

O USO DE HISTÓRIAS EM QUADRINHOS PARA O ENSINO DE FÍSICA MODERNA: UM ESTUDO SOBRE A ANTIMATÉRIA

THE USE OF COMICS FOR TEACHING MODERN PHYSICS: A STUDY OF ANTIMATTER

CAMILA DA CRUZ DE OLIVEIRA ^{*1}, RICARDO SILVA DE MACEDO ⁺²,
OSVALDO LUIZ VIANNA ROCHA ^{‡2}

¹Universidade Federal da Bahia - UFBA.

²Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia da Bahia.

Resumo

O presente trabalho apresenta uma proposta desenvolvida sobre o tema da antimatéria, derivada da monografia de conclusão do curso de Licenciatura em Física. O conjunto de quadrinhos aqui descrito foi elaborado como um produto educacional de divulgação científica, concebido como instrumento cultural de mediação, com o objetivo de auxiliar a prática docente na abordagem de tópicos de Física Moderna. Os quadrinhos abordam a previsão e a detecção da antimatéria, suas principais características, aspectos do modelo padrão das partículas elementares e evidenciam alguns períodos históricos cruciais para a evolução do modelo atômico. Além disso, propõem problemas de natureza epistemológica e histórica que podem favorecer mediações docentes reflexivas, estimulando a construção de concepções críticas acerca da natureza da ciência. Dada a quantidade diminuta de trabalhos encontrados na literatura que articulam o tema da antimatéria à linguagem dos quadrinhos, a proposta constitui um acréscimo às pesquisas já existentes sobre a importância do ensino de Física Moderna, ressaltando a potencialidade dos quadrinhos para uso em sala de aula.

Palavras-chave: Quadrinhos. Antimatéria. Física moderna.

*milac.oliver@gmail.com

†ricardo.silva@ifba.edu.br

‡Osvaldovianna@ifba.edu.br

Abstract

This paper presents a proposal developed on the topic of antimatter, derived from the undergraduate thesis for the Physics degree. The set of comics described here was developed as teaching material to aid teaching practice when addressing topics in modern physics. They address the detection of antimatter, its main characteristics, aspects of the standard model of elementary particles, and highlight some crucial historical periods in the evolution of the atomic model. Furthermore, they encourage teacher-mediated problematization and stimulate critical conceptions about the nature of science. Given the limited literature on the topic associated with the language of comics, the proposal complements existing research addressing the importance of teaching modern physics, emphasizing the potential of comics for classroom use.

Keywords: Comics. Antimatter. Modern physics.

I. INTRODUÇÃO

As perspectivas que propõem um ensino de Física não tradicional, incluindo a inserção de conteúdos de Física Moderna nas salas de aula, já constituem um campo de pesquisa consolidado, com contribuições de autores pioneiros como Terrazan (1992), Zanetic (1999), Ostermann e Moreira (2000), Pietrocola (2006) e Monteiro et al. (2009). Tais iniciativas visam superar o modelo tradicional de ensino, frequentemente pautado em abordagens expositivas e no uso exclusivo de linguagem técnica e matemática, que podem não ser suficientemente acessíveis ou motivadoras para todos os estudantes (Moreira, 2021).

Dada a crescente evolução científica na qual os estudantes estão inseridos, é essencial que eles tenham contato com os conteúdos da Física moderna e contemporânea (FMC) que os ajude a compreender os processos tecnológicos presentes em procedimentos médicos, nos aparelhos de comunicação, no Sistema de Posicionamento Global (GPS), entre outros que estão presentes na vida cotidiana (Ostermann, 2000), a fim de que tenham subsídios para desenvolver uma atuação crítica na sociedade no que diz respeito à ciência e tecnologia (Souza, 2023).

Embora a implementação da FMC no ensino médio enfrente diversos desafios como a formação de professores, a disponibilidade de materiais didáticos e o tempo limitado para abordar os conteúdos da Física Clássica (Monteiro et al, 2009), essa dificuldade tem incentivado pesquisadores a desenvolver novas estratégias para sua inserção, exemplos disso são os estudos de Souza (2023) e Santana e Silva (2024).

Nesse contexto, o presente estudo se propõe a apresentar e discutir uma história em quadrinhos sobre antimatéria, concebida como produto educacional de divulgação científica e instrumento cultural de mediação, destacando seu potencial para subsidiar a prática docente na abordagem de tópicos de Física Moderna no Ensino Médio.

Conforme apontam Prado e Cezar (2020), muitos pesquisadores da área da Física têm associado as histórias em quadrinhos (HQs), enquanto objeto cultural (Vergueiro, 2005) como uma abordagem com potencialidade de aproximar os estudantes dos conceitos científicos.

Trabalhos como os de Paiva (2015), Oliveira e Piuzeira (2020), Corrêa e Malaquias (2022), Jorge e Peduzzi (2022, 2023) e Vieira et al. (2024) reforçam essa perspectiva, somam-se a estas a nossa proposta. Apesar da diversidade de estudos sobre a linguagem dos quadrinhos, não encontramos evidências de pesquisas, no recorte da literatura analisada, que os relacionem à antimatéria. Neste trabalho, buscamos contribuir para essa discussão.

Estruturamos uma história em quadrinhos cuja abordagem principal é a antimatéria, mas que perpassa tópicos que favorecem a discussão acerca da evolução do modelo atômico, e a natureza da ciência. A HQ foi concebida como um produto educacional de divulgação científica, compreendido como instrumento cultural de mediação, a ser mobilizado em práticas pedagógicas orientadas pelo referencial da educação problematizadora. Nessa perspectiva, inspirada nos estudos de Paulo Freire, a problematização é entendida não como uma característica do material, mas como um ato pedagógico essencial, fundamentado na dialogicidade e na palavra, que se realiza na mediação docente (Macedo, 2015).

