

O USO DAS HISTÓRIAS EM QUADRINHO PARA O APRENDIZADO DAS LEIS DA TERMODINÂMICA



<https://doi.org/10.22533/at.ed.89012126241115>

Data de aceite: 24/10/2025

Dannilo Vieira Alves

Instituto de Ciências Exatas, Universidade
Federal do Sul e Sudeste do Pará,
Marabá, PA, Brasil

Thayná da Silva Salazar

Instituto de Ciências Exatas, Universidade
Federal do Sul e Sudeste do Pará,
Marabá, PA, Brasil

Solange de Lima Cardoso

Faculdade de Física, Universidade
Federal do Pará, Campus Salinópolis,
Salinópolis, PA, Brasil

Thiago Rafael da Silva Moura

Faculdade de Física, Universidade
Federal do Pará, Campus Salinópolis,
Salinópolis, PA, Brasil

Maria Liduína das Chagas

Instituto de Ciências Exatas, Universidade
Federal do Sul e Sudeste do Pará,
Marabá, PA, Brasil

Daniel Brito de Freitas

Departamento de Física Universidade
Federal do Ceará, Caixa Postal 6030,
Campus do Pici, Fortaleza, CE, Brasil

Jorge Everaldo de Oliveira

Instituto de Ciências Exatas, Universidade
Federal do Sul e Sudeste do Pará,
Marabá, PA, Brasil

Orlando Fernandes Inacio

Instituto de Ciências Exatas, Universidade
Federal do Sul e Sudeste do Pará,
Marabá, PA, Brasil

Lidiane Alves de Souza

Instituto de Ciências Exatas, Universidade
Federal do Sul e Sudeste do Pará,
Marabá, PA, Brasil

Valdineia Rodrigues Lima

Instituto de Ciências Exatas, Universidade
Federal do Sul e Sudeste do Pará,
Marabá, PA, Brasil

Maria das Graças dias da Silva

Departamento de Física, Universidade do
Estado do Rio Grande do Norte, Mossoró,
RN, Brasil

Sânzia Alves do Nascimento

Departamento de Ciências Exatas e
Tecnológicas, Universidade Federal do
Recôncavo da Bahia, Bahia, Brasil

Joana Luiza Pires Siqueira

Instituto de Ciências Exatas, Universidade
Federal do Sul e Sudeste do Pará,
Marabá, PA, Brasil

INTRODUÇÃO

Com o passar do tempo, o mundo vem passando por mudanças cada mais impactantes no cotidiano das pessoas, desde a forma que se relacionam, ou até mesmo que realizam suas tarefas cotidianas. Isso mostra que há uma necessidade constante de adaptação em todos os setores da sociedade, inclusive no âmbito da educação, no qual, deve-se ter uma atenção especial para se adequar às dinâmicas da sociedade sem perder sua objetividade. Essa adaptação pode surgir das mais variadas formas como: inovando as metodologias de ensino, ou até mesmo utilizando meios mais interativos como simuladores ou as mais diversas formas de experimentação.

Segundo Lindolm (2019, p. 47) “As atividades de demonstração se caracterizam pela possibilidade de se ilustrar alguns aspectos dos conteúdos abordados, tornando-os mais compreensíveis para os alunos.” Seguindo o mesmo raciocínio, segundo percepção de Moreira (2018), a experimentação, quando realizada de forma adequada, evidencia uma sensação de satisfação ao final das atividades, além de melhor abstração dos conteúdos estudados.

Este artigo explora o potencial das histórias em quadrinhos como um material didáticos utilizando-se de uma abordagem mais visual e interativa com o discente, tornando a experiência do aprendizado mais estimulante e próximo da realidade cotidiana.

“... Cada vez são mais difundidas as formas de informação multimídia ou hipertextual e menos lógica-sequencial. As crianças e os jovens estão totalmente sintonizados com a multimídia e quando lidam com texto fazem-no mais facilmente com o texto conectado através de links, de palavras-chave, o hipertexto. Por isso o livro se torna uma opção menos atraente; está competindo com outras mais próximas da sensibilidade deles, das suas formas mais imediatas de compreensão”. (Moran, 2000, p. 21)

Neste trabalho iremos abordar as leis da termodinâmica, que por vezes são vistas como, muito abstratas conceitualmente. O conhecimento englobado pela física forma um corpo articulado de modo complexo, e parte da dificuldade de se ensinar essa disciplina advém do fato de não reconhecermos ou considerarmos essa complexidade em toda a sua extensão.

A Termodinâmica ocupa um papel singular no ensino de Física, pois é uma das poucas áreas cuja estrutura teórica foi inteiramente edificada sobre a experimentação e não sobre deduções matemáticas a priori. Enquanto outras teorias físicas, como o eletromagnetismo e a relatividade, podem ser revisadas ou substituídas à luz de novos paradigmas, os princípios da Termodinâmica permanecem inalterados desde o século XIX, sustentando-se em leis empíricas cuja validade é praticamente universal (Bejan, 2016; da Silva, Rrrobidart, 2020). Essa característica confere à Termodinâmica um valor pedagógico único: ela permite ao estudante compreender como a ciência se estrutura a partir da observação e da medida experimental, destacando o papel da experiência como critério

de verdade física (Bernal, 1951). Segundo Cavagnoli (2025), ensinar Termodinâmica é também ensinar sobre o próprio método científico, uma vez que cada lei expressa um princípio invariável que emerge da interação entre teoria e experimento.

No contexto educacional, a Termodinâmica oferece um campo privilegiado para discutir os aspectos epistemológicos do conhecimento científico. Diferente de outras teorias que dependem de formulações matemáticas abstratas, ela nasce de um conjunto de constatações experimentais — como as de Joule e Carnot — e se consolida por meio da generalização de resultados empíricos. Essa relação direta com o mundo físico real possibilita que o estudante perceba a ciência não apenas como um corpo de equações, mas como uma construção conceitual guiada pela experiência (Le Marechal, El Bilani, 2007). Além disso, as leis da Termodinâmica são, até hoje, irrevogáveis: nenhum experimento ou teoria posterior as contradisse, apenas ampliou seus domínios de aplicação (Callen, 2023). Por isso, ao serem ensinadas, elas ajudam o aluno a entender a robustez e o poder explicativo de princípios científicos fundamentados na observação sistemática.

