



FUNDAÇÃO UNIVERSIDADE FEDERAL DE MATO GROSSO DO SUL
INSTITUTO DE FÍSICA



Nícolas Cunha Olive

UNIDADE DE ENSINO POTENCIALMENTE SIGNIFICATIVA
SOBRE ASTRONOMIA ESTELAR

Campo Grande/MS

2025

Nícolas Cunha Olive

**UNIDADE DE ENSINO POTENCIALMENTE SIGNIFICATIVA SOBRE
ASTRONOMIA ESTELAR**

Trabalho de Conclusão de Curso
apresentado ao Curso de Física
Licenciatura da Universidade Federal
de Mato Grosso do Sul como requisito
parcial para a obtenção do **grau Físico
Licenciado.**

Orientadora: Prof^a Dr^a Lisiane Barcellos Calheiro

Coorientador: Prof. Dr. Prof. Hamilton Perez Soares Corrêa

Campo Grande/MS

2025

Nícolas Cunha Olive

Proposta de Uma Unidade de Ensino Potencialmente Significativa sobre
Astronomia Estelar

Este Trabalho de Conclusão de Curso foi aprovado para obtenção do Título de
Licenciado em Física.

Campo Grande, 2 de dezembro de 2025

Banca Examinadora:

Prof.^a Dra. Lisiane Barcellos Calheiro

Orientadora

Universidade Federal de mato Grosso do Sul

Prof. Dr. Além-Mar Bernardes Gonçalves

Universidade Federal de Mato Grosso do Sul

Prof. Ms. Bruno de Andrade Martins

Secretaria do Estado de MS



Serviço Público Federal
Ministério da Educação

Fundação Universidade Federal de Mato Grosso do Sul



ATA DE SESSÃO DE AVALIAÇÃO

Aos dois dias do mês de dezembro do ano de 2025 reuniu-se a banca avaliadora do Trabalho de Conclusão de Curso formada pelos membros Lisiane Barcellos Calheiro (orientador), Hamilton Perez Soares Corrêa (Coorientador), Além-Mar Bernardes Gonçalves e Bruno de Andrade Martins para, sob a presidência do primeiro, avaliar o trabalho de Conclusão de Curso do Curso de Física Licenciatura, do acadêmico Nícolas Cunha Olive (2022.2403.007-7), intitulado "UNIDADE DE ENSINO POTENCIALMENTE SIGNIFICATIVA SOBRE ASTRONOMIA ESTELAR". Após a apresentação oral do trabalho pelo acadêmico e a avaliação pelos membros da banca avaliadora, o mesmo foi considerado:

- (X) Aprovado.
() Reprovado, com nova defesa dentro de 30 dias.

Observações:

- () Reprovado.

Campo Grande, 02 de dezembro de 2025.

Lisiane Barcellos Calheiro (Presidente)

Hamilton Perez Soares Corrêa (Membro Titular)

Além-Mar Bernardes Gonçalves (Membro Titular)

Bruno de Andrade Martins (Membro Titular)

Nícolas Cunha Olive (Acadêmico)

NOTA
MÁXIMA
NO MEC

UFMS
É 10!!!



Documento assinado eletronicamente por **Lisiane Barcellos Calheiro, Professora do Magistério Superior**, em 02/12/2025, às 18:16, conforme horário oficial de Mato Grosso do Sul, com fundamento no § 3º do art. 4º do [Decreto nº 10.543, de 13 de novembro de 2020](#).

NOTA
MÁXIMA
NO MEC

UFMS
É 10!!!



Documento assinado eletronicamente por **Alem Mar Bernardes Gonçalves, Professor do Magisterio Superior**, em 03/12/2025, às 11:46, conforme horário oficial de Mato Grosso do Sul, com fundamento no § 3º do art. 4º do [Decreto nº 10.543, de 13 de novembro de 2020](#).

NOTA
MÁXIMA
NO MEC

UFMS
É 10!!!



Documento assinado eletronicamente por **Nícolas Cunha Olive, Usuário Externo**, em 04/12/2025, às 07:16, conforme horário oficial de Mato Grosso do Sul, com fundamento no § 3º do art. 4º do [Decreto nº 10.543, de 13 de novembro de 2020](#).

NOTA
MÁXIMA
NO MEC

UFMS
É 10!!!



Documento assinado eletronicamente por **Bruno de Andrade Martins, Usuário Externo**, em 04/12/2025, às 09:22, conforme horário oficial de Mato Grosso do Sul, com fundamento no § 3º do art. 4º do [Decreto nº 10.543, de 13 de novembro de 2020](#).

NOTA
MÁXIMA
NO MEC

UFMS
É 10!!!



Documento assinado eletronicamente por **Hamilton Perez Soares Correa, Professor do Magisterio Superior**, em 04/12/2025, às 10:31, conforme horário oficial de Mato Grosso do Sul, com fundamento no § 3º do art. 4º do [Decreto nº 10.543, de 13 de novembro de 2020](#).



A autenticidade deste documento pode ser conferida no site https://sei.ufms.br/sei/controlador_externo.php?acao=documento_conferir&id_orgao_acesso_externo=0, informando o código verificador **6075440** e o código CRC **517848A5**.

AGRADECIMENTOS

Rendo primeiramente graças a Deus, Uno e Trino, princípio e fim de todas as coisas visíveis e invisíveis, Criador e sustentador do universo. A Ele, que em Sua infinita misericórdia me concedeu o dom precioso da vida, o sopro da inteligência e a perseverança necessária para concluir esta obra, dedico todo o fruto deste labor. Louvado seja o Senhor Jesus Cristo, Redentor do gênero humano, cuja cruz é luz para os que pelejam nas sendas do conhecimento e da fé. À Sua Santíssima Mãe, a sempre Virgem Maria, Sede da Sabedoria e Estrela da Evangelização, consagro este trabalho, rogando que interceda junto ao Seu Filho por todos aqueles que buscam a verdade com reta intenção.

Agradeço, de modo especial, à minha esposa Júlia, companheira fiel e sustento nas horas de cansaço, cuja ternura e constância foram bálsamo e fortaleza em meio às lidas desta jornada. Sem seu amor e dedicação, tudo seria mais árduo e talvez estéril. Aos meus pais, agradeço por cada gesto de paciência, por cada sacrifício e por terem sido o solo fecundo onde germinaram os valores que sustentam minha vida.

Aos meus orientadores, cuja sabedoria e paciência foram instrumentos da graça, manifesto sincera gratidão. Suas correções e conselhos foram faróis que guiaram o rumo deste estudo. Aos amigos e colegas de caminhada, que compartilharam comigo o peso e a beleza desta empreitada, deixo minha amizade e apreço. Em sua companhia, a peleja diária tornou-se mais leve, e o cansaço, menos severo.

Por fim, elevo este trabalho como um humilde tributo à maior de todas as verdades: que sem Deus nada existe, nada prospera e nada tem sentido. A Ele toda honra, toda glória e todo louvor, agora e por todos os séculos dos séculos.

Omnia in bonum.

RESUMO

Este Trabalho de Conclusão de Curso apresenta a proposição e fundamentação teórica de uma Unidade de Ensino Potencialmente Significativa (UEPS) sobre Astronomia Estelar, visando oferecer um modelo didático estruturado para promover a aprendizagem significativa de estudantes do Ensino Médio. A pesquisa, de natureza qualitativa e aplicada, foi desenvolvida a partir de uma revisão de literatura que evidenciou a fragmentação do conhecimento e a carência de materiais didáticos coerentes como desafios pedagógicos na área de Astronomia e Astrofísica. O referencial teórico da proposta está ancorado na Teoria da Aprendizagem Significativa de David Ausubel e na metodologia de construção de UEPS de Marco Antônio Moreira. A UEPS aborda conceitos como Magnitude Aparente e Absoluta, Luminosidade, Radiação de Corpo Negro, o Diagrama Hertzsprung-Russell e a Evolução Estelar. O modelo didático é centrado na progressão conceitual, partindo da Situação-Problema Introdutória e utilizando o ciclo evolutivo do Sol como ponto de reconciliação integrativa para unificar as propriedades físicas das estrelas. A UEPS, desenhada para o 1º Ano do Ensino Médio e totalizando 9 horas-aula, encontra-se em consonância com as competências e habilidades da Base Nacional Comum Curricular. Desse modo, o trabalho se estabelece como um recurso didático potencial para a abordagem da Astronomia Estelar na Educação Básica e ampliando as possibilidades de ensino dessa área no contexto escolar. Uma limitação desse trabalho é a não aplicabilidade em sala de aula com coleta de resultados, pelo fato de ser apenas uma proposta.

Palavras-chave: Astrofísica; Aprendizagem Significativa; Ensino de Física; Ensino de Astronomia; Sequência Didática.

ABSTRACT

This Undergraduate Thesis presents the proposition and theoretical foundation of a Potentially Meaningful Teaching Unit (PMTU) on Stellar Astrophysics, aiming to provide a structured didactic model to promote meaningful learning for High School students. The research, of a qualitative and propositional nature, was developed based on a literature review that highlighted the fragmentation of knowledge and the lack of coherent teaching materials as pedagogical challenges in the field of Astronomy and Astrophysics. The theoretical framework of the proposal is anchored in David Ausubel's Theory of Meaningful Learning and Marco Antônio Moreira's methodology for constructing PMYU. The PMTU is addressing essential concepts such as Apparent and Absolute Magnitude, Luminosity, Black Body Radiation, the Hertzsprung-Russell (HR) Diagram, and Stellar Evolution. The didactic model is centered on conceptual progression, starting from the Introductory Problem Situation ("Why don't all stars shine the same?") and using the Sun's evolutionary cycle as a point of integrative reconciliation to unify the physical properties of stars. The PMTU, designed for the 1st Year of High School and totaling 9 class hours, is aligned with the competencies and skills of the Brazilian National Common Curricular Base (BNCC). Thus, this work is a potential model for approaching Stellar Astrophysics in Basic Education and expanding the possibilities for teaching this field within the school context. A limitation of this work is its inapplicability in a classroom setting with data collection, as it is merely a proposal.

Keywords: Astrophysics; Meaningful Learning; Physics Teaching; Astronomy Teaching; Didactic Sequence.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1- Nascimento de várias estrelas	31
Figura 2 - Imagem do Hubble de um aglomerado estelar com estrelas de várias luminosidades e magnitudes.....	33
Figura 3 - Radiação do Sol em muitas frequências notamos que o pico se encontra na parte visível do espectro e que ele emite muito mais no infravermelho que no ultravioleta.	34
Figura 4 - Diagrama HR onde se comparam Brilho (luminosidade, raio) e Cor (temperatura).....	35
Figura 5 - Nebulosa da Hélice	37
Figura 6 - História em Quadrinhos sobre Astrofísica Estelar	44
Figura 7 - Imagem tirada de um celular do céu noturno	45
Figura 8 - Simulador de Radiação de Corpo Negro do PhET	47

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 - Critérios de Inclusão e Exclusão	17
Quadro 2 - Descrição dos artigos utilizados para revisão de literatura.....	18
Quadro 3 - Síntese dos passos da UEPS	39

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	12
1.1 OBJETIVO GERAL	15
1.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	15
1.3 ESTRUTURA DO TRABALHO.....	15
2. REVISÃO DA LITERATURA	17
3. REFERENCIAL TEÓRICO	24
3.1 TEORIA DA APRENDIZAGEM SIGNIFICATIVA	24
3.1.1 Condições da Aprendizagem Significativa	24
3.1.3 Organizadores Avançados ou Organizadores Prévios.....	25
3.1.4 Diferenciação Progressiva e Reconciliação Integrativa.....	25
3.1.5 Implicações da Teoria na Prática Educacional.....	26
3.2 UNIDADE DE ENSINO POTENCIALMENTE SIGNIFICATIVA	26
3.2.1 Princípios da UEPS.....	28
4. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA.....	30
4.1 FORMAÇÃO DO SOL.....	30
4.2 MAGNITUDE, LUMINOSIDADE E DISTÂNCIA.....	31
4.4 DIAGRAMA HERTZSPRUNG–RUSSELL (HR).....	34
4.5 CLASSES DE LUMINOSIDADE	36
4.6 EVOLUÇÃO DO SOL	36
4.7 ANÃS BRANCAS E O SOL	38
5. METODOLOGIA.....	39
6. RESULTADOS	41
6.1 UEPS ASTRONOMIA ESTELAR.....	42
7. CONSIDERAÇÕES FINAIS	52
REFERÊNCIAS.....	54

1. INTRODUÇÃO

A Astronomia, uma das ciências naturais que mais desperta a curiosidade e o interesse dos estudantes, destaca-se por abordar questões fundamentais sobre a origem e estrutura do universo (Gonzalez, 2004). Este campo científico não apenas suscita o fascínio dos estudantes, mas também oferece uma oportunidade para explorar conteúdos que interligam diversas áreas da ciência.