Na sequência, discorreremos brevemente sobre a linguagem dos quadrinhos no contexto educacional e, posteriormente, apresentamos a HQ produzida, destacando questões de natureza epistemológica e histórica que podem subsidiar mediações docentes reflexivas, favorecendo a construção de compreensões críticas acerca da natureza da ciência.

II. QUADRINHOS NO ENSINO DE FÍSICA

Segundo Pessoa (2016), os quadrinhos apresentam uma linguagem de definição desafiadora, pois combinam múltiplos elementos interligados, resultando em uma mídia com sintaxe e gênero complexos, embora de acordo com ele, diversos pesquisadores como Will Eisner (2005) ; Scott McCloud (1995); Roman Gurben (1979); Antônio Cagnin (1975); Edgar Franco (2008); e Vergueiro (2004) tenham buscado conceituá-la. Aqui, será adotada a definição de McCloud (1995), que define as histórias em quadrinhos como imagens pictóricas colocadas lado a lado em sequência, destinadas a transmitir informações ou provocar uma resposta no espectador.

Santos e Neves (2022) destacam que as histórias em quadrinhos devem ser reconhecidas como um meio de comunicação, arte e cultura, pois contribuem para a construção de sentidos. Assim como a televisão, o cinema, as séries, os livros e os aplicativos para smartphones e tablets, os quadrinhos estão inseridos no cotidiano de grande parte da sociedade por isso, acreditamos na sua potencialidade em contribuir para a convergência entre a ciência e a vida cotidiana, facilitando a compreensão e a troca de conhecimentos. Vergueiro (2013) afirma que nem sempre a relação entre quadrinhos e educação foi amigável, e que quando alguns professores mais ousados se atreveram a utilizá-los em sala de aula, esse uso se resumia a aplicações esporádicas, marcadas mais pelo entusiasmo de seus propositores do que propriamente pela correção metodológica. De certa maneira, a promulgação da Lei de Diretrizes e Bases da Educação Nacional (LDB) em 1996, favoreceu a relação entre este produto cultural midiático e a educação formal (Vergueiro, 2013).

Segundo Zanetic (1999), existe uma relação entre cultura e o ensino de ciências, mas o ensino de Física é realizado de tal maneira que os estudantes têm contato com uma Física que parece ter sido construída por seres geniais, de forma linear e objetiva, sem relação com a vida atual e totalmente desprovida de cultura. Visão essa que é fortalecida pelo

ensino científico tradicional, que é permeado de certezas privilegiando uma aprendizagem mecânica de fórmulas, definições e leis, com foco na reprodução de respostas (Moreira, 2021), tendo a sua aplicação de forma direta e não problemática. Isso acarreta a inabilidade dos estudantes em avaliar a confiabilidade das informações vinculadas à ciência, e sua credibilidade.

De acordo com Jorge e Peduzzi (2022), a relação entre arte e ciência pode possibilitar uma compreensão mais humanizada sobre a construção do conhecimento científico, além de contribuir para a elaboração de práticas pedagógicas e científicas mais diversas. Também pode incentivar o interesse por diferentes formas de produção do saber estimulando um pensamento inovador, crítico e criativo, capaz de auxiliar na busca por soluções para os mais variados desafios e contextos.

III. A HISTÓRIA EM QUADRINHOS PRODUZIDA

A principal base teórica utilizada para a construção dessa história em quadrinhos foi a obra de divulgação científica *Antimateria*, Gato Rivera (2018), complementada por seu artigo *La antimateria* (2020), cujos tópicos fundamentaram parte da narrativa voltada ao conceito físico. A proposta central da HQ é apresentar a antimatéria por meio de uma narrativa conceitual estruturada em problemas e questionamentos que possibilitem discussões mediadas pelo professor, favorecendo dessa maneira o ensino e aprendizagem através da decodificação e ressignificação do conceito tratado e inserido na FMC.

No total, foram elaborados 24 quadrinhos, originalmente desenvolvidos e apresentados no Trabalho de Conclusão de Curso (Oliveira, 2023), divididos em quatro problemas principais: 1- Do que são feitas as coisas, 2 - As teorias físicas podem prever matematicamente entidades desconhecidas? 3 - Anticoisas existem? Do que seriam feitas? 4 - O que acontece quando uma coisa encontra sua anticoisa?

A ilustração da capa (figura 1) mostra a personagem principal em duas versões: uma formada por matéria e outra por antimatéria, como imagens espelhadas, com as cores e anticores¹ que simbolizam, respectivamente, o elétron e o pósitron na narrativa.

¹O termo anticor é utilizado em referência ao círculo cromático, no qual azul e laranja ocupam posições opostas, formando um par de cores complementares. Essa relação cromática é empregada de modo simbólico para estabelecer um paralelo visual com a relação entre partícula e antipartícula, associadas, na narrativa, à matéria e à antimatéria.



Figura 1: Imagem da capa da HQ que ilustra personagem Quasary, na versão material e antimaterial.

A figura 2 ilustra a personagem se apresentando aos leitores, e evidenciando o primeiro problema a ser discutido. Na figura 3, a personagem vai salientar que a história tem um número muito maior de contribuições do que as que serão descritas na HQ, o que já define que só alguns acontecimentos serão relatados, para favorecer o entendimento sobre o assunto abordado. Essa foi a estratégia adotada para evitar o reforço da concepção de que a história foi construída somente pelos nomes tradicionalmente conhecidos, e sim que contou com o trabalho de muitas outras pessoas que nem sempre são citadas, faz-se crer que os resultados obtidos por um só cientista ou equipe podem ser suficientes para verificar, confirmando ou refutando, uma hipótese ou toda uma teoria Gil-Pérez et al. (2001, p.133). Ainda que não seja possível contemplar todos os colaboradores nesta história em quadrinhos, esse aspecto pode ser explorado pelo professor em sala de aula.



