático que preze o máximo possível pela fidelidade aos conceitos físicos associados ao assunto. Partindo de bases já consolidadas apresentadas nas referências, foi construído um texto sobre o assunto apresentado considerando os pontos fundamentais sobre a 2ª lei da termodinâmica. A

partir dele, foram avaliados os livros didáticos que foram utilizados para a escolha do livro a ser usado nas instituições de ensino. Essa avaliação foi feita levando em considerações critérios que no decorrer do trabalho, se mostraram de fundamental importância para um pleno entendimento do assunto escolhido.

---

## 2. Metodologia

O projeto foi iniciado com o levantamento da bibliografia base para a escrita do material de referência para a execução da pesquisa, onde foram escolhidos os principais livros do ensino superior que tratam do assunto e outros livros que complementaram e enriqueceram a abordagem de referência. Em seguida, foram feitas as análises das abordagens sobre o assunto nos livros do ensino médio usados para a escolha do livro didático para a presente instituição, onde, como mencionado anteriormente a precisão conceitual foi o critério de maior peso nas análises realizadas.

---

## 3. Resultados e Discussões

Por meio do estudo realizado em parte dos livros que compõem a nossa linha de pesquisa, obtivemos os seguintes resultados a respeito dos pontos supracitados neste trabalho e mais alguns que surgiram ao decorrer do estudo:

### **Análise do livro: Física térmica, Ondas e Óptica**

No livro Física térmica, Ondas e Óptica de Guimarães, Piqueira e Carron é apresentado os conceitos referente a segunda lei da termodinâmica dentro de um único capítulo que o mesmo chamou de Segunda Lei da Termodinâmica.

A abordagem utilizada pelos autores não está alinhada com a que é apresentada/sugerida neste estudo. Além disso, os mesmos deixaram de abordar temas importantes (para uma boa compreensão deste conteúdo) como as definições de entropia e seta do tempo.

Referente aos enunciados da segunda lei da termodinâmica, tivemos quatro conceitos que são equivalentes a esta lei. Onde um dos quais se refere ao fluxo natural da energia térmica e os outros com respeito a máquinas térmicas (que não teve o seu contexto histórico abordado em nenhum momento), refrigerador e ciclo de Carnot. Em que o conceito apresentado não é abordado com a devida atenção e cuidado que é sugerida e, principalmente, pela forma como foram apresentados (separados dos seus respectivos exemplos).

Os exemplos trabalhados para expressar o conteúdo, além de serem poucos, não houve boa apresentação para o caso da máquina, do refrigerador e do ciclo de Carnot - que não tiveram seus processos devidamente explicados para proporcionar uma boa compreensão. Com respeito à aplicação, os autores Guimarães, Piqueira e Carron trabalham apenas dois exemplos resolvidos (abordando o rendimento e a potência das máquinas térmicas).

Os conceitos de reversibilidade foram apresentados por meio de um exemplo de compressão e expansão de um gás confinado. Já com relação a irreversibilidade, o mesmo buscou apresentar dentro de um texto complementar, também por meio de exemplos.

### **Análise do livro Física 2: Ser Protagonista**

Neste exemplar, Ser Protagonista: Física 2, Válio et al. apresentam os conceitos referentes a segunda lei da termodinâmica dentro de um capítulo que eles chamaram de Leis da Termodinâmica. Em que, mais uma vez, a sequência de apresentação do conteúdo não possibilita um bom entendimento deste ramo da termodinâmica.

Embora a sequência não esteja alinhada a proposta sugerida neste trabalho, temos neste exemplar a abordagem de quase todos os itens elencados, com destaque para o fato de se ter a apresentação de conceitos referentes a entropia e, embora não fale diretamente da seta do tempo, é muito bem definida uma apresentação do que são os processos espontâneos.

Estes dois pontos foram bem trabalhados em termos de configurações microscópicas, possibilitando, inclusive, a compreensão de como se dá o processo de equilíbrio térmico entre dois ou mais sistemas.

A entropia foi apresentada como a medida da desordem de um sistema. Esta definição pode ser bem entendida devido aos autores terem apresentado esta configuração de desordem em termos microscópicos. Além do mais, este foi o único exemplar (até o momento) que aborda em quais situações tem-se um sistema em que a entropia aumenta, permanece constante ou é nula.

Os exemplos que trabalham a apresentação do conteúdo são didáticos e com foco no que ocorre em termos moleculares (microscópicos) e, também, macroscópicos. Já referente à abordagem em forma de aplicação, tivemos uma média de quatro exemplos que trabalham a aplicação da resolução do rendimento e da potência das máquinas térmicas, do ciclo de Carnot e como calcular a variação de entropia de um sistema termodinâmico.

Algumas definições foram apresentadas em termos de energia degradada, como é o caso dos processos irreversíveis; em que os autores Válio et al. explicam que a energia desses processos, ao seu final, encontra-se inutilizável para a realização de trabalho.

