

INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA DO RIO GRANDE
DO NORTE
DIRETORIA ACADÊMICA DE CIÊNCIAS
MESTRADO NACIONAL PROFISSIONAL EM ENSINO DE FÍSICA
POLO 10

Wenderson do Nascimento Silva

DESENVOLVIMENTO E IMPLEMENTAÇÃO DE UMA SEQUÊNCIA
DIDÁTICA PARA ENSINO DE ASTRONOMIA NO ENSINO MÉDIO:
INTEGRAÇÃO DE ATIVIDADES TEÓRICAS E RECURSOS
TECNOLÓGICOS PARA A COMPREENSÃO DE CONCEITOS
ESTELARES.

Natal

2025

Wenderson do Nascimento Silva

**DESENVOLVIMENTO E IMPLEMENTAÇÃO DE UMA SEQUÊNCIA
DIDÁTICA PARA ENSINO DE ASTRONOMIA NO ENSINO MÉDIO:
INTEGRAÇÃO DE ATIVIDADES TEÓRICAS E RECURSOS
TECNOLÓGICOS PARA A COMPREENSÃO DE CONCEITOS
ESTELARES.**

Dissertação apresentada ao Polo 10 do Programa de Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física da INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA DO RIO GRANDE DO NORTE como requisito parcial à obtenção do título de Mestre em Ensino de Física.

Orientador: Dr. Bruno Lustosa de Moura

Natal
2025

Silva, Wenderson do Nascimento.

S586d Desenvolvimento e implementação de uma sequência didática para ensino de astronomia no ensino médio : integração de atividades teóricas e recursos tecnológicos para a compreensão de conceitos estelares / Wenderson do Nascimento Silva. – 2025.
31 f. : il. color.

Dissertação (mestrado) – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Norte, Natal, 2025.

Orientador(a): Dr. Bruno Lustosa de Moura.

1. Física – Ensino. 2. Produto educacional. 3. Astronomia – Sequência didática. 4. Ensino médio. 5. Aprendizagem significativa. Título.

SIBi/IFRN

CDU 53:37(043.3)

Wenderson do Nascimento Silva

**EXPLORANDO AS ESTRELAS:
GUIA PARA O ENSINO DE ASTRONOMIA NO ENSINO MÉDIO.**

Dissertação apresentada ao Polo 10 do Programa de Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física da INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA DO RIO GRANDE DO NORTE como requisito parcial à obtenção do título de Mestre em Ensino de Física

Aprovada em 15 de Julho de 2025.

BANCA EXAMINADORA

Documento assinado digitalmente



BRUNO LUSTOSA DE MOURA

Data: 28/10/2025 17:57:08-0300

Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Prof. Dr. Bruno Lustosa de Moura - Orientador
Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Norte

Documento assinado digitalmente



ANTONIO MARQUES DOS SANTOS

Data: 28/10/2025 16:20:18-0300

Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Prof. Dr. Antônio Marques dos Santos – Examinador 1
Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Norte

Documento assinado digitalmente



PAULO VICTOR SANTOS SOUZA

Data: 28/10/2025 17:24:45-0300

Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Prof. Dr. Paulo Victor Santos Souza – Examinador 2
Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio de Janeiro

DEDICATÓRIA

Soli Deo Gloria

AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus pela criação desse planeta ao qual vivemos, pelo dom da vida e por estar comigo em todos os momentos na realização desse sonho que é entender cada vez mais a beleza da sua criação.

Agradeço ao meu pai Francisco Silvino que não está mais aqui presente comigo, mas que sempre me deu forças para sempre seguir em frente com os meus estudos. Hoje sendo a força motriz para os meus estudos.

Agradeço a minha mãe Maria Áurea por todo amor e carinho durante toda a minha vida.

A minha esposa por toda ajuda intelectual, emocional e sentimental durante esse momento tão importante na minha vida.

Ao meu irmão Anderson por muitas vezes ajudar a minha mãe no trabalho para que eu pudesse continuar estudando.

Agradeço aos meus amigos do mestrado, por trilharem esse caminho comigo.

Ao Professor Dr. Calistrato Câmara por toda paciência, orientação e conversas durante o período da graduação como orientador e agora no mestrado como professor.

Ao Professor Dr. Bruno Lustosa por sua generosa orientação desse produto, sendo um bom guia para a produção desse material.

Ao Professor Dr. Tibério Alves por todo conhecimento ensinado de eletromagnetismo na graduação e no mestrado.

Ao Professor Dr. Antônio Marques pela disponibilidade em ajudar nesse trabalho.

A todos que me ajudaram direta e indiretamente na realização desse sonho.

O presente trabalho foi realizado com o apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – Brasil (CAPES) – código de financiamento 001.

RESUMO

Esta dissertação apresenta o desenvolvimento e a implementação de um produto educacional voltado para alunos do ensino médio no contexto de educação regular, com o objetivo de avaliar seu impacto no processo de aprendizagem sobre o conhecimento das estrelas e na motivação dos participantes. Diante das crescentes demandas por inovações pedagógicas, o produto foi criado para atender às necessidades específicas de abordar um assunto que não é bem explorada na grade curricular da física no ensino médio, oferecendo uma abordagem diferenciada que visa melhorar a compreensão e o engajamento no aprendizado. A pesquisa foi conduzida em uma instituição privada da cidade de Parnamirim, envolvendo 18 alunos. A metodologia adotada incluiu metodologias ativas no qual o aluno foi impulsionado a buscar o conhecimento de maneira proativa utilizando-se de pesquisar, atividades individuais, em grupo e etc. Esses dados combinados com uma análise detalhada das respostas dos participantes e dos resultados obtidos ao longo do período de implementação do produto. A fase de desenvolvimento do produto foi guiada por princípios da aprendizagem significativa de Ausubel, com ênfase na adaptação dos conteúdos e das estratégias de ensino às necessidades específicas do aluno. Os resultados da pesquisa indicam que o produto educacional teve um impacto positivo significativo na de aprendizagem. Especificamente, observou-se que os participantes que utilizaram o produto apresentaram resultados específicos, como melhorias na compreensão, aumento na participação em atividades, etc. Contudo, o estudo também identificou desafios importantes, como desafios encontrados, por exemplo, dificuldades da compreensão da matemática necessária para desenvolver uma abordagem mais aprofundada que podem ter influenciado no estudo dos alunos. Para superar esses desafios, a pesquisa sugere que adaptações futuras no produto educacional devem considerar recomendações específicas como um tempo maior de aplicação para ter uma melhor distribuição da aplicação do produto. Além disso, recomenda-se a realização de estudos complementares que explorem aspectos ainda não abordados como um estudo mais detalhado sobre o interior, produção de energia das estrelas a fim de validar e expandir os achados da presente pesquisa. Conclui-se que o produto educacional desenvolvido apresenta um potencial significativo para melhorar o aprendizado e aumentar a motivação dos alunos em estudar a disciplina de física. Especialmente quando aplicado com alunos da primeira série que estão iniciando o ensino médio. No entanto, para maximizar seus benefícios e assegurar uma implementação eficaz, é essencial que futuras versões do produto sejam ajustadas com base nas observações e recomendações apontadas neste estudo. A pesquisa contribui para o campo da educação ao fornecer insights valiosos sobre o desenvolvimento de produtos educacionais que atendam de maneira mais eficaz às demandas e necessidades dos alunos, promovendo, assim, uma aprendizagem mais significativa e engajadora.

Palavras-chave: Ensino de física; Produto Educacional; Aprendizagem; Física; Estrelas.

ABSTRACT

This dissertation presents the development and implementation of an educational product aimed at high school students in the context of regular education, with the goal of evaluating its impact on the learning process regarding knowledge of stars and the motivation of the participants. In light of the growing demands for pedagogical innovations, the product was created to meet the specific needs of addressing a topic that is not well explored in the high school physics curriculum, offering a differentiated approach aimed at improving understanding and engagement in learning. The research was conducted in a private institution in the city of Parnamirim, involving 18 students. The methodology adopted included active methodologies in which the student was encouraged to seek knowledge proactively, utilizing research, individual and group activities, etc. These data, combined with a detailed analysis of the participants' responses and the results obtained throughout the implementation period of the product. The product development phase was guided by Ausubel's principles of meaningful learning, with an emphasis on adapting content and teaching strategies to the specific needs of the students. The research results indicate that the educational product had a significantly positive impact on learning. Specifically, it was observed that participants who used the product showed specific results, such as improvements in understanding, increased participation in activities, etc. However, the study also identified significant challenges, such as difficulties in understanding the mathematics necessary to develop a more in-depth approach that may have influenced the students' study. To overcome these challenges, the research suggests that future adaptations of the educational product should consider specific recommendations, such as allowing more time for the application to better distribute the product's implementation. Additionally, it is recommended that complementary studies are conducted to explore aspects not yet addressed, such as a more detailed study of the interior and energy production of stars, in order to validate and expand the findings of the present research. It is concluded that the developed educational product shows significant potential for improving learning and increasing student motivation in studying physics, especially when applied to first-year students who are beginning high school. However, to maximize its benefits and ensure effective implementation, it is essential that future versions of the product are adjusted based on the observations and recommendations pointed out in this study. The research contributes to the field of education by providing valuable insights into the development of educational products that more effectively meet the demands and needs of students, thereby promoting more meaningful and engaging learning.

Keywords: Physics Teaching; Educational Product; Learning; Physics; Stars.

LISTAS DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 - Constelação da ursa	14
Figura 2 - Constelação do homem velho	14
Figura 3 - Representação de Órion como visto no hemisfério sul, pelo software <u>Stellarium</u>	15
Figura 4 - Sol	17
Figura 5 - Buraco negro	19
Figura 6 - Próxima Centauri	21
Figura 7- Esquema de evolução estelar, não em escala, para massas diferentes	22
Figura 8 - Diagrama HR	25
Figura 9 - Diagrama HR / Sequência principal	26
Figura 10 - Exemplo de uma dica para o professor que é encontrada na sequência didática	36
Figura 11 - Exemplo de uma atividade de fixação encontrada na sequência didática	41
Figura 12 - Exemplo de uma atividade proposta em grupos encontrada na sequência didática	43
Figura 13 - Exemplo de outra atividade proposta em grupos encontrada na sequência didática	43
Figura 14 - Apresentação produzida pelos alunos para falar da nebulosa de Helix	45
Figura 15 - Print da tela do computador do aluno Miguel, a imagem mostra o céu do dia que ele nasceu – 05/02/2009	47
Figura 16 - Imagem do estudo sobre evolução estelar feita na sala de aula	48
Figura 17 - Imagem dos alunos usando os computadores para fazer a atividade proposta	49
Figura 18 - Imagem dos alunos fazendo a atividade, esse grupo preferiu usar um tablet para fazer o que foi solicitado	52
Figura 19 - Gráfico de satisfação dos alunos com o produto aplicado	54
Figura 20 – Gráfico da aula que gerou maior dificuldade	55
Figura 21 - Gráfico para entender quais foram os desafios na aplicação do produto	55

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO.....	11
2	A FÍSICA POR TRÁS DO PRODUTO.....	13
2.1	CONSTELAÇÕES.....	13
2.2	ESTRELAS.....	15
2.3	LUMINOSIDADE, FLUXO E MAGNITUDE DE UMA ESTRELA.....	22
2.3.1	LUMINOSIDADE.....	22
2.3.2	FLUXO.....	23
2.3.3	MAGNITUDE APARENTE DE UMA ESTRELA.....	24
2.4	DIAGRAMA HR.....	25
2.5	CLASSIFICAÇÃO ESTELAR.....	26
3	ENSINO DE FÍSICA E TEORIAS DE APRENDIZAGEM.....	28
3.1	APRENDIZAGEM SIGNIFICATIVA DE AUSEBEL.....	28
3.2	BASE NACIONAL COMUM CURRICULAR (BNCC) E O ENSINO DE ASTTRONOMIA E ESTRELAS.....	31
3.3	REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	33
3.4	SEQUÊNCIADIDÁTICA.....	35
3.5	ADAPTAÇÕES PARA ALUNOS COM TDAH NA SEQUÊNCIA DIDÁTICA.....	37
4	PROPOSTA DE APLICAÇÃO.....	40
4.1	DESCRIÇÃO DA PROPOSTA DE APLICAÇÃO.....	40
5	RELATÓRIO DE APLICAÇÃO.....	45
6	CONCLUSÃO.....	57
	REFERÊNCIAS.....	60
	APÊNDICE A.....	62

1. INTRODUÇÃO

Desde o início da humanidade o Sol é observado. Uma das evidências são as figuras rupestres encontradas em cavernas onde é retratado o Sol e animais à sua volta. O homem percebeu que o Sol é algo de extrema importância para sua sobrevivência, pois graças a sua luz é possível ter a percepção de tudo que está a sua volta e a falta dela lhe trazia medos e incertezas com a escuridão da noite.

O Sol teve tanta importância que os homens passaram a adorá-lo. Em diversas mitologias encontramos adoração a um deus que representa essa estrela. A deidade solar é uma entidade divina que é a personificação do Sol em uma divindade, várias mitologias cultuavam esse deus com ritos solares que podemos chamar de heliotria. Ao longo da história é possível identificar alguns deuses sendo a personificação do Sol, por exemplo: para os gregos têm-se Hélios e Apolo considerados os deuses solares, no antigo Egito Ámon e na cultura indígena brasileira temos o deus Guaraci que é considerado o guardião do dia.

Podemos identificar que o Sol é a estrela mais conhecida por todos, isso acontece devido ao fato de conhecermos o Sol desde a infância. Ainda na escola aprende-se que a estrela é a fonte de energia e da luz que nos permite ver os objetos e nos mantém aquecidos. Esses conhecimentos foram adquiridos por meio de observações simples do homem.

Com o avanço científico, o homem passou a se perguntar algumas coisas em relação à estrela ao qual ele via. De onde vem toda essa energia luminosa e térmica que atinge toda a Terra? Quais são as principais características da estrela mais próxima da Terra? Com o passar do tempo o homem conseguiu obter todas essas respostas referentes ao Sol e ainda conseguiu aprender ampliar seu conhecimento a esse respeito. Todavia, ainda faltavam muitas estrelas enxergada nas constelações que ainda não se tem respostas. Com um trabalho árduo de astrônomos, astrofísicos e físicos, o homem passou a conhecer a massa, raio, temperatura, luminosidade e etc. das estrelas que a muito tempo estão brilhando no nosso universo. Depois de adquirir o conhecimento ele passou a caracterizá-las e classificá-las.

Caro(a) professor(a), é com imenso prazer que escrevo esse produto educacional para que você possa aplicar com as suas turmas na sala de aula. A criação desta sequência didática de astronomia é motivada pela necessidade de fornecer um recurso educacional moderno e acessível que enriqueça o ensino médio brasileiro. Em um contexto no qual o aprendizado de ciências pode ser desafiador, especialmente em escolas com recursos limitados, este material surge como uma ferramenta valiosa para apoiar tanto professores quanto alunos. Nesse produto educacional sobre as estrelas, voltado especialmente para o ensino médio com o objetivo de

promover uma experiência educacional enriquecedora para os seus alunos, a sequência didática aborda conceitos fundamentais da astronomia, características e classificação estelar, evolução, além de estimular os seus alunos para o conhecimento.

Sabemos que você, como um educador comprometido em proporcionar um ensino de excelência, irá fazer com que esse produto seja ser uma ferramenta valiosa para enriquecer suas aulas de física e astronomia. A sequência didática ¹visa despertar o interesse dos alunos pelo universo estelar, promovendo uma compreensão mais profunda dos fenômenos astronômicos.

A revisão literária desta dissertação fundamenta-se nos estudos de David Ausubel, cujas contribuições teóricas oferecem subsídios valiosos para a compreensão dos processos de aprendizagem significativa e do desenvolvimento cognitivo em contextos sociais e culturais. Além disso, todo o trabalho está norteado pelas diretrizes da Base Nacional Comum Curricular (BNCC), que orienta as práticas pedagógicas na educação básica brasileira, assegurando a articulação entre teoria e prática, e promovendo uma formação integral dos estudantes.

¹ Acesso a sequência didática: [Explorando as estrelas - Wenderson Silva](#)

2. A FÍSICA POR TRÁS DO PRODUTO

2.1 Constelações

Desde a antiguidade, o homem olhava para o céu e imaginava as estrelas como sendo astros celestes que brilhavam, mas as viam como algo muito distantes deles. Ao observar as estrelas os primeiros homens tinham um fascínio, mas não sabiam explicar muito bem o que eram. Todavia chegou um momento que as configurações dos posicionamentos dessas estrelas formavam figuras conhecidas por eles, essas figuras eram animais, objetos e seres mitológicos conhecidos pela sociedade que eles viviam, sendo algo que eles já tinham o contato, ou seja, essas imagens imaginárias estavam extremamente relacionadas com a cultura desses homens.

Com o passar dos anos o homem atribuiu certas importâncias para as constelações que eles viam. Na antiguidade as constelações ajudaram o homem a identificar os períodos dos anos, ou seja, as estações dos anos eram entendidas pelo céu noturno que aquela sociedade via. Um bom exemplo para elucidar se trata da constelação de escorpião que pode ser vista durante toda a noite no mês de junho no hemisfério sul e a constelação de Órion que é visível a noite toda no mês de dezembro, mês que é característico por representar o inverno no hemisfério norte.

Os povos indígenas brasileiros também observaram os céus e perceberam que algumas imagens eram formadas pelo agrupamento de algumas estrelas. As constelações vistas pelas sociedades espalhadas pelo mundo fazem parte do conjunto do seu entendimento, interpretações e significados que fazem parte da cultura do observador.

Em 1612, comandados por Daniel de La Touche, os franceses ocuparam o território que hoje é conhecida como São Luiz do Maranhão, que fica na região nordeste do país, assim fundando a colônia da França equinocial. Nesse mesmo ano, um missionário francês chamado Claude D'Abbeville passou alguns meses com os indígenas tupinambá. As experiências desse período foram registradas em um livro chamado "Histoire de la mission de pères capucins en l'isle de maragnan et terres circonvoisin". No livro o missionário registrou cerca de 30 constelações identificadas pelos indígenas, porém ele mesmo só identificou algumas constelações as quais são conhecidas pelos nomes de Ema e o Homem Velho.

Figura 3 — Representação de Órion como visto no hemisfério sul, pelo software Stellarium.



Fonte: Wenderson Silva / A imagem foi retirada do Software Stellarium.

2.2 Estrelas

Ao observarmos o céu noturno vemos pequenos pontos no horizonte que identificamos como estrelas. Esses pequenos pontos no nosso céu são esferas de plasma que tem um formato esférico que emite luz própria. O que observamos aqui da Terra a olho nu são brilhos de estrelas que estão bem próximos de onde estamos e de estrelas que estão bem distantes da Terra. Esse grande astro mantém o seu formato esférico devido ao equilíbrio que existe entre sua gravidade e a pressão da radiação que ele possui. A origem das estrelas está atribuída a mais de 180 milhões de anos após o big bang. O processo para que a poeira gasosa se torne uma estrela é um processo bem complexo e longo.

A estrela que nos fornece energia, chamada de Sol é o maior astro visto do nosso céu, ele é a principal fonte de luz e de vida na Terra. A palavra Sol vem do latim Solis, ele é a estrela central do nosso sistema que tem como nome sistema solar. Essa estrela é responsável por 99% da massa do nosso sistema. Sabe-se que o Sol possui uma massa de 332900 vezes maior do que a Terra e é composto 74% de hidrogênio e 24% de hélio. Devido a grande massa o Sol é possível manter todos os corpos celestes do sistema orbitando gravitacionalmente em torno de si. Planetas, asteroides, cometas e poeira estão ligados ao Sol gravitacionalmente como descreveu Newton na lei da gravitação universal.

$$\vec{F}_g = G \frac{m_1 \cdot m_2}{r^2} \hat{r} \quad (1)$$

A dedução desta equação pode ser feita da seguinte maneira:

$$\vec{F}_g = \vec{F}_{ctp} \quad (2)$$

$$\vec{F}_g = m_1 \cdot \frac{\vec{v}^2}{\vec{r}} \quad (3)$$

Onde v é a velocidade linear em um movimento circular, sendo assim ele pode ser descrito como:

$$\vec{v} = \frac{2\pi\vec{r}}{T} \quad (4)$$

Então,

$$\vec{F}_g = m_1 \cdot \left(\frac{2\pi\vec{r}}{T} \right)^2 \cdot \frac{1}{\vec{r}} \quad (5)$$

$$\vec{F}_g = m_1 \cdot \frac{4\pi^2\vec{r}^2}{T^2} \cdot \frac{1}{\vec{r}} \quad (6)$$

$$\vec{F}_g = m_1 \cdot \frac{4\pi^2\vec{r}}{T^2} \quad (7)$$

Utilizando da terceira lei de Kepler, onde sabemos que:

$$K = \frac{T^2}{r^3} \quad (8)$$

temos que:

$$T^2 = K \cdot r^3 \quad (9)$$

Sendo assim, podemos concluir que:

$$\vec{F}_g = m_1 \cdot \frac{4\pi^2\vec{r}}{K \cdot r^3} \quad (10)$$

$$\vec{F}_g = m_1 \cdot \frac{4\pi^2}{K \cdot r^2} \quad (11)$$

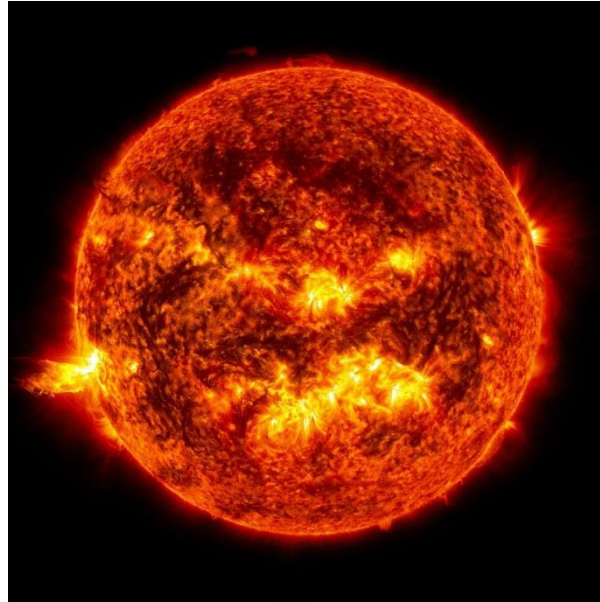
Newton, chegou à conclusão que a constante K depende da massa do corpo que atrai a Terra, no nosso caso já que estamos pensando na atração gravitacional que o Sol aplica na Terra, seria a massa do Sol. Sendo assim podemos chegar à conclusão que os valores constante na equação acima serão iguais a:

$$\frac{4\pi^2}{k} = G \cdot m_2 \quad (12)$$

Substituindo na equação de número (11):

$$\vec{F}_g = \frac{G \cdot m_1 \cdot m_2}{r^2} \quad (13)$$

Figura 4 — Sol.



Fonte: NASA / National Aeronautics and Space Administration — NASA / https://images-assets.nasa.gov/image/GSFC_20171208_Archive_e001435/GSFC_20171208_Archive_e001435~medium.jpg

O brilho dessa estrela e de todas as outras provém de um processo de reação em cadeia que acontece no núcleo das estrelas que se chama fusão nuclear. Esse processo ocorre quando dois núcleos de hidrogênio se fundem formando um hidrogênio, sendo esse mais pesado. Esses dois isótopos de hidrogênio se fundem novamente formando um novo elemento, este novo elemento chamamos de hélio. Essa reação nuclear é conhecida como cadeia próton – próton ou cadeia p-p. Que pode ser descrita matematicamente como:



A produção ocorre devido ao fato de uma pequena parcela da massa dos isótopos se transformarem em energia, como previu Albert Einstein em 1905.

$$E = m \cdot c^2 \quad (16)$$

Einstein afirma que a massa perdida no processo é convertida em energia em forma de radiação, é essa radiação que detectamos no espectro das ondas eletromagnéticas. Esse processo é responsável pela produção de energia na maioria das estrelas. O mesmo não ocorre na Terra por causa das dificuldades naturais que temos.

Devido a esse processo da fusão nuclear as estrelas vão queimando a sua energia, em decorrência disso a sua massa também vai diminuindo já que no processo da fusão você tem a massa sendo transformada em energia. A massa é um parâmetro crítico que governa o destino das estrelas. Conforme fomos aprendendo mais sobre as estrelas descobrimos que elas não irão brilhar eternamente, pois toda estrela tem um ciclo de bilhões de anos de atividade até a mesma não conseguir realizar mais o processo de fusão nuclear. Se tratando do Sol temos a fusão de quatro núcleos de hidrogênio se transformando em um núcleo de hélio. Nessa reação é possível detectar que há uma diferença da massa que entrou pela massa que saiu da reação.

$$4m_p(4,0324u) \rightarrow 1m_\alpha(4,0039u) \quad (17)$$

Onde u = unidade de massa atômica $1,66 \times 10^{-27} kg$

Nesse caso podemos encontrar que a diferença de massa é:

$$\Delta m = (4,0324 - 4,0039)u = 0,0285u \quad (18)$$

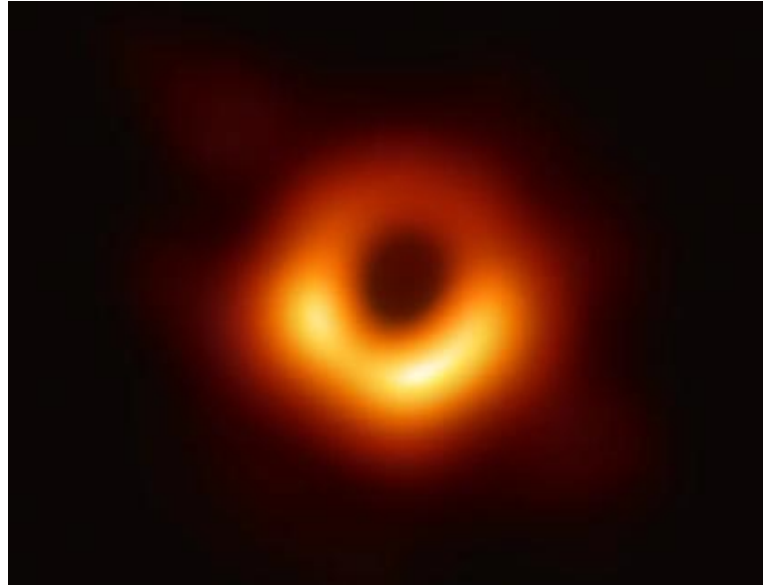
Fazendo uma divisão pela massa inicial podemos encontrar a porcentagem de massa que é convertida em energia:

$$\frac{0,0285u}{4,0324u} = 0,007 = 0,7\% \quad (19)$$

Ou seja, 0,7% da massa que entra no processo de reação acaba se transformando em energia. Lembrando que esse processo ocorre somente no núcleo da estrela pois lá a temperatura atinge valores de 8 milhões de K o que permite que ocorra as reações termonucleares.

Esse processo está extremamente relacionado com o tempo de vida da estrela. Estrelas maiores e mais massivas queimam mais rapidamente seu combustível para brilhar, pois têm núcleos mais quentes e pressões mais elevadas, sendo assim, tem um tempo de vida menor. Após consumir toda essa energia e não manter mais o equilíbrio hidrostático elas explodem como super novas depois formam buracos negros ou estrelas de nêutrons. Para que isso aconteça, a estrela deve ter no mínimo uma massa dez vezes maior do que o Sol, e no caso dessas estrelas elas atingem a fusão dos elementos até chegar na composição de ferro no seu núcleo. O fim dessas estrelas poderá seguir por dois caminhos, caso depois da supernova o que sobrar do núcleo for 2 ou 3 vezes a massa do Sol, virará uma estrela de nêutron, caso sobre mais de 3 massas solares, então ela dará origem a um buraco negro.

Figura 5 — buraco negro.



Fonte: Telescópio de horizonte de eventos/ <https://www.nasa.gov/universe/what-are-black-holes/>

Na imagem acima é possível visualizar o horizonte de eventos do buraco negro registrado pela NASA. O horizonte de eventos é uma fronteira teórica que delimita a região ao redor do buraco negro da qual nada, nem mesmo a luz pode escapar. Ou seja, é uma superfície imaginária que marca um ponto de não retorno.

Karl Schwarzschild no ano de 1916, estudou o espaço ao redor de uma estrela e chegou à conclusão que o horizonte de eventos também conhecido como raio de Schwarzschild pode ser deduzido da seguinte maneira.

Para o vácuo exterior a uma massa esfericamente simétrica e estática, o teorema de birckhoff garante que a métrica é única e depende so de r . A abordagem mais geral consiste com simetria esférica é:

$$ds^2 = -e^{2\nu(r)}c^2dt^2 + e^{2\nu(r)}dr^2 + r^2(d\theta^2 + \sin^2\theta d\phi^2) \quad (20)$$

No vácuo, $T_{\mu\nu} = 0$ e as equações de campo reduzem a $R_{\mu\nu} = 0$.