Recentemente, estudos em ensino de ciências vêm reforçando o valor da Termodinâmica como eixo integrador entre física, química e biologia, justamente por seu caráter interdisciplinar e experimental. Pesquisas, como a de Sasseron (2015), indicam que trabalhar suas leis por meio de situações-problema, experimentos de baixo custo e recursos visuais pode favorecer a aprendizagem significativa e reduzir a abstração associada a conceitos como entropia, energia interna e irreversibilidade. Nesse cenário, o uso de histórias em quadrinhos surge como estratégia complementar, pois combina a narrativa visual e o diálogo entre personagens para representar fenômenos termodinâmicos de maneira intuitiva e próxima da linguagem dos estudantes — uma forma contemporânea de “experimento narrativo” que reforça o caráter empírico da ciência.

Nosso trabalho oferece insights valiosos para educadores e desenvolvedores de materiais didáticos sobre como integrar novas tecnologias para melhorar a acessibilidade no ensino de ciências, matemáticas e engenharias.

Ao tratarmos de modo simplificado um corpo de conhecimento que é muito complicado e repleto de sutilezas, podemos acabar por fazer com que ele se torne ininteligível aos estudantes (Robilotta, 1988, p.9). As histórias foram elaboradas com o intuito de mostrar os conceitos e as suas aplicações de uma forma clara e em uma linguagem acessível aos discentes. De acordo com Rahde (1996), no início das civilizações, é possível identificar vestígios de imagens produzidas pelo ser humano, as quais essas imagens retratavam suas observações dos elementos que estavam em sua volta como de animais selvagens por exemplo. Essas pinturas eram encontradas em cavernas e rochas, muitas vezes retratavam as caças de animais selvagens e algumas figuras.

As histórias em quadrinhos começaram a ter suas características como a conhecemos hoje no final do século XIX. Não se tem uma exatidão sobre o verdadeiro dito primeiro quadrinho, mas duas obras ganham notoriedade quando o assunto é ser

considerado as que deram origem a esse tipo de literatura. Para Ochaba (2021), algumas fontes apontam como primeira revista em quadrinhos a Comic Cuts, revista essa lançada em 17 de maio de 1890 por Lorde Nortcliffe em Londres. De acordo com o autor citado, essa revista atingiu a marca de 300 mil exemplares trinta dias depois de seu lançamento, o conteúdo que a revista abordava era um humor satírico.



Figura: 1 – Exemplar de número 1 da Comic Cuts de 17 de maio 1890.
Fonte: Comic Cuts | UK Comics Wiki | Fandom. Acesso em 01/10/25

No Brasil, o primeiro registro desse tipo de história foi no ano de 1869, para o jornal Vida Fluminense, As Aventuras de Nhô Quim (Ochaba, 2021). O criador dessa história em quadrinhos foi o desenhista ítalo-brasileiro Ângelo Agostini. Esta história brasileira está entre as mais antigas do mundo. Figura: 2 - Aventuras de Nhô-Quim, ou Uma Viagem à Corte.

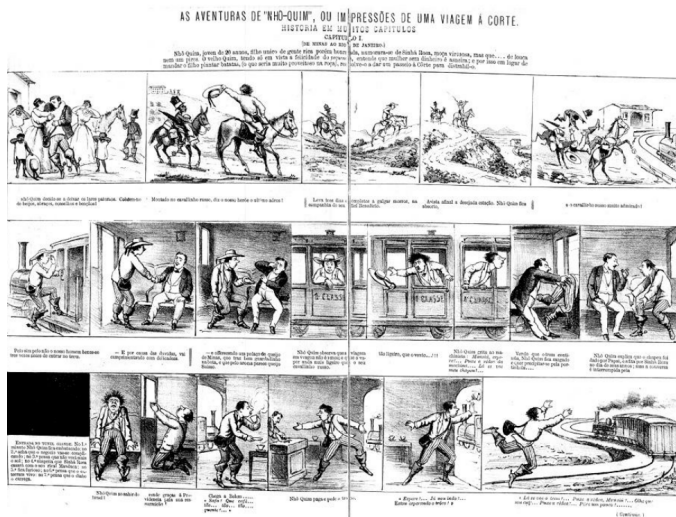


Figura 2: Aventuras de Nhô-Quim, ou Uma Viagem à Corte
 Fonte: NANQUIM.com.br. Acesso em 31/07/25.

Ângelo Agostini deu origem a primeira revista em quadrinhos do Brasil. No ano 1905, a revista “Tico-Tico”, foi lançada no país, seu conteúdo era diversificado com passatempos, contos em quadrinhos e conteúdos educacionais (Santos, Cruz e Vieira, 2014). A partir dos trabalhos de Agostini, outros trabalhos começaram a surgir com os mais diversos temas e personagens fazendo com que as histórias em quadrinhos se tornassem mais atrativas aos leitores brasileiros.

A partir da década de 1950, houve muitas publicações desse tipo de história no Brasil, em especial, temos a revista Gibi, revista essa criada por Roberto Marinho e se tornou sinônimo de revistas de histórias em quadrinhos no país. De acordo com o autor citado, as histórias produzidas em território nacional tinham os mais diversificados temas, as histórias iam de temas infantis, histórias religiosas, personagem da política nacional, histórias educativas e até revistas em quadrinhos com conteúdo adulto.

Ao analisar o gráfico nota-se um crescimento de pesquisas a cada década, passando de apenas uma (1) nos anos de 1970 para oitenta e uma (81) pesquisas realizadas entre 2010 e 2013; na década de 2000, até o ano de 2005, as produções na USP apresentaram também um crescimento, e neste período foram publicados treze (13) trabalhos; o grande avanço nas pesquisas está concentrado a partir da década de 2000.

