

A PONTE DE EINSTEIN–ROSEN COMO RECURSO DIDÁTICO NO ENSINO DE FÍSICA MODERNA E CONTEMPORÂNEA

DIAS, R. N.¹; PEDROSO, Z. M.¹; NEVES da SILVA, J. R.¹

¹ADHIMAR FLÁVIO OLIVEIRA

¹adhimarflavio@unifei.edu.br

¹PET – CONEXÃO DE SABERES – FORMAÇÃO DE PROFESSORES EM CIÊNCIAS EXATAS, UNIFEI
Universidade Federal de Itajubá (UNIFEI)

RESUMO: O projeto apresenta uma proposta didática para o ensino de Física Moderna e Contemporânea no Ensino Médio, centrada na construção e utilização de uma maquete representando a Ponte de Einstein–Rosen. Desenvolvido no âmbito do PET – Formação de Professores em Ciências Exatas da Unifei, o trabalho busca explorar conceitos da Relatividade Geral, como curvatura do espaço-tempo, buracos negros e buracos brancos, por meio de uma atividade experimental de baixo custo. A metodologia envolve a participação de estudantes do terceiro ano na concepção, construção e aplicação da maquete em uma sequência didática voltada aos alunos do primeiro ano, estruturada em três etapas: diagnóstico conceitual, aula expositiva dialogada e reaplicação avaliativa. Fundamentada em princípios de mediação pedagógica e aprendizagem por representação, a proposta visa promover a compreensão conceitual de fenômenos complexos a partir da visualização e manipulação de modelos físicos. Os resultados incluem maior engajamento dos estudantes e consolidação de noções introdutórias da Relatividade Geral. A iniciativa reforça o potencial das práticas experimentais acessíveis no ensino de Física Moderna e destaca a importância da integração entre formação docente e ensino básico para a difusão de conteúdos científicos contemporâneos.

Palavras-chave: *Física Moderna e Contemporânea na Educação Básica; Material Didático; Cosmologia; Buracos Negros*

THE EINSTEIN–ROSEN BRIDGE AS A TEACHING RESOURCE IN THE EDUCATION OF MODERN AND CONTEMPORARY PHYSICS

ABSTRACT : The project presents a didactic proposal for teaching Modern and Contemporary Physics in high school, centered on the construction and use of a model representing the Einstein–Rosen Bridge. Developed within the PET – Teacher Training Program in Exact Sciences at Unifei, the work aims to explore concepts of General Relativity, such as spacetime curvature, black holes, and white holes, through a low-cost experimental activity. The methodology involves third-year students in the design, construction, and implementation of the model in a didactic sequence directed toward first-year students, structured in three stages: conceptual diagnosis, dialogued lecture, and evaluative reassessment. Grounded in principles

- (a) Área do conhecimento de enquadramento (CNPq): Ciências Exatas e da Terra – Física
- (b) Sintonia com ecossistema de inovação do CCT/PR: Educação, Sociedade & Economia – Transformação Digital
- (c) Objetivos do Desenvolvimento Sustentável (ODS) relacionados: ODS 4 – Educação de Qualidade

INTELIGÊNCIA ARTIFICIAL E DIREITOS HUMANOS: DESAFIOS ÉTICOS PARA O SÉCULO XXI

of pedagogical mediation and learning through representation, the proposal seeks to promote conceptual understanding of complex phenomena through the visualization and manipulation of physical models. The results include increased student engagement and consolidation of introductory notions of General Relativity. The initiative highlights the potential of accessible experimental practices in teaching Modern Physics and emphasizes the importance of integrating teacher training and basic education for the dissemination of contemporary scientific knowledge.

Keywords: *Modern and Contemporary Physics in Basic Education; Teaching Material; Cosmology; Black Holes*

1 INTRODUÇÃO

A Física Moderna e Contemporânea (FMC) desempenha papel fundamental no avanço científico e tecnológico, abrangendo desde a estrutura subatômica da matéria até fenômenos cosmológicos em grande escala. Apesar de sua relevância, sua presença no Ensino Médio (EM) é frequentemente limitada a abordagens superficiais, comprometendo a profundidade da compreensão dos estudantes (Dominguini, 2012). A introdução desses conteúdos é essencial para promover uma formação crítica e atualizada, conectando os alunos às descobertas científicas que impactam diretamente a sociedade contemporânea (Oliveira; Vianna; Gerbassi, 2007).