Como destacado por pesquisas na área, “a Astronomia é uma das áreas que mais atrai a atenção e desperta a curiosidade dos estudantes, desde os primeiros anos escolares até sua formação nos cursos de graduação” (Langhi e Nardi, 2014 p.50). Além disso, sua natureza interdisciplinar permite conexões com diversas disciplinas, contribuindo para uma formação científica ampla e integrada. De acordo com os autores “A interdisciplinaridade da Astronomia é um dos aspectos que justificam sua presença na educação científica, uma vez que ela interage com diversas disciplinas, como Física, Química, Biologia, História e Geografia” (p.54).

Diante da relevância do ensino de Astronomia, os documentos oficiais da educação brasileira reforçam a necessidade de sua inclusão no currículo escolar desde os anos iniciais. De acordo com as Diretrizes Curriculares Nacionais para a Educação Básica, é fundamental que o Ensino Médio inclua temas de Astronomia, pois eles contribuem para o desenvolvimento de habilidades cognitivas e para a promoção de uma compreensão do universo (Brasil, 2013).

A Base Nacional Comum Curricular (BNCC) também destaca a importância dessa abordagem, estabelecendo que, já no Ensino Fundamental, os estudantes devem ter contato com conhecimentos sobre o Sistema Solar e os movimentos da Terra (Brasil, 2018). No Ensino Médio, a BNCC aprofunda essa abordagem ao incluir conteúdos sobre evolução estelar, estrutura das galáxias e leis fundamentais da Física que regem o universo, ressaltando a importância da Astronomia na formação do pensamento científico dos estudantes.

Assim, a inclusão de tópicos astronômicos no currículo escolar atende a essa demanda, ajudando a consolidar uma base de conhecimentos que possibilita uma visão integrada dos fenômenos naturais e promove o desenvolvimento de habilidades essenciais para o entendimento do mundo.

Segundo a BNCC a Astronomia contribui para o desenvolvimento da competência científica ao estimular a observação, o raciocínio lógico e a formulação de hipóteses, favorecendo a construção de um conhecimento crítico e investigativo (Brasil, 2018). Essa abordagem não apenas amplia a compreensão do cosmos, mas também permite que os estudantes relacionem conceitos astronômicos com situações do cotidiano, tornando o ensino mais significativo.

Em uma pesquisa recente sobre o ensino de Astronomia no Brasil, destaca-se a necessidade de recursos que favoreçam o ensino de conceitos complexos de maneira acessível e conceitualmente adequada, tanto do ponto de vista científico quanto epistemológico (Nunes e Queirós, 2018). Ao explorar fenômenos celestes e a vida das estrelas, os estudantes são estimulados a observar, questionar e interpretar o mundo natural, o que contribui significativamente para a construção de uma postura científica e investigativa. No entanto, sua abordagem no Ensino Médio ainda apresenta desafios significativos, como a carência de materiais didáticos adequados e a fragmentação do conhecimento, conforme identificado por Paulucci et al. (2022).

O ensino de Astronomia, em especial da Astrofísica Estelar, desempenha um papel importante na compreensão do universo e na formação do pensamento científico dos estudantes, pois permite a abordagem de temas que envolvem conceitos fundamentais da Física, como gravitação, termodinâmica e radiação, além de promover o desenvolvimento de habilidades analíticas e de raciocínio lógico.

Neste cenário, a proposta do presente trabalho de conclusão de curso baseia-se na elaboração de uma Unidade de Ensino Potencialmente Significativa (UEPS) que explora tópicos fundamentais de Astronomia Estelar, como Formação Estelar, Morfologia Estelar, Radiação de Corpo Negro, e Evolução Estelar, entre outros. Tais conteúdos são apresentados de forma que auxiliem professores de Física e Ciências da Natureza a trabalharem o tema em sala de aula, alinhando-se às competências e habilidades da BNCC.

A UEPS proposta neste trabalho busca preencher essa lacuna e oferecer um material de livre acesso que pode ser ajustado de acordo com as necessidades de cada instituição. Essa flexibilidade é fundamental para que o ensino da Astrofísica Estelar seja adaptável ao contexto específico de cada sala

de aula e aos diferentes níveis de conhecimento dos estudantes. Ademais, também permite a adaptação para outras etapas de ensino, incluindo o 9º ano do Ensino Fundamental, o que a torna versátil e acessível para diversos níveis educacionais.

A sequência didática propõe, por exemplo, atividades que envolvem a aplicação da Lei de Stefan-Boltzmann para estimar o raio estelar e calcular luminosidade, tópicos que, conforme destaca Ramalho, Nicolau e Toledo (2012), são essenciais para a compreensão dos processos que regem a vida das estrelas.

Essas atividades são projetadas para estimular o pensamento crítico e desenvolver a capacidade dos estudantes de correlacionarem teorias astronômicas e dados empíricos, conforme sugere Helou et al. (2021) em suas análises sobre o ensino de Física no contexto brasileiro. Além disso, o Diagrama Hertzsprung-Russell (HR) é explorado como uma ferramenta pedagógica para compreender a evolução estelar e as relações entre temperatura, luminosidade e classe espectral. Segundo Fornazari (2021), o uso de diagramas e modelos visuais facilita a aprendizagem de conceitos complexos, uma vez que permite que os estudantes visualizem a trajetória evolutiva das estrelas. A inclusão desse conteúdo no Ensino Médio busca promover uma visão integrada do cosmos e ajuda a desmistificar a ciência para os estudantes.

Essa iniciativa, em consonância com as investigações de Valadares e Moreira (2013), evidencia a relevância do uso de materiais educacionais potencialmente significativos para favorecer a aprendizagem dos conceitos de Astronomia. No entanto, apesar do reconhecimento de sua importância, ainda se observa uma lacuna na produção e aplicação de recursos didáticos que integrem os conceitos da Astronomia ao ensino de Física da Educação Básica. Diante disso, surge o seguinte problema de pesquisa: *Como elaborar e estruturar uma Unidade de Ensino Potencialmente Significativa para o ensino de Astronomia Estelar no Ensino Médio, de modo a favorecer sua compreensão e acessibilidade?*

1.1 OBJETIVO GERAL

Elaborar uma Unidade de Ensino Potencialmente Significativa (UEPS) sobre Astronomia Estelar para o Ensino Médio, estruturando os conteúdos e atividades didáticas à luz dos princípios da Teoria da Aprendizagem Significativa.

1.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

Identificar e analisar na literatura estudos que investigam estratégias e recursos para o ensino de Astronomia Estelar;

Elaborar uma proposta de UEPS sobre Astronomia Estelar para estudantes do Ensino Médio;

Selecionar e organizar os conteúdos de Astronomia Estelar com base nas competências da BNCC e nos princípios de diferenciação progressiva e reconciliação integrativa de Ausubel.

1.3 ESTRUTURA DO TRABALHO

O presente trabalho está estruturado em diferentes seções, com o objetivo de organizar de forma clara e coerente a abordagem do tema estudado. A seguir, apresenta-se a descrição de cada capítulo:

O capítulo 1 apresenta a introdução do tema, destacando a relevância do ensino de Astronomia Estelar na Educação Básica. São abordadas as diretrizes curriculares nacionais, como a BNCC, que reforçam a necessidade dessa inclusão. Ademais, apresenta a problemática da carência de materiais didáticos adequados e justifica a proposta de elaboração de uma UEPS além de definir o objetivo geral e os objetivos específicos do estudo.

Na sequência, o capítulo 2 apresenta a revisão de literatura tem o propósito de analisar estudos que investigam estratégias e recursos para o ensino de Astronomia Estelar. A revisão foi realizada a partir da seleção e análise de artigos que abordam propostas didáticas e os desafios do ensino desse conteúdo no Ensino Médio. Outrossim, mostra-se uma síntese dos estudos analisados, evidenciando a necessidade de materiais didáticos mais estruturados e contextualizados, servindo como base para o desenvolvimento metodológico da UEPS.

O capítulo 3 é o referencial teórico que fundamenta o trabalho em dois referenciais complementares. Inicialmente, discute a Teoria da Aprendizagem Significativa de David Ausubel, detalhando suas condições essenciais (disposição do estudante, material significativo), os conceitos de conhecimento prévio, subsunçores, organizadores avançados, e os processos de diferenciação progressiva e reconciliação integrativa. Em seguida, aborda a Unidade de Ensino Potencialmente Significativa (UEPS), sistematizada por Marco Antônio Moreira, descrevendo os seus oito passos e os princípios que guiam essa metodologia.

O capítulo 4 é a fundamentação teórica que apresenta os principais conceitos de Astrofísica Estelar que são estruturantes da UEPS. O conteúdo é organizado de forma progressiva, abrangendo a Formação do Sol, os conceitos de Magnitude, Luminosidade e Distância, Cores e Radiação de Corpo Negro, o Diagrama Hertzsprung–Russell (HR), Classes de Luminosidade, a Evolução do Sol e, por fim, a formação das Anãs Brancas.

Em seguida, o capítulo 5 descreve a natureza do estudo, caracterizado como uma abordagem qualitativa. Detalha o processo de elaboração da UEPS, fundamentada nos pressupostos de Ausubel e Moreira e alinhada às diretrizes da BNCC. O capítulo apresenta a síntese e os objetivos de cada passo da UEPS, demonstrando como a proposta metodológica foi construída para favorecer a aprendizagem significativa.

O capítulo 6 apresenta os resultados deste trabalho que consistem na proposta detalhada da UEPS Astronomia Estelar. O capítulo apresenta a descrição minuciosa de cada um dos oito passos da unidade de ensino, incluindo os objetivos, a descrição das atividades pedagógicas (como a HQ introdutória e o uso de simuladores), as perguntas de investigação para o conhecimento prévio, as estratégias de diferenciação progressiva, reconciliação integrativa e a proposta de avaliação da aprendizagem.

Por fim, o capítulo final é as considerações finais que retoma os objetivos do trabalho e apresenta as conclusões alcançadas. Destaca a relevância da UEPS como um modelo didático estruturado para o ensino de Astrofísica Estelar no Ensino Médio, aponta as limitações do estudo (pelo seu caráter propositivo) e sugere perspectivas futuras para a aplicação e aprimoramento da proposta. Finalizamos este trabalho de conclusão de curso apresentando as Referências utilizadas.

2.REVISÃO DA LITERATURA

Esta revisão tem por objetivo analisar estudos que investigam estratégias e recursos para o ensino de Astrofísica Estelar, oferecendo fundamentação teórica e subsídios para a elaboração de uma UEPS voltada para esse tema.

A revisão de literatura foi realizada a partir da seleção de artigos acadêmicos publicados nos últimos 15 anos (2010-2025) que abordam o ensino e a aprendizagem de Astrofísica Estelar, sendo excluídos anais de congressos e outras fontes não revisadas por pares.

Foram priorizados estudos que apresentassem propostas didáticas ou analisassem os desafios do ensino desse conteúdo no Ensino Médio. Os artigos selecionados foram organizados conforme seus principais temas e contribuições para o ensino de estrelas e de seus processos evolutivos.

Quadro 1 – Critérios de Inclusão e Exclusão

Critérios de Inclusão	Critérios de Exclusão
Trabalhos direcionados ao ensino de Astronomia	Estudos publicados fora do período 2010-2025
Revistas A1, A2 e A3 que abordam ensino de Astronomia	Publicações não disponíveis em Língua Portuguesa
Trabalhos sobre Astronomia no Ensino Médio e BNCC	Artigos que envolvam recursos de Ensino Superior
Sequências Didáticas que trabalhavam temas presentes neste TCC.	Trabalhos de pesquisa da área acadêmica, sem nenhum viés voltado ao Ensino.

Fonte: Autor (2025).

A seleção dos artigos foi realizada por meio das palavras-chave: “*Astrofísica Estelar*”, “*Estrelas*”, “*Evolução Estelar*”, “*Diagrama HR*” e “*Estrutura Estelar*”. As buscas foram feitas em periódicos reconhecidos pela relevância na pesquisa sobre o ensino de Física e Astronomia no Brasil e na América Latina. Foram analisadas as seguintes revistas acadêmicas: *Caderno Brasileiro de*

Ensino de Física, Revista Brasileira de Ensino de Física, Revista de Enseñanza de la Física, Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências, A Física na Escola e Revista Latino-Americana de Educação em Astronomia, por serem publicações de referência na área, que frequentemente abordam metodologias de ensino e propostas didáticas relacionadas à Astronomia e à Astrofísica.

No Quadro 2, apresentamos uma síntese dos estudos analisados, destacando seus principais temas e contribuições para o ensino de Astrofísica Estelar. Foram encontrados dez artigos que abordam a temática de Astrofísica Estelar, distribuídos entre os seguintes periódicos: Caderno Brasileiro de Ensino de Física (A1) (1), Revista Brasileira de Ensino de Física (A1) (4), Revista de Enseñanza de la Física (A3) (1), Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências (A1) (1), A Física na Escola (A3) (1) e Revista Latino-Americana de Educação em Astronomia (A3) (2).