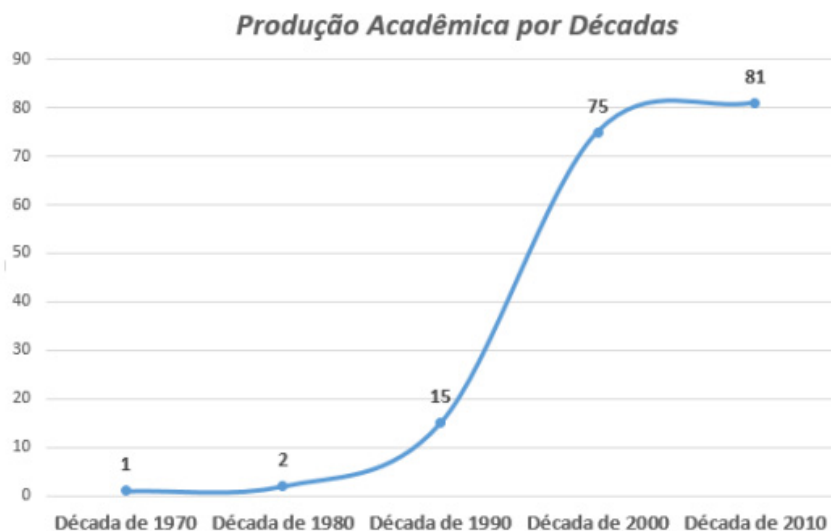


Figura 3: Gráfico sobre a Produção Acadêmica por Décadas (1970 - 2014).

Fonte: Souza (2018, p. 36)

Observando os dados apresentados notamos uma maior produção na área de Letras, onde é possível contabilizar 52 trabalhos; o segundo lugar fica para a Pedagogia com 25 publicações. Comunicação Social e Artes Visuais ficam logo atrás com 20 e 18 trabalhos, respectivamente. História conta com 15 publicações, e Ciências Sociais com 11. A maior concentração de teses e dissertações se encontram nas áreas de Ciências Humanas em geral.

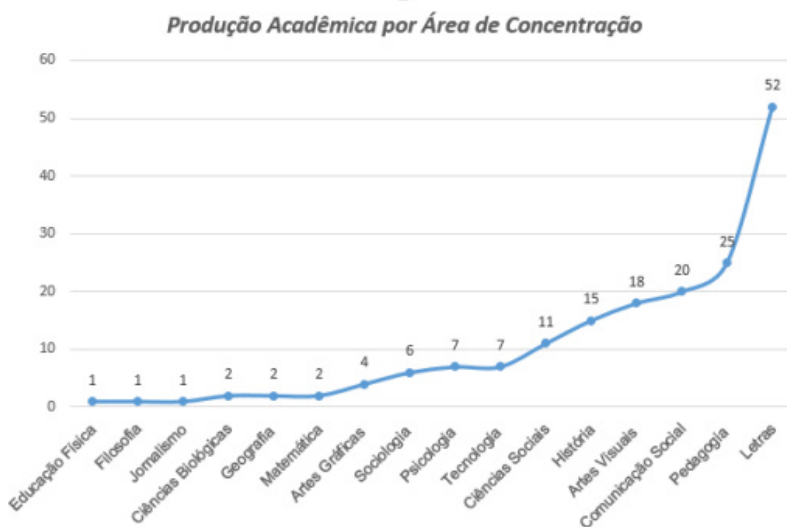


Figura 4 - Gráfico sobre a Produção Acadêmica por décadas (1970 – 2014).

Fonte: Callari e Gentil (2016, p. 17)

No caso da Física, posso dizer que, as HQs passaram a fazer parte do âmbito escolar. As HQs vêm sendo utilizadas no ensino de Física para tratar os mais diversos conceitos desde a Astronomia, passando pela Mecânica e chegando até a Física Moderna.

Euzébio, Pacheco e Scarabelot (2011) aplicaram uma proposta que visa o ensino de conceitos relacionados à Astronomia. Eles elaboraram textos e montaram HQs de forma que estas seguissem uma ordem cronológica com o intuito de mostrar aos alunos que as teorias científicas estudadas nos livros didáticos são uma constante evolução de conceitos.

Com a proposta aplicada, os autores relatam que com a elaboração das HQs eles próprios aprimoraram seus conhecimentos sobre o assunto e que os alunos tiveram a compreensão ao facilitada do conteúdo.

REFERENCIAL TEÓRICO

A termodinâmica é uma área fundamental da física que investiga as interações entre calor, energia e trabalho em sistemas macroscópicos. Ela é constituída de quatro princípios – lei zero, primeira, segunda e terceira – que descrevem como a energia se comporta, estabelecendo uma estrutura conceitual essencial para compreender fenômenos naturais e tecnológicos. Esses princípios não dependem de modelos específicos, pois surgem da constatação de que determinados processos, como o equilíbrio térmico ou a conservação da energia, ocorrem de forma invariável em qualquer sistema. A seguir, é apresentada uma visão geral de cada uma dessas leis.

Lei zero

A lei zero da termodinâmica historicamente foi descoberta por último, com o intuito de preencher lacunas conceituais, utilizando-se da lei zero foi possível a construção de instrumentos capazes de medir a temperatura.

O enunciado da lei zero segundo Nussenzveig é: “Dois sistemas em equilíbrio térmico com um terceiro estão em equilíbrio térmico entre si.”

Como está representado no esquema abaixo:

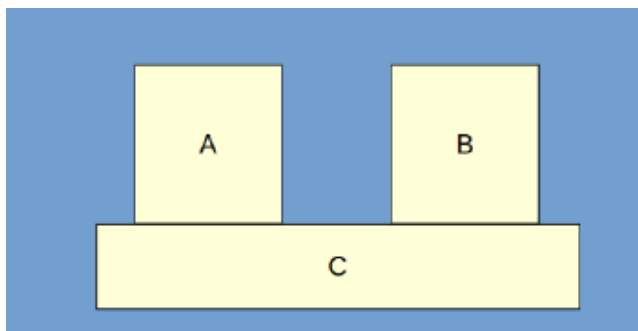


Figura 5: Representação gráfica Lei zero
Fonte: Autor

Os sistemas A e B estão isolados um do outro por uma parede adiabática e ao mesmo tempo em contato com o sistema C através de uma parede diatérmica.

Pelo enunciado da lei zero se A e B estão em equilíbrio térmico com C. Logo, A está em equilíbrio térmico com B.

Como afirma Nussenzveig os conceitos de sistemas em equilíbrio térmico entre si e sistemas à mesma temperatura são equivalentes.