Figura 2: Apresentação da personagem

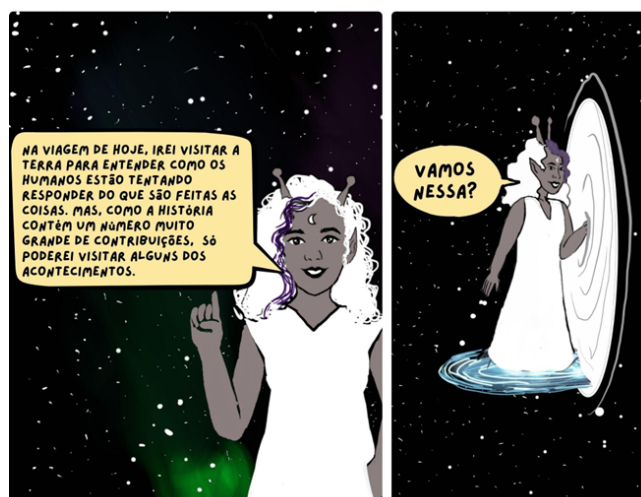


Figura 3: A personagem destaca a existência diversas contribuições científicas

III.1. Problema 1: do que são feitas as coisas?

No quadrinho mostrado na figura 4, a HQ propriamente dita começa com a personagem fazendo a primeira parada da viagem na Grécia antiga, onde de acordo com a literatura (Castilho, 2003) a palavra átomo surgiu. Esse quadrinho pode propiciar discussões a respeito das primeiras ideias sobre a composição das coisas, inclusive dando margem às concepções trazidas pelos estudantes.

Os seis quadrinhos seguintes apresentam questões de natureza epistemológica e histórica associadas ao problema inicial, relacionadas à indivisibilidade atômica, à construção do método científico e à concepção do espaço vazio que constitui a maior parte do átomo.



Figura 4: Introdução a um problema histórico-epistemológico relacionado à constituição da matéria.

O quadrinho apresentado na Figura 5 introduz um problema que pode subsidiar, por meio do questionamento, mediado pelo professor, a discussão acerca da indivisibilidade atômica. Já os quadrinhos apresentados nas Figuras 6 e 7 ilustram episódios históricos

que, ao longo do tempo, contribuíram para a compreensão de que o átomo não é maciço nem esférico. Por meio da mediação docente, essas questões podem ser aprofundadas, perpassando os diferentes modelos atômicos propostos historicamente, bem como os motivos conceituais e históricos que levaram à sua substituição até o modelo atualmente aceito. Nesse processo, abre-se espaço para a discussão sobre a construção do conhecimento científico, evidenciando a evolução do pensamento científico desde a protoideia (Fleck, 2010, p.21) concepção do átomo como maciço e indivisível até a compreensão de sua estrutura composta por partes menores e por uma grande quantidade de espaço vazio.

A abordagem a respeito dos experimentos que favoreceram a compreensão acerca da composição atômica pode subsidiar discussões reflexivas, mediadas pelo professor, sobre a relação entre método científico e empirismo.

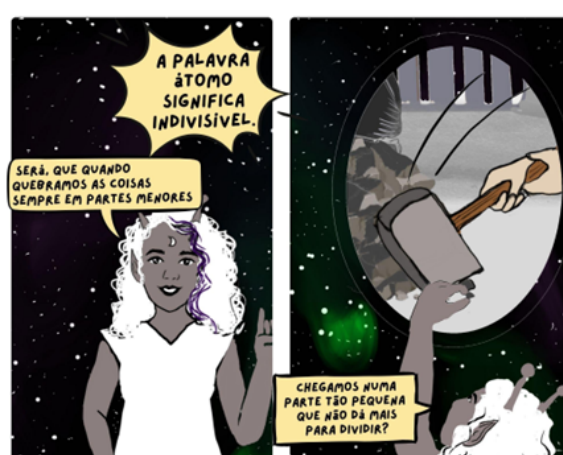


Figura 5: Questiona a indivisibilidade atômica.

O quadrinho mostrado na figura 6 por exemplo, ilustra o experimento utilizando raios catódicos feito por Thompson em 1897, com o qual ele realizou a interpretação da presença de cargas positivas e negativas dentro do átomo (Castilho, 2003).



Figura 6: Ilustra as concepções a respeito da estrutura atômica.

Já o quadrinho mostrado na figura 7, ilustra o experimento com partículas alfa lançadas

em uma folha de ouro, que apesar de não ter sido realizado por Rutherford, mas por Hans Geiger (1882-1945), outro físico contratado por ele, devido a sua habilidade experimental (American Institute of Physics. 2011), o levou a propor que além de ser composto por cargas positivas e negativas, o átomo possuía em grande parte espaço vazio.

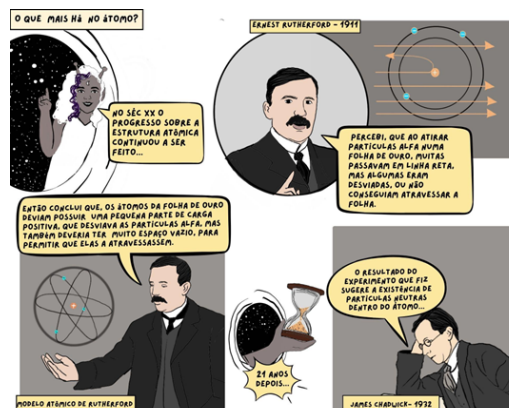


Figura 7: Ilustra o modelo atômico de Rutherford.