Quadro 2 - Descrição dos artigos utilizados para revisão de literatura.

Autores/Ano	Temas Abordados	Proposta Didática	Revista
Cestari et al. (2020)	Ensino sob Medida, vida e morte das estrelas	Proposta de sequência didática baseada no Ensino sob Medida, que adapta o ensino às dificuldades individuais dos estudantes.	Revista Latino-Americana de Educação em Astronomia
Langhi & Nardi (2014)	Justificativas para o ensino de Astronomia no Brasil	Análise do discurso de pesquisadores brasileiros sobre a importância da Astronomia na educação.	Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências
Paulucci et al. (2022)	Levantamento de recursos para ensino de Astrofísica Estelar	Análise de livros didáticos e materiais disponíveis sobre estrelas.	Revista Brasileira de Ensino de Física
Sabino et al. (2019)	Uso do software Maxima no ensino de evolução estelar	Desenvolvimento de simulações para ilustrar processos	Revista Brasileira de Ensino de Física

		como fusão nuclear e evolução estelar.	
Longhini & Menezes (2010)	Uso do Stellarium no ensino de Astronomia	Exploração de planetários virtuais para modelagem de fenômenos astronômicos.	Caderno Brasileiro de Física
Peixoto et al. (2021)	BNCC e produção de materiais didáticos	Discussão sobre a adequação dos materiais didáticos de Astronomia às diretrizes da BNCC.	Revista de Enseñanza de la Física
Iachel (2011)	Conhecimento prévio dos estudantes sobre estrelas	Investigação das concepções alternativas de estudantes sobre estrelas.	Revista Latino-Americana de Educação em Astronomia
Bandecchi, Bretones & Hovarth (2019)	Estrutura estelar e equilíbrio hidrostático	Desenvolvimento de uma abordagem didática para explicar o equilíbrio das estrelas.	Revista Brasileira de Ensino de Física
Horvath (2013)	Proposta de ensino de Astrofísica Estelar	Abordagem estruturada para ensino de evolução estelar e processos físicos envolvidos.	Revista Brasileira de Ensino de Física
Silva & Retke. (2023)	Unidade de Ensino Potencialmente Significativa (UEPS) sobre Evolução Estelar	Desenvolvimento e aplicação de uma UEPS para abordar evolução estelar de forma estruturada.	Física na Escola

Fonte: Autor (2025).

Os estudos analisados evidenciam a necessidade de materiais didáticos mais estruturados e contextualizados para o ensino de Astrofísica Estelar. Paulucci *et al.* (2022) destacam a fragmentação do conhecimento presente nos recursos didáticos atualmente disponíveis, o que compromete a promoção da aprendizagem significativa.

Segundo os autores, “a carência de recursos didáticos bem estruturados compromete a continuidade do ensino de Astronomia no Ensino Médio, levando a uma abordagem superficial e descontextualizada” (Paulucci et al., 2022, p. 14). Essas evidências reforçam a importância de desenvolver propostas didáticas que integre os conteúdos de forma coesa e acessível aos estudantes.

Destaca-se que a análise dos artigos selecionados permitiu identificar tendências metodológicas no ensino de Astrofísica Estelar. Observamos que os estudos contemplam tanto os desafios conceituais enfrentados pelos estudantes quanto as estratégias pedagógicas e os recursos didáticos empregados para favorecer a aprendizagem. Essa revisão, portanto, constitui uma base para a compreensão das práticas existentes e dos principais obstáculos no ensino desse conteúdo, servindo de subsídio para o desenvolvimento de propostas didáticas, como a UEPS apresentada neste trabalho.

Cestari et al. (2020) sugerem que a personalização do ensino, adaptando-se às dificuldades individuais dos estudantes, constitui uma estratégia viável para melhorar a compreensão da Astrofísica Estelar. Segundo os autores, “O ensino sob medida permite identificar dificuldades específicas dos estudantes e oferecer estratégias personalizadas, o que se mostrou fundamental para o sucesso da aprendizagem” (Cestari et al., 2020, p. 7). Esse modelo se aproxima da proposta de uma UEPS, pois busca garantir que a aprendizagem seja significativa e conectando ao conhecimento prévio dos estudantes.

A utilização de softwares como Stellarium (Longhini & Menezes, 2010) e Maxima (Sabino et al., 2019) demonstrou-se uma alternativa importante para simulações de fenômenos astronômicos e processos de fusão nuclear, tornando conceitos abstratos mais acessíveis. Conforme Sabino et al. (2019), “a representação computacional de processos astronômicos é essencial para que os estudantes compreendam conceitos que, de outra forma, seriam inacessíveis pela observação direta” (p. 22). Da mesma forma, Longhini & Menezes (2010) reforçam que “o uso de softwares como Stellarium possibilita uma experiência interativa e intuitiva do céu estrelado” (p. 7), contribuindo para a fixação dos conceitos.

O estudo de Iachel (2011) revelou que muitos estudantes apresentam concepções alternativas sobre a formação e evolução estelar, o que dificulta a construção do conhecimento científico adequado. Para o autor “Os estudantes

apresentam concepções alternativas sobre a formação e evolução estelar, o que impacta sua compreensão científica” (p. 9). Isso reforça a necessidade de metodologias que levem em consideração o conhecimento prévio dos estudantes e promovam a reconstrução conceitual.

Bandecchi, Bretones & Horvath (2019), destacam que a abordagem sobre equilíbrio hidrostático constitui um dos principais desafios no ensino de Astrofísica, em razão de seu elevado nível de abstração. Segundo os autores, a proposta facilita a visualização do equilíbrio hidrostático nas estrelas, tornando o conceito mais acessível. Isso evidencia a importância de estratégias didáticas que tornem esse conceito mais concreto e compreensível.

Ao analisar o impacto da BNCC sobre o ensino de Astronomia, Peixoto et al. (2021) destacam que esse documento tem sido determinante na reformulação dos currículos escolares. Contudo, os autores apontam falhas na sua implementação, afirmando que “a inclusão de temas astronômicos nos currículos ainda ocorre de maneira superficial e fragmentada, comprometendo uma aprendizagem mais aprofundada” (p. 10). Assim, ressalta-se a necessidade de produzir materiais didáticos alinhados às diretrizes curriculares, que possibilitem uma abordagem mais contextualizada da Astrofísica Estelar.

Em consonância com essa perspectiva, Langhi & Nardi (2014) ressaltam que a Astronomia desempenha um papel fundamental para a alfabetização científica e na construção de uma visão interdisciplinar do conhecimento. Os autores destacam que “a Astronomia oferece, ao estudante, a oportunidade de ter uma visão global de como o conhecimento humano é construído ao longo dos séculos, passando por mudanças de pensamento e rupturas de paradigmas” (p. 55). Isso evidencia a necessidade de abordagens pedagógicas que relacionem a Astronomia com outras áreas do saber, favorecendo um ensino integrado e significativo.

Na mesma direção, Silva et al. (2023) apresentam uma UEPS sobre Evolução Estelar, estruturada com base na teoria da aprendizagem significativa. A proposta organiza os conteúdos em uma sequência didática que facilita a assimilação progressiva dos conceitos. Segundo os autores,

“Ao analisar as respostas dos estudantes, foi notado um claro progresso no aprendizado. Eles conseguiram absorver o conteúdo sobre a evolução estelar e integrá-lo ao seu conhecimento prévio,

evidenciando uma evolução gradual em sua compreensão.” (Silva & Retke, 2023, 2023, p. 7).

Esse estudo demonstra que a aplicação de uma UEPS pode ser uma estratégia eficaz para o ensino de Astrofísica Estelar, alinhando-se às diretrizes da BNCC e às necessidades do ensino contemporâneo.

A revisão dos estudos sobre o ensino de Astrofísica Estelar evidenciou desafios e possibilidades didáticas para a abordagem desse tema no Ensino Médio bem como para a necessidade de estratégias pedagógicas mais contextualizadas e interativas, capazes de superar concepções alternativas estudantes (Iachel, 2011) e tornar conceitos abstratos, como evolução estelar e equilíbrio hidrostático, mais acessíveis (Bandecchi *et al.*, 2019).

Destacam-se como estratégias significativas:

- Personalização do ensino, conforme proposto por Cestari *et al.* (2020), que demonstrou maior engajamento dos estudantes quando as atividades são adaptadas às suas dificuldades individuais;
- Uso de tecnologias digitais, como softwares de simulação (Sabino *et al.*, 2019; Longhini & Menezes, 2010), que facilitam a visualização de processos astronômicos complexos;
- Abordagem interdisciplinar e histórica, defendida por Langhi & Nardi (2014), que relaciona a Astronomia com outras áreas do conhecimento e com a evolução do pensamento científico;
- Estruturação em Unidades de Ensino Potencialmente Significativas (UEPS), como a proposta por Silva *et al.* (2023), que organiza os conteúdos de forma progressiva, favorecendo a aprendizagem significativa.

Além disso, a falta de alinhamento entre os materiais didáticos e as diretrizes da BNCC (Peixoto *et al.*, 2021) reforça a necessidade de novas propostas pedagógicas que integrem os conteúdos de Astrofísica Estelar de maneira coesa, dinâmica e alinhada às demandas curriculares.

Diante dessas constatações, este trabalho propõe o desenvolvimento de uma UEPS voltada ao ensino de Astronomia Estelar, integrando os avanços metodológicos identificados na literatura, como o uso de recursos tecnológicos interativos, a exemplo de simulações e modelagens computacionais, e a

contextualização histórica e interdisciplinar, que relaciona a evolução estelar a outros campos da Física e da Astronomia.

A incorporação dessas estratégias em uma UEPS busca não apenas superar as lacunas evidenciadas nos estudos analisados, mas também oferecer aos professores um material didático estruturado, alinhado à BNCC e fundamentado em contribuições consistentes da pesquisa educacional. Dessa forma, conclui-se que os estudos analisados evidenciam avanços e lacunas no ensino de Astrofísica Estelar, indicando a necessidade de propostas didáticas mais estruturadas, contextualizadas e alinhadas às competências da BNCC.

Espera-se, portanto, que a presente proposta contribua para um ensino mais significativo dessa área no Ensino Médio, promovendo a alfabetização científica e estimulando o interesse dos estudantes por temas astronômicos.

3.REFERENCIAL TEÓRICO

Este trabalho, fundamenta-se em dois referenciais teóricos complementares, que dialogam entre si na busca por uma educação que busca promover uma aprendizagem mais significativa. O primeiro é a Teoria da Aprendizagem Significativa de David Ausubel, que propõe um modelo de aquisição do conhecimento baseado na relação entre novas informações e o conhecimento prévio do estudante. O segundo é a proposta das Unidades de Ensino Potencialmente Significativas, desenvolvida por Marco Antônio Moreira, que parte dos princípios ausubelianos para planejar situações de ensino que favoreçam a aprendizagem significativa na prática pedagógica.

3.1 TEORIA DA APRENDIZAGEM SIGNIFICATIVA

A teoria da Aprendizagem Significativa, proposta por David Ausubel em 1963, revolucionou a compreensão sobre como ocorre a aquisição do conhecimento. Diferente da aprendizagem mecânica, que se baseia na simples memorização de informações, a aprendizagem significativa ocorre quando novos conceitos são assimilados de maneira estruturada, interagindo com conhecimentos previamente adquiridos pelo indivíduo (Ausubel, 2003).

Esse processo ocorre por meio da ancoragem de novos conceitos em subsunçores, ou seja, conhecimentos pré-existentes na estrutura cognitiva do estudante, permitindo a construção de um aprendizado mais sólido e duradouro (Moreira, 2012).

3.1.1 Condições da Aprendizagem Significativa

Para que a aprendizagem significativa ocorra, Ausubel (2003) destaca duas condições essenciais: disposição do estudante para aprender e a natureza significativa do material apresentado. O estudante precisa estar motivado a compreender o conteúdo, pois, caso esteja apenas focado em memorizar informações para uma avaliação, a aprendizagem será mecânica e não promoverá uma consolidação efetiva do conhecimento (Pelizzar et al., 2013). Além disso, os conceitos ensinados devem ter significado lógico e ser apresentados de forma que se conectem às experiências prévias do estudante, tornando-se psicologicamente significativos (Ausubel, 2003).

3.1.2 Conhecimento Prévio e Subsunçor

O conhecimento prévio desempenha um papel fundamental na aprendizagem significativa. Segundo Ausubel (2003), o processo de aprendizagem não ocorre no vácuo; para que um novo conceito seja assimilado, ele deve se conectar a estruturas cognitivas já existentes. Essa relação é mediada pelos subsunçores, que são conhecimentos específicos e relevantes que facilitam a ancoragem da nova informação (Moreira, 2012). Quanto mais conexões forem estabelecidas entre o conhecimento prévio e o novo conteúdo, maior será a retenção e compreensão dos conceitos ensinados.