Este é o princípio utilizado para a criação dos termômetros, que ao entrar em contato térmico com o sistema em que se quer medir a temperatura, fica em equilíbrio termodinâmico com este sistema e altera suas propriedades termométricas, como volume, pressão, e consequentemente adquire a mesma temperatura do sistema.

Primeira lei

A primeira lei da termodinâmica que tem como base a princípio de Joule ou princípio da conservação da energia foi estabelecida por diversos cientistas, porém o principal deles foi Joule, que propôs através de suas exaustivas experiências que as mais diversas formas de trabalho podem ser convertidas entre si, assim como podem ser dissipadas na forma de calor. Produzindo assim uma variação na energia interna do sistema.

Levando em conta a definição de Nussenzveig, o trabalho realizado adiabaticamente para levar um sistema de um estado inicial a um final não depende do caminho. Logo, o trabalho só dependerá dos estados iniciais e finais do sistema.

Por convenção histórica adota-se o sinal negativo para o trabalho realizado pelo sistema.

$$U_f - U_i = -W_{|i \rightarrow f|} \quad 1$$

Uma outra parte integrante da função de estado da energia interna é a quantidade de calor Q que o sistema recebe. Pelo princípio da conservação de energia a equação 1 fica:

$$U_f - U_i = Q - W_{|i \rightarrow f|} \quad 2$$

$$\Delta U = U_f - U_i = Q - W_{|i \rightarrow f|} \quad 3$$

Levando em conta a equação 3, de acordo com Nussenzveig "é a formulação geral da 1ª lei da termodinâmica. Podemos enunciar-la sucintamente dizendo: a energia se conserva quando levamos em conta o calor.", e ainda acrescenta "Q representa a energia transferida entre o sistema e sua vizinhança através de uma parede diatérmica, em virtude de diferenças de temperatura, descontando-se a eventual transferência de trabalho."

Quando se observa do ponto de vista microscópico, Oliveira (2012) aponta que o princípio da conservação de energia foi elaborado por Helmholtz, utilizando-se de uma suposição a respeito da constituição da matéria, Helmholtz estendeu o princípio da conservação da energia mecânica ao movimento microscópico dos átomos. Ou seja, admitiu que a soma da energia cinética com a energia potencial é constante, e que, portanto, juntas formam a energia interna do sistema.

Segunda lei

A segunda lei da termodinâmica, é uma lei fundamental da natureza que possui implicações que extrapolam a área da física, possui diversos enunciados e significados. Através dela foi-se inserido a ideia de irreversibilidade, ou sentido em que os processos acontecem. De acordo com Oliveira (2012), ela foi introduzida de forma independente por Clausius, e por Kelvin, utilizando-se das concepções de Carnot a respeito das máquinas térmicas e processos cíclicos. Mostrando que a formulação original dessa lei se refere a máquinas térmicas e processos cíclicos.

O enunciado de Clausius de acordo com Nussenzveig leva em conta a impossibilidade de realizar um processo cujo único efeito seja retirar calor de um corpo mais frio para um corpo mais quente. Isso partindo do pressuposto que o sistema termine o processo no mesmo ponto em que estava no estado inicial, ou seja, um processo cíclico.

Já o enunciado de Kelvin trata da impossibilidade de um sistema realizar um processo cujo único efeito fosse a transformação integral do calor retirado de um reservatório térmico em trabalho.

Em outras palavras, Clausius impõe a impossibilidade de construção de um refrigerador miraculoso que retire calor de uma fonte fria para uma fonte quente sem a necessidade de fornecimento de trabalho. E Kelvin da mesma forma impõe a impossibilidade de criação de um motor miraculoso que retire calor de reservatório térmico e o transforme integralmente em trabalho.

$$Q = W$$

4

Segundo Oliveira (2012), a segunda lei da termodinâmica deve ser entendida como um conjunto de três partes. A primeira parte como a formulação da temperatura e entropia, a segunda parte como o princípio da máxima entropia, e a terceira parte refere-se a evolução temporal dos sistemas termodinâmicos e crescimento da entropia em processos irreversíveis e espontâneos.

De acordo com Oliveira (2012), o princípio de Carnot afirma que a razão entre o trabalho realizado e o calor recebido por um sistema que opera segundo o ciclo de Carnot depende somente das temperaturas dos reservatórios. Esse princípio é universal, e independe da substância de que é composto o sistema que percorre o ciclo.

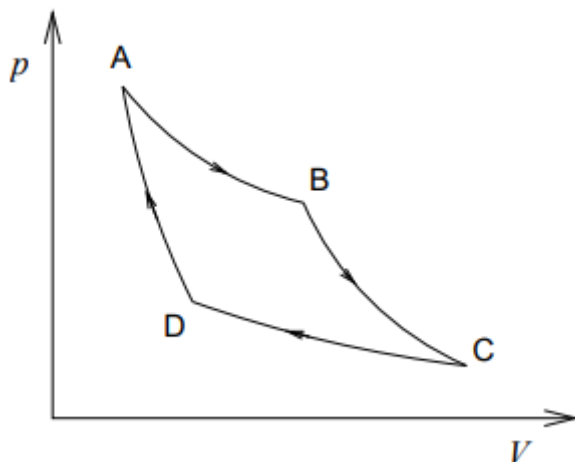


Figura 6: Representação de um ciclo de Carnot em um diagrama de Cláperon

Fonte: Oliveira (2012).