Neste contexto, o PET - Formação de Professores em Ciências Exatas da Unifei, por meio do Espaço Interciências, tem se dedicado à divulgação científica e à formação pedagógica de licenciandos. Atuando como um centro de ensino não formal, o PET desenvolve atividades que aproximam os estudantes do Ensino Médio dos conceitos avançados da Física, utilizando recursos didáticos inovadores e metodologias ativas.

A proposta apresentada visa integrar teoria e prática no ensino de FMC, entendendo que a aprendizagem efetiva ocorre quando os conceitos teóricos são articulados a experiências concretas que materializam ideias abstratas. Por meio da construção da maquete didática da Ponte de Einstein–Rosen, também conhecida como buraco de minhoca (Thorne, 1995), busca-se explorar a curvatura do espaço-tempo, buracos negros e buracos brancos, oferecendo aos alunos a oportunidade de observar e manipular representações físicas que tornam tangíveis fenômenos complexos. Essa abordagem favorece a construção de conhecimento significativo, estimulando tanto a curiosidade quanto a capacidade de análise crítica diante de situações teóricas e experimentais (Nunes, 2020).



INTELIGÊNCIA ARTIFICIAL E DIREITOS HUMANOS: DESAFIOS ÉTICOS PARA O SÉCULO XXI

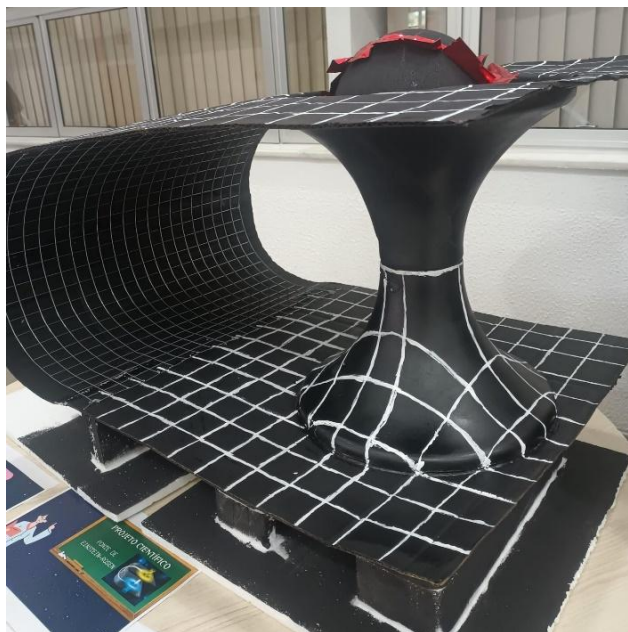
A atividade que será desenvolvida parte da construção de uma maquete da ponte de Einstein-Rosen por alunos do terceiro ano do Ensino Médio de uma escola estadual no sul de Minas Gerais. Os alunos foram responsáveis pelo estudo deste fenômeno físico, das teorias envolvidas com auxílio de professor e estagiário, da projeção e construção da maquete, que será posteriormente utilizada como material didático para o ensino desta ideia aos outros alunos da escola.

A aplicação didática foi estruturada em três etapas complementares, que estão em fase de desenvolvimento. Primeiramente, os estudantes responderão a um questionário diagnóstico com quatro perguntas sobre os conceitos de buraco de minhoca, buraco negro, buraco branco e espaço-tempo, com o objetivo de identificar seus conhecimentos prévios. Em seguida, será realizada uma aula expositiva dialogada, apoiada por slides e pela maquete construída, buscando transformar a curiosidade inicial em uma curiosidade epistemológica, entendida como a disposição crítica e investigativa diante do conhecimento (Freire, 2014). Por fim, o mesmo questionário será reaplicado, permitindo comparar as respostas e avaliar os avanços conceituais alcançados.

A construção da maquete, realizada com materiais reaproveitados e de fácil obtenção, destaca-se pela simplicidade e clareza visual. O corpo principal, representando a hipérbole de revolução da Ponte de Einstein–Rosen, foi feito com papelão em formato de “U” para ilustrar a curvatura do espaço-tempo. Os buracos negro e branco foram representados por esferas de isopor pintadas, destacando os dois polos conectados pela ponte. Essa construção prática favorece a visualização de conceitos abstratos e estimula o engajamento dos estudantes.