As componentes independentes dão, por exemplo:

$$R_{tt} = 0, R_{rr} = 0, R_{\theta\theta} = 0. \quad (21)$$

Da combinação $R_{rr} - R_{tt}$ obtemos:

$$\nu'(r) + \lambda'(r) = 0 \Rightarrow \nu = -\lambda + \text{const.} \quad (22)$$

A condição de planicidade assintótica ($g_{tt} \rightarrow -1, g_{rr} \rightarrow 1$ quando $r \rightarrow \infty$) fixa a constante e resulta em $\nu(r) = -\lambda(r)$. Usando $R_{\theta\theta} = 0$, chega-se a:

$$\frac{d}{dr} [r e^{-2\lambda}] = 1 \Rightarrow e^{-2\lambda} = 1 - \frac{2GM}{c^2 r} \equiv 1 - \frac{r_s}{r}. \quad (23)$$

Como $v = -\lambda$, segue que:

$$e^{2v} = e^{-2\lambda} = 1 - \frac{2GM}{c^2 r} \quad (24)$$

Logo, a solução de Schwarzschild:

$$ds^2 = - \left(1 - \frac{2GM}{c^2 r}\right) c^2 dt^2 + \left(1 - \frac{2GM}{c^2 r}\right)^{-1} dr^2 + r^2 d\Omega^2. \quad (25)$$

Note que $g_{tt} = -\left(1 - \frac{r_s}{r}\right)$ anula em $r = r_s \equiv 2GM/c^2$. Esse é o horizonte de eventos: uma superfície nula onde a direção temporal externa inclina tanto que a luz que tenta sair radialmente fica presa. Para geodésicas nulas radiais

$$(d\Omega = 0, ds^2 = 0): 0 = -\left(1 - \frac{r_s}{r}\right) c^2 dt^2 + \left(1 - \frac{r_s}{r}\right)^{-1} dr^2 \Rightarrow \frac{dr}{dt} = \pm c \left(1 - \frac{r_s}{r}\right). \quad (26)$$

Para o feixe saindo (+), em $r = r_s$ temos $dr/dt = 0$: a luz não aumenta seu r .

Em $r = r_s$, $g_{tt} \rightarrow 0$ e $g_{rr} \rightarrow \infty$: isso é singularidade de coordenadas, não da curvatura. O escalar de Kretschmann:

$$K \equiv R_{\alpha\beta\gamma\delta} R^{\alpha\beta\gamma\delta} = 48 \frac{G^2 M^2}{c^4 r^6} \quad (27)$$

É finito em $r = r_s$ e diverge apenas em $r \rightarrow 0$. Portanto, a singularidade física está em $r = 0$. Para mostrar que o horizonte é regular, trocamos para coordenadas Eddington–Finkelstein ingoing:

$$v = t + \frac{1}{c} \left[r + r_s \ln \left| \frac{r}{r_s} - 1 \right| \right] \equiv t + \frac{r}{c} \quad (28)$$

Resultando em

$$ds^2 = -\left(1 - \frac{r_s}{r}\right) c^2 dv^2 + 2c dv dr + r^2 d\Omega^2 \quad (29)$$

métrica suave em $r = r_s$.

No regime clássico, a velocidade de escape é $v_e = \sqrt{\frac{2GM}{r}}$. Se impusermos $v_e = c$, obtemos:

$$c^2 = \frac{2GM}{r} \Rightarrow r = \frac{2GM}{c^2} = r_s. \quad (30)$$

Essa expressão nos mostra que o Raio de Schwarzschild depende apenas da massa do buraco negro.

Estrelas de baixa massa, conhecidas como anãs vermelhas, têm a sua massa dez vezes menor que a massa do Sol e tem uma vida bem longa, devido ao fato da sua taxa de fusão nuclear serem baixas, isso faz com que elas brilhem por mais tempo em relação as outras estrelas, o destino final dessa estrela após ter “consumido” todo o hélio do núcleo será uma ejeção de uma nebulosa planetária e o núcleo remanescente será uma Anã branca. O que sobra dessa estrela tem tamanhos comparados ao tamanho do nosso planeta, porém têm uma alta densidade devido a grande quantidade de massa em um volume pequeno.

Figura 6 — Próxima Centauri.



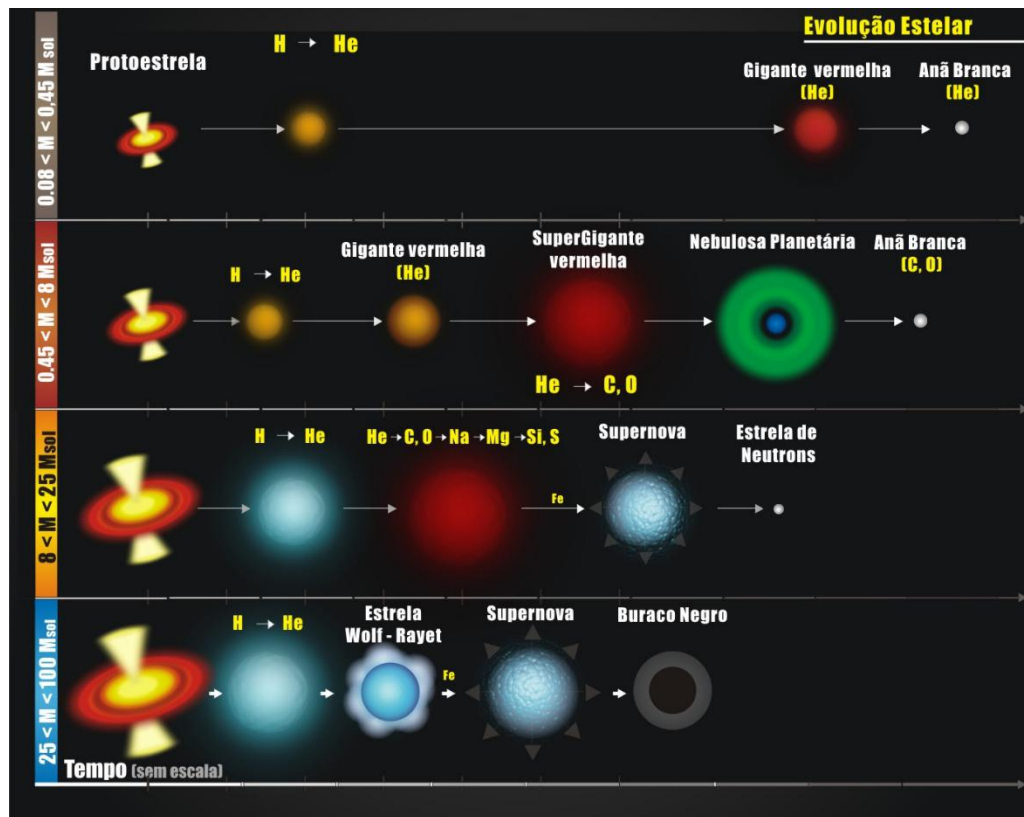
Fonte: ESA – Agência espacial europeia/ <https://>

https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/9/95/New_shot_of_Proxima_Centauri%2C_our_nearest_neighbour.jpg /

Estrelas de massa intermediária como o nosso Sol, tem vidas de bilhões de anos, o nosso astro tem cerca de 4,6 bilhões de anos de idade, sabemos que ela está na metade da sua vida útil. No futuro, o nosso Sol vai se expandir para se tornar uma gigante velha. Quando o Sol atingir essa etapa, ele engolirá planetas como Mercúrio, Vênus e a Terra, até ficar próximo da órbita de Marte. Uma gigante vermelha continua realizando o processo de fusão nuclear, todavia agora ela transforma o hélio em carbono no núcleo. Após o esgotamento do hélio estrelas que possuem até dez massas solares não atingem temperaturas suficientes no seu núcleo

para fundir o carbono e encerra sua vida com um núcleo de carbono, já estrelas que tem massa maior do que dez massas solares continua o processo de fusão nuclear em seu núcleo sucessivamente em neônio, magnésio, silício e por último o ferro. O último elemento que se conhece que uma fusão nuclear consegue chegar.

Figura 7 — Esquema de evolução estelar, não em escala, para massas diferentes.



Fonte: Departamento de astrofísica da UFRGS/ <http://astro.if.ufrgs.br/estrelas/escola.html>

2.3 Luminosidade, Fluxo e magnitude de uma estrela

2.3.1 Luminosidade

A luminosidade estelar é uma medida da quantidade total de energia que uma estrela emite por unidade de tempo. Matematicamente descrita como:

$$L = \frac{\Delta E}{\Delta t} \quad (31)$$

A luminosidade do Sol é uma unidade de referência importante para a astronomia. Ela tem um valor de cerca de $3,8 \times 10^{26} \text{ Watts}$. Essa grandeza está diretamente relacionada com o tamanho e temperatura das estrelas. As maiores e mais quentes tendem a serem mais luminosas,

porém nem sempre a luminosidade da estrela é constante, alguns astros têm variações na luminosidade devido a processos internos, como pulsações.

2.3.2 Fluxo

Uma grandeza física que está ligada a luminosidade solar é o fluxo solar. Podemos definir esse fluxo como sendo a quantidade de energia por unidade de área em uma superfície Gaussiana. O conceito de fluxo é fundamental para o ensino das estrelas pois nos permite entender como a energia é distribuída a partir de uma estrela e como ela interage com o espaço ao seu redor. Calculando o fluxo de frequência em uma determinada direção, podemos escrever:

$$dF_v = \frac{dE}{dA dt dv} = i_v \cos \theta dw \quad (32)$$

$$F_v = \int I_v \cos \theta dw \quad (33)$$

Escrevendo em função do ângulo sólido:

$$F_v = \int I_v \cos \theta dw = \int_0^{2\pi} \int_0^{\frac{\pi}{2}} I_v \cos \theta \sin \theta d\theta d\phi \quad (34)$$

O fluxo integrado no espectro de frequência será:

$$F = \int_0^{\infty} F_v dv = \int_0^{\infty} F_{\lambda} d\lambda \quad (35)$$

Um significado para fluxo é a potência através de uma superfície com a unidade de medida watts/m².

É possível definir o F_{Rs} fluxo de energia da estrela em uma determinada área de uma esfera. Sendo descrito como:

$$F_{Rs} = \frac{L}{A} \quad (36)$$

Para uma estrela de raio R, podemos afirmar:

$$F_{Rs} = \frac{L}{4\pi R^2} \quad (37)$$

Onde R é o raio da estrela. Todavia existe uma pequena mudança para calcular o fluxo da estrela fora da superfície da estrela, que no caso é a mudança dos R's. devido ao fato que a distância r já não é mais o próprio raio da estrela.

$$F = \frac{L}{4\pi r^2} \quad (38)$$

É notório perceber que o fluxo que chega na Terra não é tão intenso devido ao fato que essa expressão tem semelhança com a força elétrica e gravitacional que respeita a lei do quadro do inverso da distância.

2.3.3 Magnitude aparente de uma estrela

Os gregos fizeram muitas contribuições para a astronomia, Aristóteles de Estagira (384-322 a.C) descreveu que as fases que víamos da Lua dependia da parte dela que estava sendo iluminada pelo Sol que estava voltado para Terra, outra contribuição do Aristóteles foi ser mais um afirmador da estrutura da Terra como sendo redonda, o mesmo fez isso utilizando os eclipses lunares, pois os eclipses ocorrem devido ao fato da Lua ficar atrás da sombra da Terra, essa sombra que escurece a Lua é vista inicialmente de formato circular, logo a Terra teria que ter um formato esférico.

A maior contribuição dos gregos para a astronomia foi com os estudos de Hiparco de Nicéia (160-125 a.C) que é considerado um dos maiores astrônomos da era pré-cristã. Em seus estudos sobre astronomia ele dividiu as estrelas visíveis a olho nu com base em seu brilho aparente. Hiparco atribuiu o brilho de magnitude 1 a estrela mais brilhante e 6 a menos brilhante. Sabe-se que a percepção do brilho da luz no olho humano respeita uma escala logarítmica, sendo assim, o brilho de uma estrela de magnitude 1 é 100 vezes mais brilhante do que uma estrela de magnitude 6.

O brilho aparente de um astro é o fluxo medido na Terra, que conhecemos como magnitude, essa grandeza física é definida matematicamente sendo:

$$m = -2,5 \log \log F + \text{const.} \quad (39)$$

A diferença entre uma estrela de magnitude $m_1 = 1$ e $m_2 = 6$, basta fazer:

$$m_1 - m_2 = k \cdot \log \frac{F_1}{F_2} \quad (40)$$

$$1 - 6 = k \cdot \log \log \frac{F_1}{F_2} \quad (41)$$

$$-5 = k \cdot \log \log 100 \quad (42)$$

$$k = -2,5 \quad (43)$$

Como definido anteriormente:

$$m_2 - m_1 = -2,5 \cdot \log \frac{F_2}{F_1} \quad (44)$$

2.4 Diagrama HR

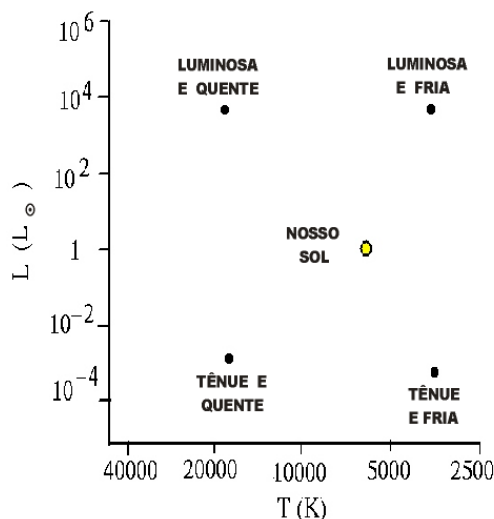
Em 1911, o dinamarquês Ejnar Hertzsprung (1873-1967) e 1913 o americano Henry Norris Russel (1877-1957) de maneira independente formularam um diagrama com uma relação da luminosidade da estrela com a sua temperatura superficial.

O diagrama mostra como agrupar as classes das estrelas, o Hertzsprung chegou à conclusão que existem estrelas gigantes de alta luminosidade e estrelas de baixa luminosidade que o mesmo chamou de estrelas anãs.

Não existe somente uma forma para o diagrama, o primeiro diagrama fazia uma relação do tipo espectral da estrela no eixo x e a magnitude absoluta no eixo y.

Outra maneira como o diagrama é plotado é usando a temperatura superficial efetiva da estrela no eixo x e a luminosidade no eixo y.

Figura 8 — diagrama HR.

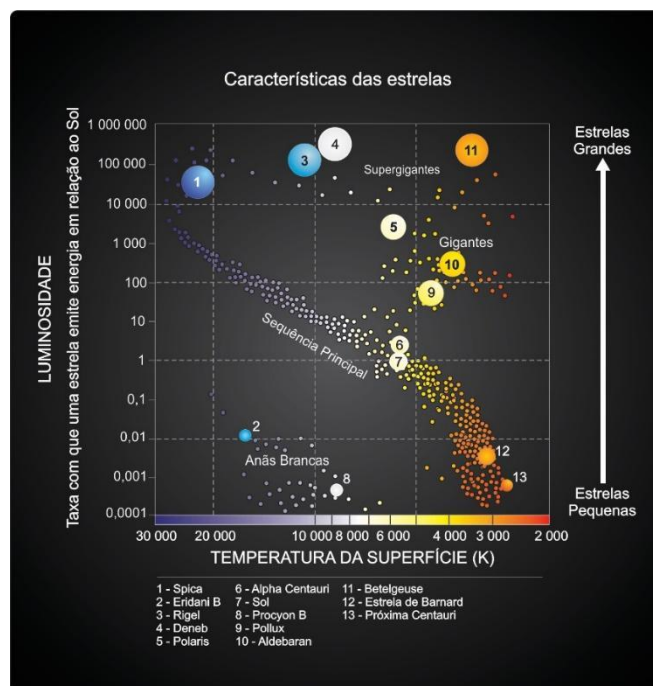


Fonte: Departamento de astrofísica da UFRGS/ https://www.if.ufrgs.br/oei/stars/hr/diag_hr.htm

Esse segundo é muito utilizado pelos cientistas pois descreve uma boa base para entendermos como se dá a evolução estelar utilizando-se de modelos computacionais para entender mais sobre as estrelas. O diagrama HR é revolucionário porque ele contribui para a ciência definindo os tipos diferentes das estrelas e podendo gerar previsões teóricas da evolução

das estrelas, com essas previsões é feita comparação de simulações computacionais com os dados obtidos por estrelas reais.

Figura 9 — diagrama HR



Fonte: Departamento de astrofísica da UFRGS/ <https://astro.if.ufrgs.br/estrelas/node2.htm>

A imagem acima mostra que a maioria das estrelas ocupam uma faixa chamada sequência principal. Essa região no diagrama representa o estágio evolutivo da estrela na qual as mesmas estão produzindo energia por meio do processo de fusão nuclear. A posição da estrela na sequência é determinada na maioria das vezes por sua massa.

As mais frias e de menor massa são encontradas na parte inferior do diagrama, já as mais quentes e de maior massa na parte superior, porém não é somente a massa que define a posição da estrela na sequência principal. Existem outros parâmetros como densidade e temperatura que fazem uma pequena diferença, porém a massa de certa forma é o mais importante pois com o conhecimento dela podemos conhecer outros parâmetros como: luminosidade, temperatura e o seu raio.

2.5 Classificação estelar

A classificação das estrelas é essencial para os estudos desses astros, pois nos permite compreender as propriedades físicas, composição e evolução das estrelas. Para classificar as estrelas usa-se o sistema de classificação de Harvard, esse sistema é um dos métodos mais

comuns de classificação estelar. O sistema de Harvard utiliza letras para diferenciar as classes estelares baseadas nas suas temperaturas. As letras que o sistema recorre são O, B, A, F, G, K e M. Sendo “O” as estrelas mais quentes e “M” as mais frias. Além dessas classes existem subclasses numéricas que são utilizadas para evidenciar ainda mais qual classe cada estrela pertence. Geralmente conhecido por ‘Oh Be A Fine Girl Kiss Me!’

Tabela 1 — Classes estelares.

Classe	Temperatura	Cromaticidade	Massa	Raio	Luminosidade
O	$\geq 30000K$	Azul	$\geq 16M_{\odot}$	$\geq 6,6R_{\odot}$	$\geq 30000L_{\odot}$
B	10000 – 30000K	Azul – Branco	2,1 – $16M_{\odot}$	1,8 – $6,6R_{\odot}$	25–30000 $L_{\odot}$
A	7500 – 10000K	Branco – Azul	1,4 – $2,1M_{\odot}$	1,4 – $1,8R_{\odot}$	5–25 $L_{\odot}$
F	6000 – 7500K	Branco	1,04 – $1,4M_{\odot}$	1,15 – $1,4R_{\odot}$	1,5–5 $L_{\odot}$
G	5200 – 6000K	Amarelo – Branco	0,8 – $1,04M_{\odot}$	0,96 – $1,15R_{\odot}$	0,6–1,5 $L_{\odot}$
K	3700 – 5200K	Laranja – Amarelo claro	0,45 – $0,8M_{\odot}$	0,7 – $0,96R_{\odot}$	0,08–0,6 $L_{\odot}$
M	2400 – 3700K	Vermelho – Alaranjado claro	0,08 – $0,45M_{\odot}$	$\leq 0,7R_{\odot}$	$\leq 0,08L_{\odot}$

Fonte: Departamento de astrofísica da UFRGS

3. ENSINO DE FÍSICA E TEORIAS DA APRENDIZAGEM

A teoria da aprendizagem significativa de Ausubel é baseada na ideia de que a aprendizagem é mais efetiva quando o novo conhecimento é relacionado de forma significativa com o conhecimento prévio do aluno. "O conhecimento prévio dos estudantes é um recurso valioso para o ensino, pois é por meio da ativação e organização desse conhecimento que o processo de aprendizagem significativa pode ser facilitado" (Novak, 1977).

3.1 Metodologia - Aprendizagem significativa de Ausubel

O estudo das estrelas é fascinante e desperta o interesse em estudantes de todas as idades. No entanto, o ensino dessa área da astronomia pode ser desafiador, uma vez que envolve a compreensão de conceitos abstratos e complexos relacionados à magnitude, energia, luminosidade e etc. Nesse contexto, a teoria da aprendizagem significativa, proposta por David Ausubel, surge como uma abordagem pedagógica relevante, que pode ser aplicada no ensino dessa área para tornar a aprendizagem mais efetiva e significativa.

Ausubel destacou a importância de ancorar o novo conhecimento em conceitos já existentes na estrutura cognitiva do aluno, tornando a aprendizagem mais relevante e duradoura. Segundo Ausubel, a aprendizagem significativa ocorre quando o aluno é capaz de estabelecer relações substanciais entre o novo conhecimento e seu conhecimento prévio, relacionando-o com suas experiências pessoais e culturais.

A teoria da aprendizagem significativa de Ausubel sustenta que a ancoragem é o processo pelo qual novos conhecimentos são integrados de forma substantiva e não arbitrária à estrutura cognitiva do indivíduo. Esse processo depende da existência de conceitos relevantes e estáveis que serviram como ponto de ligação para a nova informação, permitindo que esta se torne significativa. A ancoragem, portanto, não é apenas uma associação superficial, mas um processo de incorporação em que o novo conteúdo amplia, reorganiza ou diferencia o conhecimento já existente. Assim, o aprendizado não se reduz à simples memorização, mas resulta na construção de significados duradouros, que permitem ao aluno aplicar os conceitos em diferentes contextos.

Ausubel destaca que a aprendizagem pode ser de duas maneiras: por descoberta ou recepção, sobre isso Masini (2006) afirmar:

[...] na aprendizagem por recepção o que deve ser aprendido é apresentado ao aprendiz em sua forma final, enquanto que na aprendizagem por descoberta o conteúdo principal a ser aprendido é descoberto pelo aprendiz.

Após a descoberta em si, a aprendizagem só é significativa se o conteúdo descoberto relacionar-se a conceitos subsunçores relevantes já existentes na estrutura cognitiva (MOREIRA e MASINI, 2006, p.19).

Esses conceitos pré-existentes que possibilitam a ancoragem são denominados subsunçores. Eles funcionam como estruturas cognitivas já consolidadas que servem de suporte para a assimilação de novos conhecimentos. Quando os subsunçores são claros, estáveis e relevantes, favorecem a aprendizagem significativa, pois permitem que a nova informação seja compreendida de forma mais profunda e integrada. Por outro lado, quando são frágeis ou inexistentes, a aprendizagem tende a ocorrer de maneira mecânica, levando à memorização temporária e à rápida perda da informação. Nesse sentido, cabe ao professor identificar e fortalecer os subsunçores dos alunos, utilizando recursos como organizadores prévios, exemplos e analogias, que auxiliam na ativação e consolidação dessas estruturas cognitivas.

No contexto do ensino de astronomia, a teoria da aprendizagem significativa pode ser aplicada de várias maneiras. Por exemplo, os educadores podem iniciar o ensino desta unidade didática ativando o conhecimento prévio dos estudantes sobre o assunto. Porque de acordo com a teoria da aprendizagem de Ausubel. A aprendizagem tem como base o conhecimento prévio do aluno, o educador deve levar em consideração o que o aluno já sabe sobre o conteúdo e partindo dessa premissa o mesmo pode elaborar o conteúdo em torno desse conhecimento prévio. Isso pode ser feito por meio de perguntas, provocando discussões e explorando conceitos astronômicos que os estudantes já conhecem, relacionando-os com suas experiências pessoais e culturais, podendo fazer isso até mesmo por meio da apresentação de um filme numa sala de cinema. Ao fazer isso, os estudantes são incentivados a estabelecer conexões significativas entre o conhecimento prévio e o novo conhecimento astronômico, o que pode levar a uma compreensão mais profunda e duradoura dos conceitos astronômicos de interesse para o estudo das estrelas.

Além disso, a teoria da aprendizagem significativa pode ser aplicada no ensino desta unidade didática por meio do uso de estratégias pedagógicas que promovam a construção ativa do conhecimento pelos estudantes.

A mediação por pares pode ser uma estratégia eficaz para promover a construção ativa do conhecimento pelos estudantes, uma vez que envolve interações sociais que incentivam a discussão e o compartilhamento de conhecimentos, facilitando a construção conjunta de significado" (Vygotsky, 1978).

Por exemplo, os educadores podem promover a mediação por pares, onde os estudantes possam trabalhar em grupos colaborativos, compartilhando seus conhecimentos, discutindo

ideias e ajudando uns aos outros a construir significado em relação aos conceitos astronômicos. Essa interação social pode facilitar a aprendizagem e a tornar mais significativa por meio das trocas de saberes, uma vez que os estudantes estão se engajando em atividades conjuntas que promovem a construção ativa do conhecimento, de acordo com a teoria de Ausubel. Moreira (2011) reiterar que:

Novas informações são aprendidas praticamente sem interagirem com conceitos relevantes existentes na estrutura cognitiva, sem ligar-se a conceitos subsunções específicos. A nova informação é armazenada de maneira arbitrária e literal, não interagindo com aquela já existente na estrutura cognitiva e pouco ou nada contribuindo para sua elaboração e diferenciação. (MOREIRA, 2009, p. 9-10).

O aprendiz irá entender significativamente quando o mesmo conseguir atribuir um significado pessoal ao que está aprendendo. Caso o ensino aconteça sem uma relação com o conhecimento prévio e com o conhecimento teórico, deixando de fazer uma relação prática o conhecimento será superficial. Moreira (2021) Alegar que sem a passagem da aprendizagem mecânica para significativa não é automática, todavia é uma ilusão acreditar que o aluno irá aprender somente de forma mecânica sem atribuir significados ao que ele está aprendendo.

Outra aplicação da teoria da aprendizagem significativa em astronomia é a contextualização cultural. A teoria de Ausubel destaca a importância do contexto cultural na aprendizagem, e os educadores podem contextualizar o ensino das estrelas com a construção do conhecimento sobre esse assunto, os fenômenos causados devido aos ventos solares e a importância do Sol para a nossa vida. Além de despertar o interesse do aluno para entender as características das outras estrelas que os alunos vêem nas constelações.

"A aprendizagem significativa ocorre quando o novo conhecimento é relacionado de forma não arbitrária e substantiva com a estrutura cognitiva existente do indivíduo, com claros pontos de ancoragem em aspectos relevantes do conteúdo da estrutura cognitiva" (Ausubel, 1963).

O novo conhecimento precisa ser incorporado de forma não arbitrária, ou seja, deve fazer sentido dentro do contexto do que o aluno já conhece. Não é apenas memorização mecânica, mas uma compreensão que enriquece e amplia o entendimento pré-existente. O conceito central da teoria de Ausubel é que a sua teoria é um processo por meio do qual a nova informação se relaciona com algum conhecimento prévio do indivíduo. Resultando no armazenamento organizado da informação na mente da pessoa que está aprendendo, Moreira (1999).

Devido ao entendimento do conhecimento prévio. Conclui-se que o aluno não mais chega à escola sem nenhum conhecimento prévio do conteúdo. Com o grande acesso de informação que os alunos possuem nos dias atuais cada vez mais eles estão conectados com diferentes assuntos. Por isso a teoria da aprendizagem significativa possibilita fazer conexões e interpretar várias informações diferentes sobre diversos assuntos e de maneiras diferentes. Desse modo, no ambiente de sala de aula é função do professor oportunizar aos estudantes a reflexão e troca de saberes e experiências sobre o assunto que será estudado, tornado assim os alunos participantes ativos no processo de construção dos saberes.

3.2 Base nacional comum curricular (BNCC) e o ensino de astronomia e estrelas

A astronomia desempenha um papel fundamental no ensino de ciências, promovendo a curiosidade, o pensamento crítico e a compreensão dos fenômenos naturais. A Base Nacional Comum Curricular (BNCC) reconhece a importância desse campo do conhecimento ao incluí-lo nos objetivos de aprendizagem e desenvolvimento dos diferentes segmentos da educação básica, desde os anos iniciais do Ensino Fundamental até o Ensino Médio.

No Ensino Fundamental, a BNCC propõe que os estudantes explorem conceitos básicos de astronomia, como a movimentação dos astros, a diferença entre planetas e estrelas, e a influência do Sol na vida terrestre. Esses conhecimentos são essenciais para a compreensão de ciclos naturais, como o dia e a noite, as fases da Lua e as estações do ano. Além disso, a observação do céu noturno e o estudo das constelações contribuem para o desenvolvimento da orientação espacial e da percepção do universo em que vivemos.