Pela conservação de energia o trabalho é a subtração entre o calor recebido e o calor cedido.

$$W = Q_1 - Q_2 \quad 5$$

De modo que,

$$\frac{W}{Q_1} = 1 - \frac{Q_2}{Q_1} \quad 6$$

Dessa relação obtém-se que a razão entre o calor cedido e o calor recebido depende das temperaturas dos reservatórios. Logo,

$$\frac{Q_2}{Q_1} = f(T_1, T_2). \quad 7$$

Por conveniência ao utilizar um outro sistema em que suas isotermas coincidam com as temperaturas e T_2, T_1 de forma que $Q_2 = Q_2'$ então,

$$\frac{Q_3}{Q_2'} = f(T_2, T_3) \quad 8$$

Ao percorrer o ciclo em que Q_1 é o calor recebido e Q_3 o calor cedido.

$$\frac{Q_3}{Q_1} = f(T_1, T_3) \quad 9$$

Dessa forma ao se multiplicar termo a termo as equações 7 e 8, obtém-se:

$$\frac{Q_2}{Q_1} \frac{Q_3}{Q_2'} = f(T_1, T_2) f(T_2, T_3) \quad 10$$

Como $Q_2 = Q_2'$, então:

$$\frac{Q_3}{Q_1} = f(T_1, T_3) f(T_2, T_3) \quad 11$$

Substituindo a equação 8 na equação 11:

$$f(T_1, T_3) = f(T_1, T_2) f(T_2, T_3) \quad 12$$

Manipulando a equação anterior,

$$f(T_1, T_2) = f(T_1, T_3) f(T_2, T_3) \quad 13$$

A função que satisfaz a equação anterior é da forma

$$f(T, T') = \frac{\varphi(T')}{\varphi(T)} \quad 14$$

Obtém-se finalmente a relação:

$$\frac{Q_2}{Q_1} = \frac{\varphi(T_2)}{\varphi(T_1)} \quad 15$$

Para se construir a escala absoluta basta apenas substituir um valor numérico de referência na equação (16). Para a escala Kelvin por exemplo foi se escolhido o valor do ponto triplo da água como estado de referência cuja temperatura atribui-se o valor de

$$T_0 = 273,16 \text{ K} \quad 16$$

Entropia

Decorrente do teorema de Clausius pode-se obter uma nova equação de estado de um sistema, denominada Entropia.

$$S_f - S_i = \int_i^f \frac{Q}{T} \quad 17$$

Quando uma máquina térmica realiza um processo reversível entre dois reservatórios térmicos de temperaturas T_1 e T_2 em um ciclo de Carnot. vale-se a adequação na seguinte relação.

$$\frac{Q_1}{T_1} = \frac{Q_2}{T_2} \quad 18$$

Onde Q_1 é o calor recebido pelo sistema e Q_2 é o calor cedido pelo sistema para a fonte fria, daí por convenção obtém-se a relação,

$$\frac{Q_1}{T_1} = \frac{-Q_2}{T_2} \quad 19$$

E por conseguinte:

$$\frac{Q_1}{T_1} + \frac{Q_2}{T_2} = \frac{Q}{T} = 0 \quad 20$$

Quando se toma o limite que as trocas de calor passam a ser infinitesimais,

$$\oint \frac{d'Q}{T} \leq 0 \quad 21$$

Como o ciclo é reversível, também se tem uma:

$$-\oint \frac{d'Q}{T} \leq 0 \quad 22$$

Logo, combinando as equações (22) e (23) obtém-se o teorema de Clausius para ciclos reversíveis,

$$\oint \frac{d'Q}{T} = 0 \quad 23$$

E, a desigualdade de Clausius para ciclos irreversíveis:

$$\oint \frac{d'Q}{T} < 0 \quad 24$$

Uma das consequências que se pode obter a partir da desigualdade de Clausius, é o princípio de aumento da entropia.

$$\Delta S \geq 0 \quad 25$$

Ou seja, na natureza a entropia de um sistema isolado nunca pode decrescer: se mantém constante quando ocorrem processos reversíveis, e aumenta em processos irreversíveis.

Terceira lei

A terceira lei da termodinâmica, de acordo com Nussenzveig trata da impossibilidade de se atingir o zero absoluto por meio de processos finitos. Não é possível, por qualquer série finita de processos, atingir o zero absoluto. Ou até mesmo pela definição de Fowler e

Guggenheim, é impossível por qualquer processo, não importa o quão idealizado, reduzir um sistema ao zero absoluto por uma série finita de operações.

Uma evidência analítica desse processo decorre do teorema de Nerstn, mais conhecido como quarto postulado da termodinâmica. Que mostra que em um sistema em equilíbrio a entropia é nula no zero absoluto.

$$\frac{\partial U}{\partial S}=0$$

26

De forma que já está bem consolidado na literatura, tornando-se o IV postulado de Callen's sobre sistemas em equilíbrio, a isoterma $T = 0$, coincide com a adiabática $S = 0$. Vale ressaltar que de acordo com Salinas este resultado pode ser violado pela mecânica estatística clássica.

METODOLOGIA

Este capítulo adota uma abordagem teórico-reflexiva, com o objetivo de discutir o potencial pedagógico das histórias em quadrinhos (HQs) no contexto educacional. A escolha por essa abordagem se justifica pelo interesse em aprofundar a análise conceitual e crítica sobre o uso das HQs como recurso didático, sem a realização de aplicação empírica direta.

A investigação fundamenta-se em revisão bibliográfica, com base em obras de autores que abordam a utilização de representações visuais no ensino, bem como estudos específicos sobre HQs e sua interface com os processos de leitura, letramento e construção do conhecimento. A análise parte do entendimento de que as HQs constituem um gênero discursivo visual, cuja articulação entre linguagem verbal e visual favorece o desenvolvimento de competências leitoras, interpretativas e críticas, conforme apontam autores como Ramos (2009), Vergueiro (2014) e Eisner (2001). Considera-se, ainda, a perspectiva freiriana de educação (Freire, 1996), que valoriza práticas pedagógicas dialógicas, culturais e significativas, alinhadas às vivências dos estudantes.

Dessa forma, este estudo não busca apresentar resultados empíricos, mas sim promover uma reflexão fundamentada sobre as contribuições das HQs para o ensino, considerando suas características estruturais, seus usos possíveis em diferentes componentes curriculares e os desafios associados à sua inserção em contextos escolares. A metodologia, portanto, está voltada à sistematização crítica do conhecimento já produzido na área, visando subsidiar práticas pedagógicas e investigações futuras sobre o tema.

Segundo Pena (2001), as histórias em quadrinhos configuram-se como uma linguagem significativa para o ensino de Ciências, possibilitando diferentes usos em sala de aula. Esse recurso contribui para tornar o aprendizado de Física mais dinâmico e atrativo, rompendo com a visão tradicional da disciplina como algo descontextualizado, maçante ou

de difícil compreensão. De acordo com Rama (2004), os quadrinhos apresentam múltiplas possibilidades pedagógicas, podendo ser empregados na introdução de novos temas, no aprofundamento de conceitos já trabalhados, na promoção de discussões, na ilustração de ideias ou ainda como recurso lúdico para abordar conteúdos considerados complexos.