3.1.3 Organizadores Avançados ou Organizadores Prévios

Os organizadores avançados são recursos pedagógicos projetados para auxiliar na aprendizagem significativa ao preparar a mente do estudante para a recepção de novos conceitos. Conforme Ausubel (2003), eles atuam como uma ponte entre os conhecimentos pré-existentes e os novos, fornecendo uma estrutura cognitiva que facilita a integração do conteúdo. Esses organizadores podem ser apresentados de forma verbal ou visual antes da introdução do novo material, permitindo que o estudante estabeleça relações entre os conceitos que serão estudados.

3.1.4 Diferenciação Progressiva e Reconciliação Integrativa

A diferenciação progressiva é um dos princípios centrais da teoria de Ausubel, e ocorre quando novos conceitos são assimilados a partir de ideias mais gerais, que vão sendo refinadas e expandidas com o tempo (Moreira, 2010). Esse processo permite que o conhecimento seja aprofundado de forma gradativa, tornando-se cada vez mais detalhado e sofisticado.

Já a reconciliação integrativa ocorre simultaneamente à diferenciação progressiva e tem como objetivo eliminar discrepâncias e inconsistências entre conceitos, promovendo a integração coerente de informações na estrutura cognitiva do estudante (Moreira, 2011). Esse processo é essencial para a formação de um conhecimento organizado e estruturado, permitindo a compreensão das relações entre diferentes conceitos de maneira significativa.

3.1.5 Implicações da Teoria na Prática Educacional

A teoria da Aprendizagem Significativa tem diversas implicações para a prática educacional. Ela sugere que os professores devem considerar o conhecimento prévio dos estudantes ao planejar suas aulas e garantir que o material apresentado seja significativo tanto do ponto de vista lógico quanto psicológico. Além disso, a utilização de organizadores avançados, a apresentação progressiva dos conteúdos e a reconciliação de informações são estratégias que podem tornar o ensino mais eficaz.

Dessa forma, compreender e aplicar os princípios de Ausubel (2003) é importante para tornar o processo de ensino-aprendizagem mais eficiente, permitindo que os estudantes desenvolvam compreensões mais estruturadas e significativas dos conteúdos estudados.

3.2 UNIDADE DE ENSINO POTENCIALMENTE SIGNIFICATIVA

A elaboração da Unidade de Ensino Potencialmente Significativa neste trabalho segue as orientações propostas por Moreira (2011), que sistematiza os princípios da Teoria da Aprendizagem Significativa de David Ausubel em uma metodologia prática, voltada para a organização e planejamento do ensino. A UEPS representa uma sequência didática estruturada que busca promover a aprendizagem significativa, respeitando a lógica do conteúdo e, ao mesmo tempo, a psicologia do estudante. De acordo com Moreira (2011), a UEPS é composta por oito passos bem definidos:

1. **Escolha do Tema e Delimitação do Conteúdo:** o primeiro passo envolve a definição clara do tema a ser abordado e a seleção dos conceitos que compõem o núcleo do conteúdo.
2. **Identificação de Conhecimentos Prévios:** neste passo, o professor deve levantar, por meio de sondagens diagnósticas ou inferências baseadas em sua experiência, quais são os conhecimentos prévios que os estudantes já possuem.
3. **Situação Problema Introdutória:** Propõe-se iniciar o ensino com situações-problema introdutórias, acessíveis e baseadas no conhecimento prévio dos estudantes. Essas situações devem despertar curiosidade e preparar o

terreno para o conteúdo a ser ensinado, funcionando como organizadores prévios. Podem envolver o tema principal, mas sem antecipar o ensino direto. O importante é que os estudantes percebam essas situações como problemas reais, que consigam representar mentalmente, com base em suas experiências.

4. **Diferenciação Progressiva:** o conteúdo deve ser apresentado seguindo a lógica da diferenciação progressiva: começar pelos conceitos mais gerais e abrangentes, oferecendo uma visão do todo, e depois aprofundar nos aspectos mais específicos. A estratégia pode incluir uma breve exposição oral, seguida de atividades colaborativas em pequenos grupos e, por fim, uma discussão ou apresentação com toda a turma.
5. **Complexidade:** retoma-se o conteúdo principal, agora com maior complexidade e profundidade. Isso pode ser feito por meio de outra exposição, texto ou recurso digital. As situações-problema devem evoluir em dificuldade, destacando semelhanças e diferenças em relação ao que já foi estudado, promovendo a reconciliação integradora.
6. **Reconciliação Integrativa:** para concluir a unidade, retoma-se o conteúdo principal com foco na integração dos conhecimentos, promovendo a reconciliação integradora. Essa retomada pode ser feita por diferentes estratégias (exposição, texto, vídeo etc.), desde que aprofunde e conecte os significados trabalhados. Em seguida, propõem-se novas situações-problema, mais complexas que as anteriores, a serem resolvidas em grupos, com apresentações e discussões mediadas pelo professor.
7. **Avaliação:** a avaliação deve acontecer durante toda a aplicação da UEPS, registrando evidências de aprendizagem significativa. Após a última etapa, é realizada uma avaliação somativa individual, com questões que exijam compreensão, interpretação e, se possível, transferência de conhecimento. Essas questões devem ser validadas por professores experientes. O desempenho do estudante deve considerar, igualmente, tanto a avaliação formativa (atividades em grupo, registros do professor) quanto a avaliação somativa.
8. **A avaliação da UEPS:** a UEPS só será considerada bem-sucedida se a avaliação mostrar evidências de aprendizagem significativa, como compreensão, captação de significados, capacidade de explicar e aplicar o

conhecimento em situações-problema. Como a aprendizagem significativa é progressiva, o foco deve estar nas evidências ao longo do processo, e não apenas em resultados.

Toda essa estrutura metodológica visa garantir que o processo de ensino proposto esteja alinhado aos princípios da aprendizagem significativa, promovendo uma aprendizagem duradoura, integradora e relevante. A UEPS elaborada neste trabalho será apresentada posteriormente, contendo a descrição detalhada de cada um dos passos.

3.2.1 Princípios da UEPS

De acordo com Moreira (2011), as UEPS fundamentam-se em princípios que buscam promover uma aprendizagem efetiva e crítica. Um dos pressupostos centrais, baseado em Ausubel (2003), é que o conhecimento prévio do estudante é a variável que mais influencia a aprendizagem significativa. Além disso, seguindo a perspectiva de Novak (1980), entende-se que pensamentos, sentimentos e ações estão integrados no processo de aprendizagem, sendo essa integração potencializada quando a aprendizagem é significativa.

Cabe ao estudante, no entanto, a decisão de aprender de maneira significativa, como destacado por Ausubel (2003) e Gowin(1981). Para apoiar esse processo, os organizadores prévios exercem um papel crucial, uma vez que evidenciam as relações entre os novos conhecimentos e aqueles que o estudante já possui. Nesse contexto, as situações-problema, na visão de Vergnaud (1990), são essenciais para dar sentido aos conteúdos e despertar a intencionalidade do estudante para uma aprendizagem com significado. Tais situações podem atuar também como organizadores prévios e devem ser propostas em níveis crescentes de complexidade.

Diante de uma nova situação, o estudante constrói, na memória de trabalho, um modelo mental funcional que funciona como um análogo estrutural da realidade, conforme proposto por Johnson-Laird (1983). Do ponto de vista do ensino, é importante que a organização pedagógica considere a diferenciação progressiva, a reconciliação integradora e a consolidação, princípios ausubelianos que favorecem a estruturação do conhecimento.

A avaliação da aprendizagem significativa, por sua vez, deve ser realizada por meio da busca por evidências, considerando seu caráter progressivo. O

professor atua como provedor de situações-problema cuidadosamente selecionadas, organizador do ensino e mediador na captação de significados, conforme apontam Vergnaud (1990) e Gowin (1981). A interação social e a linguagem, com base em Vygotsky (1987) e Gowin (1981), também são elementos fundamentais nesse processo.

Um episódio de ensino envolve uma relação triádica entre estudante, professor e materiais educativos, com o objetivo de permitir que o estudante capture e compartilhe significados aceitos no contexto da disciplina. Essa relação pode tornar-se quadrática quando o computador assume o papel não apenas de recurso, mas de mediador da aprendizagem.

Por fim, Moreira (2011) ressalta que a aprendizagem deve ser significativa e crítica, e não mecânica. A aprendizagem significativa crítica é estimulada pela busca de respostas – em lugar da memorização –, pelo uso diversificado de materiais e estratégias de ensino e pela adoção de uma prática pedagógica centrada no estudante, em contraposição ao modelo tradicional baseado na narrativa docente.

4. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

A presente seção apresenta os principais conceitos da Astrofísica Estelar, organizados em uma sequência didática progressiva. A seleção dos conteúdos está em consonância com as diretrizes da BNCC, com o objetivo de proporcionar uma formação científica consistente, integrando aspectos teóricos, observacionais e evolutivos das estrelas. Cada tópico foi estruturado com base em sua complexidade e em suas inter-relações, conforme discutido por Saraiva e Oliveira (2009) e Picazzio (2011).

4.1 FORMAÇÃO DO SOL

O Sol, estrela central do Sistema Solar, formou-se há aproximadamente 4,6 bilhões de anos, a partir do colapso gravitacional de uma nuvem molecular primordial composta majoritariamente de hidrogênio e hélio. Essa nuvem, perturbada possivelmente por uma onda de choque proveniente de uma supernova próxima, iniciou um processo de contração e aquecimento em seu interior, conduzindo à formação do proto-Sol.

Essa hipótese sugeria que uma grande nuvem rotante de gás interestelar, a nebulosa solar, colapsou para dar origem ao Sol e aos planetas. Uma vez que a contração iniciou, a força gravitacional da nuvem atuando em si mesma acelerou o colapso". (Saraiva e Oliveira, 2009, p. 132).

Durante essa fase inicial, a conservação do momento angular levou à formação de um disco protoplanetário ao redor do núcleo em colapso, onde posteriormente se originaram os planetas. No centro da nuvem em contração, a temperatura e a pressão aumentaram até atingir níveis suficientes para o início das reações termonucleares.

No interior de uma estrela em contração, a temperatura aumenta cada vez mais, proporcionando altas velocidades aos núcleos atômicos. Assim, alguns deles terão energia necessária para superar a repulsão elétrica e permitir a fusão nuclear (Picazzio (2011, p. 193).

Assim, o Sol entrou em sua fase estável na sequência principal, categoria que corresponde à maior parte da vida de uma estrela. Nesse estágio, o equilíbrio hidrostático é mantido pela compensação entre a pressão de radiação - resultante da energia liberada nas reações nucleares - e a força gravitacional que tende a contrair o plasma estelar.

Uma vez estabelecidos os processos termonucleares, eles se autocontrolam. Quando a produção de energia nuclear aumenta, a pressão local também aumenta e a estrela expande. Com o aumento do tamanho, o gás no interior da estrela esfria e a produção de energia diminui (Picazzio, 2011, p 194).

Com o início da fusão termonuclear, a energia gerada pela conversão de massa em radiação (segundo a relação de Einstein, $(E=mc^2)$) passa a sustentar o brilho solar e a definir o balanço energético do Sistema Solar. Essa produção contínua de energia sustenta o clima e a vida na Terra, além de influenciar fortemente a dinâmica planetária. A Figura 1 representa a formação de algumas estrelas

Figura 1- Nascimento de várias estrelas



Fonte: NASA (2002)

4.2 MAGNITUDE, LUMINOSIDADE E DISTÂNCIA

A observação das estrelas, inclusive do Sol, revela variações aparentes de brilho que não correspondem apenas às suas diferenças físicas, mas também à distância que nos separa delas. O conceito de magnitude foi introduzido ainda na antiguidade, por Hiparco, e refinado posteriormente para descrever quantitativamente o brilho dos astros. Conforme Saraiva e Oliveira (2009), a magnitude aparente de uma estrela é uma medida logarítmica do fluxo de

energia recebido na Terra, de modo que uma diferença de 5 magnitudes corresponde a uma razão de 100 vezes no brilho. Assim, o Sol, por estar muito próximo, apresenta magnitude aparente de aproximadamente $-26,7$, sendo o astro mais brilhante visto da Terra, embora sua magnitude absoluta — aquela que indica o brilho intrínseco, se estivesse a 10 parsecs de distância — seja de apenas $+4,8$. Essa distinção é crucial para compreender que o brilho percebido não reflete a energia real emitida, mas a relação entre luminosidade e distância.