No Ensino Médio, a abordagem da astronomia torna-se mais aprofundada, permitindo aos alunos compreenderem fenômenos astronômicos complexos, como a formação e evolução das estrelas, os buracos negros, a expansão do universo e as ondas gravitacionais. A BNCC enfatiza a integração entre física, química e matemática para explicar esses processos, promovendo um aprendizado interdisciplinar e contextualizado.

Nessa fase A BNCC tem a competência específica 2 que é: “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.” Segundo (BNCC, 2018) Essa competência permite

com que os alunos reconheçam os processos de formação das estrelas gerando a oportunidade deles elaborarem reflexões que situam o planeta na história do universo.

Da segunda competência podemos destacar duas habilidades a habilidade (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 outros. (BRASIL. Ministério da Educação, 2018, p. 557).

Esse processo pode ser enriquecido pelo uso de dispositivos e aplicativos digitais, como softwares de simulação e realidade virtual, que permitem visualizar e explorar conceitos complexos, como órbitas planetárias, forças gravitacionais e fenômenos astronômicos. Dessa forma, os alunos não irão apenas compreender a influência da gravidade na dinâmica do cosmos, mas também aprimoram sua capacidade de modelar e prever fenômenos naturais, fortalecendo o pensamento científico e crítico.

Outra habilidade que pode ser destacada é (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). (BRASIL. Ministério da Educação, 2018, p. 557).

A habilidade propõe que os estudantes analisem a evolução estelar e sua relação com a origem e distribuição dos elementos químicos no Universo. As estrelas, ao longo de seu ciclo de vida, passam por processos como fusão nuclear e explosões em supernovas, responsáveis pela formação e dispersão dos elementos essenciais para a composição de planetas e possivelmente, para a existência de vida. Compreender esses fenômenos permite explorar as condições que levaram ao surgimento de sistemas solares e planetários, suas estruturas e composições. O uso de representações e simulações, incluindo softwares e realidade virtual, possibilita a visualização desses eventos cósmicos de forma interativa, favorecendo uma compreensão mais profunda dos processos que moldam o Universo e das conexões entre a física estelar e a origem da matéria que compõe tudo ao nosso redor.

Além dos conceitos teóricos, a BNCC incentiva a utilização de ferramentas tecnológicas no estudo da astronomia. Softwares de simulação, aplicativos de observação celeste e

experimentos interativos permitem que os estudantes explorem o cosmos de maneira dinâmica. Essa abordagem não apenas facilita a compreensão de conteúdos abstratos, mas também estimula o interesse pela ciência e pela inovação.

Outro ponto fundamental é o impacto social e histórico da astronomia. A BNCC propõe que os estudantes reflitam sobre a contribuição de diferentes civilizações para o desenvolvimento dessa ciência, compreendendo a evolução do conhecimento astronômico ao longo da história. Além disso, incentiva a discussão sobre a influência da exploração espacial na sociedade contemporânea e no futuro da humanidade.

Dessa forma, o ensino da astronomia, conforme delineado pela BNCC, não apenas amplia o repertório científico dos estudantes, mas também os capacita para analisar criticamente informações sobre o universo, fortalecendo o pensamento científico e a compreensão da relação entre a Terra e o cosmos.

3.3 Revisão bibliográfica

Para embasar a construção desta pesquisa, foi realizada uma busca no acervo digital do Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física (MNPEF), utilizando como palavras-chave "estrela", "estelar" e "sol". O objetivo dessa busca foi identificar produções acadêmicas relacionadas ao ensino de Astronomia que dialogassem com a proposta deste trabalho, especialmente no que se refere à abordagem de conteúdos voltados para o ensino das estrelas e do Sol no contexto escolar.

A pesquisa resultou na seleção de cinco trabalhos, que apresentaram propostas voltadas para o ensino de conceitos astronômicos em diferentes níveis de escolaridade, com enfoques que variam desde o uso de recursos didáticos inovadores até a análise de concepções alternativas dos estudantes.

Esses trabalhos contribuem de maneira significativa para compreender os desafios e as potencialidades da inserção de temas astronômicos no ensino de Física, reforçando a importância da contextualização e da utilização de metodologias que despertem o interesse dos alunos. Além disso, servem de suporte teórico e prático para a sequência didática aqui proposta, uma vez que fornecem experiências já consolidadas e reflexões que enriquecem o planejamento pedagógico.

Os resultados da busca estão organizados na Tabela 2, onde são apresentados os títulos dos trabalhos, seus autores, ano de publicação e principais contribuições. Essa sistematização permite visualizar de maneira clara a relevância das produções já existentes no MNPEF, além de indicar os caminhos percorridos pela comunidade acadêmica no campo do ensino de Astronomia.

Tabela 2 — Contribuições de 2017 - 2025.

Autores	Ano	Título	Contribuição
ANA CAROLINE PSCHEIDT	2017	Uma Proposta de Atividades Práticas para o Ensino de Astronomia no Ensino Médio: Observação e Projeção do Sol.	propõe o desenvolvimento de atividades experimentais e observacionais sobre Astronomia, tendo o Sol como tema central, para tornar o ensino de Física mais atrativo e participativo, com base em uma metodologia sociointeracionista.
NATCHÊILA RIBEIRO DE MENEZES LIMA	2022	Movimento Browniano e termodinâmica com imagem: A natureza da radiação estelar por meio da demonstração experimental investigativa.	Propõe um trabalho que utiliza a análise do movimento browniano com vídeos e o software ImageJ como estratégia experimental investigativa para ensinar conceitos da teoria cinética dos gases e termodinâmica no Ensino Básico, conectando-os à irradiação estelar e à manutenção da vida na Terra.
MARCOS VENICIOS OLIVEIRA	2022	Evolução Estelar, Galáxias e Buracos Negros: Uma proposta didática para o Ensino Médio referenciada nos Três Momentos Pedagógicos e na Significação Conceitual.	propõe o desenvolvimento de uma proposta didática para o ensino de evolução estelar, galáxias e buracos negros no Ensino Médio, utilizando os Três Momentos Pedagógicos, recursos digitais e

			validação por especialistas para aprimorar a aprendizagem em Física Moderna e Contemporânea.
GÊSSICA CLEVELA-RES SECCHIN	2022	Trilha das estrelas: Um jogo facilitador no processo de ensino-aprendizagem.	Propõe-se ser uma sequência didática com abordagem para o ensino de Astronomia utilizando um jogo didático com destaque para uma atividade interdisciplinar com a Química

Fonte: Acervo MNPEF

3.4 Sequência didática

A elaboração de uma sequência didática sobre o estudo das estrelas, fundamentada na teoria da aprendizagem significativa de David Ausubel, tem como foco principal a valorização dos conhecimentos prévios dos estudantes e a construção de novos saberes de forma integrada e contextualizada.

As dicas ao final de cada capítulo têm grande relevância, pois irá auxiliar os educadores a expor de modo eficaz o conteúdo, lembrando que a dica para o professor é uma sugestão que o docente pode seguir, isso não significa que ele é obrigado a seguir integralmente a sugestão, sabe-se que cada profissional tem a sua autonomia na hora de aplicar a sequência didática proposta, inclusive levando em consideração o perfil da turma e o conhecimento prévio dos alunos. A inclusão dessas dicas tem como objetivo:

- **Facilitar a implementação:** As dicas podem tornar a aplicação mais eficiente, economizando tempo e esforço na preparação das aulas. É notório que os profissionais de educação na maioria das vezes, apresentam uma sobrecarga de aulas a serem ministradas, sendo assim, seguindo as dicas disponibilizadas o docente terá uma redução no seu tempo de pesquisa, isso fará com que o mesmo consiga dedicar mais tempo dedicar a outras demandas.

- Orientação específica: As dicas fornecem orientação específica sobre como abordar os tópicos listados. Essa orientação irá auxiliar os professores a entender melhor o conteúdo e estruturá-lo de maneira mais clara.
- Estratégias de ensino: As dicas incluem estratégias de ensino prático que podem tornar o aprendizado da astronomia mais envolvente e compreensível para os alunos. Isso pode envolver métodos de ensino ativo, recursos visuais e atividades práticas.

Figura 10 — Exemplo de uma dica para o professor que é encontrada na sequência didática.

Dicas para o professor	
No Capítulo 4, "Características e Classificação Estelar", explore as propriedades físicas das estrelas e como elas são classificadas com base em suas características. Esse vídeo mostrar uma boa comparação dos astros celestes e evolução do universo. https://www.youtube.com/watch?v=Wk7-IDzwmY4&t=3s&ab_channel=LucAnderssen	Vamos discutir a importância do espectro estelar na determinação de suas propriedades físicas. Exploraremos como a análise do espectro de uma estrela pode revelar informações sobre sua composição química, sua temperatura e sua luminosidade. Abordaremos também as diferentes linhas espectrais observadas nas estrelas e como elas são usadas na classificação estelar. (Caso você queira relacionar com a espectrometria)
Comece discutindo as principais características observáveis das estrelas, como brilho, cor, tamanho e temperatura. explore como essas propriedades estão relacionadas entre si e como podemos medir e quantificar essas características usando técnicas como espectroscopia e fotometria. Caso você possa ministrar essa aula em um laboratório de informática leve a turma para realizar a pesquisa sobre o tema.	Fale sobre a classificação estelar segundo o sistema de classificação espectral, conhecido como classificação de Harvard. Vamos explorar as diferentes classes espectrais, desde as estrelas do tipo O, que são as mais quentes e brilhantes, até as estrelas do tipo M, que são as mais frias e menos luminosas. Discutiremos as características específicas de cada classe e como elas estão relacionadas com outras propriedades estelares.
Aborde sobre a temperatura estelar e sua relação com a cor das estrelas. É importante que discuta sobre a escala de cores estelares, que varia desde estrelas mais quentes, que emitem luz azul, até estrelas mais frias, que emitem luz vermelha.	É muito importante mostrar as diferentes categorias estelares com base em seu tamanho e brilho. Mostre as estrelas gigantes, que são estrelas maiores e mais luminosas que o Sol, e as estrelas anãs, que são estrelas menores e menos luminosas. Aborde também as estrelas super gigantes, que são estrelas extremamente brilhantes e massivas.
Caro professor, você pode fazer uma relação matemática com a lei de Wien e com a quantização de Max Planck para enriquecer matematicamente o conhecimento dos seus alunos.	

Fonte: Wenderson Silva / Explorando as estrelas: guia para o ensino de astronomia no ensino médio

As atividades propostas na sequência didática são importantes para a aprendizagem do aluno pois tem como objetivo facilitar a fixação do conteúdo, ancorando o conhecimento como é dito na teoria da aprendizagem significativa. As atividades servem como análise do assunto

estudado pelo aluno e para o professor ela o auxiliará fornecendo dados para verificar o que foi assimilado pela turma.

Podemos destacar alguns pontos úteis das atividades propostas pela sequência didática:

- Promoção do interesse e engajamento do aluno: as atividades práticas e interativas podem despertar nos alunos o interesse pelo conhecimento da astronomia, fazendo com que os mesmos busquem mais conhecimento dentro e fora sala de aula.
- Aplicação do conteúdo teórico: Normalmente o estudo das estrelas não é explorado nas atividades escolares, desse modo, a sequência didática tem como objetivo trabalhar um assunto que não é muito explorado em sala de aula.
- Desenvolvimento de habilidades: As atividades que envolvem pesquisa, observação, coleta e análise de dados que caracterizam uma estrela e suas especificidades servem para a realização de uma apresentação ministrada para a turma, geram um desenvolvimento do senso crítico do aluno, além de promover um estímulo social. É comum encontrar alunos tímidos que não se sentem confortáveis em falar em público, as apresentações das descobertas geram o desejo de compartilhar a informação e o novo conhecimento adquirido, isso faz com que os alunos se sintam mais à vontade em falar e compartilhar as informações.
- Incentivo a criatividade: A atividade de criação de constelações ou observações astronômicas, incentivam a criatividade e imaginação dos alunos. Esse incentivo tem como objetivo estimular mais o pensamento do aprendiz, inclusive o ajudando a imaginar figuras e traçar linhas aguçando o seu conhecimento espacial.

Ao longo de todo o processo, o professor irá atuar como mediador, organizando o conteúdo de forma sequencial e progressiva e garantindo que os novos conhecimentos se integrem de forma estável à estrutura cognitiva dos alunos. A avaliação será realizada de forma contínua, por meio de registros, autoavaliações e apresentações dos trabalhos desenvolvidos.

3.5 Adaptações para Alunos com TDAH na Sequência Didática

A inclusão de alunos com transtorno de déficit de atenção e hiperatividade (TDAH) no ensino de física requer adaptações pedagógicas que favoreçam sua permanência, engajamento e aprendizagem. Segundo a Lei Brasileira de Inclusão (LBI, Lei nº 13.146/2015), o sistema educacional deve assegurar condições de igualdade para estudantes com deficiência e transtornos de aprendizagem, garantindo recursos e estratégias adequadas às suas necessidades

específicas. Nesse sentido, a sequência didática aqui proposta, fundamentada na teoria da aprendizagem significativa de Ausubel, apresenta flexibilidade para atender tais demandas, podendo ser enriquecida com práticas inclusivas.

No caso de alunos com TDAH, a aprendizagem significativa mostra-se especialmente pertinente, uma vez que a conexão entre novos conteúdos e conhecimentos prévios contribui para a manutenção do foco e a construção de significados. Para tanto, algumas adaptações são recomendadas.

Uma das adaptações necessárias para estudantes com transtorno de déficit de atenção e hiperatividade (TDAH) consiste na fragmentação das atividades em etapas menores, acompanhadas de metas claras, de modo a favorecer a concentração e possibilitar a percepção de progressos imediatos. Tal estratégia, quando associada ao uso de recursos visuais e digitais — como mapas conceituais, esquemas, imagens e softwares de simulação a exemplo do *Stellarium* — contribui significativamente para a manutenção da atenção e amplia o engajamento dos alunos. Além disso, a adoção de estratégias de ensino dinâmicas, tais como experimentos práticos, atividades curtas e momentos de discussão em grupo, permite que os estudantes alternem diferentes formas de aprendizagem, o que reduz a dispersão e potencializa o interesse pelo conteúdo. Nesse sentido, Barkley (2008) ressalta que alunos com TDAH apresentam dificuldades em manter a atenção sustentada e, portanto, necessitam de recursos que segmentem o conteúdo, promovam variedade de estímulos e favoreçam a alternância de atividades para garantir maior efetividade no processo de aprendizagem.

Outro aspecto relevante consiste na oferta de feedback imediato e no uso do reforço positivo, visto que retornos frequentes sobre o desempenho, aliados à valorização de conquistas parciais, estimulam a motivação intrínseca e contribuem para a continuidade do processo de aprendizagem. Da mesma forma, a flexibilidade no tempo de execução das tarefas mostra-se essencial, evitando situações de frustração e assegurando que o estudante tenha condições de concluir atividades mais complexas em seu próprio ritmo. Por fim, a atribuição de papéis ativos em trabalhos colaborativos promove o senso de responsabilidade e pertencimento, incentivando a participação mais significativa e construtiva do aluno nas atividades em grupo. Conforme estabelece a lei brasileira de inclusão da pessoa com deficiência (Lei nº 13.146/2015), cabe ao sistema educacional assegurar adaptações razoáveis e apoios necessários para que os estudantes com deficiência ou transtornos específicos de aprendizagem possam desenvolver suas potencialidades em igualdade de condições com os demais colegas.

Além disso, a utilização de metodologias ativas, presentes na proposta, favorece a participação desses alunos, pois cria oportunidades de protagonismo e interação social. Assim,

a sequência didática torna-se não apenas um recurso para o ensino de astronomia, mas também uma ferramenta inclusiva, alinhada às diretrizes legais e pedagógicas que regem a educação básica.

Em síntese, as adaptações propostas visam potencializar a aprendizagem de alunos com TDAH, garantindo equidade no acesso ao conhecimento científico. Essa perspectiva reafirma a necessidade de que os produtos educacionais sejam planejados de modo a contemplar a diversidade do público escolar, assegurando que todos os estudantes possam atribuir significado ao aprendizado e desenvolver competências previstas na BNCC.

4. PROPOSTA DE APLICAÇÃO

4.1 Descrição da proposta de aplicação

A abordagem proposta para aplicação do produto é uma sequência didática dividida em quatro capítulos, esta divisão é uma estruturação dos assuntos que serão abordados durante toda a sequência.

- Aplicação da proposta didática:

O primeiro encontro consistirá em uma roda de conversa, visando mapear o conhecimento dos alunos sobre astronomia, pois como iremos fazer uso da teoria de aprendizagem de Ausubel, desse modo, iniciaremos a discussão com as contribuições dos alunos sobre o assunto a ser explorado durante a unidade didática.

- Capítulo 1:

O primeiro capítulo servirá como uma preparação para o ensino das estrelas, é o capítulo preparatório para aplicação de toda sequência didática. Nele será sugerido que o professor estude, pesquise e escute os alunos para aplicar a teoria da aprendizagem significativa de Ausubel, levando em conta a importância de conhecer os conhecimentos prévios dos alunos sobre o tema que será trabalhado.

Aplicação:

- Junto com seus alunos pesquise sobre algumas palavras chaves do ensino de astronomia, é importante que essa pesquisa seja feita com todos os alunos da escola para que os mesmos possam interagir entre si. Após a pesquisa e interação dos aprendizes realize as atividades de fixação proposta no capítulo 1.

- Capítulo 2:

O segundo capítulo trata-se do capítulo de introdução às estrelas, nele será abordado a definição do que é uma estrela, o processo de produção da sua energia por meio da explicação da fusão nuclear, as características das estrelas, relação da massa e tempo de vida das estrelas além de conceitos como luminosidade, fluxo emitido pela estrela e magnitude. Esses três últimos são conceitos serão abordados de maneira matemática para que os alunos possam ser envolvidos com os números. Além de tudo por ser um capítulo introdutório, o mesmo servirá com um incentivo para despertar a curiosidade do estudante em aprender mais sobre as estrelas e buscar por mais conhecimento na área.

Na seção dicas para o professor você encontrar a sequência de aplicação desse capítulo:

- Definição de estrelas;
- Características físicas das estrelas: temperatura, cor, luminosidade e massa estelar.
- Magnitude aparente e absoluta.

Após a aula explicativa, encaminhe para os seus alunos as atividades de fixação e caso seja do seu interesse solicite aos mesmo que produzam o eletroscópio caseiro no primeiro ou segundo encontro.

Aplicação:

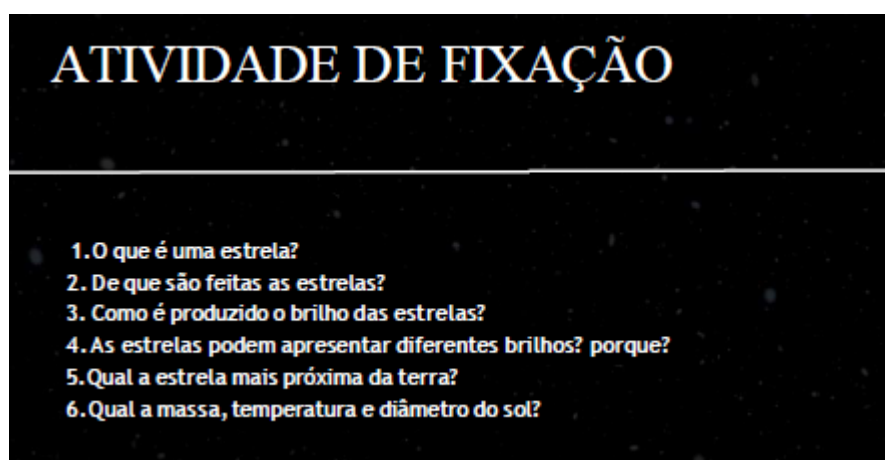
No primeiro encontro proposto para o capítulo ministre a aula explicativa referente ao capítulo e busque o feedback dos alunos para verificar se realmente o conhecimento foi adquirido por parte dos mesmos.

No segundo encontro o professor terá a opção de começar a aula com a montagem do eletroscópio caseiro ou com a atividade proposta em grupo. Tendo em vista a habilidade da BNNC:

(EM13CNT301) Construir questões, elaborar hipóteses, previsões e estimativas, empregar instrumentos de medição e representar e interpretar modelos explicativos, dados e/ou resultados experimentais para construir, avaliar e justificar conclusões no enfrentamento e situações-problema sob uma perspectiva científica (BRASIL. Ministério da Educação, 2018, p. 559).

Caro professor, você deve adequar a sequência de modo a melhor atender a sua turma. Todavia, eu sugiro que realize a atividade proposta em grupo na sala de aula pois assim você conseguirá participar, observar e contribuir com a interação dos alunos. Nesse capítulo encontramos uma atividade de fixação:

Figura 11 — Exemplo de uma atividade de fixação encontrada na sequência didática.



Fonte: Wenderson Silva / Explorando as estrelas: guia para o ensino de astronomia no ensino médio

O objetivo da atividade de fixação é reforçar e consolidar o aprendizado adquirido durante uma aula ou período de estudo. Ela tem a finalidade de ajudar os alunos a recordar, fixar e compreender os conceitos, informações e habilidades que foram apresentados anteriormente. Para o professor a atividade de fixação é uma maneira de observar se o conteúdo abordado realmente foi compreendido pelo aluno.

- Capítulo 3:

O capítulo três permitirá que os alunos adquiram uma compreensão mais profunda sobre o funcionamento e a diversidade das estrelas. Ao abordar a formação estelar, o capítulo explica como as estrelas nascem a partir do colapso gravitacional de nuvens de gás e poeira fornecendo informações importantes sobre o processo de formação da estrela. Além disso, o capítulo discute a evolução das estrelas ao longo do tempo, desde a sua juventude até o estágio final. Mostrando o ciclo de vida estelar. Por fim, ao final deste capítulo esperasse que os alunos possam ter compreendido conceitos como o de temperatura, brilho e tamanho das estrelas para que através da assimilação desses conceitos os mesmos venham a compreender o diagrama de Hertzsprung-Russell que será trabalhado no capítulo quatro.

Este capítulo tem como ênfase a habilidade de ciências da natureza da competência 2, habilidade EM13CNT209 da BNCC.

- Capítulo 4:

O capítulo quatro permitirá que os alunos aprofundem seus conhecimentos sobre as características físicas e propriedades das estrelas, como temperatura, tamanho, massa e luminosidade. Esses detalhes são essenciais para entender a diversidade do universo. Neste mesmo capítulo será abordado a classificação das estrelas com base em critérios como espectro luminoso e temperatura, o que permitirá compreender as diferenças entre diferentes tipos de estrelas, desde gigantes azuis até as anãs vermelhas. Neste capítulo será apresentado o famigerado diagrama de Hertzsprung-Russell(H-R), uma ferramenta gráfica fundamental na astronomia para entender a relação entre a luminosidade e a temperatura das estrelas. Além disso, será explorada a evolução das estrelas ao longo do tempo, mostrando como diferentes tipos de estrelas passam por estágios de vida distintos desde a sua formação até o seu estágio final.

Neste capítulo teremos uma atividade em grupo, que será realizada em sala. Segue nas imagens abaixo a proposta da atividade.

Figura 12 — Exemplo de uma atividade proposta em grupos encontrada na sequência didática.

ATIVIDADE PROPOSTA EM GRUPOS

Atividade: Classificação Estelar - Decifrando as Letras das Estrelas
Objetivo: Permitir que os alunos compreendam o sistema de classificação estelar e aprendam a interpretar as letras e números que descrevem as características das estrelas.

Materiais necessários:

- Papel e lápis ou computador com acesso à internet.
- Gráficos ou tabelas de classificação estelar.

Instruções:

1. **Introdução:** Comece a atividade explicando aos alunos que as estrelas são classificadas de acordo com um sistema que usa letras e números. Explique que a classificação estelar fornece informações sobre a temperatura e a luminosidade das estrelas, e que essa informação é fundamental para compreender a diversidade do universo estelar.
2. **Pesquisa:** Divida os alunos em grupos e atribua a cada grupo um tipo de estrela para pesquisar. Os tipos de estrelas podem incluir, por exemplo, estrelas do tipo O, B, A, F, G, K e M. Peça para os grupos pesquisarem sobre as características das estrelas do tipo designado, respondendo a perguntas como:
 - Qual é a temperatura aproximada dessa estrela?
 - Qual é a luminosidade dessa estrela em comparação com o Sol?
 - Quais são as principais características físicas dessa estrela?
3. **Criação de Cartazes:** Com base nas pesquisas realizadas, peça para os grupos criarem cartazes representando as estrelas do tipo designado. Os cartazes devem incluir informações sobre a temperatura, luminosidade e características físicas das estrelas. Além disso, os grupos podem usar imagens ou ilustrações para representar as estrelas.
4. **Apresentações:** Permita que cada grupo apresente seus cartazes para a turma. Durante as apresentações, os alunos devem explicar as principais características das estrelas do tipo designado e como a classificação estelar é importante para o estudo do universo.

Fonte: Wenderson Silva / Explorando as estrelas: guia para o ensino de astronomia no ensino médio

Figura 13 — Exemplo de outra atividade proposta em grupos encontrada na sequência didática.

ATIVIDADE PROPOSTA EM GRUPOS

5. **Classificação Estelar em Jogo:** Para tornar a atividade mais interativa, proponha um jogo de classificação estelar. Prepare cartas com informações sobre diferentes estrelas e distribua para os alunos. Cada aluno deve classificar a estrela da carta recebida e explicar sua escolha para a turma.
6. **Reflexão Final:** Encerre a atividade com uma breve reflexão em grupo. Peça aos alunos que compartilhem o que mais aprenderam sobre a classificação estelar durante a atividade e como isso os ajudou a compreender a diversidade do universo estelar.

Essa atividade permitirá que os alunos explorem o sistema de classificação estelar e compreendam como as características das estrelas são representadas por letras e números. Além disso, a atividade promoverá a pesquisa, o trabalho em equipe e o aprofundamento do conhecimento sobre a diversidade das estrelas.

Fonte: Wenderson Silva / Explorando as estrelas: guia para o ensino de astronomia no ensino médio

As atividades propostas em grupo serviram para aumentar a interação dos alunos entre si, tendo como finalidade a colaboração e trabalho em equipe, aprendizado social e interpessoal, diversidade de perspectivas, desenvolvimento de habilidades de comunicação e responsabilidade compartilhada. Segundo Moreira e Massini (1982) “A dimensão da aprendizagem pela descoberta permite que os alunos definam conceitos antes de dominá-los, o que os ajuda a integrar conceitos, criando pontes cognitivas de conhecimento por meio de uma aprendizagem significativa”.

Em relação a aula, propõe-se que sejam aplicadas conforme a tabela:

Tabela 3 – Organização da distribuição de aulas no tempo.

Organização da distribuição de aula	Tempo de duração
Apresentação da temática e discussão introdutória	1 hora e 40 minutos
Aplicação do capítulo 1 e pesquisa sobre estrelas	1 hora e 40 minutos
Aplicação do capítulo 2	1 hora e 40 minutos
Pesquisa, resolução dos exercícios propostos e debate sobre o capítulo 2	1 hora e 40 minutos
Aplicação do capítulo 3	1 hora e 40 minutos
Pesquisa, resolução dos exercícios propostos e debate sobre o capítulo 3	1 hora e 40 minutos
Aplicação do capítulo 4	1 hora e 40 minutos
Pesquisa, resolução dos exercícios propostos e debate sobre o capítulo 4	1 hora e 40 minutos

A estrutura das não necessariamente deverá seguir essa sequência, tendo ciência que cada escola tem seu próprio calendário acadêmico, cabe ao professor verificar se essa distribuição será adequada para a escola que ele leciona, sendo assim é importante adequar a distribuição da sequência de acordo com a necessidade e disponibilidade da sua comunidade escolar.

5. RELATÓRIO DE APLICAÇÃO

O produto foi aplicado no primeiro bimestre letivo de uma escola particular de Parnamirim no estado do Rio Grande do Norte. A turma era composta por 18 alunos, sendo eles 12 homens e 6 mulheres.

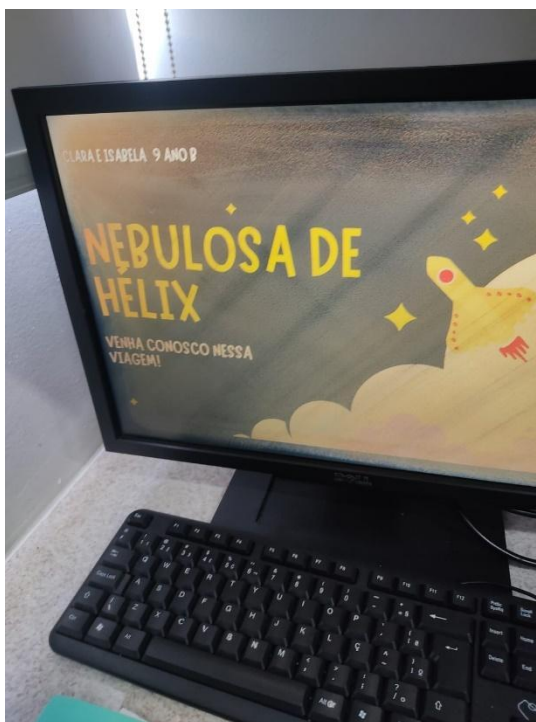
A aplicação ocorreu em 8 encontros, sendo um por semana, totalizando dois meses de encontros, tendo em vista que ocorria um encontro por semana com duração de 1 hora e 40 minutos sendo algumas vezes prolongado por até 2 horas.