Portanto o uso das histórias em quadrinhos em sala de aula pode assumir diferentes formatos, desde produções em papel até versões digitais elaboradas em softwares de celular ou computador. Além disso, as narrativas podem ser criadas pelos próprios estudantes ou baseadas em materiais já existentes, o que permite sua análise e discussão como recurso pedagógico (GOMES et al., 2023). Essa flexibilidade demonstra que as HQs não se limitam a um suporte específico, mas podem ser adaptadas de acordo com os recursos disponíveis e os objetivos pedagógicos do professor. Quando os estudantes assumem o papel de autores, há o incentivo ao protagonismo, à criatividade e à expressão crítica; já a utilização de histórias previamente elaboradas favorece a análise, a interpretação e a discussão coletiva. Assim, o uso das HQs se mostra coerente com metodologias ativas e com a promoção de uma aprendizagem significativa, na medida em que possibilita tanto a construção de conhecimentos quanto a reflexão crítica sobre os conteúdos abordados.

De acordo com Testoni (2010), embora as Histórias em Quadrinhos apresentem potencial para diferentes funções didáticas, sua aplicação não ocorre de maneira automática. É necessário que o professor planeje cuidadosamente as atividades e receba formação específica, tanto inicial quanto continuada, para compreender os elementos constitutivos das HQs e explorá-los de forma adequada em sala de aula.

Assim, percebe-se que a simples inserção de HQs nos materiais didáticos não garante, por si só, a aprendizagem significativa. O papel do professor torna-se indispensável, uma vez que cabe a ele selecionar, analisar e adaptar as narrativas de acordo com os objetivos pedagógicos e com o contexto da turma. Dessa forma, as HQs deixam de ser apenas um recurso ilustrativo ou motivador e passam a se configurar como instrumentos que possibilitam discussões conceituais, formulação de hipóteses e construção de conhecimentos de maneira crítica e criativa. Nesse sentido, o fluxograma a seguir sintetiza as quatro funções das HQs descritas por Testoni (2004), evidenciando suas diferentes aplicações pedagógicas.

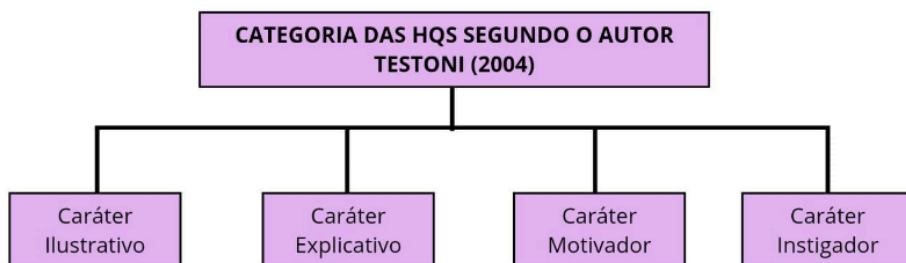


Figura 7 – Categorias das HQs.

Fonte: Autor

O fluxograma apresentado organiza as quatro categorias das histórias em quadrinhos propostas por Testoni (2004). A primeira é o **caráter ilustrativo**, que utiliza as HQs como recurso para representar visualmente conteúdos já estudados, funcionando como uma forma lúdica de revisão. Em seguida, aparece o **caráter explicativo**, no qual as narrativas gráficas são empregadas para facilitar a compreensão de conceitos mais complexos, transformando-os em explicações acessíveis. Já o **caráter motivador** está relacionado ao despertar do interesse e da curiosidade dos alunos antes da exposição formal do conteúdo, criando um ambiente propício à aprendizagem. Por fim, o **caráter instigador** busca promover o pensamento crítico e reflexivo, incentivando questionamentos e discussões mais aprofundadas a partir da leitura da HQ.

RESULTADOS

Testoni e Abib (1994) elaboraram uma proposta que utiliza o gênero de quadrinhos no ensino fundamental. Eles prepararam uma HQs que abordava o conceito de Inércia e analisaram sua utilização em duas classes de 8ª série.

A metodologia de trabalho sugerida por eles contava com questionários pré-testes, produção dos alunos e entrevistas finais. Com a análise destes elementos, concluíram que os quadrinhos apresentam uma série de características úteis para o ensino. Os autores argumentam que as HQs são favoráveis ao processo ensino-aprendizagem, que houve mais interação na aula por parte dos alunos e que indícios de evolução conceitual.

O tópico conceitual com o maior percentual de HQs foi mecânico (60 % do total/47 HQs). O restante (40 %) das HQs está distribuído nos demais tópicos com percentuais diferentes, sendo que o tópico de Física Moderna e Contemporânea aparece com menor percentual (4 % do total/ 03 HQs).

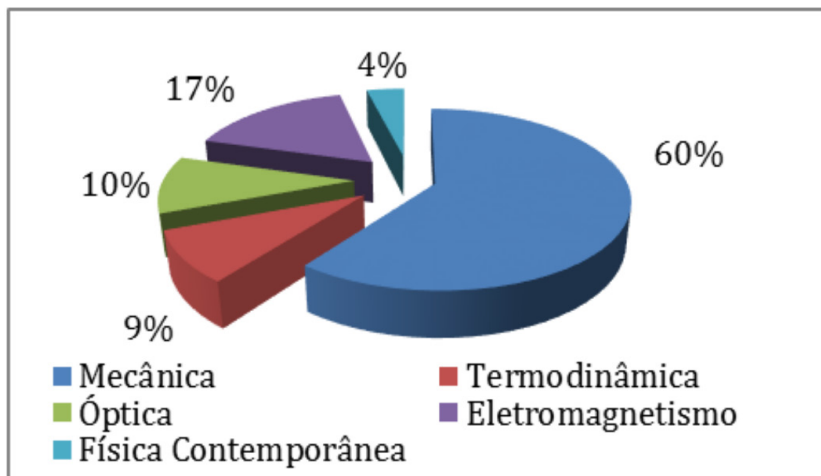


Figura 8: Índices percentuais de HQs por tópico conceitual.