Os quadrinhos que compõem as figuras 8, 9 e 10 foram construídos para proporcionar outros questionamentos possíveis, como a nomeação das partículas de acordo com suas cargas, e sobre o próprio conceito de carga, de maneira progressiva e complementar. Por exemplo, a figura 8 possibilita discussão sobre o que é a carga, e a relação entre a nomeação da partícula com sua carga. Questões estas que ao serem respondidas levarão a compreensão do que é apresentado no próximo quadrinho, mostrado na figura 9. Este ilustra um átomo composto de elétrons, prótons e nêutrons, ao invés de se referir a cargas, negativas, positivas e neutras. O último quadrinho que comunga da abordagem direta sobre o problema 1, comum aos demais é o representado na figura 10, que retoma o modelo atômico de Rutherford, e viabiliza a discussão sobre o papel das forças que fornecem a sensação física de que as coisas são sólidas, quando na verdade são em sua maior parte constituídas de espaço vazio. Enquanto o quadrinho apresentado na figura 11 é utilizado como representação para a continuidade da história e seguimento para a próxima etapa.



Figura 8: Possibilita discussão sobre a carga e nome das partículas atômicas.

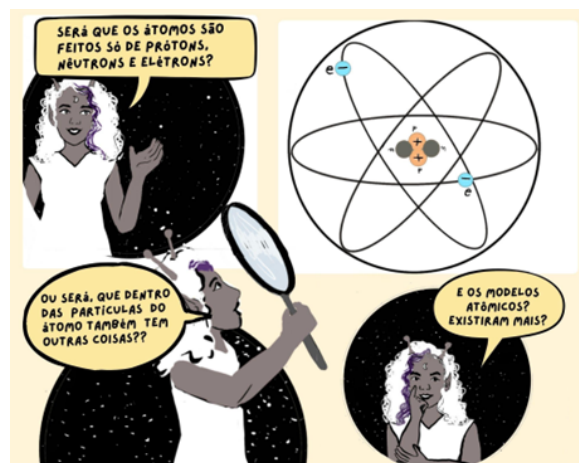


Figura 9: Quadrinho que já utiliza os conceitos que devem ser obtidos a partir do quadrinho anterior.

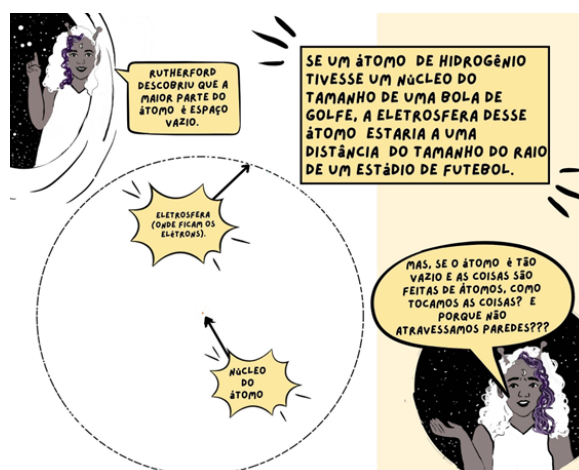


Figura 10: Ilustra o espaço vazio do átomo.



Figura 11: Ilustra o fechamento de uma etapa e a continuidade da história.

III.2. Problema 2: as teorias físicas podem prever matematicamente entes desconhecidos?

O problema 2 é introduzido no quadrinho apresentado na Figura 12, no qual é relatada a previsão teórica da antimatéria realizada por Paul Dirac em 1928 (Bassalo e Caruso, 2013). Esse quadrinho apresenta questões de natureza epistemológica e histórica que podem subsidiar, por meio da mediação didática do professor, discussões acerca de como são construídas as teorias físicas e qual o papel da matemática em sua formulação.

O quadrinho subsequente, apresentado na Figura 13, dá continuidade a essas questões ao ilustrar a detecção da primeira antipartícula quatro anos após sua previsão teórica. No contexto da mediação docente, essa situação de ensino pode ser explorada de modo a suscitar discussões sobre se a detecção do pósitron ocorreu em função de sua previsão teórica ou se seria possível independentemente dela. Tais discussões podem ser articuladas a diferentes vertentes epistemológicas, como o realismo e o instrumentalismo, cabendo ao professor destacar suas principais características, potencialidades e limites.

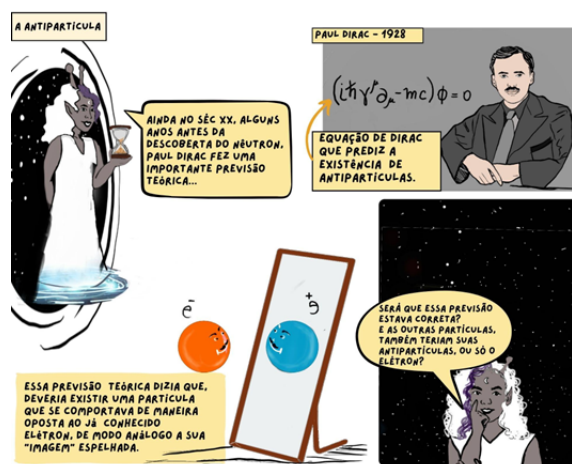


Figura 12: Ilustra a previsão teórica da antipartícula.



Figura 13: Ilustra a detecção experimental do pósitron.

O quadrinho seguinte, mostrado na Figura 14, tem como objetivo ilustrar a existência dos quarks². Embora essas partículas tenham sido previstas teoricamente e fortemente corroboradas por experimentos de altas energias (Bloom et al., 1969), elas não são detectadas como partículas livres, em virtude do fenômeno de confinamento descrito pela Cromodinâmica Quântica (Gross & Wilczek, 1973).

Esse fato pode levar novamente à questão sobre a construção das teorias físicas, relacionando a previsão teórica e detecção, prática que se tornou padrão na Física de Partículas: modelos teóricos preveem novas partículas e os físicos experimentais se dedicam a procurá-las (Reis, 2021, p. 195). Já o quadrinho seguinte, mostrado na figura 15, apresenta o modelo padrão³ das partículas elementares, possibilitando a discussão a respeito do que significa ser elementar de acordo com a Física. Além de propiciar reflexões, decorrentes do fato de que a previsão teórica das antipartículas por Paul Dirac e a posterior descoberta do pósitron abriram caminho para uma nova era de investigações experimentais em altas energias, contribuindo para o desenvolvimento da física de partículas moderna (Anderson, 1933). Suscitando novamente a questão epistemológica sobre se a detecção de um fenômeno dependeria necessariamente de uma teoria prévia que a oriente, ou se poderia ocorrer independentemente dela.