As atividades foram divididas em quatro módulos, seguindo a dinâmica dos quatro capítulos da sequência didática.

1º encontro

O primeiro encontro serviu para explicar para os alunos o que é uma estrela, iniciamos com uma conversa introdutória para sondar os conhecimentos prévios da turma. Segundo Ausubel o indivíduo possui um conhecimento prévio do assunto, sendo assim é importante sondar o aluno para saber qual o entendimento da aula que ele tem, gerando uma conversa motivadora para assim formalizar e criar significados com o conteúdo. Nessa aula foi observado que a turma já tinha um bom conhecimento, porém não era algo sólido, sendo assim fizemos uma pesquisa livre sobre as estrelas para melhorar a nossa base teórica.

Figura 14 — Apresentação produzida pelos alunos para falar da nebulosa de Helix.



Fonte: elaborado pelo autor (2024)

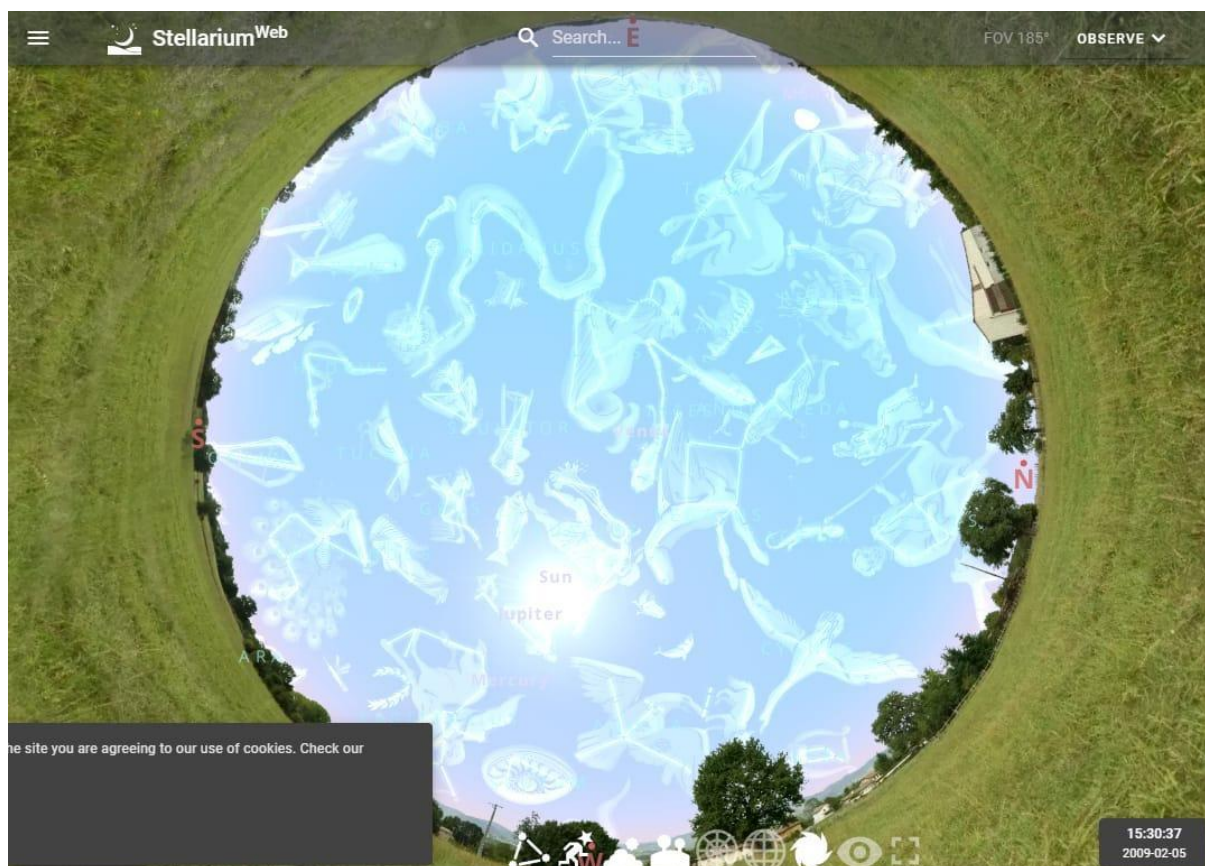
2º encontro

No segundo encontro inicialmente nos reunimos para responder a atividade de fixação, para relembrar sobre o que foi tratado na aula anterior. Após esse momento utilizando-se do laboratório de informática da instituição, a turma pesquisou sobre a importância das constelações para a sociedade, todos perceberam que as figuras vistas nas estrelas pelos homens foram de grande importância para orientação durante o período das grandes navegações e na antiguidade para marcação temporal das colheitas. Com a conclusão dessa pesquisa solicitei aos alunos que abrissem o software Stellarium, para observarem as estrelas e quais constelações podiam ser vistas no dia do seu nascimento.

Este segundo encontro foi planejado para atender às diretrizes da Base Nacional Comum Curricular (BNCC) no que se refere às tecnologias digitais e à computação. No Ensino Médio, considerando a relação intrínseca entre as culturas juvenis e a cultura digital, torna-se essencial ampliar e aprofundar as aprendizagens adquiridas anteriormente. Os jovens, inseridos dinamicamente nesse contexto, não apenas consomem tecnologia, mas também atuam cada vez mais como protagonistas na produção e no uso crítico dessas ferramentas.

Por isso, (BRASIL, Ministérios da Educação, 2018) enfatiza, nessa etapa, o reconhecimento das potencialidades das tecnologias digitais para diversas atividades, abrangendo todas as áreas do conhecimento, práticas sociais e o mundo do trabalho. Dessa forma, este encontro visa proporcionar experiências que permitam aos estudantes explorar ferramentas digitais para compreender e produzir conteúdo multimídia, simular fenômenos e processos de diferentes áreas e elaborar representações matemáticas variadas, promovendo, assim, uma aprendizagem mais interativa e significativa.

Figura 15 — Print da tela do computador do aluno Miguel, a imagem mostra o céu do dia que ele nasceu – 05/02/2009.



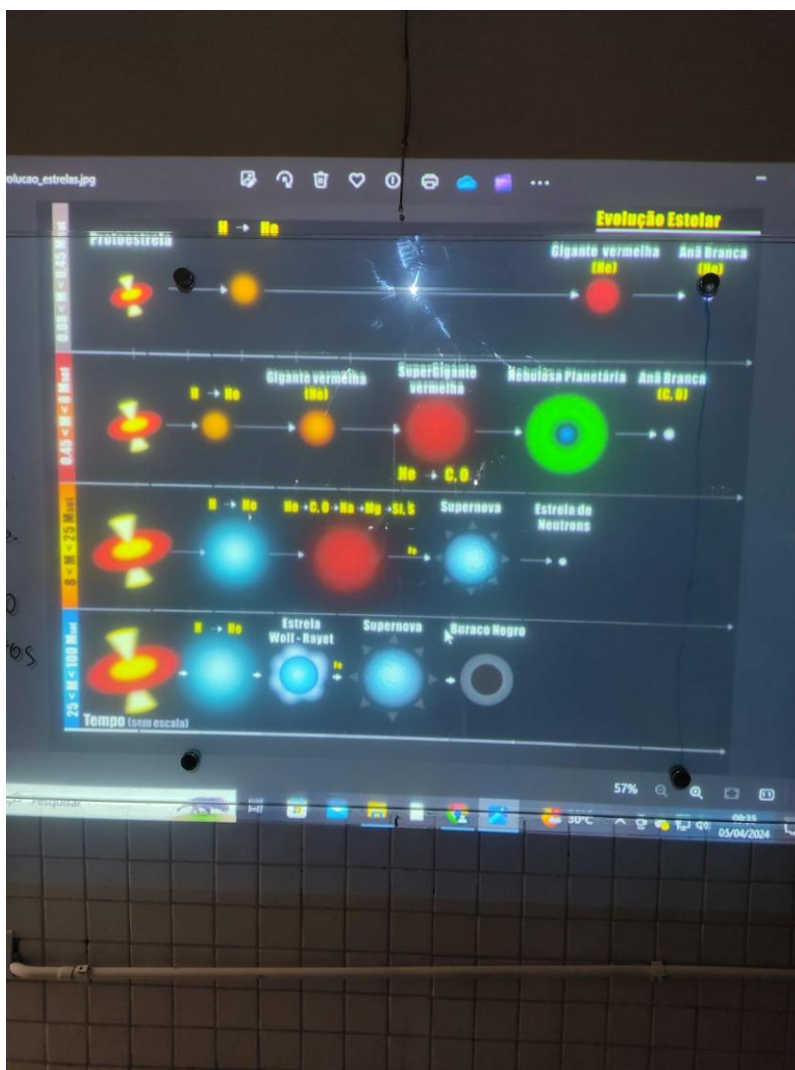
Fonte: Wenderson Silva / A imagem foi retirada do Software Stellarium.

3º encontro

O terceiro encontro consistiu em um estudo sobre estrutura e evolução das estrelas, nele exploramos os conceitos básicos que são grandezas importantes no âmbito do estudo das estrelas. Este momento foi pensando na segunda competência específica do ensino de ciências da natureza da (BNCC, 2018) que é sobre a dinâmica da vida na terra e no cosmo e funcionamento e a evolução dos seres vivos e do universo.

Essa competência específica permite a mobilização para o estudo da astronomia e evolução estelar.

Figura 16 – imagem do estudo sobre evolução estelar feita na sala de aula.



Fonte: elaborado pelo autor (2024)

Esse encontro teve como primeiro objetivo falar sobre as principais características físicas das estrelas. Discutindo como a temperatura estelar influencia na cor e luminosidade das estrelas, além disso falamos sobre como a massa estelar determina o destino e a evolução das estrelas. Tudo isso para que o aluno chegue à conclusão que a massa está diretamente relacionada com o tempo de vida da estrela.

O segundo objetivo foi apresentar aos alunos como se mede o brilho das estrelas, explicando a eles a diferença de magnitude aparente e magnitude absoluta.

Foi notório que os alunos se sentem muito encantados por estas aulas tendo sempre uma boa interação durante os encontros, com muitas dúvidas e questionamentos por parte deles.

4º encontro

No quarto encontro, nos reunimos para responder a atividade de fixação, atividade experimental e atividade proposta em grupo. Ficou notório que a atividade de fixação ajudou os alunos a revisarem o conhecimento obtido na aula anterior, alguns deles trouxeram novos conhecimentos que não foram vistos pela turma no primeiro momento. Como (MOREIRA e MASINI, 2016) Descreve isto mostra que as novas informações estão sendo ancoradas em subsunções já existente na estrutura cognitiva do aluno.

No momento da aula que produzimos o espectroscópio caseiro foi de grande valor pois conseguimos observar o espectro da luz com um experimento simples e fácil de reproduzir. No momento da atividade proposta em grupo separei os alunos em dois grupos de quatro componentes e dois grupos de componentes, para fazer a atividade proposta. No início foi solicitado aos alunos para que eles falassem um pouco sobre como eles enxergavam a importância das constelações para o homem, logo em seguida solicitei para que cada grupo pesquisasse sobre duas constelações escolhidas por eles mesmos utilizando-se do Stellarium, para que os mesmos observassem como os traços das constelações são complexos. Após essa observação foi pedido aos alunos para que traçassem suas próprias constelações utilizando o software e em seguida apresentado para a turma quais imagens eles conseguiram obter dos céus devido ao arranjo das estrelas.

Figura 17 – imagem dos alunos usando os computadores para fazer a atividade proposta.



Fonte: elaborado pelo autor (2024)

5º encontro

No quinto encontro, estudamos sobre o capítulo 3 “o ciclo de vida das estrelas”. No início da aula foram explorados as diferentes etapas e os processos que envolvem o ciclo de vida estelar. Após esse momento houve uma discussão sobre a formação das estrelas para levantar hipóteses de como os alunos acreditavam que as estrelas eram formadas. Logo em seguida, depois dessa discussão foi apresentado como de fato ocorre a formação de uma estrela abordando a importância da gravidade na aglomeração das nuvens cósmicas para a formação de uma protoestrela.

Logo após esse momento, chegamos no assunto da sequência principal da estrela, nessa etapa da aula, abordou-se as diferentes trajetórias evolutivas que as estrelas podem seguir com base em sua massa. A turma apresentou uma grande curiosidade sobre o tema o que foi muito proveitoso pois logo em seguida foi discutido sobre os estágios evolutivos da estrela do início até o fim da sua vida. A estrela mais enfatizada ao qual tivemos um maior foco foi o Sol, estrela que dá o nome ao nosso sistema.

6º encontro

No sexto encontro, nos reunimos para responder a atividade de fixação e realizar a atividade proposta. Inicialmente passamos muito tempo debatendo e falando sobre a atividade de fixação. Nesse momento os alunos estavam bem engajados falando do ciclo estelar. Os alunos tiveram excelentes discussões enriquecedoras sobre nuvens moleculares e como a gravidade faz com que as nuvens se contraiam e formem protoestrelas. Para alguns alunos foi difícil de aceitar que a gravidade iria interferir nos gases já que eles tinham em sua consciência que a massa do gás é algo muito pequeno, porém conforme o tempo foi passando juntamente com ajuda dos alunos que entenderam em um processo de discussão científica os mesmos passaram a entender a importância da gravidade no processo da formação da protoestrela. Além desse momento enriquecedor, outro grande assunto que foi conversado na aula foi a relação da massa com o ciclo estelar, os alunos notaram que a massa influencia diretamente nesse ciclo. Todos esses momentos aconteceram enquanto eles respondiam à atividade de fixação.

Este momento foi necessário tendo em vista que a (BNCC, 2018) tem como um dos desafios a promoção da aprendizagem colaborativa, para que os alunos desenvolvam a capacidade de trabalharem em equipe e aprenderem com os outros estudantes.

7º encontro

No sétimo encontro, estudamos sobre as características e classificação estelar, a aula começou explorando algumas características observáveis das estrelas, como brilho, cor,

tamanho e temperatura. Depois disso foi explorado como essas grandezas citadas estão relacionadas com a espectroscopia e fotometria.

Em um momento da aula, os alunos tiveram dificuldade de entender a relação da cor com o brilho das estrelas, a senso comum as pessoas entendem que quanto mais quente a estrela mais vermelha é a sua cor, todavia, na astronomia sabemos que a estrela mais quentes são as azuis e vermelhas as mais frias, a partir do momento que eles entenderam isso ficou mais fácil para dar o próximo passo a seguinte onde utilizamos da lei de Wien e da quantização de Max Planck para fazer entender matematicamente o aspecto da cor das estrelas.

Ainda nessa aula foi apresentado aos alunos o sistema de classificação de Harvard, nesse momento foi feito o uso de um simulador que ajudou aos alunos a compreenderem essa sequência, onde eles aprenderam que as estrelas de tipo O, são as mais quentes e brilhosas e as do tipo M, que são as mais frias e menos brilhosas, além dessa observação os alunos perceberam que por conta própria as estrelas do Tipo O são maiores do que as do tipo M. Sendo assim os mesmos associaram que as estrelas super gigantes as quais eles viram são as mais brilhantes e massivas.

8º encontro

No oitavo encontro nos reunimos para responder a atividade de fixação, atividade experimental e atividade proposta em grupo. A primeira atividade foi para identificar as classes das estrelas usando o diagrama HR, para fazer essa se fez necessário fornecer dados como luminosidade e temperatura de algumas estrelas para que eles encontrassem o raio e verificassem se os valores eram próximos aos reais. Logo após essa checagem solicitei para que abrissem o simulador do diagrama HR, utilizando o link <https://astro.unl.edu/smartphone/hrdiagram/> para que eles tivessem o conhecimento de que tipo de estrelas eles estavam analisando. Sabendo que o conhecimento prévio dos alunos serviu como uma estrutura para as novas informações interagissem com os alunos, utilizou-se de um software para ajudar em uma visualização e memorização mais efetiva do conteúdo que estava sendo proposto na aula. Conforme afirma a teoria da aprendizagem significava.

Figura 18 – imagem dos alunos fazendo a atividade, esse grupo preferiu usar um tablet para fazer o que foi solicitado.



Fonte: elaborado pelo autor (2024)

Por fim, como última atividade proposta no nosso produto. Novamente focando na aprendizagem por Pares. Separamos os alunos em grupos de 4 alunos, para que fizessem uma pesquisa e apresentação curta sobre estrelas as quais eles encontram os raios na atividade anterior. Foi solicitado que eles fizessem uma apresentação bem simples sobre elas para apresentar ao restante da turma. Nessa apresentação os alunos destacaram as principais características como temperatura, luminosidade e características físicas das estrelas. Após as atividades refletimos sobre o que foi aprendido durante essas oito semanas da aplicação do produto e foi constatado que entre os alunos houve uma boa aceitação pela ideia proposta.

No desfecho da aplicação, foi disponibilizado um formulário para que os participantes pudessem expressar suas opiniões e fornecer um feedback construtivo sobre a apresentação. Essa prática é essencial para avaliar a eficácia da exposição, entender as percepções do público-alvo e identificar áreas de melhoria. O processo de coleta de feedback ocupa papel fundamental na avaliação de produtos educacionais, pois possibilita compreender não apenas a eficácia da proposta, mas também as percepções, dificuldades e sugestões dos estudantes que participaram da aplicação. Em contextos formativos, esse retorno dos alunos funciona como um instrumento avaliativo de natureza diagnóstica, que permite ao pesquisador identificar aspectos positivos e limitações da intervenção pedagógica. Nesse sentido, o feedback contribui para a melhoria contínua das práticas de ensino, garantindo que o processo formativo não seja estático, mas sim

um movimento constante de revisão, aperfeiçoamento e adaptação às necessidades reais do público-alvo.

A análise dos dados coletados nesta pesquisa foi conduzida a partir de procedimentos de estatística descritiva e de análise de conteúdo. A estatística descritiva foi utilizada para organizar e representar quantitativamente as respostas dos estudantes, permitindo identificar tendências, frequências e padrões de comportamento frente às atividades propostas (GIL, 2008). Já a análise de conteúdo, de caráter qualitativo, possibilitou interpretar as falas, produções escritas e registros dos alunos, relacionando-os aos objetivos da sequência didática e aos pressupostos da aprendizagem significativa. Segundo Bardin (2011), afirma que a análise de conteúdo busca ultrapassar a mera descrição do material, permitindo a inferência de conhecimentos que se relacionam com o contexto em que foram produzidos. Essa combinação metodológica assegura maior robustez ao estudo, pois possibilita compreender tanto os aspectos objetivos dos resultados quanto os sentidos atribuídos pelos estudantes às experiências vivenciadas.

Outro aspecto relevante refere-se à distinção entre a seção de resultados e a de discussão. Os resultados correspondem à apresentação objetiva dos dados obtidos durante a aplicação do produto educacional, como o desempenho nas atividades, gráficos de satisfação e registros das interações dos estudantes. Já a discussão tem por finalidade interpretar esses achados à luz da teoria, estabelecendo relações com a literatura revisada e com os pressupostos de Ausubel sobre aprendizagem significativa. Como destaca Moreira (2011), a aprendizagem somente se torna significativa quando novos conhecimentos se conectam a estruturas cognitivas pré-existentes. Dessa forma, a discussão se diferencia da simples exposição descritiva dos dados, pois busca compreender de que modo os resultados obtidos dialogam com a teoria, evidenciando tanto as contribuições quanto os limites da proposta aplicada.

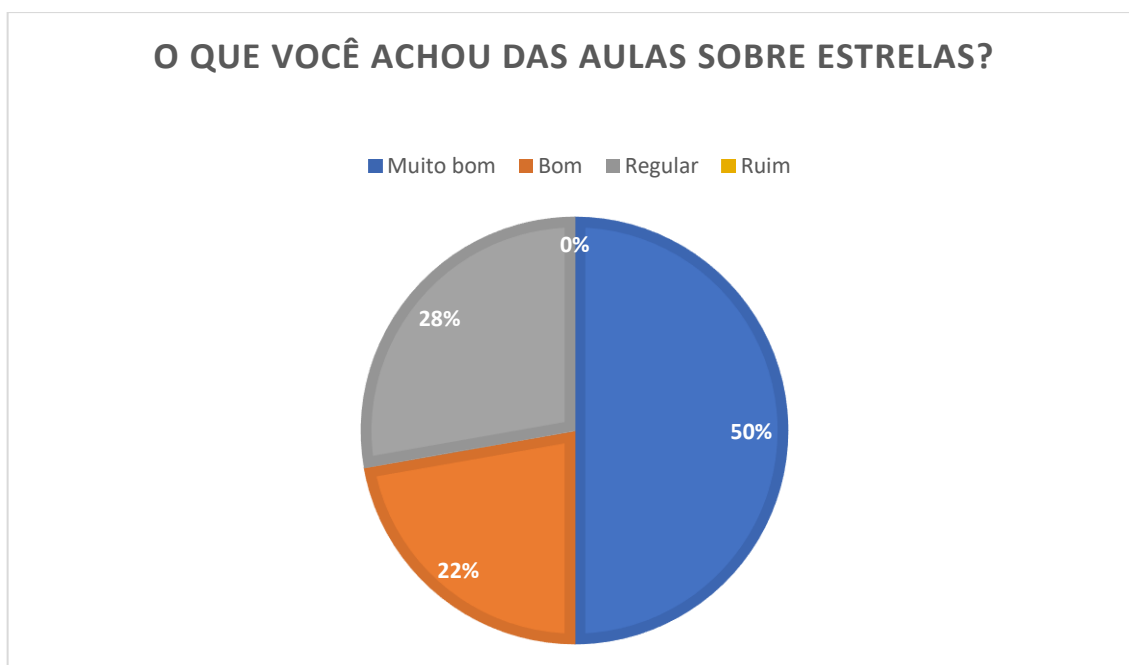
Com o intuito de garantir maior confiabilidade aos dados e assegurar a liberdade de expressão dos estudantes, optou-se pela utilização de um formulário escrito ao final da aplicação do produto educacional. Essa estratégia se mostrou mais adequada que a coleta oral, uma vez que se observou que muitos alunos apresentavam resistência em expor críticas de forma direta em sala de aula. O anonimato proporcionado pelo instrumento favoreceu a sinceridade das respostas, ampliando a validade do feedback obtido. Além disso, o questionário permitiu sistematizar os dados, facilitando sua análise posterior por meio de gráficos e categorias interpretativas, o que contribuiu para uma compreensão mais detalhada sobre a recepção do conteúdo e a efetividade da intervenção. Com o formulário obteve-se um feedback

mais justo, pois na aplicação foi percebido que perguntando a eles diretamente os alunos sentiram envergonhadas em responder algumas respostas negativas em relação ao produto. Sendo assim, o formulário proporcionou dados concretos para ajustes e melhorias contínuas nas futuras apresentações desse produto.

As perguntas foram:

- O que você achou das aulas sobre estrelas?
- Qual a aula que você encontrou maior dificuldade?
- O que você teve maior dificuldade para entender?

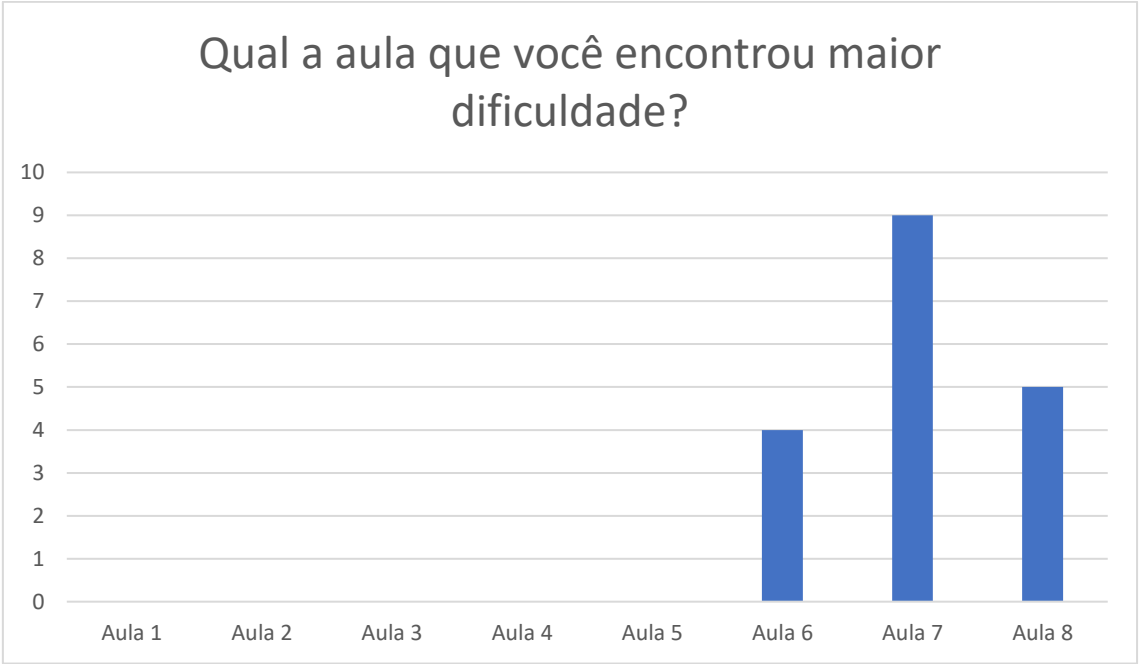
Figura 19 – Gráfico de satisfação dos alunos com o produto aplicado.



Fonte: elaborado pelo autor (2024)

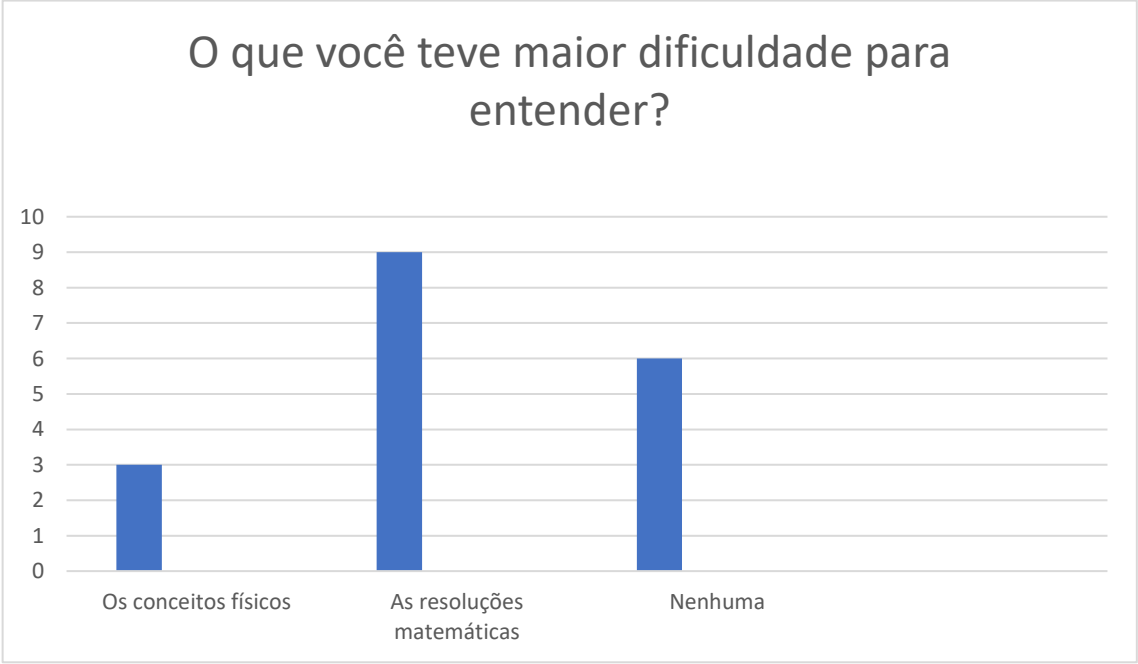
Com base nos dados adquiridos na pesquisa realizada com dezoito alunos, observou-se que a maioria, representando 50% dos participantes, considerou a atividade como "muito boa". Outros 28% dos alunos classificaram a atividade como "boa". Por fim, 22% dos participantes avaliaram a atividade como "regular". Esses resultados indicam uma resposta majoritariamente positiva, com uma predominância de avaliações "muito boas" e "boas", sugerindo que a maioria dos alunos teve uma experiência satisfatória com a atividade proposta.