### **Análise do livro Física em contextos 2.**

Os autores Pietrocola et al. do livro Física em Contextos 2 focam muita atenção nas máquinas térmicas, trabalhando desde a sua origem histórica ao seu funcionamento e rendimento máximo. Passando a falar um pouco sobre a segunda lei da termodinâmica e alguns de seus conceitos (foco do nosso estudo) já no final do capítulo que foi intitulado de Máquinas Térmicas.

Assim sendo, os autores apresentaram muito bem o que são máquinas térmicas e qual o seu máximo rendimento, além de todo o seu contexto histórico. Porém, deixam a desejar com relação ao ciclo de Carnot, pois em momento algum eles esclarecem como são as etapas deste ciclo.

Na seção em que eles trabalham a segunda lei, foram apresentados três enunciados que são equivalentes a esta lei. E como era de se esperar, estes enunciados são referentes a máquinas térmicas e refrigeradores.

Em nenhum momento os autores mencionaram a respeito dos demais conceitos, que interessam para a compreensão da segunda lei da termodinâmica, em termos de reversibilidade, irreversibilidade e entropia.

Com relação aos exemplos para apresentar o conteúdo, tivemos apenas os que descrevem o funcionamento das máquinas. Já referente aos que trabalham a aplicação do conteúdo, podemos dizer que este exemplar (até o momento) foi o que mais apresentou este tipo de exercício – sendo sete num total, com itens em cada um. Além disso, neste livro, estes exemplos trouxeram alguns que se resolvem usando o conhecimento teórico do conteúdo.

#### **Análise do livro Física 2: Interação e Tecnologia**

Já no exemplar Física 2: Interação e Tecnologia, que tem como autores Aurélio e Toscano, tem um capítulo, cujo título é Máquinas térmicas, em que se dá total foco no estudo das máquinas e no seu funcionamento, além de apresentarem um pouco do seu contexto histórico. Também fazem uma pequena abordagem sobre a primeira lei da termodinâmica.

A respeito da segunda lei da termodinâmica e os conceitos que a descrevem, os autores fazem breve apresentação em um texto para interpretação. Nesse texto, é apresentada algumas definições como: conservação da energia interna, irreversibilidade, entropia, sentido do tempo e sobre a segunda lei ser entendida como uma lei geral da natureza. Porém, não abordam nenhum conceito equivalente a segunda lei da termodinâmica.

Não tivemos nenhuma aplicação dos conteúdos supracitados, sejam eles para apresentar o conteúdo ou como meio de aplicar esse conhecimento.

#### **Análise do livro Física 2: Termologia, Óptica e Ondulatória**

Neste exemplar, os autores abordaram o conteúdo da segunda lei da termodinâmica dentro de um capítulo intitulado de Leis da Termodinâmica.

Nesse livro, Bonjorno et al. trabalham a abordagem de todos os pontos elencados neste estudo, deste a conservação da energia interna até os exemplos resolvidos (além dos conceitos equivalentes a segunda lei da termodinâmica), mas não apresentam o contexto histórico das máquinas térmicas. E de certa forma, a maneira de apresentar o todo o conteúdo é bem didática, com boa exposição de exemplos e, além disso, com precisão em alguns conceitos – como é o caso da definição da segunda lei em termos da energia degradada e da entropia como a medida da disponibilidade do emprego útil da energia.

Embora este livro tenha todos esses aspectos bons, o mesmo não apresenta um bom alinhamento sequencial na apresentação do seu conteúdo, chegando a citar uma definição para irreversibilidade e conceituando entropia já no fim do capítulo.

Referente à abordagem dos exemplos para a exposição do conteúdo e, também, uma abordagem voltada mais para aplicação do assunto, os autores fizeram bom uso dos mesmos, abordando cada ponto trabalhado.

O que mais chamou a atenção é que neste exemplar os autores trabalharam o conteúdo em termos microscópicos, facilitando o entendimento de conceitos como o referente ao equilíbrio entre dois sistemas termodinâmicos. Também merece destaque o fato deles terem apresentado o que é um processo irreversível usando a forma estatística para dizer que o gás flui espontaneamente e não retorna mais com o passar do tempo.

Sendo assim, tanto macroscopicamente quanto microscopicamente, o conteúdo ficou bem apresentado; com definições claras e objetivas.

#### **Análise do livro Física 2: Termologia, Ondulatória e Óptica**

Este exemplar trabalhou o conteúdo referente a segunda lei da termodinâmica dentro de um capítulo que tem como título: Termodinâmica. Aqui foram apresentados desde a introdução da termodinâmica até a sua segunda lei.

Dentro da seção que se refere a segunda lei da termodinâmica, os autores Newton, Helou e Gualter começam explicando, de forma muito resumida, abordando o que é uma máquina térmica e deixando de lado todo o contexto histórico das mesmas. Em seguida, apresentam a expressão para calcular seu máximo rendimento e já introduzem os enunciados de Kelvin e de Clausius para a segunda lei, sem mesmo falar do que é um refrigerador e como se dá o seu funcionamento e o da Máquina térmica.

Ainda tivemos a apresentação dos dois postulados de Carnot e as explicações vagas sobre o que são processos reversíveis e irreversíveis.