Tal reflexão conduz à crítica das concepções empírico-indutivistas da ciência, segundo as quais a observação e a experimentação seriam processos neutros, capazes de revelar os fenômenos independentemente de pressupostos teóricos. Nessa perspectiva, desconsidera-se o papel das teorias como referenciais que orientam a investigação e tornam possível a própria interpretação dos fenômenos (Pérez et al., 2002).

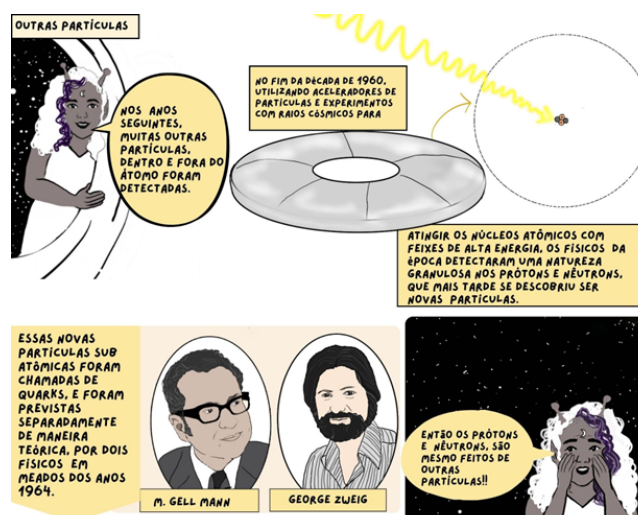


Figura 14: Ilustra a previsão teórica dos quarks.

²Os quarks estão sempre aprisionados no interior dos hádrons. Tal característica o torna diferente de todas as outras partículas elementares (Reis, 2021, p. 200).

³Embora seja um modelo eficaz e muito bem testado O modelo padrão não é uma teoria completa. Há mais coisas na estrutura da matéria, que no momento desconhecemos (Reis, 2021, p.304).

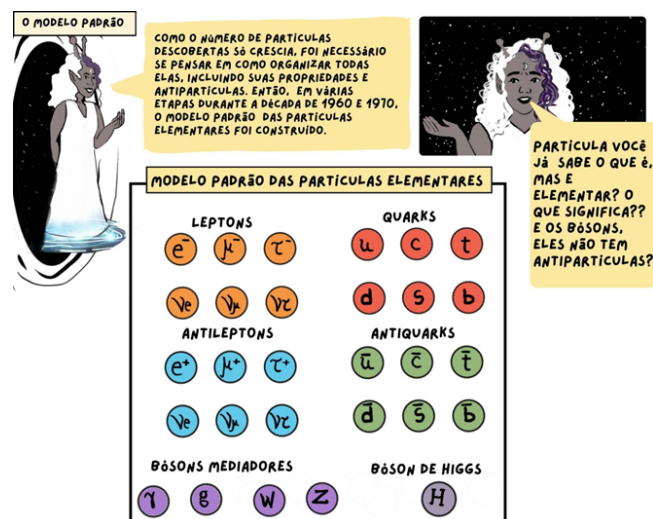


Figura 15: Ilustra a previsão teórica dos quarks.

III.3. Problema 3: anticoisas existem?

O problema apresentado na Figura 16 possibilita a discussão, em nível conceitual, da hipótese sobre a existência de antiátomos, compreendidos como estruturas formadas por antipartículas, que são por sua vez, produzidas naturalmente em processos como raios cósmicos e decaimentos nucleares (Griffiths, 2008). Entretanto, antiátomos como o anti-hidrogênio, são produzidos e confinados experimentalmente em laboratório por tempos limitados (Amoretti et al., 2002; Andresen et al., 2010). Até o momento, não há evidências observacionais de grandes quantidades de antimatéria cósmica em nosso entorno imediato (Kolb & Turner, 1990). O que aqui se denomina anticoisas refere-se a objetos hipoteticamente constituídos por antiátomos. A partir da Figura 17, a abordagem docente pode aprofundar o debate sobre o papel dos aceleradores de partículas na produção, detecção e estudo da instabilidade dessas estruturas, contribuindo para a compreensão do comportamento da antimatéria.

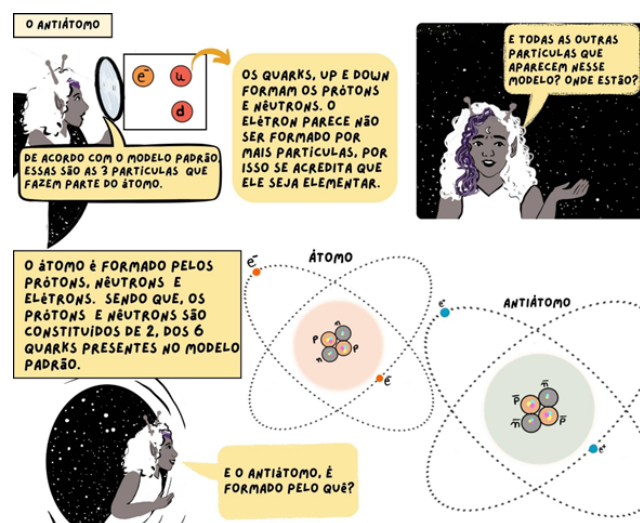


Figura 16: Representação ilustrativa clássica do átomo e de um antiátomo.



Figura 17: Ilustra a colisão entre partículas.