Figura 20 – Gráfico da aula que gerou maior dificuldade.



Fonte: elaborado pelo autor (2024)

Figura 21 – Gráfico para entender quais foram os desafios na aplicação do produto.



Fonte: elaborado pelo autor (2024)

Com base nos dados adquiridos na pesquisa realizada com dezoito alunos, observou-se que 9 alunos relataram dificuldades em matemática, enquanto os 3 alunos restantes tiveram dificuldades com os conceitos de física e outros 6 alunos não tiveram nenhuma dificuldade em entender a proposta do produto. Esses resultados destacam que a maioria dos estudantes enfrenta desafios significativos na área de matemática, enquanto uma minoria apresenta dificuldades nos tópicos relacionados à física. Esses dados sugerem a necessidade de atenção especial e possíveis intervenções pedagógicas focadas nessas áreas específicas para melhorar o desempenho e a compreensão dos alunos. O que está diretamente relacionado com o segundo gráfico onde é constatado que os alunos sentiram uma maior dificuldade nas aulas onde o seu conhecimento matemático foi cobrado.

Durante a aplicação foi percebido que alguns alunos podem demonstrar lacunas nos conhecimentos básicos, como aritmética, frações ou operações básicas, que são essenciais para o entendimento de tópicos da física. Era evidente que a teoria física por trás e as relações das grandezas que estavam envolvidas nas contas era assimilada pela turma, todavia no momento em que foi cobrada utilização da matemática básica os alunos demonstraram uma maior dificuldade.

Os resultados obtidos apontam para a necessidade de intervenções pedagógicas que auxiliem na superação das dificuldades diagnosticadas, especialmente no campo da matemática básica aplicada à física. Uma possibilidade é a adoção de estratégias interdisciplinares que integrem conteúdos matemáticos ao ensino de astronomia, favorecendo a construção de subsunçores mais sólidos. Outra alternativa é o uso de recursos didáticos diferenciados, como simuladores digitais, experimentos simplificados e analogias visuais, que permitam aos estudantes relacionar os conceitos físicos com situações concretas e cotidianas. Além disso, o professor pode lançar mão de organizadores prévios que contextualizem as operações matemáticas antes de sua aplicação em fenômenos astronômicos, promovendo maior segurança conceitual aos alunos. Dessa forma, o produto educacional poderá atingir de maneira mais equitativa os diferentes perfis da turma, garantindo aprendizagens mais significativas.

6. CONCLUSÃO

A sequência didática desenvolvida para o ensino de astronomia, centrada na exploração das estrelas, constelações e processos que acontecem no interior estelar, representa um avanço significativo para a educação no ensino da física no ensino médio brasileiro. Este material não só aborda conceitos científicos fundamentais de maneira acessível e envolvente, mas também promove uma compreensão mais profunda e integrada do universo, estimulando a curiosidade e o pensamento crítico dos alunos. O objetivo geral desta sequência didática é fornecer uma base sólida de conhecimento astronômico, fomentando o interesse pela ciência e preparando os estudantes para desafios futuros e estimular o interesse pelo conhecimento científico.

Primeiramente, a estrutura bem planejada e modular da sequência didática permite que os professores abordem tópicos complexos de forma gradual e lógica. Cada capítulo, desde a introdução às estrelas até as características e classificação, foi cuidadosamente projetado para construir conhecimento de forma sequencial. Isso facilita a compreensão dos alunos e assegura que eles desenvolvam uma base sólida antes de avançar para conceitos mais complexos. A clareza e a progressão lógica dos conteúdos são essenciais para manter o interesse dos alunos e assegurar que todos, independentemente do nível de conhecimento prévio, possam acompanhar e aprender efetivamente.

A incorporação de atividades práticas e experimentos é um dos pontos fortes desta sequência didática. A física, sendo uma ciência experimental, ganha vida quando os alunos têm a oportunidade de observar e experimentar diretamente os fenômenos que estudam. As atividades propostas, como a construção de modelos de constelações, não só tornam a aprendizagem mais divertida e interativa, mas também ajudam os alunos a solidificar seu entendimento teórico através da aplicação prática. Isso é particularmente importante no contexto brasileiro, onde muitas vezes há uma lacuna entre o ensino teórico e a prática experimental devido às limitações de recursos.

Além disso, a sequência didática enfatiza a integração de tecnologia no ensino. Ao incorporar recursos digitais, como simulações online e vídeos explicativos, o material torna-se não só mais atraente para os alunos, mas também mais acessível, permitindo que os professores utilizem uma variedade de ferramentas para enriquecer o aprendizado. O uso de tecnologia é crucial para preparar os alunos para o futuro, onde a habilidade de utilizar ferramentas digitais será cada vez mais importante.

Outro aspecto importante desta sequência didática é o suporte que ela oferece aos professores. Com orientações detalhadas, sugestões de atividades e dicas práticas, os professores são equipados com os recursos necessários para implementar o currículo de forma eficaz. Isso não só melhora a qualidade do ensino, mas também apoia o desenvolvimento profissional contínuo dos educadores, capacitando-os a se tornarem facilitadores mais eficazes do aprendizado dos alunos.

No entanto, durante a implementação desta sequência didática, algumas dificuldades podem ser encontradas pelos alunos. A complexidade dos conceitos astronômicos pode ser um desafio, especialmente para aqueles que têm dificuldade em matemática e física outro fator que dificulta é que alguns alunos nunca tiveram contato com conceitos assim antes o que de certa forma dificulta o avanço do conteúdo. Além desses dois pontos, a falta de acesso a equipamentos tecnológicos ou recursos como telescópios para observações noturnas pode limitar a experiência prática e a observação direta dos fenômenos astronômicos.

Para enfrentar essas dificuldades, algumas melhorias podem ser sugeridas. A criação de parcerias com instituições de ensino superior e observatórios podem proporcionar aos alunos oportunidades de acesso a equipamentos e especialistas em astronomia. Além disso, a disponibilização de mais recursos digitais, como aplicativos de realidade aumentada, pode ajudar a simular a experiência de observação astronômica. A formação contínua de professores também é essencial, garantindo que eles estejam atualizados com as últimas metodologias e tecnologias de ensino.

Finalmente, ao focar em tópicos como a classificação estelar e o ciclo de vida das estrelas, a sequência didática não apenas proporciona uma compreensão profunda de conceitos astronômicos, mas também destaca a interconexão entre diferentes áreas da física e outras disciplinas científicas. Isso promove uma visão holística do conhecimento, incentivando os alunos a verem a ciência não como um conjunto de fatos isolados, mas como uma teia interligada de conceitos que descrevem o mundo ao nosso redor.

Em conclusão, esta sequência didática de astronomia oferece uma abordagem abrangente e inovadora para o ensino de física no ensino médio. Ao combinar teoria sólida, prática experimental, uso de tecnologia e suporte aos professores, ela contribui significativamente para uma educação mais rica e eficaz. Esta iniciativa não só enriquece o currículo escolar, mas também inspira os alunos a explorarem o universo, promovendo uma cultura de curiosidade científica e pensamento crítico que é essencial para o desenvolvimento pessoal e acadêmico. A adoção de tais recursos educativos é um passo importante para

transformar a educação científica no Brasil, preparando os estudantes para os desafios e oportunidades do século XXI.

REFERÊNCIAS

- Ausubel, DP (1963). **A psicologia da aprendizagem verbal significativa**. Nova York: Grune & Stratton.
- ARAÚJO, M. S. T. de; ABIB, M. L. V. dos S. Atividades experimentais no ensino de física: diferentes enfoques, diferentes finalidades. **Revista Brasileira de Ensino de Física**. v. 25, n. 2, São Paulo, 2003.
- BARDIN, Laurence. **Análise de conteúdo**. São Paulo: Edições 70, 2011
- BARKLEY, R. A. **Transtorno de déficit de atenção/hiperatividade: manual para diagnóstico e tratamento**. 3. ed. Porto Alegre: Artmed, 2008.
- BRASIL. Ministério da Educação. **Base Nacional Comum Curricular**. Brasília: MEC, 2018.
- BRASIL. **Lei nº 13.146**, de 6 de julho de 2015. Institui a Lei Brasileira de Inclusão da Pessoa com Deficiência (Estatuto da Pessoa com Deficiência). *Diário Oficial da União: seção 1*, Brasília, DF, 7 jul. 2015.
- Boczko, Roberto. **Conceitos de astronomia** / Roberto Boczko ; prefácio de Ramachrisna Teixeira – 2. Ed. – São Paulo : IAG, 2022.
- DAMINELI, Augusto. **O céu que nos envolve**: introdução à astronomia para educadores e iniciantes. São Paulo: Odysseus, 2011. Disponível em: https://www.iag.usp.br/sites/default/files/2023-01/2011_picazzio_ceu_envolve-c.pdf. Acesso em: 06 set. 2023.
- Gil, António Carlos. (2008). **Métodos e técnicas de pesquisa social**. 6. ed. São Paulo: Atlas,
- Maciel, Walter Junqueira **Transporte de energia em Astrofísica**. Walter Junqueira Maciel – São Paulo: IAG-USP. 2022. 311 p. (E-book)
- MOURÃO, Ronaldo Rogério de Freitas. **Nascimento, Vida e Morte das Estrelas**. São Paulo: Vozes, 1995.
- MOREIRA, M. A.; MASINI, E. F. S. **A aprendizagem significativa**: a teoria de David Ausubel. São Paulo: Moraes, 1982.
- Novak, JD (1977). **Uma teoria da educação**. Ithaca, NY: Cornell University Press.
- OLIVEIRA FILHO, Kepler de Souza. **A Relação Massa-Luminosidade**. 1999. Disponível em: <http://astro.if.ufrgs.br/evol/node22.htm>. Acesso em: 26 jun. 2023.
- OLIVEIRA FILHO, Kepler de Souza. **A Fonte de Energia das Estrelas**. 2002. Disponível em: <http://astro.if.ufrgs.br/estrelas/node9.htm>. Acesso em: 07 jul. 2023.
- OLIVEIRA FILHO, Kepler de Souza. **Energia Nuclear**. 2011. Disponível em: <http://astro.if.ufrgs.br/evol/node16.htm>. Acesso em: 30 jun. 2023.

OLIVEIRA FILHO, Kepler de Souza. **Ordem de Grandeza da Luminosidade**. 2000. Disponível em: <http://astro.if.ufrgs.br/evol/node21.htm>. Acesso em: 20 jun. 2023.

Vygotsky, LS (1978). **Mente na sociedade: O desenvolvimento de processos psicológicos superiores**. Cambridge, MA: Harvard University Press.

APÊNDICES A – PRODUTO EDUCACIONAL

INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA DO RIO GRANDE
DO NORTE
DIRETORIA ACADÊMICA DE CIÊNCIAS
MESTRADO NACIONAL PROFISSIONAL EM ENSINO DE FÍSICA
POLO 10

Wenderson do Nascimento Silva
Bruno Lustosa de Moura

PRODUTO EDUCACIONAL

EXPLORANDO AS ESTRELAS:
GUIA PARA O ENSINO DE ASTRONOMIA NO ENSINO MÉDIO.

Natal
2023
Wenderson do Nascimento Silva

**EXPLORANDO AS ESTRELAS:
GUIA PARA O ENSINO DE ASTRONOMIA NO ENSINO MÉDIO.**

Este produto educacional é parte integrante da dissertação: Explorando as estrelas: Guia para o ensino de astronomia no ensino médio, desenvolvida no âmbito do Programa de Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física, polo 10 – IFRN - CNAT, como parte dos requisitos necessários à obtenção do título de Mestre em Ensino de Física.

Orientador:
Bruno Lustosa

Natal
2023

AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus pela criação desse planeta ao qual vivemos, pelo dom da vida e por estar comigo em todos os momentos na realização desse sonho que é entender cada vez mais a beleza da sua criação.

Agradeço ao meu pai Francisco Silvino que não está mais aqui presente comigo, mas que sempre me deu forças para sempre seguir em frente com os meus estudos. Hoje sendo a força motriz para os meus estudos.

Agradeça a minha mãe Maria Áurea por todo amor e carinho durante toda a minha vida.

A minha companheira por toda ajuda intelectual, emocional e sentimental durante esse momento tão importante na minha vida.

Ao meu irmão Anderson por muitas vezes ajudar a minha mãe no trabalho para que eu pudesse continuar estudando.

Agradeço aos meus amigos do mestrado, por trilharem esse caminho do mestrado comigo.

Ao Professor Dr. Calistrato Câmara por toda paciência, orientação e conversas durante o período da graduação como orientador e agora no mestrado como professor.

Ao Professor Dr. Bruno Lustosa por sua generosa orientação desse produto, sendo um bom guia para a produção desse material.

Ao Professor Dr. Tibério Alves por todos os seus conhecimentos ensinados de eletromagnetismo na graduação e no mestrado.

Ao Professor Dr. Antônio Marques pela disponibilidade em ajudar nesse trabalho.

A todos que me ajudaram diretamente e indiretamente na realização desse sonho.

O presente trabalho foi realizado com o apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – Brasil (CAPES) – código de financiamento 001.

Sumário

1. Introdução.....	5
2. Fundamentação teórica.....	6
2.1 Constelações.....	6
2.2 Estrelas.....	9
2.3 Luminosidade, Fluxo e Magnitude de uma estrela.....	14
2.3.1 Luminosidade.....	14
2.3.2 Fluxo.....	14
2.3.3 Magnitude aparente de uma estrela.....	15
2.4 Diagrama HR.....	16
2.5 Classificação estelar.....	18
3. Metodologia.....	18
4. A sequência didática.....	20
5. Roteiro de aplicação.....	22
6. Considerações finais.....	27
7. Apêndice A: Ebook: Explorando as estrelas: Guia para o ensino de astronomia no ensino médio.....	30

1. Introdução

Desde do início da humanidade o sol é observado. Uma das evidências são as figuras rupestres encontradas em cavernas onde é retratado o sol e animais a sua volta. O homem percebeu que o sol é algo de extrema importância para sua sobrevivência, pois graças a sua luz é possível ter a percepção de tudo que está a sua volta e a falta dela lhe trazia medos e incertezas com a escuridão da noite.

O sol teve tanta importância que os homens passaram a adora-lo. Em diversas mitologias encontramos adoração a um deus que representa essa estrela. A deidade solar é uma entidade divina que é a personificação do sol em uma divindade, várias mitologias cultuavam esse deus com cultos solares que podemos chamar de heliotria. Ao longo da história é possível identificar alguns deuses sendo a personificação do sol, por exemplo: para os gregos tem-se Hélios e Apolo considerados os deuses solares, no antigo Egito Ámon e na cultura indígena brasileira temos o deus Guaraci que é considerado o guardião do dia.

Podemos identificar que o sol é a estrela mais conhecida por todos, isso acontece devido ao fato de conhecermos o sol desde a infância. Ainda na escola aprende-se que a estrela é a fonte de energia e da luz que nos permite ver os objetos e nos mantém aquecidos. Esses conhecimentos foram adquiridos por meio de observações simples do homem.

Com o avanço científico o homem passou a se perguntar algumas coisas em relação a estrela ao qual ele via. De onde vem toda essa energia luminosa e térmica que atinge toda a Terra? Quais são as principais características da estrela mais próxima da Terra? Com o passar do tempo o homem conseguiu todas essas respostas ao qual ele aplicou o sol e ainda conseguiu aprender muito mais. Todavia, ainda faltava muitas estrelas ao qual ele enxergava nas constelações que ele não tinha respostas. Com um trabalho árduo de astrônomos, astrofísicos e físicos o homem passou a saber a massa, raio, temperatura, luminosidade, magnitude e etc. das estrelas que a muito tempo estão brilhando no nosso universo. Depois de adquirir o conhecimento ele passou a caracteriza-las e classifica-las.

Caro(a) professor, é com imenso prazer ao qual estou escrevendo esse produto educacional para que você possa aplicar com as suas turmas na sala de aula. Nesse produto educacional sobre o fascinante mundo das estrelas, voltado especialmente para o ensino médio. Com o objetivo de promover uma experiência educacional enriquecedora

para os seus alunos, a sequência didática aborda conceitos fundamentais da astronomia, características e classificação estelar, evolução, além de estimular os seus alunos para o conhecimento.

Sabemos que você é um educador comprometido em proporcionar um ensino de excelência, e acreditamos que esse produto pode ser uma ferramenta valiosa para enriquecer suas aulas de física e astronomia. A sequência didática visa despertar o interesse dos alunos pelo universo estelar, promovendo uma compreensão mais profunda dos fenômenos astronômicos.

2. Fundamentação teórica

2.1 Constelações

Desde a antiguidade, o homem olhava para o céu e imaginava as estrelas sendo astros celestes que brilhavam, mas estavam muito distantes deles. Ao observar as estrelas os primeiros homens tinham um fascínio, mas não sabiam explicar muito bem o que eram. Todavia chegou um momento que as configurações dos posicionamentos dessas estrelas formavam figuras conhecidas por eles, essas figuras eram animais, objetos e seres mitológicos a qual a sociedade que ele vivia já teve contato. Essas imagens imaginárias estavam extremamente relacionadas com a cultura desse homem.

Ao passar dos anos o homem atribui certas importâncias para as constelações as quais ele via. Na antiguidade as constelações ajudaram o homem a identificar os períodos dos anos, ou seja, as estações dos anos eram entendidas pelo céu noturno a qual aquela sociedade via. Um bom exemplo que podemos informar é a constelação de escorpião que pode ser vista durante toda a noite no mês de junho no hemisfério sul e a constelação de Órion que é visível a noite toda no mês de dezembro, mês que é característico por representar o inverno no hemisfério norte.

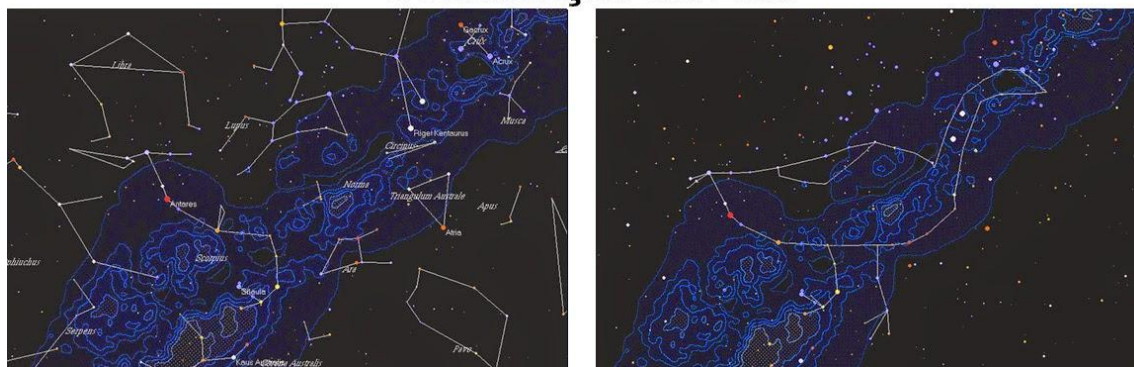
O índio brasileiro também observou os céus e percebeu que algumas imagens eram formadas pelo agrupamento de algumas estrelas. As constelações vista pelas sociedades espalhadas pelo mundo fazem parte do conjunto do seu entendimento, interpretações e significados que fazem parte da cultura do observador.

Em 1612, comandados por Daniel de La Touche, Os franceses ocuparam o território que hoje é São Luiz do Maranhão, que fica na região nordeste do país, assim fundado a colônia da França equinocial. Nesse mesmo ano um missionário francês

chamado Claude D'Abbeville passou alguns meses com os índios tupinambá. As experiências desse período foram registradas em um livro chamado “Histore de la mission de pères capucins em i'isle de maragnan et terres circonvoisin”. No livro o missionário registrou cerca de 30 constelações identificadas pelos índios, porém ele mesmo só identificou algumas constelações as quais ele identificou podemos destacar a constelação de Ema e o Homem Velho.

Figura 1 — Constelação da ema.

Constelação da Ema



Fonte: Cuabamorandu / Germano Bruno Afonso / Observatórios Virtuais / Vitae / Melissa Oliveira (antropóloga) / Aikewara.blogspot / ISSUU / Planetário UFSC (etnoastronomia) / pib.socioambiental.org

Figura 2 — Constelação do homem velho.



Fonte: Cuabamorandu / Germano Bruno Afonso / Observatórios Virtuais / Vitae / Melissa Oliveira (antropóloga) / Aikewara.blogspot / ISSUU / Planetário UFSC (etnoastronomia) / pib.socioambiental.org

Um grupo de estrelas bem conhecidas no Brasil, são as “três Marias” elas são um pequeno grupo de estrelas que formam a constelação de Órion. As três marias estão na vertical, no cinturão de Órion que faz parte da mitologia grega que diz que Órion era um grande caçador grego. As estrelas que compõem as três marias são: Alnitak (mais à esquerda), Alnilam (meio), Mintaka (direita) essas três estrelas são visíveis a olho nu e é uma das primeiras estrelas que aprendemos a identificar quando olhamos para o céu.

Figura 3 — Uma representação de Órion como visto no hemisfério sul, pelo software Stellarium.



Fonte: Wenderson Silva / A imagem foi retirada do Software Stellarium.

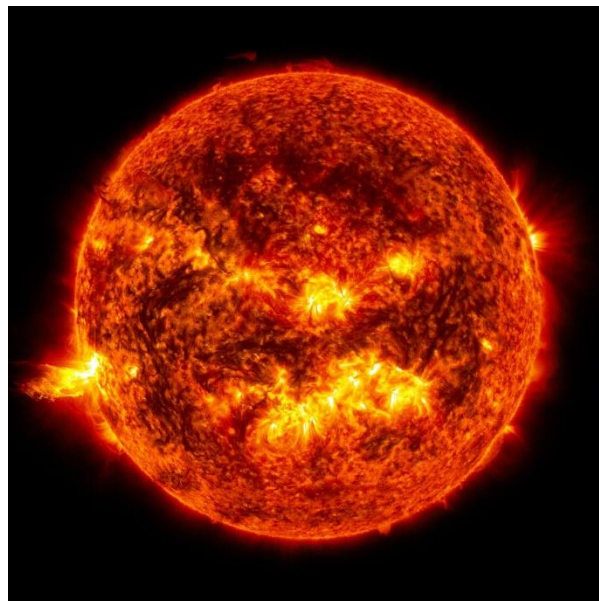
2.2 Estrelas

Ao observamos o céu noturno vemos pequenos pontos no horizonte ao qual identificamos como estrelas. Esses pequenos pontos no nosso céu são esferas de plasma que tem um formato esférico que emitem luz própria. O que observamos aqui da Terra a olho nu são brilhos de estrelas que estão bem próximos de onde estamos e de estrelas que estão bem distantes da Terra. Esse grande astro mantém o seu formato esférico devido ao equilíbrio que existe entre sua gravidade e pressão da radiação que ele possui. A origem das estrelas está atribuída a mais de 180 milhões de anos após o big bang. O processo para que a poeira gasosa se torne uma estrela é um processo bem complexo e longo.

A estrela que nos fornece energia chamada de Sol é o maior astro visto do nosso céu, ele é a principal fonte de luz e de vida na Terra. A palavra sol vem do latim Solis, ele é a estrela central do nosso sistema que tem como nome sistema solar. Essa estrela é responsável por 99% da massa do nosso sistema. Sabe-se que o sol possui uma massa de 332900 vezes maior do que a terra e é composto 74% de hidrogênio e 24% de hélio. Devido a grande massa o sol mantém todos os corpos celestes do sistema orbitando gravitacionalmente em torno de si. Planetas, asteroides, cometas e poeira estão ligados ao sol gravitacionalmente como descreveu Newton na lei da gravitação universal.

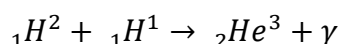
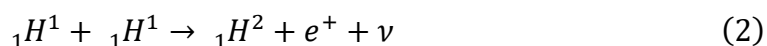
$$\vec{F}_g = G \frac{m_1 \cdot m_2}{r^2} \hat{r} \quad (1)$$

Figura 4 — Sol.



Fonte: NASA / National Aeronautics and Space Administration — NASA / https://images-assets.nasa.gov/image/GSFC_20171208_Archive_e001435/GSFC_20171208_Archive_e001435~medium.jpg

O brilho dessa estrela e de todas as outras provém de um processo de reação em cadeia que acontece no núcleo das estrelas que se chama fusão nuclear. Esse processo ocorre quando dois núcleos de hidrogênio se fundem formando um hidrogênio, sendo esse mais pesado. Esses dois isótopos de hidrogênio se fundem novamente formando um novo elemento, este novo elemento chamamos de hélio. Essa reação nuclear é conhecida como cadeia próton – próton ou cadeia p-p. Que pode ser descrita matematicamente como:

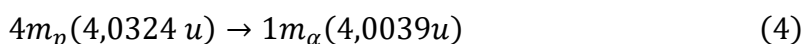


A produção ocorre devido ao fato de uma pequena parcela da massa dos isótopos se transformarem em energia como previu Albert Einstein em 1905.

$$E = m \cdot c^2 \quad (3)$$

Einstein, afirmar que a massa perdida no processo é convertida em energia em forma de radiação, é essa radiação que detectamos no espectro das ondas eletromagnéticas. Esse processo é responsável pela produção de energia na maioria das estrelas. O mesmo não ocorre na terra por causa das dificuldades naturais que temos.

Devido a esse processo da fusão nuclear as estrelas vão queimando a sua energia em decorrência disso a sua massa também vai diminuindo já que no processo da fusão você tem a massa sendo transformada em energia. A massa é um parâmetro crítico que governa o destino das estrelas, ao longo dos anos sabemos que estrelas como o nosso sol não irão brilhar eternamente, pois toda estrela tem um ciclo de bilhões de anos de atividade até a mesma não conseguir realizar mais o processo de fusão nuclear. No caso do sol temos a fusão de quatro núcleos de hidrogênio se transformando em um núcleo de hélio. Nessa reação é possível detectar que há uma diferença da massa que entrou pela massa que saiu da reação.



Onde u = unidade de massa atômica $1,66 \times 10^{-27} kg$

Nesse caso podemos encontrar que a diferença de massa é:

$$\Delta m - (4,0324 - 4,0039)u = 0,0285u \quad (5)$$

Fazendo uma divisão pela massa inicial podemos encontrar a porcentagem de massa que é convertida em energia:

$$\frac{0,0285 \text{ u}}{4,0324 \text{ u}} = 0,007 = 0,7\% \quad (6)$$

Ou seja, 0,7% da massa que entra no processo de reação acaba se transformando em energia. Lembrando que esse processo ocorre somente no núcleo da estrela pois lá a temperatura atinge valores de 8 milhões de Kelvin o que permite que ocorra as reações termonucleares.

Esse processo estar extremamente relacionado com o tempo de vida da estrela, pois estrelas maiores mais massivas queimam mais rapidamente seu combustível para brilhar, pois têm núcleos mais quentes e pressões mais elevadas, sendo assim, tem tempo de vida menores. Após consumir toda essa energia e não manter mais o equilíbrio hidrostático elas explodem como super novas depois formam buracos negros ou estrelas de nêutrons. Para que isso aconteça a estrela deve ter no mínimo a massa dez vezes maior do que o sol, e no caso dessas estrelas elas atingem a fusão dos elementos até chegar na composição de ferro no seu núcleo. O fim dessas estrelas podem ser dois, caso depois da supernova o que sobrar do núcleo for 2 ou 3 vezes a massa do sol, virará uma estrela de nêutron, caso sobre mais de 3 massas solares, então ela dará origem a um buraco negro.

Figura 5 — buraco negro.



Fonte: Telescópio de horizonte de eventos/ <https://www.nasa.gov/universe/what-are-black-holes/>

Estrelas de baixa massa, conhecidas como anãs vermelhas, tem a sua massa dez vezes menor que a massa do sol, tem uma vida bem longa, devido ao fato que sua taxa de fusão nuclear serem baixas, isso faz com que elas brilhem por um mais tempo em relação as outras estrelas, o destino final dessa estrela após ter “consumido” todo o hélio do núcleo será uma ejeção de uma nebulosa planetária e o núcleo remanescente será uma Anã branca. O que sobra dessa estrela tem tamanhos comparados ao tamanho do nosso planeta, porem têm uma alta densidade devido a grande quantidade de massa em um volume pequeno.

Figura 6 — Próxima Centauri.