A luminosidade, por sua vez, é uma propriedade física intrínseca da estrela, representando a quantidade total de energia emitida por unidade de tempo. O Sol possui luminosidade média que o coloca como uma estrela de luminosidade moderada na sequência principal. De acordo com Picazzio (2011, p. 183), “a luminosidade é uma característica intrínseca da estrela e só depende de sua temperatura e do seu tamanho.”

A determinação da distância das estrelas é fundamental para o cálculo da magnitude absoluta e, conseqüentemente, para o estudo comparativo de suas propriedades. O método mais direto de medição é o da paralaxe trigonométrica, que se baseia na variação aparente da posição da estrela em relação ao fundo celeste quando observada de pontos opostos da órbita terrestre.

Como explicam Saraiva e Oliveira (2009, p. 184), o ângulo de paralaxe de uma estrela próxima, expresso em segundos de arco, permite calcular sua distância em parsecs pela relação ($d = 1/p$). Essa relação entre luminosidade, magnitude e distância constitui um dos pilares da Astrofísica observacional e é fundamental para situar o Sol no contexto estelar. A Figura 2 representa uma imagem real do telescópio espacial Hubble que evidencia várias luminosidades e magnitudes diferentes.

Figura 2 - Imagem do Hubble de um aglomerado estelar com estrelas de várias luminosidades e magnitudes.



Fonte: NASA (2017)

4.3 CORES E RADIAÇÃO DE CORPO NEGRO

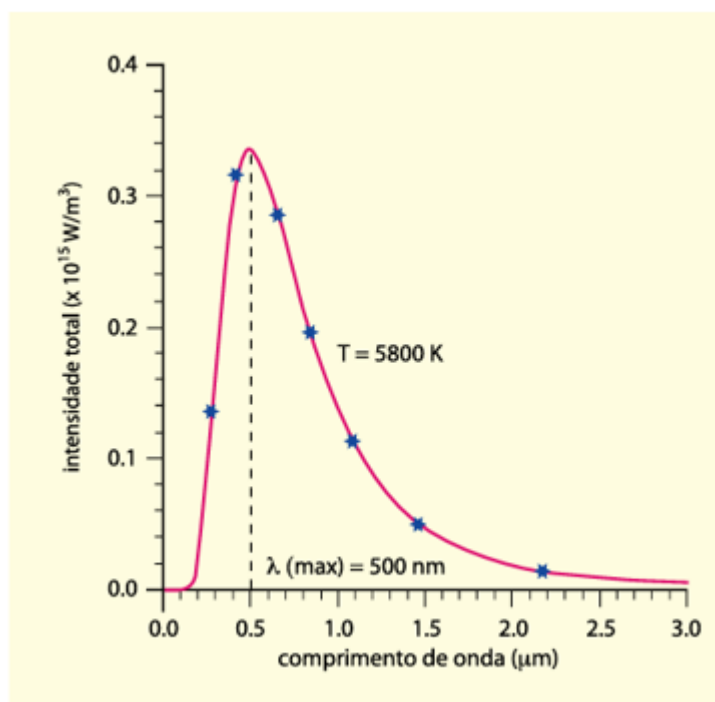
A cor do Sol é resultado direto da temperatura de sua fotosfera, que emite radiação conforme o comportamento de um corpo negro idealizado. Esse modelo físico descreve a distribuição da energia emitida por um corpo em função do comprimento de onda e da temperatura. Conforme a Lei de Planck, cada temperatura corresponde a um espectro característico, cujo máximo de emissão desloca-se para menores comprimentos de onda à medida que a temperatura aumenta.

Saraiva e Oliveira (2009) destacam que a radiação estelar pode ser aproximada pela de um corpo negro, sendo o Sol um exemplo típico, com máximo de emissão em torno de 480nm, o que corresponde à luz visível de tonalidade amarelada. Esse resultado é coerente com a Lei de Wien que relaciona a temperatura superficial à posição do pico de emissão. Assim, a cor aparente de uma estrela é um indicativo direto de sua temperatura efetiva.

No caso solar, com temperatura média superficial de cerca de 5778 K, a radiação é distribuída principalmente entre o verde e o amarelo do espectro visível, resultando na coloração branco-amarelada que percebemos (Picazzio, 2011) Isso é representado na Figura 3. Essa emissão abrange também faixas do infravermelho e do ultravioleta, compondo o espectro eletromagnético solar,

responsável por múltiplos fenômenos físicos na Terra, desde o aquecimento da atmosfera até os efeitos biológicos na biosfera.

Figura 3 - Radiação do Sol em muitas frequências notamos que o pico se encontra na parte visível do espectro e que ele emite muito mais no infravermelho que no ultravioleta.



Fonte: Picazzio (2011).

A comparação do Sol com corpos negros teóricos permitiu, historicamente, a calibração de modelos estelares e o entendimento da relação entre temperatura e cor, além de possibilitar a classificação espectral das estrelas.

Como afirmam Saraiva e Oliveira (2009), a distribuição espectral da radiação estelar é uma ferramenta essencial para a determinação da temperatura efetiva e da composição química das estrelas.

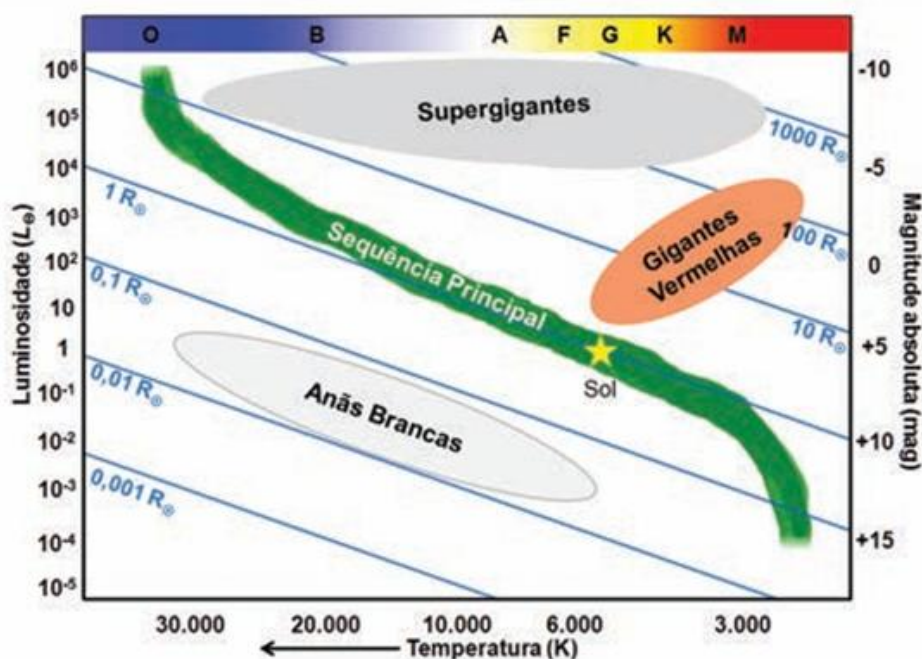
4.4 DIAGRAMA HERTZSPRUNG–RUSSELL (HR)

A correlação entre luminosidade e temperatura das estrelas é expressa no Diagrama de Hertzsprung–Russell (HR), um dos instrumentos mais importantes da astrofísica moderna. Nesse gráfico, as estrelas distribuem-se em faixas distintas conforme sua evolução e propriedades físicas. O Sol ocupa uma

posição intermediária, na sequência principal, com temperatura de 5778 K e luminosidade unitária em relação a si mesmo.

Conforme Saraiva e Oliveira (2009), o Diagrama HR representa uma síntese do conhecimento estelar, revelando a dependência entre temperatura, cor e luminosidade, além de permitir inferir o estágio evolutivo das estrelas. As estrelas mais quentes e luminosas situam-se no extremo superior esquerdo do diagrama, enquanto as frias e menos brilhantes ocupam o canto inferior direito.

Figura 4 - Diagrama HR onde se comparam Brilho (luminosidade, raio) e Cor (temperatura)



Fonte: Picazzio (2011).

O Sol, classificado como estrela de tipo espectral G2V, encontra-se aproximadamente no centro dessa faixa de estabilidade. Picazzio (2011) observa que a posição do Sol no diagrama indica uma fase madura e estável de sua vida, em que a fusão do hidrogênio mantém o equilíbrio interno por bilhões de anos. O estudo do Diagrama HR (Figura 4) permitiu compreender que as estrelas não são corpos estáticos, mas sistemas dinâmicos que percorrem trajetórias bem definidas ao longo de sua existência. Essa representação gráfica sintetiza a evolução estelar, servindo também como base para o estudo do futuro do Sol.

4.5 CLASSES DE LUMINOSIDADE

A classificação das estrelas envolve não apenas o tipo espectral, que indica a temperatura, mas também as classes de luminosidade, que refletem o tamanho e a densidade superficial das estrelas. Essa classificação foi padronizada com base na análise das linhas espectrais, as quais variam conforme a pressão atmosférica estelar.

De acordo com Saraiva e Oliveira (2009), as classes de luminosidade são numeradas de I a V, correspondendo respectivamente a supergigantes, gigantes luminosas, gigantes, subgigantes e estrelas de sequência principal. O Sol, portanto, pertence à classe V, caracterizando uma estrela anã da sequência principal. Essa denominação, embora contenha o termo “anã”, não indica pequeno tamanho absoluto, mas sim o fato de ser uma estrela comum, em estágio estável de fusão do hidrogênio.

Picazzio (2011) complementa que a espectroscopia estelar permite determinar não apenas a composição química, mas também a gravidade superficial, o que diferencia estrelas de mesma temperatura, porém de tamanhos distintos. Essa metodologia fundamenta a distinção entre, por exemplo, uma gigante vermelha fria e uma anã fria — ambas com temperaturas semelhantes, mas com luminosidades e densidades radicalmente diferentes.

4.6 EVOLUÇÃO DO SOL

Como todas as estrelas, o Sol segue um ciclo de evolução determinado por sua massa inicial. Ao longo de aproximadamente 10 bilhões de anos na sequência principal, ele converte hidrogênio em hélio por meio de fusão nuclear no núcleo. À medida que o hidrogênio se esgota, o equilíbrio hidrostático se rompe, e o Sol entra em um novo estágio evolutivo.

Saraiva e Oliveira (2009) explicam que com o aumento da fração de hélio no núcleo, a fusão passa a ocorrer em camadas externas, provocando a expansão das camadas mais externas e o consequente aumento de luminosidade e raio: o Sol tornar-se-á uma gigante vermelha. Essa transformação aumentará o seu volume de forma drástica, possivelmente englobando as órbitas de Mercúrio e Vênus.

Durante essa fase, a temperatura superficial diminui, fazendo com que o Sol adquira uma coloração avermelhada, enquanto o núcleo atinge temperaturas elevadíssimas, suficientes para iniciar a fusão do hélio em carbono e oxigênio (Picazzio). Essa etapa é relativamente curta em termos cósmicos, durando algumas centenas de milhões de anos, até que o combustível nuclear se esgote.

Com o fim das reações de fusão, o equilíbrio interno desaparece e o Sol ejetará suas camadas externas, formando uma nebulosa planetária, enquanto o núcleo remanescente colapsará sob a gravidade, originando uma anã branca (Saraiva; Oliveira, 2009). A Nebulosa da Hélice (Figura 5) é um exemplo de nebulosa planetária. Embora pareça uma bolha ou olho do ponto de vista da Terra, a Hélice é na verdade um túnel de trilhões de quilômetros de gases brilhantes. Em seu centro encontra-se uma estrela anã branca.

Figura 5 - Nebulosa da Hélice



Fonte: NASA, NOAO, ESA, a Equipe da Nebulosa da Hélice do Hubble, M. Meixner (STScI) e TA Rector (2003)

4.7 ANÃS BRANCAS E O SOL

As anãs brancas são os estágios finais da evolução de estrelas de massa semelhante à do Sol. Esses objetos, extremamente densos, contêm massas comparáveis a solar, mas com volumes similares ao da Terra. Como descrevem Saraiva e Oliveira (2009), uma anã branca é sustentada pela pressão de degenerescência dos elétrons, e não mais pela fusão nuclear, o que interrompe a geração de energia interna.

O destino do Sol, portanto, será tornar-se uma anã branca composta majoritariamente de carbono e oxigênio, com temperatura inicial superior a 100 mil kelvins, que gradualmente se resfriará ao longo de bilhões de anos. Picazzio (2011) reforça que as anãs brancas não brilham por fusão, mas por calor residual, emitindo radiação até se tornarem corpos escuros e frios — as chamadas anãs negras hipotéticas.

Esse processo marca o encerramento do ciclo estelar do Sol, transformando-o de uma estrela estável e brilhante em um remanescente inerte, preservando, entretanto, a memória de sua composição e de sua história cósmica. Assim, o estudo da evolução solar oferece uma janela para compreender o futuro do Sistema Solar e, em última instância, os mecanismos fundamentais que regem a vida e a morte das estrelas.