Além disso, o quadrinho evidencia que a antimatéria não se limita à produção controlada de antiátomos em laboratório. As antipartículas, detectadas em fenômenos como os raios cósmicos e em certas reações nucleares, constituem, por si mesmas, formas de antimatéria⁴. De modo análogo, as partículas que constituem os átomos, bem como aquelas detectadas fora deles, são entendidas como matéria, com exceção dos bósons associados às forças fundamentais descritas no Modelo Padrão, não sendo considerada, nesse contexto, a interação gravitacional⁵ (Gato Rivera, 2018). Essa abordagem contribui para superar a concepção equivocada de que a matéria se restringe apenas a objetos constituídos por átomos.



Figura 18: Ilustra outra problematização possível.

⁴Matéria e antimatéria são constituídas, respectivamente, por partículas e antipartículas, que podem estar organizadas em átomos ou antiátomos, ou ainda existir de forma isolada. Diferentemente dos átomos comuns, os antiátomos não ocorrem espontaneamente na natureza, sendo produzidos apenas sob condições específicas, como em experimentos laboratoriais. Antipartículas, como o pósitron, já constituem por si mesmas formas de antimatéria, assim como elétrons, isoladamente, já são formas de matéria.

⁵Na Física de partículas, assume-se que a interação gravitacional seja mediada por partículas hipotéticas denominadas grávitons; contudo, a confirmação experimental de sua existência permanece além das possibilidades atuais (Gato Rivera, 2018, p. 16).

III.4. Problema 4: o que acontece quando uma coisa encontra a sua anti-coisa?

No último problema propiciado pela HQ, a abordagem gira em torno do fenômeno de aniquilação entre matéria e antimatéria, conforme mostra a figura 19, processo no qual uma partícula e sua antipartícula se convertem em outras partículas - tipicamente fótons⁶ - com conservação de energia, momento linear, momento angular e carga elétrica (Gato Rivera, 2020). Esse fenômeno pode ser utilizado para discutir a relação existente entre massa e energia apresentada na teoria da relatividade de Einstein. Além disso, pode servir de base para aprofundar a discussão a respeito da formação de outras partículas devido a interação entre matéria e antimatéria. Os demais quadrinhos, decorrem desse principal problema. A figura 20, por exemplo, além de apresentar alguns contextos em que a antimatéria está presente no cotidiano, destaca sua ocorrência até mesmo nas bananas. Isso se deve ao fato de que substâncias radioativas naturais presentes em compostos orgânicos, como o potássio-40, emitem pósitrons que rapidamente se aniquilam ao interagir com elétrons do meio (Gato Rivera, 2020). Esse quadrinho pode possibilitar um debate crucial, sobre o aparente desaparecimento total da antimatéria primordial, a qual acredita-se que tenha tido origem, juntamente com a matéria, segundos após a criação do universo (Reis, 2021).

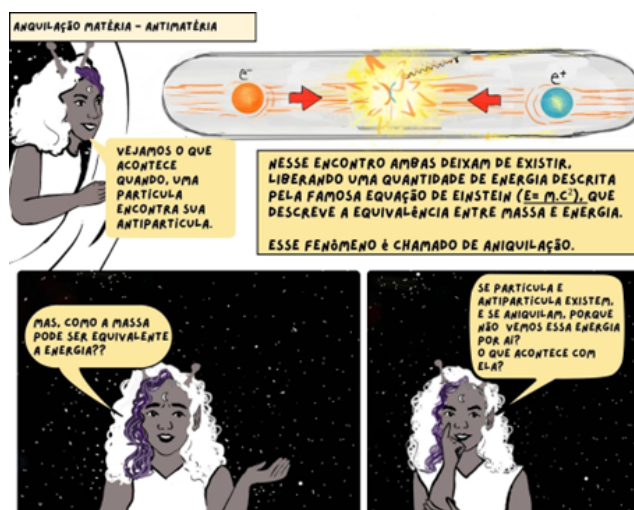


Figura 19: Ilustra o fenômeno da aniquilação entre pósitron e elétron.

⁶O exemplo mais simples é $e^- + e^+ \rightarrow \gamma + \gamma$ onde um elétron e um pósitron produzem dois fótons gama. Dois fótons são necessários (no referencial do centro de massa) para garantir a conservação do momento.



Figura 20: Ilustra a presença da antimatéria no cotidiano.

O quadrinho seguinte, mostrado na figura 21, além de apresentar as aplicações da antimatéria, propicia uma discussão sobre a energia liberada durante a interação matéria-antimatéria, bem como a dificuldade em torno de sua produção em larga escala (Gato Rivera, 2020).



Figura 21: Ilustra as aplicações da antimatéria.

O quadrinho mostrado na figura 22, retoma a discussão a respeito do desequilíbrio entre a matéria e a antimatéria, evidenciando o fato de que o fenômeno da aniquilação deveria ter extinguido as duas, mas a matéria prevaleceu (Gato Rivera, 2018). A discussão sobre esse quadrinho pode ser voltada para a ausência de uma explicação concreta, por parte da ciência para essa assimetria. Salientando que a solução desse mistério, pode contribuir para o entendimento sobre a criação do universo. O penúltimo quadrinho mostrado na figura 23, propõe a incompletude de algumas teorias científicas. Tal perspectiva aproxima-se de uma compreensão mais adequada da natureza da ciência, ao apresentá-la como um campo em constante construção, aberto a revisões e à contribuição coletiva de diferentes sujeitos,

incluindo o próprio leitor, em consonância com a crítica de Gil Pérez et al. (2001) às imagens dogmáticas e fechadas do conhecimento científico.



Figura 22: Ilustra assimetria entre matéria e antimatéria



Figura 23: Ilustra assimetria entre matéria e antimatéria.

Por fim, o último quadrinho é apenas ilustrativo para o fechamento da história.



Figura 24: Quadrinho de fechamento da história.