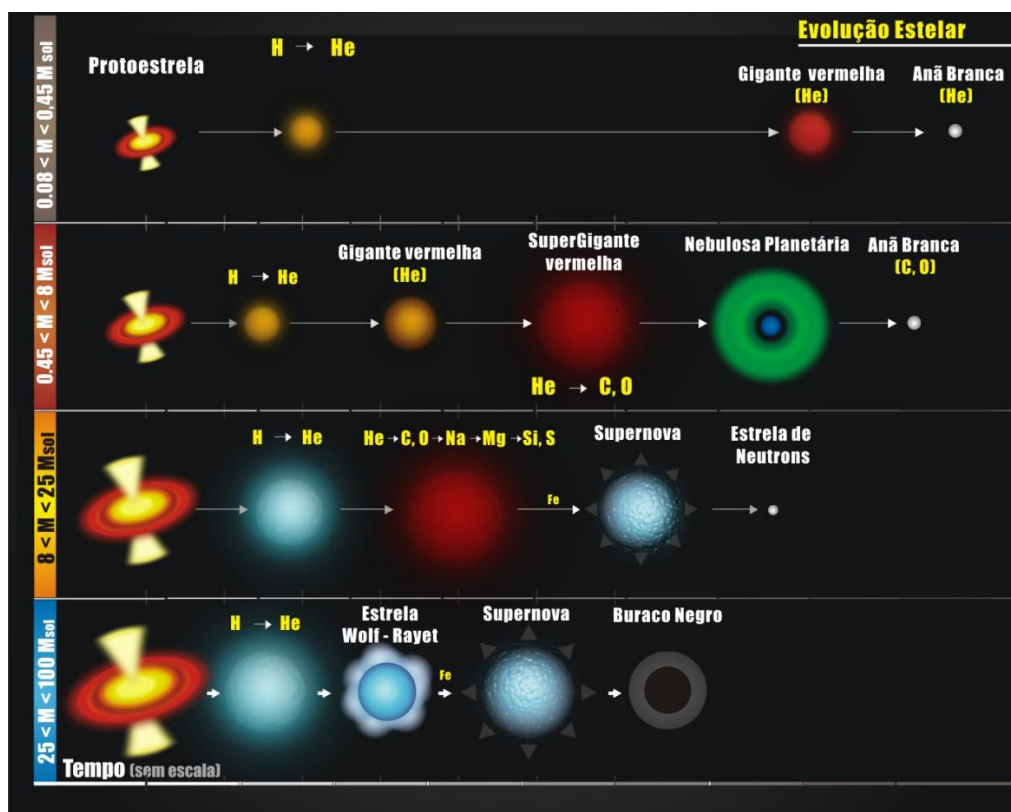


Fonte: ESA — Agência espacial europeia/ https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/9/95/New_shot_of_Proxima_Centauri%2C_our_nearest_neighbour.jpg /

Estrelas de massa intermediária como o nosso sol, tem vidas de bilhões de anos, o nosso astro tem cerca de 4,6 bilhões de anos de idade, sabemos que ela está na metade da sua vida útil. No futuro, o nosso sol vai se expandir para se tornar uma gigante velha. Quando o sol atingir essa etapa, ele engolirá planetas como mercúrio, vênus e a terra, até ficando próximo da órbita de marte. Uma gigante vermelha continua realizando o processo de fusão nuclear, todavia agora ela transforma o hélio em carbono no núcleo. Após o esgotamento do hélio estrelas que possuem até dez massas solares não atingem temperaturas suficientes no seu núcleo para fundir o carbono e encerra sua vida com um núcleo de carbono, já estrelas que tem massa maior do que dez massas solares continua o

processo de fusão nuclear em seu núcleo sucessivamente em neônio, magnésio, silício e por último o ferro. O último elemento que se conhece que uma fusão nuclear consegue chegar.

Figura 7 — Esquema de evolução estelar, não em escala, para massas diferentes.



Fonte: Departamento de astrofísica da UFRGS/ <http://astro.if.ufrgs.br/estrelas/escola.html>

2.3 Luminosidade, Fluxo e magnitude de uma estrela

2.3.1 Luminosidade

A luminosidade estelar é uma medida da quantidade total de energia que uma estrela emite por unidade de tempo. Matematicamente descrita como:

$$L = \frac{\Delta E}{\Delta t} \quad (7)$$

A luminosidade do sol é uma unidade de referência importante para astronomia. Ela tem um valor de cerca de $3,8 \times 10^{26} \text{ Watts}$. Essa grandeza está diretamente relacionado com o tamanho e temperatura das estrelas. As maiores e mais quentes tendem

a ser mais luminosas, porém nem sempre a luminosidade da estrela é constante, alguns astros tem variações na luminosidade devido a processos internos, como pulsações.

2.3.2 Fluxo

Uma grandeza física que está ligada a luminosidade solar é o fluxo solar. Podemos definir esse fluxo como sendo a quantidade de energia por unidade de área em uma superfície Gaussiana. O conceito de fluxo é fundamental para o ensino das estrelas pois nos permite entender como a energia é distribuída a partir de uma estrela e como ela interage com o espaço ao seu redor.

$$F_{Rs} = \frac{L}{A} \quad (8)$$

F_{Rs} é o fluxo na estrela e A é a área de uma esfera, sendo assim:

$$F_{Rs} = \frac{L}{4\pi R^2} \quad (9)$$

Onde R é o raio da estrela.

Todavia existe uma pequena mudança para calcular o fluxo da estrela fora da superfície da estrela, que no caso é a mudança dos R 's.

$$F = \frac{L}{4\pi r^2} \quad (10)$$

Onde r é a distância do centro da estrela até um ponto r arbitrário.

2.3.3 Magnitude aparente de uma estrela

Os gregos fizeram muitas contribuições para a astronomia, Aristóteles de Estagira (384-322 a.C) descreveu que as fases que vêm da Lua dependia da parte dela que era iluminada pelo sol que estava voltado para terra, outra contribuição do mesmo foi ser mais um que afirmou que a estrutura da Terra como sendo redondo, o mesmo fez isso utilizando os eclipses lunares, pois os eclipses ocorrem devido ao fato da Lua ficar atrás da sombra da Terra, essa sombra que escurece a Lua e vista inicialmente de formato circular, logo a Terra teria que ter um formato esférico.

A maior contribuição dos gregos para a astronomia foi com os estudos de Hiparco de Nicéia (160-125 a.C) que é considerado como um dos maiores astrônomos da era pré-cristã. Em seus estudos sobre astronomia ele dividiu as estrelas visíveis a olho nu com

base em seu brilho aparente. Hiparco atribuiu o brilho de magnitude 1 a estrela mais brilhante e 6 a menos brilhante. Sabe-se que a percepção do brilho da luz no olho humano respeita uma escala logarítmica, sendo assim, o brilho de uma estrela de magnitude 1 é 100 vezes mais brilhante do que uma estrela de magnitude 6.

O brilho aparente de um astro é o fluxo medido na Terra, que conhecemos como magnitude, essa grandeza física é definida matematicamente sendo:

$$m = -2,5 \log F + \text{const.} \quad (11)$$

A diferença entre uma estrela de magnitude $m_1 = 1$ e $m_2 = 6$, basta fazer:

$$m_1 - m_2 = k \cdot \log \frac{F_1}{F_2} \quad (12)$$

$$1 - 6 = k \cdot \log \frac{F_1}{F_2} \quad (13)$$

$$-5 = k \cdot \log 100 \quad (14)$$

$$k = -2,5 \quad (15)$$

Como definido anteriormente:

$$m_2 - m_1 = -2,5 \cdot \log \frac{F_2}{F_1} \quad (16)$$

2.4 Diagrama HR

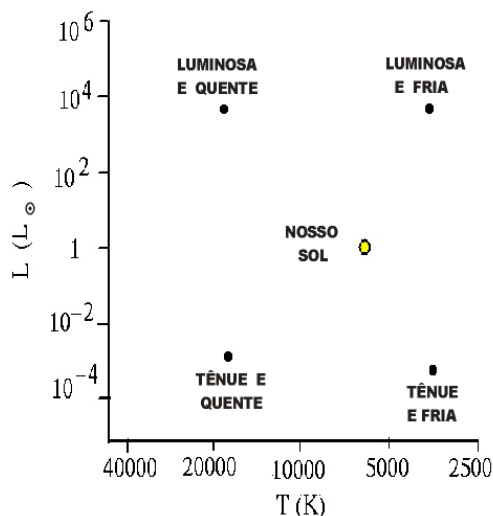
Em 1911, o dinamarquês Ejnar Hertzsprung (1873-1967) e 1913 o americano Henry Norris Russel (1877-1957) de maneira independente formularam um diagrama com uma relação da luminosidade da estrela com a sua temperatura superficial.

O diagrama mostra como agrupar as classes das estrelas, o Hertzsprung chegou a conclusão que existem estrelas gigantes de alta luminosidade e estrelas de baixa luminosidade que o mesmo chamou de estrelas anãs.

Não existe somente uma forma para o diagrama, o primeiro diagrama fazia uma relação do tipo espectral da estrela no eixo x e a magnitude absoluta no eixo y.

Outra maneira como o diagrama é plotada é usando a temperatura superficial efetiva da estrela no eixo x e a luminosidade no eixo y.

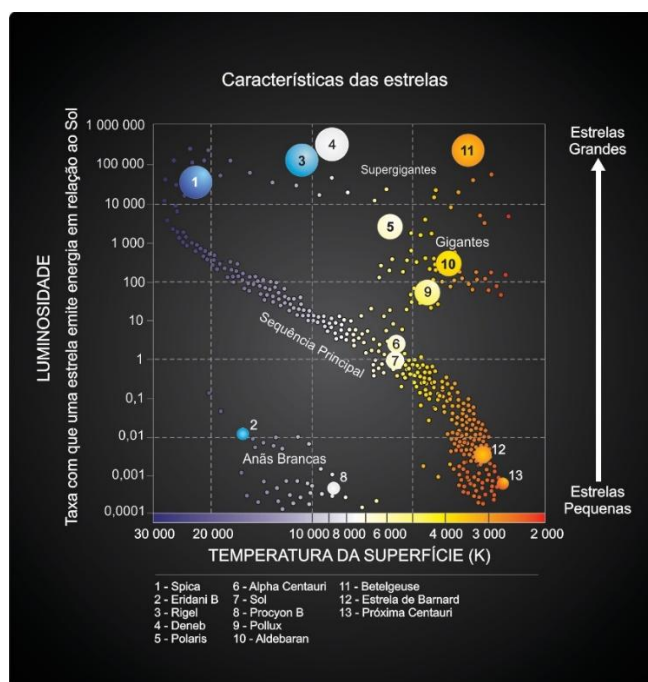
Figura 8 — diagrama HR..



Fonte: Departamento de astrofísica da UFRGS/ https://www.if.ufrgs.br/oei/stars/hr/diag_hr.htm

Esse segundo é muito utilizado pelos cientistas pois nos descreve uma boa base para entendemos como se dá a evolução estelar utilizando-se de modelos computacionais para entender mais sobre as estrelas. O diagrama HR é revolucionário porque ele contribui para a ciência definindo os tipos diferentes das estrelas e podendo gerar previsões teóricas da evolução das estrelas, com essas previsões é feita comparações de simulações computacionais com os dados obtidos por estrelas reais.

Figura 9 — diagrama HR / Sequência principal..



Fonte: Departamento de astrofísica da UFRGS/ <https://astro.if.ufrgs.br/estrelas/node2.htm>

A imagem acima mostra que a maioria das estrelas ocupam uma faixa que chama de sequência principal. Essa região no diagrama representa o estágio evolutivo da estrela no qual essas estrelas estão produzindo energia por meio do processo de fusão nuclear. A posição da estrela na sequência é determinada na maioria das vezes por sua massa.

As mais frias e de menor massa são encontradas na parte inferior do diagrama já as mais quentes e de maior massa na parte superior, porém não é somente a massa que define a posição da estrela na sequência principal. Existem outros parâmetros como densidade, temperatura que fazem uma pequena diferença, porém a massa de certa forma é o mais importante pois com o conhecimento dela conheçamos parâmetros como: luminosidade, temperatura e o seu raio.

2.5 Classificação estelar

A classificação das estrelas é essencial para os estudos desses astros, pois nos permite compreender as propriedades físicas, composição e evolução das estrelas. Para classificar as estrelas usa-se o sistema de classificação de Harvard, esse sistema é um dos métodos mais comuns para classificar as estrelas. O sistema de Harvard utiliza letras para diferenciar as classes estelares baseadas nas suas temperaturas. As letras que o sistema recorre são O, B, A, F, G, K e M. Sendo “O” as estrelas mais quentes e “M” as mais frias. Além dessas classes existem subclasses numéricas que são utilizadas para evidenciar ainda mais a que classe a estrela pertence.

Tabela 1 — Classes estelares.

Classe	Temperatura	Cromaticidade	Massa	Raio	Luminosidade
O	$\geq 30000\text{ K}$	Azul	$\geq 16\text{ }M_{\odot}$	$\geq 6,6R_{\odot}$	$\geq 30000\text{ }L_{\odot}$
B	10000 – 30000 K	Azul - Branco	2,1 – $16M_{\odot}$	1,8 – $6,6\text{ }R_{\odot}$	25 – $30000\text{ }L_{\odot}$
A	7500 – 10000 K	Branco – Azul	1,4 – $2,1M_{\odot}$	1,4 – $1,8R_{\odot}$	5 – $25\text{ }L_{\odot}$
F	6000 – 7500 K	Branco	1,04 – $1,4M_{\odot}$	1,15 – $1,4\text{ }R_{\odot}$	1,5 – $5\text{ }L_{\odot}$

G	5200 – 6000 K	Amarelo - Branco	0,8 – $1,04M_{\odot}$	0,96 – $1,15 R_{\odot}$	$0,6 - 1,5 L_{\odot}$
K	3700 – 5200 K	Laranja – Amarelo claro	0,45 – $0,8M_{\odot}$	0,7 – $0,96 R_{\odot}$	$0,08 - 0,6 L_{\odot}$
M	2400 – 3700 K	Vermelho – Alaranjado claro	0,08 – $0,45M_{\odot}$	$\leq 0,7 R_{\odot}$	$\leq 0,08 L_{\odot}$

Fonte: Departamento de astrofísica da UFRGS

3. Metodologia

O estudo das estrelas é fascinante que desperta interesse em estudantes de todas as idades. No entanto, o ensino dessa área da astronomia pode ser desafiador, uma vez que envolve a compreensão de conceitos abstratos e complexos relacionados à magnitude, energia, luminosidade e etc. Nesse contexto, a teoria da aprendizagem significativa, proposta por David Ausubel, surge como uma abordagem pedagógica relevante, que pode ser aplicada no ensino dessa área para tornar a aprendizagem mais efetiva e significativa.

A teoria da aprendizagem significativa de Ausubel é baseada na ideia de que a aprendizagem é mais efetiva quando o novo conhecimento é relacionado de forma significativa com o conhecimento prévio do aluno. "O conhecimento prévio dos estudantes é um recurso valioso para o ensino, pois é por meio da ativação e organização desse conhecimento que o processo de aprendizagem significativa pode ser facilitado" (Novak, 1977).

Ausubel destacou a importância de ancorar o novo conhecimento em conceitos já existentes na estrutura cognitiva do aluno, tornando a aprendizagem mais relevante e duradoura. Segundo Ausubel, a aprendizagem significativa ocorre quando o aluno é capaz de estabelecer relações substanciais entre o novo conhecimento e seu conhecimento prévio, relacionando-o com suas experiências pessoais e culturais.

A mediação por pares pode ser uma estratégia eficaz para promover a construção ativa do conhecimento pelos estudantes, uma vez que envolve interações sociais que incentivam a discussão e o compartilhamento de conhecimentos, facilitando a construção conjunta de significado" (Vygotsky, 1978).

No contexto do ensino de astronomia, a teoria da aprendizagem significativa pode ser aplicada de várias maneiras. Por exemplo, os educadores podem iniciar o ensino dessa unidade didática ativando o conhecimento prévio dos estudantes sobre o assunto. Isso pode ser feito por meio de perguntas, provocando discussões e explorando conceitos astronômicos que os estudantes já conhecem, relacionando-os com suas experiências pessoais e culturais. Ao fazer isso, os estudantes são incentivados a estabelecer conexões significativas entre o conhecimento prévio e o novo conhecimento astronômico, o que pode levar a uma compreensão mais profunda e duradoura dos conceitos astronômicos de interesse para o estudo das estrelas.

Além disso, a teoria da aprendizagem significativa pode ser aplicada no ensino dessa unidade didática por meio do uso de estratégias pedagógicas que promovam a construção ativa do conhecimento pelos estudantes. Por exemplo, os educadores podem promover a mediação por pares, onde os estudantes trabalham em grupos colaborativos, compartilhando seus conhecimentos, discutindo ideias e ajudando uns aos outros a construir significado em relação aos conceitos astronômicos. Essa interação social pode facilitar a aprendizagem significativa, uma vez que os estudantes estão se engajando em atividades conjuntas que promovem a construção ativa do conhecimento, de acordo com a teoria de Ausubel.

Outra aplicação da teoria da aprendizagem significativa em astronomia é a contextualização cultural. A teoria de Ausubel destaca a importância do contexto cultural na aprendizagem, e os educadores podem contextualizar o ensino das estrelas com a construção do conhecimento sobre esse assunto, os fenômenos causados devido aos ventos solares a importância do sol para a nossa vida. Além de despertar o interesse do aluno para entender as características as outras estrelas aos quais os alunos veem nas constelações.

"A aprendizagem significativa ocorre quando o novo conhecimento é relacionado de forma não arbitrária e substantiva com a estrutura cognitiva existente do indivíduo, com claros pontos de ancoragem em aspectos relevantes do conteúdo da estrutura cognitiva" (Ausubel, 1963).

4. A sequência didática

As dicas no final de cada capítulo tem grande importância, pois auxilia os educadores a passarem de modo eficaz o conteúdo, lembrando a dica para o professor é um aconselhamento do que o professor pode fazer, isso não significa que ele é obrigado a seguir, sabe-se que cada profissional deve ter a sua autonomia na hora de aplicar a sequência didática proposta. A inclusão dessas dicas tem como objetivo:

- **Facilitar a implementação:** As dicas podem tornar a aplicação mais eficiente, economizando tempo e esforço na preparação das aulas. É notório que os profissionais de educação têm muitas aulas para ministrar, seguindo as dicas o professor vai diminuir o seu tempo de pesquisa fazendo que o mesmo tenha mais tempo livre para dedicar a qualquer outra atividade.
- **Orientação específica:** As dicas fornecem orientação específica sobre como abordar os tópicos listados. Isso ajuda os professores a entender melhor o conteúdo e a estrutura-lo de maneira mais clara.
- **Estratégias de ensino:** As dicas incluem estratégias de ensino práticas que podem tornar o aprendizado da astronomia mais envolvente e compreensível para os alunos. Isso pode envolver métodos de ensino ativo, recursos visuais e atividades práticas.

Figura 10 — Exemplo de uma dica para o professor que é encontrada na sequência didática.

Dicas para o professor No Capítulo 4, "Características e Classificação Estelar", explore as propriedades físicas das estrelas e como elas são classificadas com base em suas características. Esse vídeo mostrar uma boa comparação dos astros celestes e evolução do universo. https://www.youtube.com/watch?v=Wk7-IDzwmY4&t=3s&ab_channel=LucAnderssen	Vamos discutir a importância do espectro estelar na determinação de suas propriedades físicas. Exploraremos como a análise do espectro de uma estrela pode revelar informações sobre sua composição química, sua temperatura e sua luminosidade. Abordaremos também as diferentes linhas espectrais observadas nas estrelas e como elas são usadas na classificação estelar. (Caso você queira relacionar com a espectrometria)
Comece discutindo as principais características observáveis das estrelas, como brilho, cor, tamanho e temperatura. explore como essas propriedades estão relacionadas entre si e como podemos medir e quantificar essas características usando técnicas como espectroscopia e fotometria. Caso você possa ministrar essa aula em um laboratório de informática leve a turma para realizar a pesquisa sobre o tema.	Fale sobre a classificação estelar segundo o sistema de classificação espectral, conhecido como classificação de Harvard. Vamos explorar as diferentes classes espectrais, desde as estrelas do tipo O, que são as mais quentes e brilhantes, até as estrelas do tipo M, que são as mais frias e menos luminosas. Discutiremos as características específicas de cada classe e como elas estão relacionadas com outras propriedades estelares.
Aborde sobre a temperatura estelar e sua relação com a cor das estrelas. É importante que discuta sobre a escala de cores estelares, que varia desde estrelas mais quentes, que emitem luz azul, até estrelas mais frias, que emitem luz vermelha.	É muito importante mostrar as diferentes categorias estelares com base em seu tamanho e brilho. Mostre as estrelas gigantes, que são estrelas maiores e mais luminosas que o Sol, e as estrelas anãs, que são estrelas menores e menos luminosas. Aborde também as estrelas super gigantes, que são estrelas extremamente brilhantes e massivas.
Caro professor, você pode fazer uma relação matemática com a lei de Wien e com a quantização de Max Planck para enriquecer matematicamente o conhecimento dos seus alunos.	

Fonte: Wenderson Silva / Explorando as estrelas: guia para o ensino de astronomia no ensino médio

As atividades propostas na sequência didática são importantes para a aprendizagem do aluno pois tem como objetivo facilitar a fixação do conteúdo. As atividades servem como análise do assunto estudado pelo aluno e para o professor o auxilia fornecendo dados para verificar o que foi assimilado pela turma.

As úteis para as atividades podem ser elencadas como:

- Promoção do interesse e engajamento do aluno: as atividades práticas e interativas podem despertar nos alunos o interesse pelo conhecimento da astronomia, fazendo com que os mesmos busquem mais conhecimento fora sala de aula.

- **Aplicação do conteúdo teórico:** Normalmente o estudo das estrelas não é explorado nas atividades escolares, a sequência didática promove um assunto que não é explorado na sala de aula. Esse fato promove um conhecimento científico que muitos alunos tem interesse, mas não e abordado.
- **Desenvolvimento de habilidades:** As atividades que envolvem pesquisa, observação, coleta e análise de dados para realização de uma apresentação ministrada para a turma gerar um desenvolvimento do senso crítico do aluno além de promover um estímulo social. É comum encontrar alunos tímidos que não se sentem confortáveis em falar em público. As apresentações das descobertas geram o desejo de compartilhar a informação e o novo conhecimento adquirido. Isso faz, com que os alunos se sintam mais a vontade em falar e compartilhar as informações.
- **Incentivo a criatividade:** A atividade de criação de constelações ou observações astronômicas, incentivam a criatividade e imaginação dos alunos. Esse incentivo tem como objetivo a estimular mais o pensamento do aluno, inclusive o ajudando a imaginar figuras e traçar linhas aguçando o seu conhecimento espacial.

5. Roteiro de aplicação

A abordagem pretendida para aplicação do produto é uma sequência didática dividida em quatro capítulos, esta divisão é uma estruturação dos assuntos que serão abordados durante toda a sequência.

- **Aplicação da proposta didática:**

O primeiro encontro será mais uma conversa de mapeamento do conhecimento dos alunos sobre astronomia pois como usamos a teoria de aprendizagem de Ausabel, acredita-se que os alunos tem conhecimento prévio sobre o assunto a ser explorado durante a unidade didática.

- **Capítulo 1:**

O primeiro capítulo servirá como uma preparação para o ensino das estrelas, é o capítulo preparatória para aplicação de toda sequência didática. Nele é aconselhado ao professor que ele estude e pesquise sobre o tema ao qual será trabalhado.

Aplicação:

- Junto com seus alunos pesquise sobre algumas palavras chaves do ensino de astronomia, essa pesquisa é importante que seja feita com todos os alunos na escola para que os alunos possam interagir entre si e debater o que será feito. Após a pesquisa e interação da turma faça uma checagem com as atividades de fixação de fixação proposta no capítulo 1.

Essa pesquisa, interação do conhecimento e atividades de fixação pode ser feita totalmente no segundo encontro.

- Capítulo 2:

O segundo capítulo trata-se do capítulo de introdução às estrelas, nele será abordado a definição do que é uma estrela, o processo de produção da sua energia por meio da explicação da fusão nuclear, as características das estrelas, relação da massa e tempo de vida das estrelas além de conceitos como luminosidade, fluxo emitido pela estrela e magnitude. Esses três últimos são conceitos que abordaremos de maneira matemática para envolver os alunos com os números. Além de tudo o capítulo é um incentivo a curiosidade do aluno para aprender mais sobre as estrelas, como este capítulo é introdutório ele estimulará o interesse e busca por mais conhecimento na área.

Na seção dicas para o professor você encontrar a sequência de aplicação desse capítulo:

- Definição de estrelas;
- Características físicas das estrelas: temperatura, cor, luminosidade e massa estelar.
- Magnitude aparente e absoluta.

Após a aula explicativa, solicite aos seus alunos que realizem as atividades de fixação e caso seja do seu interesse solicite aos mesmo que produza o eletroscópio caseiro no primeiro ou segundo encontro.

Aplicação:

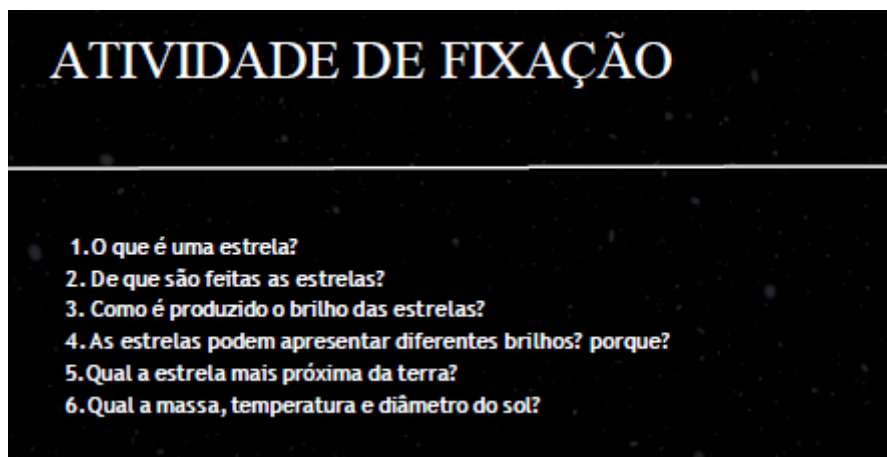
No primeiro encontro proposto para o capítulo dê a aula explicativa referente ao capítulo e tenha uma conversa de feedback para verificar se realmente o conhecimento foi adquirido por parte dos alunos.

No segundo encontro o professor tem a opção de começar a aula com a montagem do eletroscópio caseiro ou com a atividade proposta de grupo. Caro professor você deve adequar a sequência da melhor maneira possível para sua turma. Todavia, eu sugiro que

realize a atividade proposta em grupo em sala de aula pois assim você verá a interação dos alunos e também poderá interagir com eles.

Nessa capítulo encontramos uma atividade de fixação:

Figura 11 — Exemplo de uma atividade de fixação encontrada na sequência didática.



Fonte: Wenderson Silva / Explorando as estrelas: guia para o ensino de astronomia no ensino médio

O objetivo de uma atividade de fixação é reforçar e consolidar o aprendizado adquirido durante uma aula ou período de estudo. Ela tem como finalidade ajudar os alunos a lembrarem e compreenderem os conceitos, informações e habilidades que foram apresentados anteriormente. Para o professor a atividade de fixação é uma maneira de observar se o conteúdo abordado realmente foi compreendido pelo aluno.

- Capítulo 3:

O capítulo três permitirá que os alunos adquiram uma compreensão mais profunda sobre o funcionamento e a diversidade das estrelas. Ao abordar a formação estelar o capítulo explica como as estrelas nascem a partir do colapso gravitacional de nuvens de gás e poeira fornecendo informações importante sobre o processo de formação da estrela. Além disso, o capítulo discute a evolução das estrelas ao longo do tempo, desde a sua juventude até o estágio final. Mostrando o ciclo de vida estelar. Por fim, nesse capítulo é crucial que não tenham mais dúvidas com conceitos de temperatura, brilho, tamanho das estrelas para que os alunos entendam bem o diagrama de Hertzsprung-Russell no capítulo quatro.

- Capítulo 4:

O capítulo quatro permitirá que os alunos aprofundem seus conhecimentos sobre as características físicas e propriedades das estrelas, como temperatura, tamanho, massa, luminosidade. Esses detalhes são essenciais para entender a diversidade do universo. Neste mesmo capítulo é abordado a classificação das estrelas com base em critérios como espectro luminoso e temperatura, o que permite compreender as diferenças entre diferentes tipos de estrelas, desde gigantes azuis até as anãs vermelhas. No capítulo é apresentado o famigerado diagrama de Hertzsprung-Russel(H-R), uma ferramenta gráfica fundamental na astronomia para entender a relação entre a luminosidade e a temperatura das estrelas. Além disso, será explorado a evolução das estrelas ao longo do tempo, mostrando como diferentes tipos de estrelas passam por estágios de vida distintos desde a sua formação até o seu estágio final.