5.METODOLOGIA

Este trabalho de conclusão de curso caracteriza-se como uma pesquisa aplicada, uma vez que, conforme apontam Silveira (2009), esse tipo de pesquisa “tem como objetivo gerar conhecimentos para aplicação prática, dirigidos à solução de problemas específicos”. Nessa mesma direção, Appolinário (2011, p. 146) destaca que a pesquisa aplicada busca “resolver problemas ou necessidades concretas e imediatas”, o que reforça o caráter pragmático e orientado para a intervenção deste estudo.

Quanto aos objetivos, a investigação enquadra-se como exploratória e explicativa. De acordo com Gil (2008), a pesquisa exploratória visa proporcionar maior familiaridade com o problema, contribuindo para explicitá-lo e delimitá-lo com maior clareza. Já a pesquisa explicativa tem como finalidade identificar os fatores que determinam ou contribuem para a ocorrência de determinados fenômenos, aprofundando a compreensão de suas causas e relações. Assim, a combinação desses dois enfoques permite uma análise abrangente e fundamentada do objeto de estudo.

Nesse contexto, o objetivo é desenvolver uma UEPS que incorpora elementos centrais da Teoria da Aprendizagem Significativa (AS), de Ausubel, orientando a construção de um material didático capaz de promover relações substantivas entre os conhecimentos prévios dos estudantes e os novos conceitos a serem aprendidos.

No Quadro 3, apresentamos uma síntese de cada passo, alinhados aos documentos oficiais que serviram como base para a elaboração da UEPS.

Quadro 3 - Síntese dos passos da UEPS

Passos da UEPS	Síntese da atividade	Objetivo da atividade
Definição de Conceitos	Apresentação inicial dos objetivos gerais e dos conteúdos de Astrofísica Estelar (Formação, Morfologia, Diagrama HR, etc.) que serão abordados.	Apresentar os objetivos gerais e delimitar os conteúdos que serão trabalhados na UEPS.
Investigação do Conhecimento Prévio	Exploração e levantamento das ideias e conceitos iniciais dos estudantes sobre os temas por meio	Identificar e diagnosticar o conhecimento prévio dos

	de perguntas abertas e discussões guiadas.	estudantes sobre os tópicos de Astrofísica Estelar.
Situação Problema Introdutória	Discussão sobre o brilho das estrelas, usando o contraste entre Sírius e Rigel para introduzir os conceitos de Magnitude Aparente e Absoluta.	Compreender a diferença entre brilho percebido e luminosidade intrínseca. Contextualizar o tema para estimular o interesse.
Diferenciação Progressiva	Introdução ao método da paralaxe para medir distâncias estelares e ao conceito de Luminosidade, relacionando-a com o tamanho e a temperatura da estrela.	Compreender os conceitos de Luminosidade e como calcular distâncias entre as estrelas. Diferenciar progressivamente os conceitos de brilho.
Complexidade	Integração dos conceitos de temperatura, cor e espectro estelar. Uso de simuladores e introdução à Classificação Espectral e ao Diagrama Hertzsprung-Russell (HR).	Compreender as relações entre temperatura, cor, luminosidade e composição estelar. Aprofundar e complexificar a abordagem conceitual.
Reconciliação Integrativa	Síntese dos conceitos por meio da trajetória evolutiva do Sol no Diagrama HR, da Sequência Principal à Anã Branca, com construção de mapa conceitual.	Consolidar a aprendizagem, articulando todos os conceitos em um modelo unificado de evolução estelar.
Avaliação	Aplicação de questionário com questões dissertativas para verificar a compreensão dos conceitos fundamentais e sua aplicação.	Verificar e mensurar a aprendizagem dos estudantes sobre os conteúdos abordados.

Fonte: Autor (2025).

6. RESULTADOS

Os resultados deste estudo consistem na apresentação detalhada da Unidade de Ensino Potencialmente Significativa (UEPS) sobre Astrofísica Estelar, que é a proposta didática central do trabalho. Este capítulo está organizado em uma única seção que descreve minuciosamente cada um dos oito passos da UEPS, evidenciando sua estrutura, os objetivos de cada etapa e os fundamentos teóricos que orientaram a construção da proposta. Essa organização permite uma visão clara da metodologia aplicada, articulando os princípios da Teoria da Aprendizagem Significativa com o conteúdo de Astrofísica Estelar, e oferecendo um modelo para sua futura aplicação.

O modelo didático proposto oferece contribuições significativas:

- Para a aprendizagem dos estudantes a UEPS desafia a memorização e estimula a construção ativa do conhecimento. Ao conectar as características observáveis das estrelas com sua física intrínseca (como a radiação de corpo negro), o aluno é incentivado a desenvolver o raciocínio científico e o pensamento sistêmico.
- Como material didático para professores a UEPS serve como um guia prático e fundamentado, que economiza o tempo do professor no planejamento e oferece segurança metodológica. O detalhamento dos passos da UEPS e a indicação clara dos recursos necessários a tornam um modelo replicável para a introdução de conceitos complexos de Física no Ensino Médio, demonstrando como a teoria ausubeliana pode ser aplicada na prática.

A UEPS Astronomia Estelar é um modelo flexível que permite adaptações significativas:

- Adaptação Curricular: Em escolas com currículos mais flexíveis ou em clubes de Astronomia, a UEPS pode ser expandida com maior foco nos aspectos observacionais.
- Nível de Ensino: Elementos da UEPS podem ser simplificados para o Ensino Fundamental (9º ano- Habilidade (EF09CI17)), focando na Situação-Problema e no Ciclo de Vida Estelar, e aprofundados para o Ensino Superior (disciplinas introdutórias de Astrofísica), servindo como base para atividades de resolução de problemas mais complexas.

6.1 UEPS ASTRONOMIA ESTELAR

Público-alvo: Estudantes do 1º Ano do Ensino Médio

Total de Horas-Aula a serem destinadas para o desenvolvimento da UEPS:

9 horas-aula

6.1.1 Definição de Conceitos

Tópicos: Magnitude- Aparente e absolutas, Luminosidade, Temperatura e Cor, Diagrama HR, Raio e Massa Estelar, Vida e morte das estrelas

Competência Específica 2: Analisar e utilizar interpretações sobre a dinâmica da Vida, da Terra e do Cosmos para elaborar argumentos, realizar previsões sobre o funcionamento e a evolução dos seres vivos e do Universo, e fundamentar e defender decisões éticas e responsáveis.

(EM13CNT204) Elaborar explicações, previsões e cálculos a respeito dos movimentos de objetos na Terra, no Sistema Solar e no Universo com base na análise das interações gravitacionais, com ou sem o uso de dispositivos e aplicativos digitais (como softwares de simulação e de realidade virtual, entre outro).

(EM13CNT209) Analisar a evolução estelar associando-a aos modelos de origem e distribuição dos elementos químicos no Universo, compreendendo suas relações com as condições necessárias ao surgimento de sistemas solares e planetários, suas estruturas e composições e as possibilidades de existência de vida, utilizando representações e simulações, com ou sem o uso de dispositivos e aplicativos digitais (como softwares de simulação e de realidade virtual, entre outros).

6.1.2 Investigação de conhecimento prévio:

Objetivos: Identificar os conhecimentos prévios dos estudantes sobre estrelas e fenômenos relacionados.

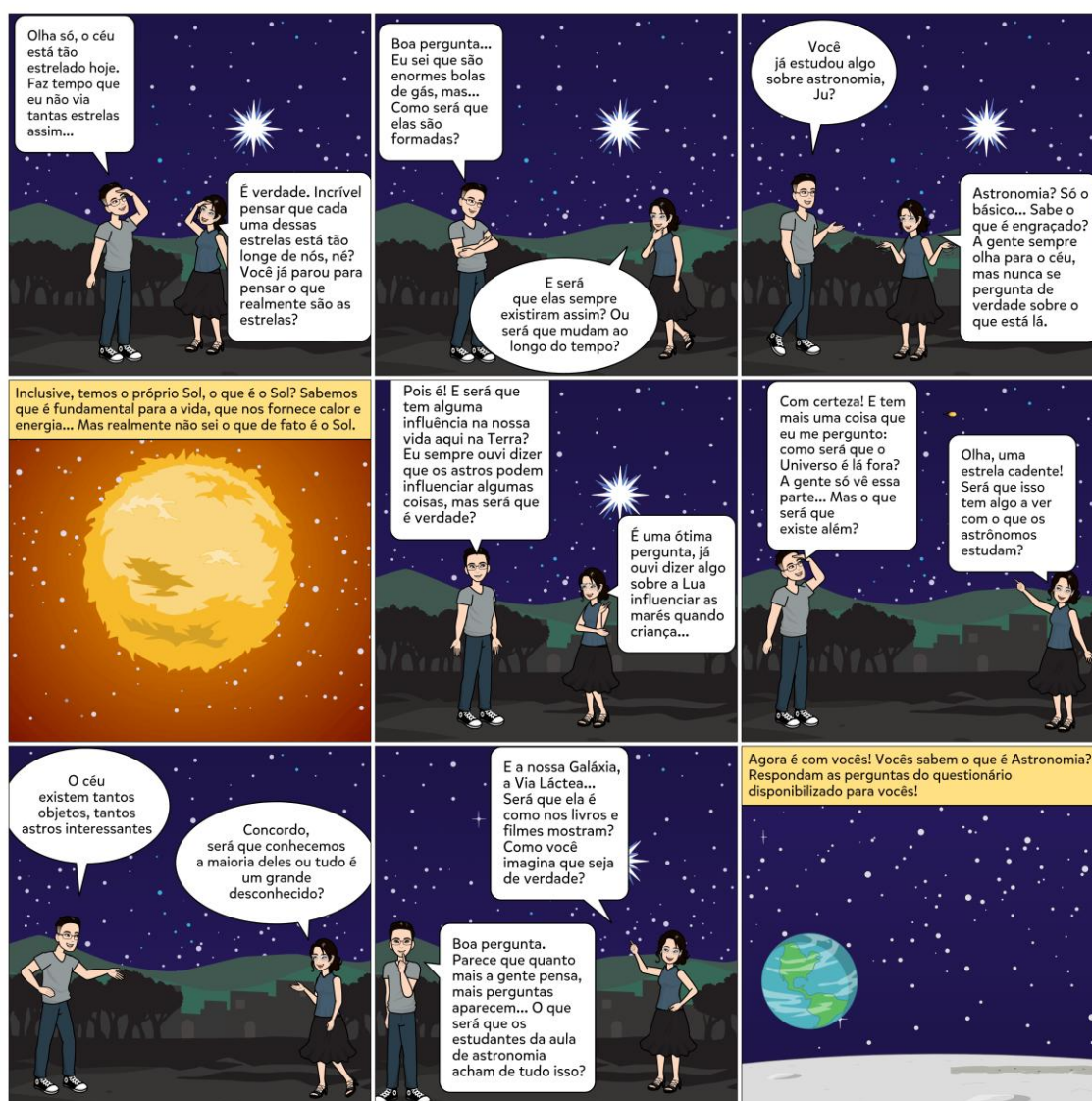
A atividade inicia com a apresentação da proposta da UEPS (tópicos e objetivos) aos estudantes. Em seguida, é utilizada uma História em Quadrinhos

(HQ) para introduzir os tópicos de astronomia e investigar o conhecimento prévio dos alunos.

Após a leitura da HQ, os estudantes responderão às seguintes questões no papel:

- 1) Você já ouviu falar sobre o Cruzeiro do Sul ou as Três Marias?
- 2) Você já percebeu como as estrelas são diferentes? Se sim, o que percebe de diferente em cada estrela?
- 3) Como você classificaria o Sol e a Lua?
- 4) Ao olhar o céu noturno, como sabemos qual astro luminoso é uma estrela ou um planeta?
- 5) Do que são feitas as estrelas?
- 6) Quanto tempo vive uma estrela, você saberia dizer?
- 7) O que é uma "estrela cadente"?

Figura 6 - História em Quadrinhos sobre Astronomia Estelar



Fonte: Autor (2025)

O desenvolvimento deste passo ocupará 1 aula.

6.1.3 Situação Problema Introdutória

Objetivo: Compreender o conceito de magnitude aparente e absoluta.