IV. CONCLUSÃO

Este trabalho teve como objetivo a apresentação de uma proposta didática, atrelada ao uso da linguagem dos quadrinhos, com potencial para auxiliar a prática docente na inserção de tópicos da Física Moderna Contemporânea. A antimatéria constituiu o principal tópico da proposta, com o intuito de favorecer a compreensão dos processos de formação e detecção de novas partículas, bem como de aspectos do próprio modelo padrão das partículas elementares.

Quando mobilizada à luz de teorias críticas de ensino e aprendizagem, a história em quadrinhos apresentada pode contribuir para discussões sobre o desenvolvimento do conhecimento científico e sua relação com o coletivo de pensamento cotidiano (Fleck, 2010), articulando aspectos da teoria de ensino emancipadora de Paulo Freire e elementos da concepção crítica sobre a natureza da ciência (Macedo, 2015, p.102). Nesse sentido, a HQ apresenta questões histórico-epistemológicas que podem desencadear debates sobre o processo de construção das teorias físicas e da natureza da ciência. Convém ressaltar a potencialidade da linguagem dos quadrinhos que, embora frequentemente, associada a um caráter recurso lúdico, pode ser elaborada de modo a preservar a coerência conceitual e o formalismo necessários às discussões sobre temas de Física Moderna, configurando-se como um instrumento cultural de mediação no ensino de Física.

Contudo, por se tratar de um trabalho que envolve tanto a área de Ensino de Física quanto a própria área de Física, ele não se restringe à sua utilização no Ensino Médio. Sua elaboração evidencia a necessidade de desenvolvimento de novas propostas metodológicas para o ensino de Física, que não se apoiem obrigatoriamente em uma linguagem inacessível ou excessivamente rebuscada e se encontrem disponíveis para auxiliar educadores na abordagem da Física Moderna e Contemporânea.

O material apresentado amplia o repertório de estratégias pedagógicas voltadas à mediação de conceitos complexos da Física e reafirma a relevância da produção de materiais didáticos que possibilitem a conciliação do rigor científico, a acessibilidade conceitual e as possibilidades da alfabetização científica.

Por fim, ressalta-se que o presente trabalho se limita à apresentação da HQ, o que abre espaço para a elaboração de uma sequência didática, atualmente em desenvolvimento, visando à sua aplicação em sala de aula. Dessa forma, espera-se avaliar se a proposta constitui, de fato, uma ferramenta didática eficaz para auxiliar a compreensão de tópicos da Física Moderna, em especial aqueles relacionados ao tema da antimatéria

Editora Responsável: Maria de Fátima da Silva Verdeaux

REFERÊNCIAS

AMERICAN INSTITUTE OF PHYSICS. Alpha particles and the atom. *Rutherford Nuclear World*, 2011. Disponível em: <<https://history.aip.org/exhibits/rutherford/sections/alpha-particles-atom.html>>. Acesso em: 19 mar. 2026.

- AMORETTI, M. *et al.* Production and detection of cold antihydrogen atoms. *Nature*, v. 419, p. 456-459, 2002. doi: <<https://doi.org/10.1038/nature01096>>.
- ANDERSON, C. D. The positive electron. *Physical Review*, v. 43, p. 491-494, 1933. doi: <<https://doi.org/10.1103/PhysRev.43.491>>.
- ANDRESEN, G. B. *et al.* Trapped antihydrogen. *Nature*, v. 468, p. 673-676, 2010. doi: <<https://doi.org/10.1038/nature09610>>.
- BASSALO, J. M. F.; CARUSO, F. *Dirac*. São Paulo: Livraria da Física, 2013.
- BLOOM, E. D.; DESTAEBLER, H.; COWARD, D. H.; DREES, J.; MO, L. W.; TAYLOR, R. E. High-Energy Inelastic e^-p Scattering at 6° and 10° . *Physical Review Letters*, v. 23, p. 930-934, 1969. doi: <<https://doi.org/10.1103/PhysRevLett.23.930>>.
- CASTILHO, C. M. C. Quando e como o homem começou a ver os átomos! *Revista Brasileira de Ensino de Física*, v. 25, n. 4, p. 364-373, 2003. doi: <<https://doi.org/10.1590/S1806-11172003000400013>>.
- CORRÊA, S. F.; MALAQUIAS, I. Análise de práticas experimentais para ciclo básico através da história em quadrinhos. *Research, Society and Development*, v. 11, n. 13, p. 1-9, 2022. doi: <<https://doi.org/10.33448/rsd-v11i13.35229>>.
- FLECK, L. *Gênese e desenvolvimento de um fato científico*. 1. ed. Belo Horizonte: Fabrefactum, 2010.
- GATO RIVERA, B. *Antimateria*. Madrid: CSIC; Los Libros de la Catarata, 2018.
- GATO RIVERA, B. La antimateria. *Revista Española de Física*, 2020.
- GIL PÉREZ, D. *et al.* Distorções conceituais dos atributos do som para uma imagem não deformada do trabalho científico. *Ciência & Educação*, v. 7, n. 2, p. 125-153, 2001.
- GRIFFITHS, D. J. *Introduction to Elementary Particles*. 2. ed. Weinheim: Wiley-VCH, 2008.
- GROSS, D. J.; WILCZEK, F. Asymptotically free gauge theories. *Physical Review D*, v. 8, p. 3633-3652, 1973. doi: <<https://doi.org/10.1103/PhysRevD.8.3633>>.
- JORGE, L.; PEDUZZI, L. O. Q. Entre (enlaces): uma história em quadrinhos sobre arteciência na formação de docentes e cientistas em física. *Revista Alexandria*, v. 15, n. 12, p. 166-187, 2022. doi: <<https://doi.org/10.5007/1982-5153.2022.e83532>>.
- JORGE, L.; PEDUZZI, L. O. Q. Art(sci)cular em quadrinhos: modos de estar e olhar o mundo contados por AJ Rabisco. *Revista Interdisciplinar Art & Sensorium*, v. 10, n. 2, p. 66-83, 2023.

doi: <<https://doi.org/10.33871/23580437.2023.10.2.66-83>>.