Neste capítulo encontramos uma atividade em grupo com o objetivo que podemos verificar na imagem a baixo.

Figura 12 — Exemplo de uma atividade proposta em grupos encontrada na sequência didática.

ATIVIDADE PROPOSTA EM GRUPOS

Atividade: Classificação Estelar - Decifrando as Letras das Estrelas
Objetivo: Permitir que os alunos compreendam o sistema de classificação estelar e aprendam a interpretar as letras e números que descrevem as características das estrelas.

Materiais necessários:

- Papel e lápis ou computador com acesso à internet.
- Gráficos ou tabelas de classificação estelar.

Instruções:

1. **Introdução:** Comece a atividade explicando aos alunos que as estrelas são classificadas de acordo com um sistema que usa letras e números. Explique que a classificação estelar fornece informações sobre a temperatura e a luminosidade das estrelas, e que essa informação é fundamental para compreender a diversidade do universo estelar.
2. **Pesquisa:** Divida os alunos em grupos e atribua a cada grupo um tipo de estrela para pesquisar. Os tipos de estrelas podem incluir, por exemplo, estrelas do tipo O, B, A, F, G, K e M. Peça para os grupos pesquisarem sobre as características das estrelas do tipo designado, respondendo a perguntas como:
 - Qual é a temperatura aproximada dessa estrela?
 - Qual é a luminosidade dessa estrela em comparação com o Sol?
 - Quais são as principais características físicas dessa estrela?
3. **Criação de Cartazes:** Com base nas pesquisas realizadas, peça para os grupos criarem cartazes representando as estrelas do tipo designado. Os cartazes devem incluir informações sobre a temperatura, luminosidade e características físicas das estrelas. Além disso, os grupos podem usar imagens ou ilustrações para representar as estrelas.
4. **Apresentações:** Permita que cada grupo apresente seus cartazes para a turma. Durante as apresentações, os alunos devem explicar as principais características das estrelas do tipo designado e como a classificação estelar é importante para o estudo do universo.

ATIVIDADE PROPOSTA EM GRUPOS

5. **Classificação Estelar em Jogo:** Para tornar a atividade mais interativa, proponha um jogo de classificação estelar. Prepare cartas com informações sobre diferentes estrelas e distribua para os alunos. Cada aluno deve classificar a estrela da carta recebida e explicar sua escolha para a turma.

6. **Reflexão Final:** Encerre a atividade com uma breve reflexão em grupo. Peça aos alunos que compartilhem o que mais aprenderam sobre a classificação estelar durante a atividade e como isso os ajudou a compreender a diversidade do universo estelar.

Essa atividade permitirá que os alunos explorem o sistema de classificação estelar e compreendam como as características das estrelas são representadas por letras e números. Além disso, a atividade promoverá a pesquisa, o trabalho em equipe e o aprofundamento do conhecimento sobre a diversidade das estrelas.

Fonte: Wenderson Silva / Explorando as estrelas: guia para o ensino de astronomia no ensino médio

As atividades propostas em grupo servem para aumentar a interação dos alunos com a sua turma, tendo como finalidade a colaboração e trabalho em equipe, aprendizado social e interpessoal, diversidade de perspectivas, desenvolvimento de habilidades de comunicação e responsabilidade compartilhada. Segundo Moreira e Massini (1982) A dimensão da aprendizagem pela descoberta permite que os alunos definam conceitos antes de dominá-los, o que os ajuda a integrar conceitos, criando pontes cognitivas de conhecimento por meio de uma aprendizagem significativa.

Em relação a aula, propõe-se que sejam aplicadas conforme a tabela.

Tabela 2 – Organização da distribuição de aulas no tempo.

Organização da distribuição de aula	Tempo de duração
Apresentação da temática e discussão introdutória	1 hora e 40 minutos
Aplicação do capítulo 1 e pesquisa sobre estrelas	1 hora e 40 minutos
Aplicação do capítulo 2	1 hora e 40 minutos
Pesquisa, resolução dos exercícios propostos e debate sobre o capítulo 2	1 hora e 40 minutos
Aplicação do capítulo 3	1 hora e 40 minutos
Pesquisa, resolução dos exercícios propostos e debate sobre o capítulo 3	1 hora e 40 minutos
Aplicação do capítulo 4	1 hora e 40 minutos
Pesquisa, resolução dos exercícios propostos e debate sobre o capítulo 4	1 hora e 40 minutos

A estrutura não necessariamente deve ser essa, é ciente que cada escola tem seu próprio calendário acadêmico, cabe ao professor verificar se essa distribuição é adequada para a escola que ele leciona, sendo assim é importante adequar a sua distribuição da melhor maneira para a sua comunidade escolar.

6. Considerações finais

Essa sequência sobre estrelas e tem como objetivo trazer uma abordagem diferente no ensino de física para sala de aula, essa abordagem é só mais uma das inúmeras que podem ser feitas para realiza-se algumas aulas diferentes das tradicionais. Pensando em

algo diferente escolhi esse assunto no intuito de tentar despertar o interesse pela física por parte dos alunos utilizando-se de um assunto que todos já ouviram falar mas que não é tão abordado em sala de aula tanto no ensino de ciências no ensino fundamental como no ensino de física no ensino médio. Sabe-se que esse trabalho tem suas limitações metodológicas como a utilização de poucos recursos, essa opção de usar poucos recursos é para que a sua aplicação seja mais simples possível, além dessa limitação temos a limitação que para aprofundar o conhecimento de astronomia é necessário que o aluno tenha outros conhecimentos auxiliares, sendo assim, nossa abordagem inicialmente é superficial para que o professor juntamente com os seus alunos dê continuidade no material trabalhado por eles.

Referências:

Ausubel, DP (1963). **A psicologia da aprendizagem verbal significativa**. Nova York: Grune & Stratton.

ARAÚJO, M. S. T. de; ABIB, M. L. V. dos S. Atividades experimentais no ensino de física: diferentes enfoques, diferentes finalidades. **Revista Brasileira de Ensino de Física**. v. 25, n. 2, São Paulo, 2003.

Boczko, Roberto. **Conceitos de astronomia** / Roberto Boczko ; prefácio de Ramachrisna Teixeira – 2. Ed. – São Paulo : IAG, 2022.

DAMINELI, Augusto. **O céu que nos envolve**: introdução à astronomia para educadores e iniciantes. São Paulo: Odysseus, 2011. Disponível em: https://www.iag.usp.br/sites/default/files/2023-01/2011_picazzio_ceu_envolve-c.pdf. Acesso em: 06 set. 2023.

Maciel, Walter Junqueira **Transporte de energia em Astrofísica**. Walter Junqueira Maciel – São Paulo: IAG-USP. 2022. 311 p. (E-book)

MOURÃO, Ronaldo Rogério de Freitas. **Nascimento, Vida e Morte das Estrelas**. São Paulo: Vozes, 1995.

MOREIRA, M. A.; MASINI, E. F. S. **A aprendizagem significativa**: a teoria de David Ausubel. São Paulo: Moraes, 1982.

Novak, JD (1977). **Uma teoria da educação**. Ithaca, NY: Cornell University Press.

OLIVEIRA FILHO, Kepler de Souza. **A Relação Massa-Luminosidade**. 1999. Disponível em: <http://astro.if.ufrgs.br/evol/node22.htm>. Acesso em: 26 jun. 2023.

OLIVEIRA FILHO, Kepler de Souza. **A Fonte de Energia das Estrelas**. 2002. Disponível em: <http://astro.if.ufrgs.br/estrelas/node9.htm>. Acesso em: 07 jul. 2023.

OLIVEIRA FILHO, Kepler de Souza. **Energia Nuclear**. 2011. Disponível em: <http://astro.if.ufrgs.br/evol/node16.htm>. Acesso em: 30 jun. 2023.

OLIVEIRA FILHO, Kepler de Souza. **Ordem de Grandeza da Luminosidade**. 2000. Disponível em: <http://astro.if.ufrgs.br/evol/node21.htm>. Acesso em: 20 jun. 2023.

Vygotsky, LS (1978). **Mente na sociedade: O desenvolvimento de processos psicológicos superiores**. Cambridge, MA: Harvard University Press.

**APÊNDICES B – SEQUÊNCIA DIDÁTICA: EXPLORANDO AS
ESTRELAS: GUIA PARA O ENSINO DE ASTRONOMIA NO
ENSINO MÉDIO**

EXPLORANDO AS ESTRELAS:

GUIA PARA O ENSINO DE ASTRONOMIA NO ENSINO MÉDIO

WENDERSON DO NASCIMENTO SILVA
BRUNO LUSTOSA DE MOURA

@WENDERSON.FISICO
@_BRUNO.FISICO

SUMÁRIO

Apresentação	03
Introdução	04
Capítulo I Preparação para o Ensino de Astronomia	05
Capítulo II Introdução as Estrelas	09
Capítulo III Ciclo de Vida Estrelar	16
Capítulo IV Características e Classificação Estelar	22
Conclusão	30
Referências	32

APRESENTAÇÃO

Wenderson do Nascimento Silva

Olá, me chamo Wenderson, sou físico por formação e atualmente sou mestrando do MNPEF e professor na rede privada de ensino. Me formei em física no segundo semestre 2020, porém como estávamos vivendo no período da pandemia do covid-19 só obtive meu diploma no segundo semestre de 2021, neste mesmo ano impulsionado pelo prof. Dr. Calistrato Câmara realizei minha inscrição no mestrado profissional de ensino de física. Na prova obtive a tão sonhada aprovação. Esta unidade didática é o meu produto educacional para conclusão do programa. A inspiração para esse material surgiu devido as observações feitas por mim, através dos alunos, onde foi constatado o grande interesse dos mesmos pelos saberes de astronomia, em conversas nas aulas percebi o quão abertos eles estavam para adquirir o conhecimento dessa área. Em uma conversa mais séria percebi que os alunos tinham ênfase no conhecimento das estrelas, isto me motivou e me impulsionou a escolher esse tema, A escolha teve aval do meu orientador Prof. Dr. Bruno Lustosa e graças as suas contribuições esse material foi produzido, pensando em ser uma grande ferramenta para motivação do ensino de astronomia astrofísica para as turmas do ensino médio do Brasil.

@wenderson.fisico

INTRODUÇÃO

Bem-vindo ao ebook "Explorando as Estrelas: Guia para o Ensino de Astronomia no Ensino Médio". Este guia foi elaborado para ajudar professores de física a ensinar sobre estrelas de maneira envolvente e eficaz. A astronomia é um campo fascinante que desperta a curiosidade dos alunos e oferece uma oportunidade única de explorar o universo. Ao longo deste ebook, você encontrará estratégias, atividades práticas e recursos educacionais para criar uma sequência didática completa sobre estrelas no ensino médio. Vamos começar essa jornada emocionante!

CAPÍTULO I

PREPARAÇÃO PARA O ENSINO DAS ESTRELAS

Neste capítulo, vamos nos preparar para o emocionante desafio de ensinar sobre estrelas no ensino médio. A astronomia é um campo vasto e cheio de descobertas fascinantes, por isso é importante estar atualizado e familiarizado com os conceitos-chave.

Antes de começar as aulas, é essencial pesquisar e reunir recursos educacionais relevantes. Procure por livros, artigos científicos, materiais online e atividades práticas que ajudem a aprofundar o conhecimento sobre estrelas. Além disso, mantenha-se atualizado sobre as últimas descobertas e avanços na astronomia. Outra proposta de começar as aulas é usando a perspectiva pedagógica de Ausabel que leva em consideração que o aluno tem algum conhecimento prévio do assunto. Sendo assim, uma discussão sobre os seus conhecimentos prévios do assunto é algo bem interessante a se fazer.

Ao planejar sua sequência didática, defina os objetivos de aprendizagem específicos que deseja alcançar. Determine quais conceitos e habilidades os alunos devem adquirir ao final do curso. Isso ajudará a orientar o planejamento das atividades e avaliações ao longo do processo de ensino.

Isso ajudará a orientar o planejamento das atividades e avaliações ao longo do processo de ensino.

Lembre-se de adaptar sua abordagem de acordo com as necessidades e interesses da turma. Tente incorporar exemplos práticos e situações do cotidiano para tornar os conceitos mais acessíveis e relevantes para os alunos.

Com uma preparação sólida, você estará pronto para explorar as maravilhas das estrelas e inspirar seus alunos a se apaixonarem pela astronomia!

Dicas para o professor

No capítulo 1, deixe os seus alunos livres para pesquisar sobre astronomia. Aconselho que você diga algumas palavras chaves para pesquisa e os deixe a pesquisarem sobre os assuntos que eles têm mais interesse.

Realize a pesquisa na sala de informática da escola, caso não tenha passe a pesquisa como uma atividade para casa. Lembre-se o clube de ciências é uma atividade extra para ampliar o conhecimento dos alunos e seria interessante que não fosse cobradas atividades com pontuações ou avaliações.

CAPÍTULO I

PREPARAÇÃO PARA O ENSINO DAS ESTRELAS

Nesse mesmo capítulo você caro professor pode falar sobre as constelações elas são verdadeiras protagonistas do capítulo 1. Constelações são padrões aparentes formados por estrelas no céu noturno, traçando imagens reconhecíveis que têm fascinado e intrigado a humanidade desde tempos imemoriais.

Imagine olhar para o céu noturno e conectar os pontos brilhantes das estrelas em figuras sugestivas. As constelações nascem dessa habilidade inata de nossa mente em encontrar ordem no aparente caos do cosmos. Elas variam de culturas para culturas e ao longo das estações, mas têm sido uma maneira constante de atribuir significado ao vasto e misterioso domo celeste.

Em sua essência, as constelações são como mapas celestes, pontos de referência que ajudaram nossos ancestrais a se orientar e navegar, mesmo antes dos dias dos sistemas de posicionamento global. As constelações também têm desempenhado um papel vital nas histórias mitológicas, onde os heróis e deuses das culturas antigas foram imortalizados como padrões estelares.

Hoje, as constelações continuam a nos conectar a essa herança cultural e nos lembram de que somos parte de algo muito maior do que nosso planeta. Embora saibamos que as estrelas que compõem as constelações muitas vezes não estão próximas umas das outras no espaço, elas permanecem como guias e contadores de histórias, abrindo janelas para o passado e para o infinito cosmos.

Através das constelações, você tem a oportunidade de proporcionar aos seus alunos uma jornada única através do tempo, da cultura e da ciência. Explorar as histórias por trás desses padrões celestiais e ajudar seus alunos a identificá-los no céu noturno pode ser uma experiência enriquecedora, onde a imaginação, a curiosidade e a aprendizagem se unem de maneira memorável.

ATIVIDADE DE FIXAÇÃO

Atividade para fixação do conteúdo:

1. O que é uma estrela?
2. De que são feitas as estrelas?
3. Como é produzido o brilho das estrelas?
4. As estrelas podem apresentar diferentes brilhos? porque?
5. Qual a estrela mais próxima da terra?
6. Qual a massa, temperatura e diâmetro do sol?

ATIVIDADE

Atividade: Explorando as Constelações e sua Significância Cultural

Objetivos:

- Compreender o que são constelações e como elas foram nomeadas.
- Explorar as conexões culturais e mitológicas das constelações.
- Desenvolver habilidades de pesquisa e apresentação.
- Estimular a criatividade ao criar uma nova constelação e sua história **associada**.

Passo 1: Introdução às Constelações Comece explicando brevemente o que são constelações: grupos de estrelas que, quando conectadas por linhas imaginárias, formam figuras reconhecíveis no céu. Mencione que diferentes culturas ao redor do mundo têm suas próprias constelações e histórias associadas.

Passo 2: Explorando as Constelações Divida os alunos em grupos pequenos e atribua a cada grupo uma constelação específica. Peça a eles que pesquisem sobre a história, mitologia e significado cultural dessa constelação. Eles devem responder a perguntas como: Qual é o nome da constelação? Qual é a história mitológica por trás dela? Qual é a importância cultural dessa constelação em diferentes sociedades?

Passo 3: Apresentação das Constelações Cada grupo deve preparar uma breve apresentação sobre a constelação atribuída a eles. Eles podem usar recursos visuais, como imagens e mapas do céu noturno, para ilustrar suas apresentações. Certifique-se de que abordem a história, a mitologia e o contexto cultural da constelação.

Passo 4: Criando uma Nova Constelação Agora, os grupos devem usar sua criatividade para inventar uma nova constelação e criar uma história mitológica para ela. Eles podem considerar características culturais ou elementos da natureza que sejam relevantes para sua constelação. Peça a eles que apresentem a nova constelação, seu nome, a história por trás dela e por que ela é significativa.

Passo 5: Discussão e Reflexão Depois de todas as apresentações, promova uma discussão em sala de aula sobre as diferentes histórias mitológicas e a importância cultural das constelações. Questione os alunos sobre como as constelações podem ter influenciado a maneira como as culturas antigas percebiam o cosmos e o mundo ao seu redor.

Atividade de Extensão : Incentive os alunos a pesquisarem sobre constelações em diferentes culturas e como elas variam ao redor do mundo. Eles podem criar um projeto mais aprofundado sobre a diversidade cultural das constelações e sua importância histórica.

Esta atividade combina aprendizado histórico e cultural com criatividade, pesquisa e apresentação. Ela também ajuda os alunos a entenderem como as constelações têm desempenhado um papel fundamental na maneira como as sociedades antigas interpretavam o céu e compartilhavam suas histórias.

CAPÍTULO II

ESTRUTURA E EVOLUÇÃO ESTELAR

Seja bem-vindo ao mundo das estrelas! Neste capítulo, vamos mergulhar nos conceitos básicos e na importância das estrelas na astronomia.

As estrelas são corpos celestes que emitem luz própria devido à reação de fusão nuclear em seus núcleos. Elas desempenham um papel fundamental na formação de elementos químicos e no funcionamento do universo como conhecemos.



Figura 01 - Sol
Fonte: NASA, SDO (AIA) - 2010
Disponível em:
https://sdo.gsfc.nasa.gov/assets/img/browse/2010/08/19/20100819_003221_4096_0304.jpg.



Figura 02 - Esquema representativo da fusão nuclear
Fonte: Val química - 2022
Disponível em: <https://valquimica.com.br/fusao-nuclear/>

Para entender as estrelas, é importante explorar suas características e propriedades. Elas variam em tamanho, temperatura, brilho e composição química. A classificação estelar é feita com base em sua sequência espectral, que vai desde as estrelas mais quentes (classe O) até as mais frias (classe M), falaremos mais sobre as classes estelares nos próximos capítulos.

Através de observações e estudos, os astrônomos têm revelado uma imensa variedade de estrelas em nossa galáxia e além. Elas vão desde pequenas anãs vermelhas até gigantes brilhantes e supergigantes explosivas.



Figura 03 - Próxima Centauri, a estrela mais próxima do Sol
Fonte: Wikipédia
Disponível em:
https://pt.wikipedia.org/wiki/An%C3%A3_vermelha_a::text=Pr%C3%93xima%20Centauri%2C%20a%20estrela%20mais%20das%20estrelas%20da%20Via%20L%C3%A1ctea.

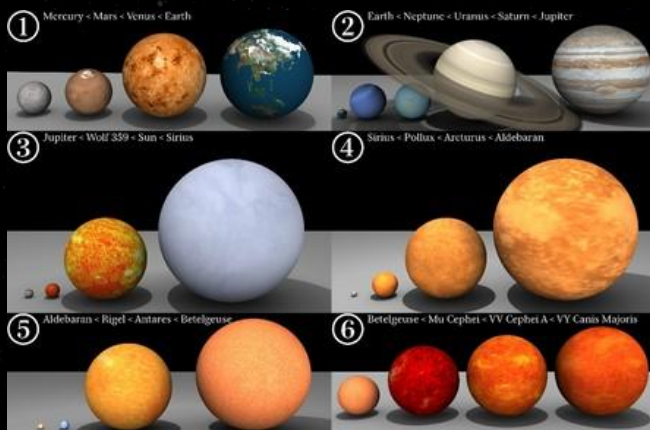


Figura 04 - Imagem da comparativa dos astros

Fonte: Astronomia, Poesia & Diversão - 2012

Disponível em: <https://aluatristonha.wordpress.com/2012/08/02/tamanho-comparativo-dos-planetes-do-sistema-solar-com-algumas-estrelas-gigantes/>

As estrelas variam bastante em tamanho. Em cada imagem da sequência acima, o objeto mais à direita aparece como o mais à esquerda no painel seguinte. A Terra aparece à direita no painel 1 e o Sol é o segundo à direita no painel 3.

O sol é a estrela responsável por boa parte da iluminação da terra, a luminosidade são um dos parâmetros estelares.

Definimos matematicamente a luminosidade como:

$$L = \frac{\Delta E}{\Delta T}$$

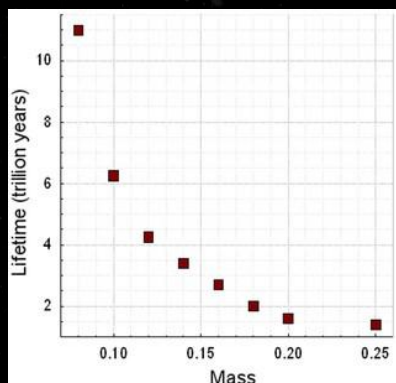


Figura 05 - Tempo de vida X massa

Fonte: Wikipédia

Disponível em: https://pt.wikipedia.org/wiki/An%C3%A3_vermelha

O gráfico nos mostrar que quanto maior é a massa da estrela, menor é o seu tempo de vida. Isso acontece devido ao processo de fusão nuclear. Quanto maior a massa mais vezes esse processo vai ocorrer, ou seja, o combustível da estrela é a sua própria massa.

Como você percebeu essa é a mesma definição de potência (energia/tempo) emitida pela estrela em todas as direções. As unidades de medidas são [J/s] ou [erg/s]

Um dos parâmetros que devemos mostrar para o nosso aluno é a relação do fluxo emitido na superfície da estrela. Definimos matematicamente o fluxo como:

$$F(R_s) = \frac{L}{4\pi R_s^2}$$

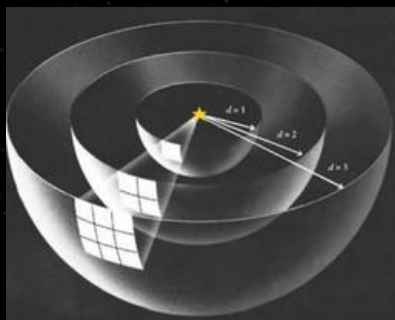


Figura 06 - Representação do fluxo solar

Fonte: EACH/USP

Disponível em: http://each.uspnet.usp.br/ortiz/classes/Brilho_Lum.pdf

O fluxo de uma fonte de luminosidade de qualquer estrela descece inversamente ao quadrado da distância. Outra maneira de definir a luminosidade e em razão do fluxo, que pode ser definida como:

$$L_s = F(R_s)4\pi R_s^2$$

Na Grécia antiga no século II a.C., o estudioso Hiparco estudou a relação do brilho da estrela e a percepção humana, esse brilho aparente é o fluxo de luz medido na terra. Essa grandeza foi chamada de magnitude aparente. A escala de magnitude também conhecida como a escala de Hiparco, que é uma escala que segue a sensibilidade da visão humana, ou seja, é uma escala logarítmica.

As estrelas de magnitude 1 são as mais brilhantes as de magnitude 6 são as mais fracas, as magnitudes aparentes correspondem ao brilho (fluxo) que observamos. A relação dessas estrelas como o fluxo pode-se verificada da seguinte maneira.

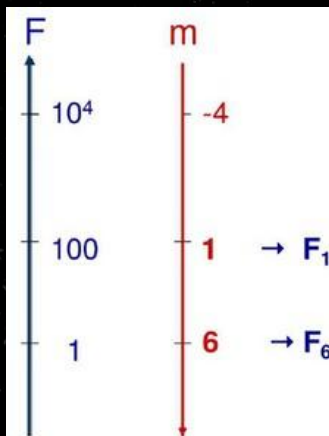


Figura 07 - Escala de magnitude

Fonte:

Disponível em:

Podemos chegar numa dedução matemática por meio dessa imagem.

Logo:

$$-\Delta m = m_6 - m_1 = 5$$

$$\frac{F_1}{F_6} = 100$$

É notório matematicamente que uma estrela de magnitude 1 tem seu fluxo 100 vezes mais do que uma estrela de magnitude 6. De modo que:

$$m_1 - m_2 = K \log \left(\frac{F_1}{F_2} \right)$$

$$1 - 6 = k \log 100$$

$$k = -2,5$$

Isso implica dizer que o olho humano consegue ver as coisas 100 vezes mais fracas que as mais brilhantes.

$$m_1 - m_2 = -25 \log \left(\frac{F_1}{F_2} \right)$$

Ao compreender as características das estrelas, podemos decifrar os segredos de sua formação, evolução e comportamento.

Vamos explorar esses conceitos mais a fundo ao longo deste guia, mergulhando em um mundo fascinante de luz, energia e mistérios cósmicos.

Prepare-se para embarcar em uma jornada estelar inesquecível e inspirar seus alunos a olharem para o céu com um novo olhar!

Dicas para o professor

No Capítulo 2, "Introdução às Estrelas", explore os conceitos básicos sobre as estrelas, incluindo sua definição, características físicas e o papel que desempenham no universo.

Comece solicitando aos alunos a definição do que são estrelas.

As estrelas são corpos celestes luminosos compostos principalmente de gases, como hidrogênio e hélio. Elas têm um brilho próprio e são formadas a partir da condensação de nuvens de gás e poeira em regiões chamadas de nebulosas.

Após isso, explique as principais características físicas das estrelas. Discutiremos a temperatura estelar e como ela influencia a cor e a luminosidade das estrelas. Aborde também a massa estelar, que determina o destino e a evolução de uma estrela ao longo do tempo.

Faça com que os seus alunos cheguem a conclusão que a massa está diretamente ligada a vida da estrela, lembre a eles que a vida da estrela tem tudo a ver com a fusão nuclear que são feitas por elas.

Além disso, investigue a estrutura interna de uma estrela, compreendendo as diferentes camadas, como o núcleo, a zona de radiação e a zona de convecção. Essas camadas desempenham papéis importantes nos processos de fusão nuclear e transporte de energia dentro das estrelas.

Também abordaremos o brilho das estrelas e como ele é medido pela magnitude. Discutiremos a diferença entre magnitude aparente e magnitude absoluta, bem como a escala de magnitude estelar, que nos permite comparar o brilho relativo das estrelas no céu.

Ao final deste capítulo, seus alunos terão uma compreensão sólida sobre o que são as estrelas, como elas são formadas, quais são suas características físicas e como são classificadas. Eles estarão preparados para mergulhar mais profundamente no fascinante mundo das estrelas e explorar sua importância no universo.

Este capítulo fornecerá uma base sólida para os capítulos subsequentes, onde abordaremos tópicos mais específicos sobre as estrelas, como o ciclo de vida estelar, constelações e atividades práticas para envolver os alunos de forma interativa.

ATIVIDADE DE FIXAÇÃO

1. O que é uma estrela?
2. De que são feitas as estrelas?
3. Como é produzido o brilho das estrelas?
4. As estrelas podem apresentar diferentes brilhos? porque?
5. Qual a estrela mais próxima da terra?
6. Qual a massa, temperatura e diâmetro do sol?

ATIVIDADE EXPERIMENTAL

Atividade Experimental proposta:

Construção de um Espectroscópio Caseiro: Nesta atividade prática, os alunos serão orientados a construir um espectroscópio caseiro simples utilizando materiais como papelão, CDs e fita adesiva. Com o espectroscópio, eles poderão observar a luz de diferentes fontes, como uma lâmpada comum, uma lâmpada de gás e até mesmo luz natural. Os alunos irão analisar os espectros obtidos e comparar com os espectros de diferentes tipos de estrelas, como apresentado no unidade didática, compreendendo a importância da espectroscopia para o estudo das estrelas.

O link para realização do experimento estar disponível em: https://www.youtube.com/watch=mEe8z_CU3NI&t=308s&ab_channel=MuseuCatavento

Produzido por: Museu Catavento, equipamento da Secretaria de Cultura e Economia Criativa do Estado de São Paulo

ATIVIDADE PROPOSTA EM GRUPOS

Atividade: Construindo um Mapa Estelar

Objetivo: Permitir que os alunos explorem as estrelas visíveis no céu noturno e desenvolvam suas habilidades de observação e identificação de constelações.

Materiais necessários:

- Papel e lápis ou computador com acesso à internet.

- Mapa estelar ou aplicativo de astronomia para identificar constelações.