Figura 1 – Maquete representando a Ponte de Einstein–Rosen (buraco de minhoca), construída com materiais recicláveis e de baixo custo, ilustrando a curvatura do espaço-tempo e a conexão entre os buracos negro e branco

INTELIGÊNCIA ARTIFICIAL E DIREITOS HUMANOS: DESAFIOS ÉTICOS PARA O SÉCULO XXI



Fonte: Autoria própria (2025).

Ao longo da atividade, os alunos compreendem de forma introdutória os fundamentos da Física Moderna e percebem sua presença em fenômenos astronômicos e tecnológicos do cotidiano. Além disso, a experiência estimula a curiosidade científica, o raciocínio crítico e a capacidade de relacionar conceitos abstratos a situações concretas, promovendo uma compreensão aprofundada e alinhada às orientações curriculares (Franco, 2018; Freire, 2014).

2 MÉTODOS

O trabalho será desenvolvido por meio da construção, pelos alunos do terceiro ano, de uma maquete representando a ponte de Einstein–Rosen, realizada sob orientação dos professores e mediadores do projeto. A apresentação será conduzida pelos próprios alunos do terceiro ano, utilizando diferentes linguagens de forma integrada: a linguagem oral, para a explicação teórica; a linguagem gestual, para indicar e destacar elementos da maquete; e a linguagem visual e material da maquete, que funciona como recurso didático central. Essa abordagem fundamenta-se nas ideias de Vygotsky, que enfatiza a importância da mediação simbólica, permitindo que diferentes formas de representação auxiliem na construção do conhecimento (Vygotsky *et al.*, 1984).

Após a exposição inicial, os alunos do primeiro ano serão convidados a se aproximar da maquete, observar seus detalhes, fazer perguntas e expressar suas interpretações. O incentivo à participação ativa busca favorecer a aprendizagem colaborativa e a construção de conceitos de forma crítica (Ausubel, 2003). Nesse momento, a equipe do projeto atuará como mediadora,

**INTELIGÊNCIA ARTIFICIAL E DIREITOS HUMANOS:
DESAFIOS ÉTICOS PARA O SÉCULO XXI**

guiando discussões, esclarecendo dúvidas e estimulando o raciocínio, sem fornecer respostas prontas.

Para organizar e sistematizar as etapas da intervenção pedagógica, foi elaborado o Quadro 1, que apresenta o procedimento adotado em cada fase da aplicação didática, os objetivos correspondentes e os instrumentos de análise utilizados. Essa estrutura permite acompanhar o desenvolvimento da proposta e avaliar qualitativamente o engajamento e a aprendizagem dos estudantes ao longo do processo.

Quadro – 1 Etapas da aplicação didática sobre a Ponte de Einstein–Rosen

Etapa	Procedimento	Objetivo	Instrumento de Análise
1	Aplicação de um questionário diagnóstico sobre conceitos de física moderna	Indicar conhecimentos prévios sobre conceitos de Física Moderna	Registro das respostas dos Alunos
2	Aula expositiva dialogada, com apoio de slides e a visualização da maquete	Promover a compreensão de temas como: Buraco Branco, Buraco de Minhoca, Buraco Negro e Espaço-tempo	Observação de participação e engajamento
3	Reaplicação do questionário para avaliar a aprendizagem	Avaliar avanços na aprendizagem após a intervenção pedagógica	Comparação entre respostas iniciais e finais

Fonte: Autoria própria (2025).