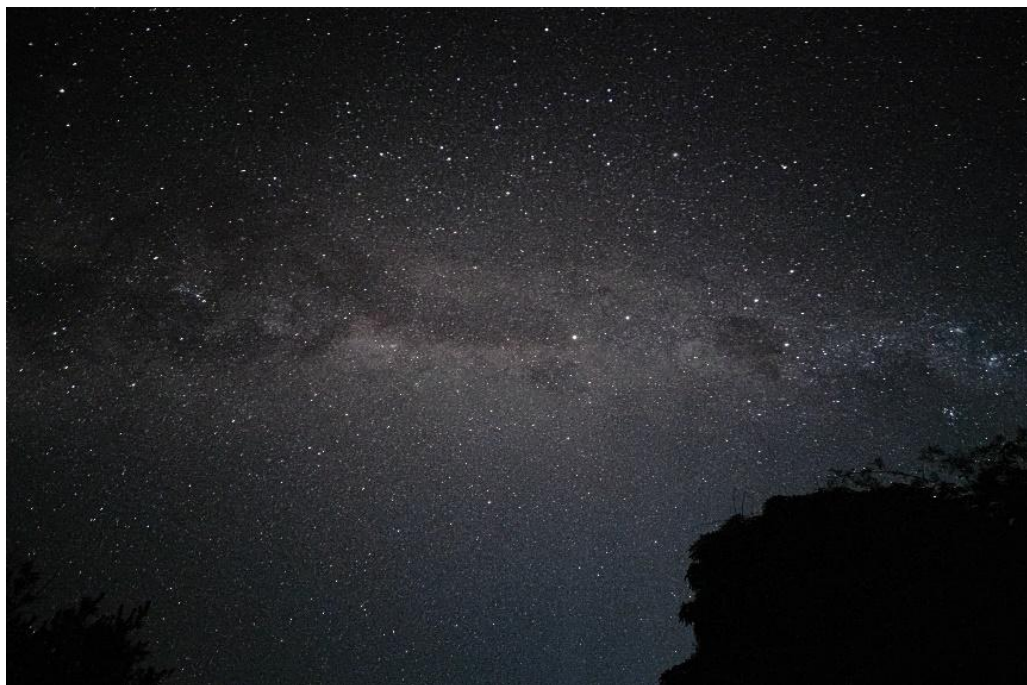
Situação Problema: Reflexão sobre Brilho das estrelas

A aula começa em um ambiente escurecido, com a projeção de uma imagem panorâmica do céu noturno, temos por exemplo a Figura 7.

Questão Provocativa: Por que algumas estrelas parecem tão brilhantes, enquanto outras mal conseguimos enxergar?

Os estudantes levantam hipóteses (distância, tamanho, idade, etc.), que são registradas.

Figura 7 - Imagem tirada de um celular do céu



Fonte: Autor (2023)

Inicia-se após isso, um experimento mental com duas lâmpadas idênticas em distâncias variadas. Tal analogia serve como base para diferenciar a percepção do brilho (Magnitude Aparente) da emissão real de luz (Magnitude Absoluta).

Para ilustrar o cerne do problema, são apresentadas as estrelas Sírius e Rigel, onde Sírius (a mais brilhante vista da Terra) é, na verdade, intrinsecamente menos luminosa que Rigel. A partir dessa discrepância, os conceitos são formalmente introduzidos:

- Magnitude Aparente: Medida relativa do brilho percebido na Terra.
- Magnitude Absoluta: Medida da luminosidade intrínseca da estrela, padronizada a 10 parsecs.

Este passo ocupa 1 aula.

6.1.4 Diferenciação Progressiva

Objetivos: Compreender o conceito de Luminosidade e formas de calcular a distância entre as estrelas.

Após a introdução das magnitudes aparente e absoluta, este passo aprofunda a compreensão das grandezas que causam a diferença entre elas: distância e luminosidade.

Situação Problema: Como os astrônomos medem distâncias de estrelas

Você sabe como a Astronomia determina a distância de uma estrela? Embora a luz pareça percorrer o espaço instantaneamente, o brilho aparente de uma estrela é drasticamente afetado por sua distância.

O passo aborda o desafio de medir a distância estelar, introduzindo o método da paralaxe estelar. Um experimento simples (estender o dedo e observar alternadamente com cada olho) é realizado para que os estudantes construam a imagem mental do deslocamento aparente. Esse princípio é análogo ao usado pelos astrônomos, que comparam a posição da estrela em dois momentos opostos da órbita da Terra. É introduzido o conceito de parsec (pc).

Após, é introduzido o conceito de luminosidade e qualitativamente a Lei de Stefan-Boltzmann relacionando Luminosidade e temperatura superficial da estrela. O passo reforça o processo de diferenciação progressiva, onde o estudante distingue com precisão brilho, luminosidade e distância, entendendo sua contribuição para a percepção estelar.

O desenvolvimento deste passo ocupará 2 aulas.

6.1.5 Complexidade

Objetivos: Compreender a relação entre Temperatura, Cor, Luminosidade e a Composição Estelar.

Este passo introduz novos desafios cognitivos, integrando a temperatura e a cor como variáveis determinantes da luminosidade.

Situação Problema: Estrelas e suas cores

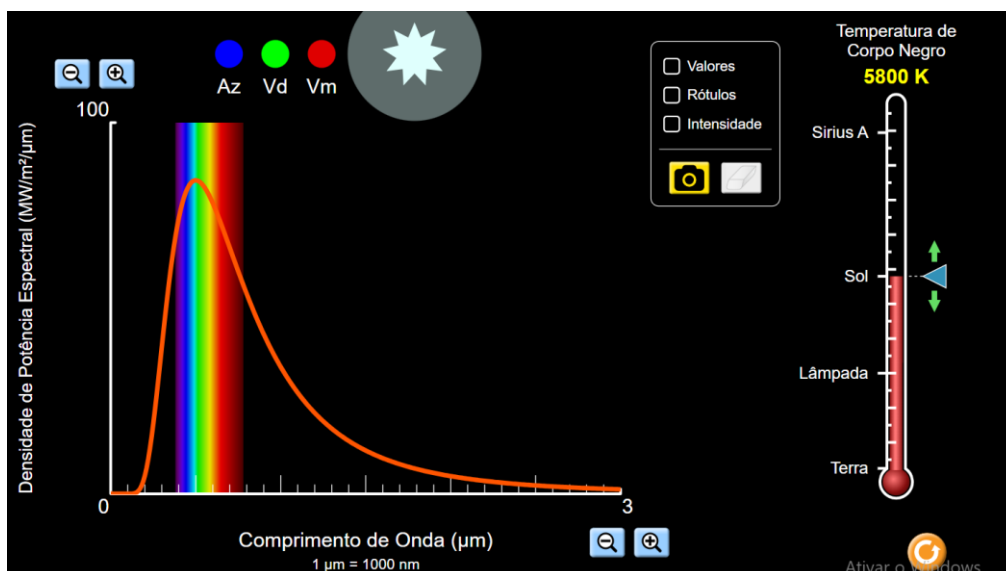
A atividade se inicia com a questão: Se a luminosidade depende do tamanho e da temperatura da estrela, o que faz com que algumas sejam avermelhadas e outras azuladas?

Conceitos de radiação de corpo negro são introduzidos de forma acessível, utilizando analogias cotidianas, como o aquecimento de uma resistência elétrica ou o filamento de uma lâmpada, que mudam de cor conforme a temperatura aumenta.

Em seguida, o simulador do PhET (Figura 8) é utilizado de modo demonstrativo. A observação do gráfico qualitativo reforça que:

- Temperaturas mais altas resultam em radiação total mais intensa.
- O pico de emissão se desloca para comprimentos de onda menores (luz azulada), indicando maior temperatura.

Figura 8 - Simulador de Radiação de Corpo Negro do PhET



Fonte: PhET (2025)

Na sequência, volta-se o foco para a análise espectral como principal método para inferir a composição química e a temperatura das estrelas. É utilizada a analogia da decomposição da luz (arco-íris) para explicar que as

linhas de absorção (espectro estelar) funcionam como “impressões digitais”, revelando a constituição dos astros.

É introduzida a Classificação Espectral (O, B, A, F, G, K, M), que organiza as estrelas das mais quentes (azuladas) às mais frias (avermelhadas). Em seguida, o Diagrama Hertzsprung-Russell (HR) é apresentado como uma ferramenta de síntese visual.

Por fim, é introduzido o conceito de Classe de Luminosidade para explicar que o tamanho e a densidade da estrela influenciam a largura das linhas espectrais e determinam sua luminosidade total, mesmo entre estrelas de mesma temperatura.

O desenvolvimento deste passo será de 3 aulas.

6.1.6 Reconciliação Integrativa

Objetivo: Consolidar a aprendizagem significativa dos conceitos de brilho, cor, temperatura, luminosidade, espectro e evolução estelar, articulando-os em um modelo científico unificado a partir da trajetória evolutiva do Sol.

Esta etapa visa a reconciliação integrativa dos múltiplos conceitos abordados tendo a análise da vida do Sol como fonte de estudo de todos os conceitos abordados ao longo da UEPS.

O Sol é introduzido como o principal objeto de estudo. Utilizando o Diagrama Hertzsprung-Russell (H-R) é apresentada a trajetória evolutiva do Sol em formato de narrativa científica, enfatizando como as transformações estelares se conectam aos conceitos físicos: a fase atual do Sol é a Sequência Principal; no futuro, ele evoluirá para uma Gigante Vermelha e, após a ejeção de suas camadas externas na forma de uma nebulosa planetária, terminará como uma Anã Branca. Essa narrativa visualiza as transições do Sol no Diagrama H-R, unificando a relação complexa entre temperatura, cor, tamanho e luminosidade com os estágios de evolução estelar. A aula culmina na construção coletiva de um mapa conceitual no quadro que articula as inter-relações dos conceitos aprendidos e os estudantes registram no caderno.

O desenvolvimento deste passo ocupará 1 aula.

6.1.7 Avaliação

Objetivos: Verificar se os estudantes atingiram os objetivos de aprendizagem da UEPS, avaliar a progressão do conhecimento desde o diagnóstico inicial até a reconciliação integrativa.

Os estudantes responderão as perguntas que serão entregues numa folha avulso.

1) O que você já sabe sobre estrelas? Cite pelo menos duas características que as diferenciam de outros objetos do Universo (como planetas ou nebulosas). Explique com suas próprias palavras.

Resposta esperada: Estrelas produzem luz própria, são muito quentes, são feitas de gás, realizam fusão nuclear, etc. Planetas não produzem luz própria; nebulosas são nuvens de gás e poeira.

2) Explique o que é a fusão nuclear e qual é seu papel na vida de uma estrela. Em sua resposta, relacione a fusão nuclear com a estabilidade das estrelas e o equilíbrio entre pressão interna e gravidade.

Resposta esperada: Fusão nuclear é a união de núcleos leves por exemplo, $H \rightarrow He$, liberando energia. Essa energia produz pressão interna que equilibra a gravidade, garantindo a estabilidade estelar. Enquanto há fusão no núcleo, a estrela permanece na sequência principal; quando o combustível acaba, ela evolui.

3) Explique como a cor de uma estrela está relacionada à sua temperatura superficial. Dê exemplos de estrelas de diferentes cores e temperaturas, justificando com base no Diagrama HR e nas linhas espectrais observadas.

Resposta esperada: A cor depende da temperatura superficial: estrelas quentes $\rightarrow$ azul; médias $\rightarrow$ amarelo/branco; frias $\rightarrow$ vermelho. Exemplos: Rigel (azul, quente), Sol (amarela, média), Betelgeuse (vermelha, fria). No Diagrama HR, estrelas quentes ficam à esquerda e frias à direita; o espectro confirma essa relação.

4) No Diagrama Hertzsprung–Russell (HR):

- a) O que representa a **Sequência Principal**?
- b) O que caracteriza as **Gigantes Vermelhas**?
- c) O que caracteriza as **Anãs Brancas**?

Resposta esperada:

- a) Sequência Principal: região onde as estrelas passam a maior parte da vida, realizando fusão de hidrogênio no núcleo.
 - b) Gigantes Vermelhas: estrelas frias na superfície, muito grandes e muito luminosas.
 - c) Anãs Brancas: estrelas muito quentes, pequenas e com baixa luminosidade.
- 5) Dois astrônomos descobrem duas novas estrelas:
 Estrela X: temperatura superficial de 3.500 K (baixa), luminosidade 10.000 vezes a do Sol (alta). Estrela Y: temperatura superficial de 25.000 K (alta), luminosidade 1/100 da do Sol (baixa).
- a) Explique em qual região do Diagrama HR cada uma dessas estrelas estaria.
 - b) Usando a relação entre luminosidade, raio e temperatura, explique por que a Estrela X, mesmo sendo fria, é tão luminosa, e por que a Estrela Y, mesmo sendo quente, é pouco luminosa.

Resposta esperada:

- a) Estrela X (fria e muito luminosa): região das Gigantes Vermelhas.
 Estrela Y (quente e pouco luminosa): região das Anãs Brancas.
 - b) X é fria, mas muito grande → alta luminosidade.
 Y é quente, mas muito pequena → baixa luminosidade
- 6) Descreva a jornada evolutiva do Sol no Diagrama HR, desde sua posição atual na Sequência Principal até os estágios finais. Explique as mudanças esperadas em temperatura, luminosidade e tamanho durante essa trajetória e quais processos físicos motivam essas transformações.