Instruções:

1. Introdução: Inicie a atividade retomando a explicação aos alunos sobre a importância das estrelas na história da humanidade e como elas têm sido usadas para a navegação e orientação ao longo do tempo. retome os conceitos básicos sobre estrelas, como brilho, constelações e movimento aparente no céu.
2. Pesquisa e Observação: Divida os alunos em grupos e peça para que cada grupo pesquise sobre uma constelação específica. Eles devem descobrir o nome da constelação, suas principais estrelas e características, além de lendas ou histórias associadas a ela. Em seguida, solicite aos alunos os para em suas casas observarem o céu noturno e identificar as constelações pesquisadas ou com o apoio de aplicativos e softwares veja quais as estrelas que podemos encontrar no céu no dia da aplicação, essa segunda opção pode ser feita em aula.
3. Construção do Mapa Estelar : Com base nas observações e pesquisas feitas, cada grupo deve criar um mapa estelar da região do céu onde estão localizadas as constelações estudadas. Eles podem desenhar as estrelas e as linhas que formam as constelações, bem como incluir informações sobre o nome e a história de cada uma. Se preferirem, os alunos podem utilizar aplicativos de astronomia para auxiliar na identificação e localização das constelações.
4. Apresentação dos Mapas: Permita que cada grupo apresente seu mapa estelar para a turma. Durante as apresentações, os alunos devem explicar as principais características das constelações estudadas, compartilhando as lendas ou histórias associadas a elas.

ATIVIDADE PROPOSTA EM GRUPOS

5. Observação Contínua : Ao final da atividade, incentive os alunos a continuarem observando o céu noturno ao longo do tempo. Eles podem identificar novas constelações, estrelas e padrões, e registrar suas observações em um diário astronômico.

6. Reflexão Final: Encerre a atividade com uma reflexão em grupo sobre a importância da observação das estrelas e das constelações. Peça aos alunos que compartilhem suas impressões sobre a atividade e como ela contribuiu para o seu entendimento sobre o universo estelar.

Essa atividade permitirá que os alunos explorem o céu noturno e desenvolvam suas habilidades de observação e identificação de constelações. Além disso, a atividade também promoverá a pesquisa, o trabalho em equipe e o interesse pela astronomia.

CAPÍTULO III

CICLO DE VIDA ESTELAR

As estrelas têm um ciclo de vida surpreendente, que envolve estágios distintos e transformações dramáticas. Neste capítulo, vamos explorar o ciclo de vida estelar e compreender como as estrelas nascem, vivem e, eventualmente, chegam ao seu fim.

O ciclo de vida estelar começa com a formação de nuvens moleculares gigantes, compostas principalmente de gás e poeira. Sob a influência da gravidade, essas nuvens se contraem e se fragmentam, dando origem a regiões de densidade maior conhecidas como nebulosas.



Figura 08 - A grande nuvem de Magalhães

Fonte: Hubble

Disponível em:

<https://hubblesite.org/newscenter/archive/releases/1995/24/image/e/%20direct%20link>

Dentro das nebulosas, a matéria começa a se condensar em um disco protoplanetário ao redor de uma estrela em formação, chamada de estrela jovem. Gradualmente, a estrela começa a brilhar e entra em uma fase de sequência principal, onde passa a produzir energia através da fusão nuclear em seu núcleo.



Figura 09 - Proto Estrela

Fonte: ESA - 1995

Disponível em: <https://esahubble.org/images/opo9524e/>

Disco protoplanetário HH-30 em Taurus. O jato estelar vermelho é uma estrutura comum destas formações.

Após bilhões de anos na sequência principal, as estrelas esgotam seu combustível nuclear. Estrelas de diferentes massas seguem caminhos diferentes em seu ciclo de vida. As estrelas de massa baixa, como o nosso Sol, se expandem e se transformam em gigantes vermelhas, enquanto as estrelas massivas podem se tornar supernovas, colapsar em estrelas de nêutrons ou formar buracos negros.

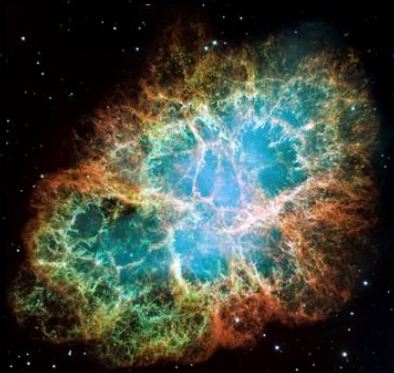


Figura 10 - A nebulosa do Caranguejo

Fonte: Nasa - 2017

Disponível em: <https://www.nasa.gov/feature/goddard/2017/messier-1-the-crab-nebula>

A compreensão do ciclo de vida estelar nos ajuda a entender a abundância de elementos químicos no universo, a formação de sistemas planetários e até mesmo a origem da vida.

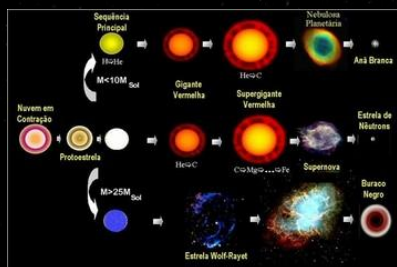


Figura 11 - Ciclo de vida estelar

Fonte: Departamento de Astronomia da UFRGS

Disponível em: <http://www.if.ufrgs.br/~fatima/lead/estrelas.htm>

Prepare-se para explorar o incrível ciclo de vida das estrelas e compartilhar essa jornada de descoberta com seus alunos!

Dicas para o professor

Caro professor, a professora Alejandra Romero do Departamento de Astronomia da Universidade Federal do Rio Grande do Sul, disponibiliza um excelente material para ampliar a sua pesquisa. O material está disponível em:

https://www.ufrgs.br/astrofísica/wp-content/uploads/2018/10/Aula_10_Morte_estrelas_Alejandra.pdf

Utilize o vídeo do Pedro Loos do canal ciência todo dia para facilitar a compreensão dos alunos. Disponível em:

<https://www.youtube.com/watch?v=1wPSGIV84aI>

No Capítulo 3, "O Ciclo de Vida das Estrelas", explore os detalhes e as diferentes etapas e os processos envolvidos no ciclo de vida estelar. Este capítulo permitirá compreender como as estrelas nascem, evoluem e eventualmente chegam ao fim de sua vida.

Discuta sobre a formação estelar. Explore as condições necessárias para a formação de estrelas, incluindo a condensação de nuvens de gás e poeira em regiões conhecidas como nebulosas. É importante que o professor aborde o papel da gravidade na aglomeração dessas nuvens, levando à formação de um objeto conhecido como protoestrela.

Em seguida, entraremos na fase de sequência principal, que é a etapa em que a estrela passa a produzir energia em seu núcleo através de reações de fusão nuclear. Discuta sobre o equilíbrio hidrostático e termodinâmico que ocorre nessa fase.

Conforme você avança no capítulo, aborde as diferentes trajetórias evolutivas que as estrelas podem seguir com base em sua massa. Discuta sobre estrelas de baixa massa, como as anãs vermelhas, que têm uma vida longa e estável, e estrelas de alta massa, que têm uma vida mais curta e explosiva.

Explore estágios evolutivos como a fase de gigante vermelha, onde a estrela expande e se torna mais fria, e a fase de supernova, onde estrelas massivas explodem em espetaculares eventos finais. Aborde também a formação de objetos compactos, como estrelas de nêutrons e buracos negros, que são resultado do colapso gravitacional de estrelas massivas.

No final deste capítulo, seus alunos terão uma compreensão abrangente sobre o ciclo de vida das estrelas, desde sua formação até sua evolução e eventual destino final. Eles estarão preparados para explorar conceitos mais avançados relacionados à evolução estelar nos capítulos seguintes e compreender a importância das estrelas na formação e evolução do universo.

Este capítulo proporcionará uma base sólida para que os alunos continuem sua jornada de descoberta no fascinante mundo estelar, levando-os a um maior apreço pela complexidade e beleza do cosmos.

ATIVIDADE DE FIXAÇÃO

Essa atividade pode ser proposta após a aula introdutória sobre o ciclo estelar visando a fixação do conteúdo apresentado durante a aula.

1. Como surge uma estrela?
2. O que acontece com o restante da massa gasosa que não é utilizada na formação da estrela?
3. Como é o processo energético de uma estrela?
4. Quando o nosso sol para de realizar o processo da fusão nuclear qual será o seu destino?
5. Todos os finais de vida das estrelas são iguais?
6. Pesquise se no final do processo da fusão nuclear a estrela de Betelgeuse e Rigel terá o mesmo fim do que o sol?
7. Qual o fenômeno observado na terra quando a luz da explosão da estrela de Betelgeuse chegasse na terra?

ATIVIDADE

Atividade: Explorando o Ciclo Estelar

Objetivo: Permitir que os alunos compreendam as diferentes etapas do ciclo de vida estelar, desde a formação até a evolução final de diferentes tipos de estrelas.

Materiais necessários:

- Papel e lápis ou computador com acesso à internet.
Recursos visuais, como imagens ou vídeos sobre o ciclo de vida estelar.

Instruções:

1. **Introdução:** Comece a atividade explicando aos alunos que as estrelas possuem um ciclo de vida, assim como os seres vivos. Explique que o ciclo estelar envolve diferentes estágios, desde a formação da estrela até o seu fim. Mostre recursos visuais, como imagens ou vídeos, para ilustrar as etapas do ciclo estelar.
2. **Pesquisa:** Divida os alunos em grupos e atribua a cada grupo uma etapa específica do ciclo estelar. As etapas podem incluir a formação de uma estrela, estrelas de sequência principal, estrelas gigantes e supergigantes, supernovas e estrelas de nêutrons. Peça para os grupos pesquisarem sobre a etapa designada, respondendo a perguntas como:
 - O que acontece durante essa etapa?
 - Quais são as características físicas da estrela nesse estágio?
 - Quanto tempo dura essa etapa do ciclo estelar?Quais fatores influenciam o destino final da estrela?
3. **Apresentações:** Permita que cada grupo apresente suas descobertas para a turma. Encoraje-os a utilizar recursos visuais para ilustrar as características e eventos importantes da etapa do ciclo estelar que pesquisaram. Durante as apresentações, incentive os outros alunos a fazerem perguntas e compartilhar suas observações sobre o ciclo estelar.

ATIVIDADE

4. Ciclo Estelar em Jogo: Para tornar a atividade mais interativa e lúdica, proponha um jogo no estilo "corrida do ciclo estelar". Crie um tabuleiro com diferentes casas representando as etapas do ciclo de vida estelar. Cada equipe avançará no tabuleiro conforme responde a perguntas sobre as características e eventos de cada etapa. As perguntas podem ser elaboradas com base nas pesquisas feitas anteriormente pelos grupos.

5. Reflexão Final: Encerre a atividade com uma breve reflexão em grupo. Peça aos alunos que compartilhem o que mais aprenderam sobre o ciclo estelar durante a atividade e como isso os ajudou a compreender melhor a evolução das estrelas.

Essa atividade permitirá que os alunos explorem o fascinante ciclo de vida estelar, compreendendo as diferentes etapas que as estrelas atravessam ao longo do tempo. Além disso, a atividade promoverá o trabalho em equipe, a pesquisa e o aprofundamento do conhecimento sobre astronomia.

CAPÍTULO IV

CARACTERÍSTICAS E CLASSIFICAÇÃO ESTELAR

As estrelas são corpos celestes fascinantes, cada uma com suas próprias características distintas. No capítulo 4, vamos aprofundar nosso conhecimento sobre as diferentes propriedades estelares e explorar o sistema de classificação estelar.

Vamos começar entendendo as características fundamentais das estrelas, como cor, tamanho, massa, temperatura e brilho. As estrelas podem variar desde anãs vermelhas pequenas até supergigantes azuis brilhantes, cada uma com características únicas.

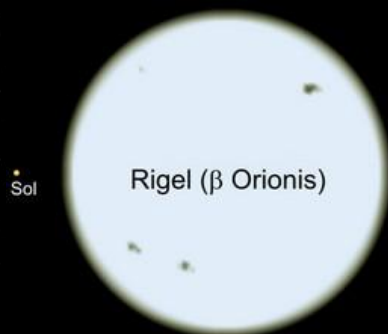


Figura 12 - Estreia de Rigel
Fonte: Wikipédia
Disponível em: <https://pt.wikipedia.org/wiki/R%C3%ADgel>

A estrela acima é Rigel, essa estrela é uma supergigante azul de 18x massas solares, no processo de fusão ela libera tanta energia que sua luminosidade é 85000 vezes a luminosidade solar.

A classificação estelar, conhecida como sequência espectral, agrupa as estrelas de acordo com sua temperatura e características espectrais. Utilizando a classificação de Harvard, as estrelas são categorizadas em classes O, B, A, F, G, K e M. Essa classificação nos ajuda a entender melhor as diferentes propriedades das estrelas e sua evolução.

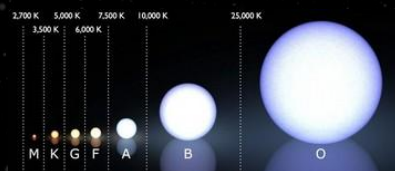


Figura 13 - Classificação de Harvard
Fonte: Espaço Tempo - 2021
Disponível em: <https://www.espacotempo.com.br/classificacao-espectral-de-estrelas/>

A tabela de Harvard foi criada pela astrônoma Annie Jump Cannon, ela criou essa tabela durante os anos de 1918 até 1924, quando estudava o espectro eletromagnético das estrelas. As medidas da tabela e sua classificação foram tão boas que no ano de 1922 a união astronômica internacional adotou a tabela como padrão, e essa mesma tabela é uma das mais usadas até os dias de hoje.

Tipo	COR	T(k)	Exemplos
O	Azul	30.000	Alnitak
B	Azulado	20.000	Rigel
A	Branca	10.000	Sirius
F	Amarelada	7.000	Procyon
G	Amarela	6.000	Sol
K	Laranja	4.000	Aldebaran
M	Vermelha	3.000	Betelgeuse

Tabela 01 - Tabela de Harvard
Fonte: UFRGS - Instituto de Física
Disponível em: https://ppgenfis.if.ufrgs.br/mef008/mef008_02/Claudia/classificacaoespectral.html

Essa tabela também tem uma subdivisão que é representada em 10 graus numéricos, que vão de 0 a 9. Zero representa as estrelas mais quentes do seu tipo e 9 as mais frias.

Uma excelente ferramenta para o estudo da astronomia e classificação das estrelas é o diagrama de Hertzsprung-Russel. Esse diagrama é um gráfico de eixos em relação a magnitude absoluta ou luminosidade versus temperatura.

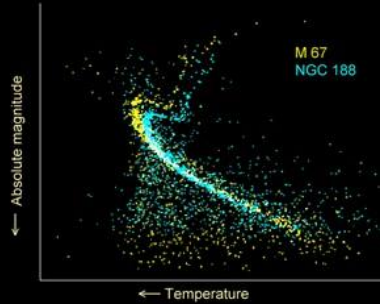


Figura 14 - Diagrama de Hertzsprung-Russel
Fonte: Wikipédia
Disponível em: [https://pt.wikipedia.org/wiki/Diagrama_de_Hertzsprung-Russel](https://pt.wikipedia.org/wiki/Diagrama_de_Hertzsprung-Russell)

Caro professor, você também pode explorar as diferentes classes estelares e entender como elas se relacionam com as características físicas e químicas das estrelas. Também vamos discutir como os astrônomos podem determinar a distância das estrelas e como isso influencia nossa compreensão do universo.

Ao final deste capítulo, você estará preparado para guiar seus alunos na jornada de identificar e compreender as características estelares e sua classificação. Vamos mergulhar mais fundo no maravilhoso mundo das estrelas!

Dicas para o professor

No Capítulo 4, "Características e Classificação Estelar", explore as propriedades físicas das estrelas e como elas são classificadas com base em suas características.

Esse vídeo mostrar uma boa comparação dos astros celestes.

e evolução do universo.

[https://www.youtube.com/watch?v=Wk7-](https://www.youtube.com/watch?v=Wk7-IDzwmY4&t=3s&ab_channel=LucAnderssen)

IDzwmY4&t=3s&ab_channel=LucAnderssen

Comece discutindo as principais características observáveis das estrelas, como brilho, cor, tamanho e temperatura. explore como essas propriedades estão relacionadas entre si e como podemos medir e quantificar essas características usando técnicas como espectroscopia e fotometria. Caso você possa ministrar essa aula em um laboratório de informática leve a turma para realizar a pesquisa sobre o tema.

Aborde sobre a temperatura estelar e sua relação com a cor das estrelas. É importante que discuta sobre a escala de cores estelares, que varia desde estrelas mais quentes, que emitem luz azul, até estrelas mais frias, que emitem luz vermelha.

Caro professor, você pode fazer uma relação matemática com a lei de Wien e com a quantização de Max Planck para enriquecer matematicamente o conhecimento dos seus alunos.

Vamos discutir a importância do espectro estelar na determinação de suas propriedades físicas. Exploraremos como a análise do espectro de uma estrela pode revelar informações sobre sua composição química, sua temperatura e sua luminosidade. Abordaremos também as diferentes linhas espectrais observadas nas estrelas e como elas são usadas na classificação estelar. (Caso você queira relacionar com a espectrometria)

Fale sobre a classificação estelar segundo o sistema de classificação espectral, conhecido como classificação de Harvard. Vamos explorar as diferentes classes espectrais, desde as estrelas do tipo O, que são as mais quentes e brilhantes, até as estrelas do tipo M, que são as mais frias e menos luminosas. Discutiremos as características específicas de cada classe e como elas estão relacionadas com outras propriedades estelares.

É muito importante mostrar as diferentes categorias estelares com base em seu tamanho e brilho. Mostre as estrelas gigantes, que são estrelas maiores e mais luminosas que o Sol, e as estrelas anãs, que são estrelas menores e menos luminosas. Aborde também as estrelas super gigantes, que são estrelas extremamente brilhantes e massivas.

Use o simulador do diagrama de Hertzsprung-Russel para que os alunos vejam melhor a ferramenta desenvolvida.

<http://astro.unl.edu/naap/hr/animations/hrExplorer.html>.

Ao longo do capítulo, mostre a importância da observação e do estudo de estrelas variáveis. Discutiremos as estrelas variáveis intrínsecas, que têm variações naturais em sua luminosidade ao longo do tempo, e as estrelas variáveis extrínsecas, cuja variação de brilho é devido a fatores externos, como eclipses binários.

Por fim, explore como os astrônomos coletam dados sobre as propriedades estelares, incluindo observações espectroscópicas, fotometria e outras técnicas de coleta de dados. É muito importante que os alunos saibam como esses dados são coletados.

No final do capítulo, seus alunos terão uma compreensão mais aprofundada sobre as características físicas das estrelas e como elas são classificadas. Eles estarão preparados para explorar os capítulos seguintes, nos quais abordaremos tópicos mais avançados, como o ciclo de vida estelar e a formação de estrelas.

ATIVIDADE DE FIXAÇÃO

Usando o simulador do diagrama HR <https://astro.unl.edu/smartphone/hrdiagram/> solicite aos alunos que mapeiem as posições onde se encontram as classes de estrelas, solicite a eles que se atentem com os valores da luminosidade e temperatura.

Forneça os dados da luminosidade e temperatura e solicite aos alunos que calculem o raio das seguintes estrelas, caro professor deixe bem claro aos alunos que esses valores dos expostos do raio e luminosidade são em relação ao raio e luminosidade da terra. O raio pode ser encontrado pela seguinte equação:

$$R = \frac{\sqrt[3]{L}}{\left(\frac{T}{T_{solar}}\right)^2}$$

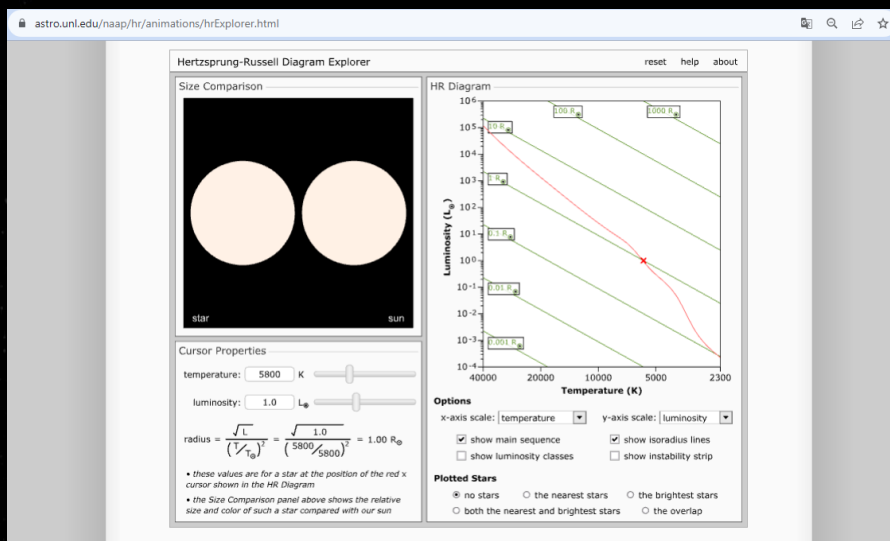
Nome	Raio	Luminosidade	Temperatura
Rigel	78,9 +/- 7,4	8500	11500 K
Spica	7,4 +/- 0,5	12100	22400 K
Polaris	30	2200	7200 K
Betelgeuse	887 +/- 203	4510-1496,8	3600 K
Aldebaran	45,1 +/- 0,1	518 +/- 32	4055 +/- 70 K
Vega	2818 +/- 0,013	40,12 +/- 0,45	8152 +/- 42
Arcturus	25,4 +/- 0,2	170	4286 +/- 30 K
Antares	883	11000-6500	3500 K

Tabela 02 - Produzida pelo autor da sequência didática

Logo após eles encontrarem os valores dos raios, solicite aos alunos para acessarem o simulador <https://astro.unl.edu/naap/hr/animations/hrExplorer.html> e em seguida classifiquem que tipos são essas estrelas.

ATIVIDADE DE FIXAÇÃO

O simulador irá permitir com que os alunos encontrem as classificações estelares com os dados que foram fornecidos a eles.



ATIVIDADE PROPOSTA EM GRUPOS

Atividade: Classificação Estelar - Decifrando as Letras das Estrelas

Objetivo: Permitir que os alunos compreendam o sistema de classificação estelar e aprendam a interpretar as letras e números que descrevem as características das estrelas.

Materiais necessários:

- Papel e lápis ou computador com acesso à internet.
- Gráficos ou tabelas de classificação estelar.

Instruções:

1. Introdução: Comece a atividade explicando aos alunos que as estrelas são classificadas de acordo com um sistema que usa letras e números. Explique que a classificação estelar fornece informações sobre a temperatura e a luminosidade das estrelas, e que essa informação é fundamental para compreender a diversidade do universo estelar.
2. Pesquisa: Divida os alunos em grupos e atribua a cada grupo um tipo de estrela para pesquisar. Os tipos de estrelas podem incluir, por exemplo, estrelas do tipo O, B, A, F, G, K e M. Peça para os grupos pesquisarem sobre as características das estrelas do tipo designado, respondendo a perguntas como:
 - Qual é a temperatura aproximada dessa estrela?
 - Qual é a luminosidade dessa estrela em comparação com o Sol?
 - Quais são as principais características físicas dessa estrela?
3. Criação de Cartazes: Com base nas pesquisas realizadas, peça para os grupos criarem cartazes representando as estrelas do tipo designado. Os cartazes devem incluir informações sobre a temperatura, luminosidade e características físicas das estrelas. Além disso, os grupos podem usar imagens ou ilustrações para representar as estrelas.
4. Apresentações: Permita que cada grupo apresente seus cartazes para a turma. Durante as apresentações, os alunos devem explicar as principais características das estrelas do tipo designado e como a classificação estelar é importante para o estudo do universo.

ATIVIDADE PROPOSTA EM GRUPOS

5. Classificação Estelar em Jogo: Para tornar a atividade mais interativa, proponha um jogo de classificação estelar. Prepare cartas com informações sobre diferentes estrelas e distribua para os alunos. Cada aluno deve classificar a estrela da carta recebida e explicar sua escolha para a turma.

6. Reflexão Final: Encerre a atividade com uma breve reflexão em grupo. Peça aos alunos que compartilhem o que mais aprenderam sobre a classificação estelar durante a atividade e como isso os ajudou a compreender a diversidade do universo estelar.

Essa atividade permitirá que os alunos explorem o sistema de classificação estelar e compreendam como as características das estrelas são representadas por letras e números. Além disso, a atividade promoverá a pesquisa, o trabalho em equipe e o aprofundamento do conhecimento sobre a diversidade das estrelas.

CONCLUSÃO

Chegamos ao fim deste ebook fascinante sobre o estudo das estrelas no ensino médio. Durante nossa jornada, exploramos os segredos e mistérios do universo estelar, desde as características básicas das estrelas até os processos de formação e evolução.

Através do aprendizado sobre as estrelas, seus alunos agora possuem um conhecimento sólido sobre como esses corpos celestes brilhantes desempenham um papel fundamental em nosso cosmos. Eles compreenderam como a luz das estrelas revela informações sobre sua temperatura, composição química e distância.

Ao longo dos capítulos, examinamos as diferentes etapas do ciclo de vida estelar, desde a formação em nuvens de gás e poeira até o destino final como uma estrela de nêutrons, buraco negro ou anã branca. Compreender esses processos permite que seus alunos apreciem a beleza e a complexidade do universo em constante mudança.

Também mergulhamos na classificação estelar, explorando as diferentes classes e tipos de estrelas com base em suas características físicas e espectrais. Eles aprenderam a diferenciar entre estrelas anãs, gigantes e super gigantes, e compreenderam como isso está relacionado com a massa e a evolução estelar.

Além disso, exploramos as constelações, permitindo que seus alunos se conectem com as histórias mitológicas e compreendam como os astrônomos usam as constelações para se orientar no céu. Eles tiveram a oportunidade de identificar e observar as constelações mais famosas, despertando seu espírito de exploração e curiosidade.

Por fim, discutimos atividades práticas e experimentos que podem ser realizados em sala de aula para aprofundar o entendimento sobre as estrelas. Construir modelos do sistema solar, observar o céu noturno e realizar experimentos de espectroscopia são apenas algumas das maneiras pelas quais você pode envolver seus alunos e tornar o aprendizado mais tangível.

Como professor de física no ensino médio, você tem o poder de inspirar e despertar a paixão de seus alunos pela astronomia e pelo estudo das estrelas. Ao compartilhar seu conhecimento e entusiasmo, você está capacitando a próxima geração de cientistas e exploradores do cosmos.

Esperamos que este ebook tenha fornecido informações valiosas e inspirado ideias para o seu ensino. Lembre-se de adaptar as estratégias e abordagens de acordo com as necessidades e interesses de seus alunos, e esteja aberto a explorar novas descobertas e avanços científicos no campo da astronomia.

A jornada para entender as estrelas é infinita, assim como o universo que elas habitam. Continue incentivando seus alunos a olhar para o céu com admiração e curiosidade, pois há sempre mais estrelas a serem descobertas e segredos a serem desvendados.

Desejamos a você e aos seus alunos sucesso em sua exploração do universo estelar e em sua jornada contínua de descoberta científica.

Boa sorte e que as estrelas continuem a iluminar seu caminho!

REFERÊNCIAS

A COR das estrelas:. 2023. Disponível em: https://www.if.ufrgs.br/oei/stars/types_st/types.htm. Acesso em: 14 maio 2023.

CLASSIFICAÇÃO estelar. 2023. Disponível em: https://pt.wikipedia.org/wiki/Classifica%C3%A7%C3%A3o_estelar. Acesso em: 15 jun. 2023.

OLIVEIRA FILHO, Kepler de Souza. **Astronomia e Astrofísica**. 2017. Disponível em: <http://astro.if.ufrgs.br/index.html#gsc.tab=0>. Acesso em: 20 maio 2023.

ROMERO, Alejandra. Evolução Estelar: o ciclo de vida das estrelas. 2023. Disponível em: <http://astro.if.ufrgs.br/explorando-morte.pdf>. Acesso em: 10 jun. 2023.

SARAIVA, Maria de Fátima Oliveira. O Espectro Eletromagnético e a Cor das Estrelas. 2023. Cláudia Jraige de Andrade. Disponível em: https://ppgenfis.if.ufrgs.br/mef008/mef008_02/Claudia/index4.html. Acesso em: 20 jun. 2023.

SARAIVA, Maria de Fátima O.. Etapas evolutivas das estrelas. 2023. Disponível em: <http://www.if.ufrgs.br/~fatima/ead/estrelas.htm>. Acesso em: 15 jun. 2023.

SISTEMA de Magnitudes. 2023. Disponível em: https://www.if.ufrgs.br/oei/stars/magsys/prop_st.htm. Acesso em: 14 jun. 2023.