3 FUNDAMENTOS TEÓRICOS: BURACOS DE MINHOCA, BURACOS NEGROS E A CURVATURA DO ESPAÇO-TEMPO



INTELIGÊNCIA ARTIFICIAL E DIREITOS HUMANOS: DESAFIOS ÉTICOS PARA O SÉCULO XXI

O buraco de minhoca é uma solução teórica da Relatividade Geral que ligaria dois pontos do espaço-tempo, como um “atalho” cósmico (MORRIS; THORNE, 1988). Sua existência não foi confirmada e a estabilidade exigiria matéria exótica, com energia negativa (Viser, 1995). Já o buraco negro, previsto pela mesma teoria, foi confirmado por ondas gravitacionais (Abbot *et al.*, 2016) e imagens do Event Horizon Telescope (EHT Collaboration, 2019). Ele se forma pelo colapso de estrelas massivas ou fusão de outros buracos negros, sendo essencial para testar a Relatividade Geral e explorar ligações com a Física Quântica (Thorne, 1995). Essa teoria, proposta por Einstein em 1915, descreve a gravidade como curvatura do espaço-tempo causada por massa e energia (Einstein, 1916), capaz de criar regiões de não retorno ou atalhos cósmicos. A ponte de Einstein–Rosen, formulada em 1935 (Einstein; Rosen, 1935), conecta dois buracos negros simetricamente, mas seria instável e se fecharia rapidamente (Fuller; Wheeler, 1962). O buraco branco, por sua vez, é considerado a solução temporalmente inversa do buraco negro, caracterizando uma região do espaço-tempo de onde a matéria e a radiação apenas emergem, sem possibilidade de entrada, sendo também uma consequência teórica das equações da Relatividade Geral (Hawking; Ellis, 1973). Ainda assim, inspirou versões atravessáveis (Morris; Thorne; Yurtsever, 1988) e permanece central nas discussões sobre topologia e causalidade do universo.

3.1 ETAPAS DE CONCEPÇÃO E CONSTRUÇÃO DA MAQUETE

A maquete foi construída a partir de materiais de baixo custo e reaproveitados, com o objetivo de representar de forma didática a geometria da Ponte de Einstein–Rosen e a curvatura do espaço-tempo. O corpo principal do modelo, correspondente à hipérbole de revolução que caracteriza a estrutura teórica da ponte, foi confeccionado utilizando uma banquetta reaproveitada como base estrutural, recoberta por papelão moldado em formato de “U”, a fim de evidenciar a deformação espacial gerada pela gravidade. As regiões correspondentes ao buraco negro e ao buraco branco foram representadas por esferas de isopor de 17 cm de diâmetro, fixadas com cola quente e recobertas com tinta acrílica e spray, de modo a garantir contraste visual e coerência com a descrição teórica do modelo.

A utilização de materiais recicláveis e economicamente acessíveis está em consonância com estratégias pedagógicas que valorizam a sustentabilidade e a inclusão educacional, demonstrando que a representação de fenômenos complexos da Física Moderna pode ser alcançada sem o uso de tecnologias de alto custo (Keller; Bustamante, 2016). Além de atender a critérios de clareza e funcionalidade didática, a confecção artesanal do modelo favoreceu o

INTELIGÊNCIA ARTIFICIAL E DIREITOS HUMANOS: DESAFIOS ÉTICOS PARA O SÉCULO XXI

envolvimento ativo dos discentes e a construção concreta do conhecimento científico, articulando teoria e prática na mediação do ensino-aprendizagem em Física.

A Figura 2 apresenta os estudantes autores do projeto acompanhados pelo orientador, durante a exposição da maquete didática da Ponte de Einstein–Rosen na Mostra de Materiais Didáticos do V SIMPEDUC 2025, realizado na Unifei). Essa mostra compôs uma das sessões do evento, que também incluiu oficinas, palestras e apresentações de trabalhos científicos. A participação dos alunos nesse espaço promoveu a socialização de experiências pedagógicas inovadoras e o compartilhamento de práticas voltadas ao ensino de Física Moderna, evidenciando o potencial formativo e interdisciplinar da proposta.

Figura 2 – Estudantes e orientador apresentando a maquete didática da Ponte de Einstein–Rosen na Mostra de Materiais Didáticos do V SIMPEDUC 2025, Unifei.



Fonte: Autoria própria (2025).

CONSIDERAÇÕES FINAIS

O presente projeto busca preencher uma lacuna no ensino de Física Moderna nas escolas públicas, propondo uma abordagem que integra teoria, prática e mediação pedagógica para tornar conceitos complexos mais compreensíveis e instigantes para os estudantes. A utilização da maquete didática da Ponte de Einstein–Rosen, combinada à aula expositiva dialogada e ao questionário diagnóstico, fundamenta-se em uma perspectiva educativa que valoriza a curiosidade epistemológica (Freire, 2014) e a construção coletiva do conhecimento, em consonância com a BNCC.

Ao abordar temas como buracos de minhoca, buracos negros, buracos brancos e a curvatura do espaço-tempo, o trabalho apresenta tópicos da Física Moderna de maneira visual e interativa, despertando o interesse dos alunos e promovendo o desenvolvimento do raciocínio



INTELIGÊNCIA ARTIFICIAL E DIREITOS HUMANOS: DESAFIOS ÉTICOS PARA O SÉCULO XXI

científico. A maquete, construída de forma artesanal com materiais reutilizados e de fácil obtenção, demonstra que fenômenos complexos podem ser representados de maneira simples, criativa e sustentável, reforçando o papel do professor como mediador do aprendizado.