---

## **4. Considerações Finais**

Com base no material que foi elaborado a partir do estudo detalhado nos principais livros usados como base para a formação de professores no ensino de física e com a o detalhamento da análise realizada em parte dos livros usados no 2º ano do ensino médio, devidamente escolhidos para compor este estudo, constatamos que em nenhum dos livros analisados foi possível encontrar todas as definições a respeito dos conceitos correspondente a segunda lei da termodinâmica e, ao mesmo tempo, seguir o alinhamento determinado por meio do estudo fundamentado nos exemplares da base do ensino superior. Da mesma forma, percebemos que não há a aplicação do conteúdo exposto em conjunto com os pontos citados anteriormente, em um único exemplar.

Além disso, observamos que ainda existe uma lacuna que se faz presente nos livros didáticos, utilizados na formação dos alunos do 2º ano do ensino médio, em relação a exposição de exemplos para a abordagem tanto do conteúdo em questão como, também, referente a uma aplicação do mesmo. Com relação a exposição dos conceitos de entropia e seta do tempo, constatamos que a maior parte dos exemplares não fazem nenhuma abordagem a respeito dos mesmos, sejam eles em termos de desordem ou por meio da degradação de energia.

Já para o caso da reversibilidade e da irreversibilidade, tivemos estes pontos um pouco mais presentes nos exemplares escolhidos para a realização deste estudo devidamente realizado. O mesmo não pode ser dito ao considerarmos o contexto histórico do surgimento das máquinas térmicas, que também é de suma importância para a compreensão/entendimento do aluno para a sistematização do referido conteúdo, pois este aspecto pouco apareceu de forma eficiente nos exemplares.

Conforme previsto no início do presente trabalho e devidamente observado por meio do estudo nos exemplares aqui citados, conclui-se que parte dos livros escolhidos para o triênio 2018, 2019 e 2020, não conseguem expor todos os conceitos e definições acerca do conteúdo da segunda lei da termodinâmica e, somando a isto, não apresentam boa didática e, ao mesmo instante, a devida precisão conceitual exigida para a compreensão deste complexo ramo da física.

## Agradecimentos

Ao IFRN pela oportunidade em participar do projeto PIBIC.

Ao professor Francisco Tiago Leitão Muniz, pela orientação e apoio na elaboração deste trabalho.

## Referências

- COLOVAN, S. C. T.; DA SILVA, D. A entropia do ensino médio: utilizando concepções prévias dos estudantes e aspectos da evolução do conceito. *Ciência e Educação*, v. 11, n. 1, p. 98-117, 2005.
- DE BARROS, G. M. Uma análise de conceitos e aplicações para alunos do ensino médio. Monografia (graduação em Física). Faculdade de Educação e Meio Ambiente-FAEMA. Ariquemes, 2011.
- DE ALMEIDA, U. F. Uma proposta para o ensino de entropia no ensino médio. Dissertação (Mestrado Profissional em Ensino de Física) Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Norte. Natal, 2015.
- MOURA, T. M. A segunda lei da termodinâmica e o conceito de entropia: uma proposta de sequência didática potencialmente significativa. Dissertação (MESTRADO NACIONAL PROFISSIONAL EM ENSINO DE FÍSICA). Universidade Federal Rural do Semi-Árido. Mossoró, 2017.
- HALLIDAY, D.; RESNICK, R.; WALKER, J. Fundamentos de física. 8.ed. Rio de Janeiro, RJ: LTC, 2009 vol 2.
- SEARS, F. W.; ZEMANSKY, M. W.; Física II Termodinâmica e Ondas. 12. ed. São Paulo, SP: Pearson Addison Wesley, 2008.
- NUSSENZVEIG, H. M. Curso de física básica: Fluidos, Oscilações e ondas, Calor. São Paulo: E. Blücher, 2002.
- RANDALL, D. K. Física: uma abordagem estratégica. 2ª ed. Bookman, 2009.
- KELLER, F. J.; GETTYS, W. E.; SKOVE, M. J. Física. São Paulo: Makron Books, 1998, v. 2.
- HEWITT, Paul. Física Conceitual. 12ª ed. [S. l.]: Bookman, 2015.
- CARRON, W.; GUIMARÃES, O. PIQUEIRA, J.R.; Física. 2º ed. editora Ática, 2016.
- VÁLIO, A. B. M.; FUKUI, A.; NANI, A. P. S.; FERDINIAN, B.; VENÊ, G. A. O. Ser protagonista – física. 3º ed. Editora SM, 2016.
- GUALTER, HELOU, NEWTON. Física 2. 3º ed. Editora Saraiva, 2016.
- FILHO, A. G.; TOSCANO, C. Física: interação e tecnologia. 2º ed. Editora Leya, 2016.
- BONJORNO, CAEMIRO, CLINTON, PRADO. Física, 3º ed. Editora FTD, 2016.
- POGIBIN, A.; PIETROCOLA, M; ANDRADE, R.; ROMERO, T. R. Física em contextos. 1º ed. Editora do Brasil, 2016.