Fonte: Testoni e Abib (1994)

Por sua vez, Caruso e Freitas (2009) defendem que é possível levar para o aluno do Ensino Médio alguns aspectos da contribuição de Einstein, especificamente o conceito de espaço-tempo, utilizando a linguagem dos quadrinhos.

Os autores concluem que as tirinhas podem ser utilizadas como instrumento de apoio nas aulas, as quais são capazes de prender a atenção dos alunos e permitir que qualquer assunto de Física ou de Ciências possa ser abordado sem recorrer, num primeiro momento, à matematização.

Foram analisadas HQs presentes nas 10 coleções didáticas de Física, pertencentes ao Programa Nacional do Livro Didático do Ensino Médio, aqui codificadas por: CD 01 - Gaspar (2010); CD 02 - Sant'Anna et al. (2010); CD 03 - Máximo e Alvarenga (2010); CD 04 - Torres et al. (2010); CD -05 Biscuola et al. (2010); CD 06 - Silva e Barreto (2010); CD 07 - Gonçalves e Toscano (2010); CD 08 - Oliveira et al. (2011); CD 09 - Fuke e Yamamoto (2010); CD 10 - Kantor et al. (2010).



Figura 9: Reprodução das capas dos volumes 01 de cada uma das coleções de livros didáticos.
Fonte: Reprodução das capas dos volumes 01 de cada uma das coleções de livros didáticos.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Como podemos perceber ao longo do desenvolvimento deste trabalho, as histórias em quadrinhos (HQs) apresentam um grande potencial para serem utilizadas em sala de aula, constituindo-se não apenas como um meio lúdico de aprendizagem, mas também como uma ferramenta pedagógica capaz de promover engajamento, reflexão e construção ativa do conhecimento. O caráter híbrido das HQs, que integra texto e imagem em uma narrativa sequencial, oferece uma linguagem acessível e atrativa para o público escolar, podendo tornar mais concretos os conceitos abstratos característicos das ciências exatas, como a Física e a Química.

Ao tratarmos de conteúdos dessas áreas, frequentemente percebemos a dificuldade que muitos alunos enfrentam em compreender fenômenos que exigem visualização mental, raciocínio simbólico e interpretação matemática. Nesse contexto, as HQs podem atuar como uma metodologia de ensino diferenciada, que dialoga com o imaginário e com a cultura midiática dos estudantes, aproximando o conhecimento científico do cotidiano e de suas experiências visuais. Assim, espera-se que este trabalho contribua para uma reflexão mais ampla acerca do uso das histórias em quadrinhos no processo de ensino-aprendizagem, considerando que, nessa perspectiva, o uso de HQs surge como um recurso didático inovador e promissor para o ensino de Física.

Acreditamos que esta proposta pode contribuir de modo especial para o aprendizado das leis da Termodinâmica, conteúdo que, em geral, apresenta alto grau de abstração e complexidade conceitual. As HQs, ao possibilitarem a representação visual de

transformações de energia, variações de temperatura e trocas de calor, podem facilitar a compreensão de conceitos como trabalho, energia interna, entropia e eficiência. Por meio da narrativa gráfica, o aluno é capaz de “ver” o processo físico acontecer, o que reduz a distância entre a linguagem matemática e a experiência sensorial. Além disso, o elemento narrativo das HQs confere sentido às situações de aprendizagem, inserindo o conteúdo em um contexto de ação, personagem e conflito — aspectos fundamentais para a construção de significado.

Quando o tema se refere à Física, as HQs vêm gradualmente ganhando espaço no âmbito escolar. Elas têm sido utilizadas para abordar diversos conceitos, desde tópicos clássicos, como cinemática e Dinâmica, até temas de fronteira, como a Física Moderna e a Astrofísica. Diversos estudos de desenvolvimento e avaliação reforçam o potencial das HQs no ensino de Física. Segundo Gomes et al. (2023), o uso de histórias em quadrinhos permite que os estudantes abandonem o papel passivo de meros ouvintes e assumam uma postura ativa, seja como criadores de suas próprias narrativas, seja como analistas de histórias já produzidas, realizando leitura crítica, interpretação e discussão dos conteúdos de forma colaborativa. Essa participação ativa estimula a autonomia intelectual e a capacidade de comunicação científica.

A pesquisa de Degorio e Langub (2025) reforça esse panorama ao desenvolver tiras em quadrinhos voltadas ao ensino de Física no ensino médio. O estudo mostrou que os estudantes que utilizaram esse material apresentaram desempenho significativamente melhor após a intervenção, além de relatarem altos índices de satisfação, percepção de eficácia e maior envolvimento com as atividades. Os autores destacam que os quadrinhos contribuíram para superar dificuldades recorrentes, como a abstração dos temas e a falta de motivação, tornando conceitos como trabalho, energia e potência mais acessíveis e engajantes. Isso sugere que a combinação de humor, narrativa e imagem pode ser decisiva para despertar o interesse e a curiosidade científica dos jovens.

Pesquisas na área de comunicação científica corroboram esses resultados ao demonstrar que a narrativa sequencial dos quadrinhos, combinando texto e imagem, favorece a memorização, a motivação e a compreensão de informações complexas. Faria et al. (2024), por exemplo, argumentam que os quadrinhos contribuem para aproximar os conteúdos científicos dos interesses culturais dos estudantes, desenvolvendo sua literacia crítica e promovendo uma visão mais humanizada da ciência. Ao representar cientistas, experimentos e descobertas em contextos visuais e narrativos, as HQs ajudam a desconstruir estereótipos e a favorecer a formação de uma identidade científica positiva entre os alunos.

Na conclusão deste trabalho, esse panorama teórico e empírico justifica a adoção das HQs como recurso pedagógico para o ensino das leis da Termodinâmica. Ao integrar narrativas visuais, é possível facilitar a construção de conceitos abstratos, estimular o pensamento crítico e promover uma aprendizagem mais significativa, pautada no

envolvimento emocional e cognitivo do estudante. A HQ não substitui o rigor conceitual da Física, mas o complementa, funcionando como um elo entre a linguagem formal da ciência e as formas de expressão e imaginação dos estudantes.