A construção da maquete pelos alunos do terceiro ano representa um primeiro passo bem-sucedido na operacionalização da sequência didática. Os próximos passos incluem a condução da aula para os estudantes do primeiro ano e a aplicação do questionário diagnóstico, o que permitirá avaliar a compreensão dos conceitos abordados e o engajamento dos alunos. Espera-se que essa etapa contribua para fortalecer a investigação crítica, consolidar o entendimento dos fundamentos da Física Moderna e evidenciar que conteúdos avançados podem ser trabalhados de maneira interdisciplinar, contextualizada e formativa.

AGRADECIMENTOS

Agradecemos ao MEC pelo financiamento do Programa de educação Tutorial: PET – Formação de Professores em Ciências Exatas, Unifei.

REFERÊNCIAS

ABBOTT, B. P. *et al.* Observation of gravitational waves from a binary black hole merger. **Physical Review Letters**, v. 116, n. 6, p. 061102, 2016.

AUSUBEL, David P. Aquisição e retenção de conhecimentos: uma perspectiva cognitiva. Lisboa: **Plátano Edições Técnicas**, 2003.

DOMINGUINI, Lucas. Física moderna no Ensino Médio: com a palavra os autores dos livros didáticos do PNLEM. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v. 34, p. 2502, 2012.

EHT COLLABORATION. First M87 Event Horizon Telescope Results. I. The Shadow of the Supermassive Black Hole. **The Astrophysical Journal Letters**, v. 875, n. 1, p. L1, 2019.

EINSTEIN, Albert. Die Grundlage der allgemeinen Relativitätstheorie. **Annalen der Physik**, v. 354, n. 7, p. 769-822, 1916.

EINSTEIN, Albert; ROSEN, Nathan. The particle problem in the general theory of relativity. **Physical Review**, v. 48, n. 1, p. 73-77, 1935.

FRANCO, Donizete Lima. A importância da sequência didática como metodologia no ensino da disciplina de física moderna no ensino médio. **Revista triângulo**, v. 11, n. 1, p. 151-162, 2018.

**INTELIGÊNCIA ARTIFICIAL E DIREITOS HUMANOS:
DESAFIOS ÉTICOS PARA O SÉCULO XXI**

FREIRE, Paulo. *Pedagogia da autonomia: saberes necessários à prática educativa*. Editora Paz e terra, 2014.

FULLER, R. W.; WHEELER, J. A. Causality and multiply connected space-time. **Physical Review**, v. 128, p. 919-929, 1962.

HAWKING, Stephen W.; ELLIS, George FR. *The large scale structure of space-time*. Cambridge university press, 2023.

KELLER, Vitor; BUSTAMANTE, Cláudio. Uso de materiais de baixo custo no ensino de Física. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v. 38, n. 3, e3502, 2016.

MORRIS, Michael S.; THORNE, Kip S. Wormholes in spacetime and their use for interstellar travel: a tool for teaching general relativity. **American Journal of Physics**, v. 56, n. 5, p. 395-412, 1988.

MORRIS, Michael S.; THORNE, Kip S.; YURTSEVER, Ulvi. Wormholes, time machines, and the weak energy condition. **Physical Review Letters**, v. 61, n. 13, p. 1446-1449, 1988.

NUNES, Guilherme Emerim. *Relatividade geral e buracos de minhoca: uma proposta de ensino e divulgação científica por meio do super-herói Thor*. **Repositório Institucional IFSC**, 2020.

OLIVEIRA, Fabio Ferreira de; VIANNA, Deise Miranda; GERBASSI, Reuber Scofano. Física moderna no ensino médio: o que dizem os professores. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v. 29, p. 447-454, 2007.

THORNE, Kip S. *Black holes & time warps: Einstein's outrageous legacy*. New York: W. W. Norton & Company, 1995.

VISER, Matt. *Lorentzian wormholes: from Einstein to Hawking*. Woodbury: AIP Press, 1995.

YIGOTSKY, Lev Semenovich *et al.* *A formação social da mente*. 3. ed. São Paulo: Martins Fontes, 1984.