Resposta esperada: O Sol sai da sequência principal quando acabar o hidrogênio, expande-se e torna-se uma gigante vermelha (maior luminosidade,

menor temperatura superficial). Depois expulsa suas camadas externas e o núcleo restante torna-se uma anã branca quente e pouco luminosa, que resfria lentamente.

O desenvolvimento deste passo ocupará 1 aula.

7. CONSIDERAÇÕES FINAIS

O presente Trabalho de Conclusão de Curso alcançou seu objetivo fundamental por meio da elaboração e da fundamentação teórica de uma UEPS aplicada ao campo da Astronomia Estelar. O foco foi a criação de um modelo didático que aplica os princípios da Aprendizagem Significativa buscando superar a abordagem tradicional, frequentemente descontextualizada, do tema.

Os objetivos específicos propostos foram alcançados com a construção detalhada da UEPS, que não se limitou a um mero sequenciamento de aulas, mas sim à organização hierárquica e progressiva dos conceitos-chave de Astrofísica Estelar.

A relevância da proposta reside em sua contribuição para a área de Ensino de Física e Astronomia, oferecendo um modelo metodológico robusto para o planejamento. Ao utilizar a estrutura da UEPS possibilitou uma abordagem que transforma um conteúdo complexo em um aprendizado potencialmente significativo, ancorado em subsunções preexistentes.

O principal ponto de atenção reside no caráter propositivo deste trabalho, que constitui sua limitação metodológica central. A UEPS foi desenvolvida com rigor teórico, mas sua eficácia e potencial significância não foram empiricamente testados junto a uma amostra de estudantes.

Em termos de limitações teóricas, a escolha por um tema tão vasto exigiu recortes rigorosos. Optou-se por focar na evolução estelar de estrelas de baixa e média massa (como o Sol), deixando de fora as supergigantes e fenômenos mais exóticos (supernovas, pulsares), o que pode ser percebido como uma limitação temática.

Para ajustes, seria essencial desenvolver um roteiro de atividades quantitativas mais detalhado para o uso de simuladores, garantindo que a aplicação das relações matemáticas (como o cálculo da luminosidade) seja acessível e efetiva.

As perspectivas futuras são claras e necessárias:

- **Aplicação Empírica:** A próxima etapa é a aplicação da UEPS em sala de aula (pesquisa-ação), seguida pela coleta de dados (mapas conceituais, testes de conhecimento) para avaliar a efetividade da proposta em promover a aprendizagem significativa.

- Aprimoramento do Material: Desenvolver um material de apoio para o professor (manual de aplicação) e recursos interativos (vídeos, animações) para aprimorar a diferenciação progressiva e a reconciliação integrativa.

O processo de elaboração desta UEPS representou uma experiência de formação profissional inestimável. Exigiu a articulação prática entre o conhecimento científico (domínio dos conceitos de Astrofísica), o conhecimento pedagógico (compreensão profunda da Teoria da Aprendizagem Significativa) e o conhecimento curricular (alinhamento com a BNCC). Mais do que um exercício acadêmico, a elaboração da proposta consolidou minha visão de que a qualidade do ensino reside na organização lógica e psicológica do conteúdo, preparando-me para ser um educador capaz de planejar o ensino de forma deliberada e potencialmente significativa.

REFERÊNCIAS

- APPOLINÁRIO, F. Dicionário de Metodologia Científica. 2. ed. São Paulo: Atlas, 2011. 295p.
- AUSUBEL, D. P. *Aquisição e retenção de conhecimentos: uma perspectiva cognitiva*. Lisboa: Plátano Edições Técnicas, 2003.
- BANDECCHI, M.; BRETONES, P. S.; HORVATH, J. E. O equilíbrio e a estrutura estelar em uma abordagem simples: a sequência principal. *Revista Brasileira de Ensino de Física*, v. 41, n. 4, e20190031, 2019. DOI: <https://doi.org/10.1590/1806-9126-RBEF-2019-0031>. Acesso em: 25 out. 2025.
- BRASIL. Ministério da Educação. *Base Nacional Comum Curricular*. Brasília: MEC, 2018. Disponível em: <http://www.bndigital.bn.br>. Acesso em: 15 out. 2024.
- BRASIL. Ministério da Educação. *Diretrizes curriculares nacionais para a educação básica*. Brasília: MEC, SEB, 2013. Disponível em: <http://portal.mec.gov.br/docman/julho-2013-pdf/13677-diretrizes-educacao-basica-2013-pdf/file>. Acesso em: 25 out. 2025.
- CESTARI, T. N.; SANTOS, M. G. dos; AMARAL, R. A. Uma proposta de ensino de fundamentos de astronomia e astrofísica via ensino sob medida. *Revista Latino-Americana de Educação em Astronomia – RELEA*, n. 29, p. 7-25, 2020. DOI: <https://doi.org/10.37156/RELEA/2020.29.007>.
- DELIZOICOV, D.; ANGOTTI, J. F.; PERNAMBUCO, S. F. *Ensino de ciências: uma proposta de ensino*. São Paulo: Editora Livraria da Física, 2011.
- FORNAZARI, J. *Diagrama de Hertzsprung–Russell como ferramenta de ensino de física: proposta de uma sequência didática*. 2022. Tese (Doutorado em Educação) – Universidade de São Paulo, São Paulo. Disponível em: <https://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/14/14134/tde-17022022-160849/en.php>. Acesso em: 25 out. 2025.
- GERHARDT, Tatiana Engel & SILVEIRA, Denise Tolfo. Métodos de pesquisa. 1ª ed. Editora da UFRGS, 2009.
- GIL, A. C. *Métodos e técnicas de pesquisa social*. 6. ed. São Paulo: Atlas, 2008.
- GONZALEZ, E. et al. A astronomia como ferramenta motivadora no ensino das ciências. *Anais do 2º Congresso Brasileiro de Extensão Universitária*, Belo Horizonte, 12–15 set. 2004. Área Temática de Educação. Disponível em: <https://www.ufmg.br/congrext/Educa/Educa5.pdf>. Acesso em: 25 out. 2025.

- GOWIN, D.B. (1981). *Educating*. Ithaca, N.Y.: Cornell University Press. 210p.
- HELOU, D.; GUALTER, J. B.; NEWTON, V. B. *Tópicos de física*. São Paulo: Editora Ática, 2016.
- IACHEL, G. O conhecimento prévio de alunos do ensino médio sobre as estrelas. *Revista Latino-Americana de Educação em Astronomia – RELEA*, n. 10, p. 55–68, 2010.
- Johnson-Laird, P.N. (1983). *Mental models*. Cambridge, MA: Harvard University Press. 513p.
- LANGHI, R.; NARDI, R. Justificativas para o ensino de astronomia: o que dizem os pesquisadores brasileiros? *Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências*, v. 14, n. 3, 2014. Disponível em: <https://periodicos.ufmg.br/index.php/rbpec/article/view/4478>. Acesso em: 25 out. 2025.
- LONGHINI, M. D.; MENEZES, L. D. de D. Objeto virtual de aprendizagem no ensino de astronomia: algumas situações-problema propostas a partir do software *Stellarium*. *Cadernos Brasileiros de Ensino de Física*, v. 27, n. 3, p. 433–448, 2010. DOI: <https://doi.org/10.5007/2175-7941.2010v27n3p443>.
- MOREIRA, M. A. Unidades de ensino potencialmente significativas – UEPS. *Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências*, v. 11, n. 3, p. 1–16, 2011. Disponível em: <https://www.if.ufrgs.br/~moreira/UEPSport.pdf>. Acesso em: 13 dez. 2024.
- NATIONAL AERONAUTICS AND SPACE ADMINISTRATION (NASA). *Sun Portrait: 'The Face of Our Star'*. 2002. Fotografia. Disponível em: <https://images.nasa.gov/details/PIA03545>. Acesso em: 19 nov. 2025.
- NATIONAL AERONAUTICS AND SPACE ADMINISTRATION (NASA). *The Crab Nebula*. 2017. Fotografia. Disponível em: https://images.nasa.gov/details/GSFC_20171208_Archive_e000256. Acesso em: 19 nov. 2025.
- NOIRLAB (NATIONAL OPTICAL-INFRARED ASTRONOMY RESEARCH LABORATORY). *Hubble Law Plot*. 2003. Ilustração. Disponível em: <https://noirlab.edu/public/images/noao0307a/>. Acesso em: 19 nov. 2025.
- Novak, J.D. (1980). *Uma teoria de educação*. São Paulo: Pioneira. Tradução de M.A. Moreira do original *A theory of education*

NUNES, R. C.; QUEIRÓS, W. P. Visões deformadas sobre a natureza da ciência no conteúdo de relatividade especial em livros didáticos de física. *Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias*, v. 19, n. 2, p. 295–319, 2020. Disponível em:

https://reec.webs.uvigo.es/volumenes/volumen19/REEC_19_2_3_ex1506_36F.pdf. Acesso em: 13 dez. 2024.

NUNES, R. C.; QUEIRÓS, W. P.; CUNHA, J. A. R. da. Análise histórica do conteúdo de relatividade especial nos livros didáticos de física do PNLD 2018. *História da Ciência e Ensino*, v. 24, 2021. Disponível em: <https://revistas.pucsp.br/index.php/hcensino/article/view/57377>. Acesso em: 25 out. 2025.

HORVATH, J. E. Uma proposta para o ensino da astronomia e astrofísica estelares no ensino médio. *Revista Brasileira de Ensino de Física*, v. 35, n. 4, 4501, 2013.

OLIVEIRA FILHO, K. de S.; SARAIVA, M. de F. O. *Astronomia e astrofísica*. Porto Alegre: Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Instituto de Física, Departamento de Astronomia, 2014.

PAULUCCI, L.; ALMEIDA, A. C.; PIRES, C.; SILVA, L. A. da. Levantamento de recursos e uma avaliação atual do ensino de astrofísica estelar. *Revista Brasileira de Ensino de Física*, v. 44, e20210226, 2022. DOI: <https://doi.org/10.1590/1806-9126-RBEF-2021-0226>. Acesso em: 25 out. 2025.

PEIXOTO, D. E.; OLIVEIRA, M. C.; TEIXEIRA JÚNIOR, J. V. A.; PEREIRA, W. G. Astronomia, Base Nacional Comum Curricular e a produção de materiais didáticos: um relato de experiência. *Revista de Enseñanza de la Física*, v. 33, n. 2, p. 445–450, 2021. Disponível em: <https://revistas.unc.edu.ar/index.php/revistaEF>. Acesso em: 25 out. 2025.

PELLIZZARI, C. A.; KRIEGL, M. L.; BARON, M. P.; VARGAS, L. R.; GOMES, R. Z. Teoria da aprendizagem significativa segundo Ausubel. *Revista PEC*, v. 3, n. 1, p. 37–42, 2003. Disponível em: <https://revistas.ufpr.br/pec/article/view/6207>. Acesso em: 25 out. 2025.

PICAZZIO, E. (org.). *O céu que nos envolve*. São Paulo: Oficina de Textos, 2011.

RAMALHO, A. D.; NICOLAU, C. S.; TOLEDO, P. *Fundamentos de física*. São Paulo: Editora Livraria da Física, 2012.

RETKE, W. dos S.; SILVA, C. da R. Educação básica: unidade de ensino potencialmente significativa sobre evolução estelar. *A Física na Escola*, v. 22, e230023, 2024. Disponível em: <http://www1.fisica.org.br/fne/>. Acesso em: 25 out. 2025.

SABINO, A. C.; CAMPOS, A. M. de; MORAIS, D. T. de; KALED, J. P.; GOZZI, M. E.; VISCOVINI, R. A utilização do software Maxima no ensino por investigação da evolução estelar utilizando simulação gráfica da fusão nuclear. *Revista Brasileira de Ensino de Física*, v. 41, n. 3, e20180118, 2019. DOI: <https://doi.org/10.1590/1806-9126-RBEF-2018-0118>.

UNIVERSITY OF COLORADO BOULDER. *Blackbody Spectrum – PhET Interactive Simulations*. 2023. Simulação computacional. Disponível em: https://phet.colorado.edu/pt_BR/simulations/blackbody-spectrum. Acesso em: 29 jun. 2023.

VALADARES, E.; MOREIRA, A. Ensinando física moderna no segundo grau: efeito fotoelétrico, laser e emissão de corpo negro. *Caderno Brasileiro de Ensino de Física*, v. 15, n. 2, p. 121–135, 1998. Disponível em: <https://periodicos.ufsc.br/index.php/fisica/article/view/6896>. Acesso em: 13 dez. 2024.

VERGNAUD, G. (1990). La théorie des champs conceptuels. *Récherches en Didactique des Mathématiques*, 10(23): 133-170.

Vygotsky, L. (1987). *Pensamento e linguagem*. São Paulo: Martins Fontes. 1ª Ed. Brasileira. 135p.