Entretanto, é importante reconhecer que o uso de HQs no ensino de Física ainda carece de estudos aprofundados sobre os processos cognitivos envolvidos, sobre a adequação das representações visuais e sobre a formação docente necessária para a utilização eficaz dessa ferramenta. Há o risco de que o conteúdo científico seja simplificado em excesso, ou de que as HQs sejam empregadas apenas como material ilustrativo, sem integração real ao planejamento pedagógico. Futuras pesquisas podem investigar como diferentes estilos de quadrinhos — humorísticos, realistas ou de aventura — influenciam a compreensão e a retenção de conceitos a longo prazo. Além disso, é fundamental compreender como os alunos interpretam os elementos visuais e textuais das HQs, de modo a orientar a criação de materiais didáticos que mantenham o equilíbrio entre clareza e profundidade científica.

Do ponto de vista formativo, a capacitação dos professores também se mostra essencial. A integração de HQs ao ensino requer não apenas criatividade, mas também domínio conceitual e sensibilidade pedagógica para alinhar os objetivos de aprendizagem às possibilidades da mídia. Nesse sentido, programas de formação docente podem incluir oficinas de produção de quadrinhos científicos, análise de narrativas e uso de ferramentas digitais para criação de materiais interativos.

Em síntese, as histórias em quadrinhos representam um recurso didático de grande potencial para o ensino de Física, especialmente no que se refere à mediação de conteúdos abstratos e complexos como as leis da Termodinâmica. Ao unir arte, ciência e narrativa, as HQs ampliam as possibilidades de comunicação e compreensão no ambiente escolar, contribuindo para a construção de uma educação científica mais crítica, inclusiva e significativa.

REFERÊNCIAS

BEJAN, A. *Advanced engineering thermodynamics*. Hoboken: John Wiley & Sons, 2016.

BERNAL, J. D. *Science in history. Vol. 2: The scientific and industrial revolutions*. Londres: Penguin Books, 1951.

CALLARI, V.; GENTIL, K. K. As pesquisas sobre quadrinhos nas universidades brasileiras: uma análise estatística do panorama geral e entre os historiadores. *Histórias*, [S. l.], v. 4, n. 7, p. 9-23, 2016.

CALLEN, H. B. *Thermodynamics and an introduction to thermostatistics*. 3. ed. Hoboken: Wiley, 2023.

CAVAGNOLI, R. Breve história da termodinâmica (I): máquinas térmicas e a Revolução Industrial. *Revista Brasileira de Ensino de Física*, v. 47, 2025.

DA SILVA, G. R.; ERROBIDART, N. C. G. A construção histórica contextual da termodinâmica para o ensino médio. *Revista Insignare Scientia*, v. 3, n. 5, 2020.

DEGORIO, J. M. L.; LANGUB, M. K. C. Enhancing physics education through comic strips: a development research study. *International Journal of Instruction*, Ankara, v. 18, n. 2, p. 637-652, abr. 2025.

FARIA, C.; VALENTE, B.; TORRES, J. Potentialities of science comics for science communication: lessons from the classroom. *JCOM – Journal of Science Communication*, Trieste, v. 23, n. 8, 2024.

FOWLER, R.; GUGGENHEIM, E. A. *Statistical thermodynamics*. London; New York: Cambridge University Press, 1939.

GOMES, Y. D. S.; MEDEIROS, R.; SILVA, C. A.; RODRIGUES, C. G. Histórias em quadrinhos: um recurso didático no ensino de Física. *Educere – Revista da Educação da UNIPAR*, Umuarama, v. 23, n. 3, p. 1167-1186, 2023. DOI: <https://doi.org/10.25110/educere.v23i3.2023-009>.

LE MARÉCHAL, J.-F.; EL BILANI, R. *Teaching and learning thermodynamics at school*. In: *Joint European Thermodynamics Conference IX*. École nationale supérieure des mines de Saint-Étienne, Saint-Étienne, France, jun. 2007. p. 1-13.

LINDOLM, P. A. G. S. *Investigando as atividades experimentais na prática de docência em ensino de física*. Curitiba, 2019. 205 p.

MOREIRA, M. C. A.; PINHÃO, F. Representações discursivas sobre experimentação didática de mestrands em ensino de ciências. *Ensaio – Pesquisa em Educação em Ciências* (Belo Horizonte), v. 20, p. 2-22, 2018.

NUSSENZVEIG, H. M. *Curso de física básica. 2: fluidos, oscilações e ondas, calor*. 5. ed. São Paulo: Blucher, 2014.

OLIVEIRA, M. J. Diagrama de Clayperon ilustrando o ciclo de Carnot. 2012. Ilustração científica. In: ———. *Termodinâmica*. 2. ed. São Paulo: Editora Livraria da Física, 2012. Disponível em: <http://fge.if.usp.br/~oliveira/term022ed.pdf>. Acesso em: 10 jul. 2024.

OLIVEIRA, M. J. de. *Termodinâmica*. 2. ed. ampl. São Paulo: Editora Livraria da Física, 2012.

PENA, F. L. A. Tirinhas de Física. *Ciência Hoje*, v. 28, n. 168, p. 69, jan./fev. 2001.

RAMA, A. *Como usar as histórias em quadrinhos na sala de aula*. São Paulo: Contexto, 2004.

SALINAS, S. R. A. *Introdução à física estatística*. São Paulo: EdUSP, 1997.

SASSERON, L. H. Alfabetização científica, ensino por investigação e argumentação: relações entre ciências da natureza e escola. *Ensaio – Pesquisa em Educação em Ciências*, v. 17, n. especial, p. 49-67, 2015.

TESTONI, L. A. *Um corpo que cai: as histórias em quadrinhos no ensino de Física*. 2004. 157 f. Dissertação (Mestrado em Educação) – Universidade de São Paulo, São Paulo, 2004.

TESTONI, L. A. Histórias em quadrinhos nos livros didáticos de Física: uma proposta de categorização. *Revista Brasileira de Ensino de Física*, v. 32, n. 2, 2010.

TESTONI, L. A.; ABIB, M. L. V. dos S. A utilização de histórias em quadrinhos no ensino de Física. *Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências*, v. 4, p. 1-11, 2003.