KOLB, E. W.; TURNER, M. S. *The Early Universe*. Redwood City: Addison-Wesley, 1990.

MACEDO, R. S. *O ensino de ciências por investigação e a prática pedagógica de professores licenciados no IF-UFBA*. f. –. Tese (Doutorado em Ensino de Ciências) Universidade Federal da Bahia; Universidade Estadual de Feira de Santana, Salvador, 2015.

MCCLOUD, S. *Desvendando os quadrinhos: a arte invisível*. Trad. H. Magalhães. São Paulo: M. Books do Brasil Editora, 1995.

MONTEIRO, M. A.; NARDI, R.; BASTOS-FILHO, J. B. Dificuldades dos professores em introduzir a física moderna no ensino médio: a necessidade de superação da racionalidade técnica nos processos formativos. In: NARDI, R. (Org.). *Ensino de ciências e matemática I: temas sobre a formação de professores*. São Paulo: Editora UNESP; Cultura Acadêmica, 2009. p. 145-159.

MOREIRA, M. A. Desafios no ensino da física. *Revista Brasileira de Ensino de Física*, v. 43, n. esp., p. e20200451, 2021. doi: <<https://doi.org/10.1590/1806-9126-RBEF-2020-0451>>.

MOURA, K. M. T. *Histórias em quadrinhos: das origens ao uso na sala de aula*. f. 19. Trabalho de Conclusão de Curso (Licenciatura em Pedagogia) Universidade Estadual da Paraíba, Guarabira, 2012.

OLIVEIRA, C. C. *A antimatéria em quadrinhos: uma proposta para o ensino de Física moderna*. Trabalho de Conclusão de Curso (Licenciatura em Física) Instituto Federal da Bahia, Salvador, 2023. Disponível em: <https://suap.ifba.edu.br/media/edu/projeto_final/TCC-Camila_Oliveira_-_Corrigido_final.pdf>. Acesso em: 5 fev. 2026.

OLIVEIRA, L. J. G.; PIUZANA, T. M. Uso de quadrinhos como recurso para a sistematização de conceitos no ensino de ciências por investigação. *Research, Society and Development*, v. 9, n. 8, p. e656986086, 2020. doi: <<https://doi.org/10.33448/rsd-v9i8.6086>>.

PAIVA, R. A. S. *A importância do uso de cartuns como ferramentas auxiliares no ensino de conceitos de mecânica quântica no ensino médio*. 88 f. Dissertação (Mestrado em Ensino de Física) Universidade de Brasília, Brasília, 2015.

PÉREZ, D. G.; MONTORO, I. F.; CARRASCOSA, J.; CACHAPUZ, A.; PRAIA, J. Visiones deformadas de la ciencia transmitidas por la enseñanza. *Enseñanza de las Ciencias*, v. 20, n. 3, p. 477-488, 2002.

PESSOA, A. R. *A linguagem das histórias em quadrinhos: definições, elementos e gêneros*. João Pessoa: Editora da UFPB, 2016.

PIETROCOLA, M. *A atualização dos currículos de física da escola média: um estudo em condições reais de sala de aula analisado a partir da teoria da transposição didática*. f. –. Tese (Doutorado em Educação) Universidade de São Paulo, São Paulo, 2006. doi: <<https://doi.org/10.11606/T.48.2006.tde-21032007-113104>>.

PRADO, N. C.; CEZAR, K. P. L. “Nona arte”: fonte inesgotável para investigações teóricas e práticas na área de Letras. *Revista X*, v. 15, n. 2, p. 1-11, 2020. doi: <<https://doi.org/10.5380/rvx.v15i2.73661>>.

REIS, A. C. *Partículas para todos: o mundo microscópico ao alcance da mão*. 1. ed. [S.l.]: Amazon.com, 2021.

SANTANA, F. B.; SOUZA, H. C. Sobre a plausibilidade da hipótese da metáfora epistêmica em âmbito intracientífico: o conceito do spin do elétron como estudo de caso. *Caderno Brasileiro de Ensino de Física*, v. 41, n. 2, p. 339-363, 2024.

SANTOS, A. P.; NEVES, A. R. C. Quadrinhos, cultura e sociedade: contribuições das narrativas sequenciais para formação do leitor. *RDBCI: Revista Digital de Biblioteconomia e Ciência da Informação*, v. 20, p. e022002, 2022. doi: <<https://doi.org/10.20396/rdbci.v20i00.8667789>>.

SOUZA, R. S. Análise das contribuições da escola de física CERN no contexto do ensino médio (20102022). *Revista Brasileira de Ensino de Física*, v. 45, p. e20230124, 2023. doi: <<https://doi.org/10.1590/1806-9126-RBEF-2023-0124>>.

TERRAZZAN, A. A inserção da física moderna e contemporânea no ensino de física na escola de 2º grau. *Caderno Catarinense de Ensino de Física*, v. 9, n. 3, p. 209-214, 1992.

VERGUEIRO, W. Histórias em quadrinhos e serviços de informação: um relacionamento em fase de definição. *DataGramaZero: Revista de Ciência da Informação*, v. 6, n. 2, p. 1-13, 2005.

VERGUEIRO, W.; RAMOS, P.; CHINEN, N. *Os pioneiros no estudo de quadrinhos no Brasil*. São Paulo: Criativo, 2013.

VIEIRA, T. C. *et al.* As histórias em quadrinhos como recurso pedagógico para o ensino de ciências. *Revista Ibero-Americana de Humanidades, Ciências e Educação*, v. 10, n. 3, p. 283-303, 2024. doi: <<https://doi.org/10.51891/rease.v10i3.20274>>.