



Patrick Luan Pacheco Ramos  
Carlos Alberto de Lima Ribeiro

# A evolução estelar para compreender conceitos de **FÍSICA MODERNA E CONTEMPORÂNEA**

 Atena  
Editora  
Ano 2024



Patrick Luan Pacheco Ramos  
Carlos Alberto de Lima Ribeiro

# A evolução estelar para compreender conceitos de **FÍSICA MODERNA E CONTEMPORÂNEA**

 Atena  
Editora  
Ano 2024

**Editora chefe**

Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Antonella Carvalho de Oliveira

**Editora executiva**

Natalia Oliveira

**Assistente editorial**

Flávia Roberta Barão

**Bibliotecária**

Janaina Ramos

**Projeto gráfico**

Camila Alves de Cremo

Ellen Andressa Kubisty

Luiza Alves Batista

Nataly Evilin Gayde

Thamires Camili Gayde

**Imagens da capa**

iStock

**Edição de arte**

Luiza Alves Batista

2024 by Atena Editora

Copyright © Atena Editora

Copyright do texto © 2024 Os autores

Copyright da edição © 2024 Atena

Editora

Direitos para esta edição cedidos à Atena Editora pelos autores.

Open access publication by Atena

Editora



Todo o conteúdo deste livro está licenciado sob uma Licença de Atribuição Creative Commons. Atribuição-Não-Comercial-NãoDerivativos 4.0 Internacional (CC BY-NC-ND 4.0).

O conteúdo do texto e seus dados em sua forma, correção e confiabilidade são de responsabilidade exclusiva dos autores, inclusive não representam necessariamente a posição oficial da Atena Editora. Permitido o download da obra e o compartilhamento desde que sejam atribuídos créditos aos autores, mas sem a possibilidade de alterá-la de nenhuma forma ou utilizá-la para fins comerciais.

Todos os manuscritos foram previamente submetidos à avaliação cega pelos pares, membros do Conselho Editorial desta Editora, tendo sido aprovados para a publicação com base em critérios de neutralidade e imparcialidade acadêmica.

A Atena Editora é comprometida em garantir a integridade editorial em todas as etapas do processo de publicação, evitando plágio, dados ou resultados fraudulentos e impedindo que interesses financeiros comprometam os padrões éticos da publicação. Situações suspeitas de má conduta científica serão investigadas sob o mais alto padrão de rigor acadêmico e ético.

**Conselho Editorial**

**Ciências Exatas e da Terra e Engenharias**

Prof. Dr. Adélio Alcino Sampaio Castro Machado – Universidade do Porto

Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Alana Maria Cerqueira de Oliveira – Instituto Federal do Acre

Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Ana Grasielle Dionísio Corrêa – Universidade Presbiteriana Mackenzie

Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Ana Paula Florêncio Aires – Universidade de Trás-os-Montes e Alto Douro

Prof. Dr. Carlos Eduardo Sanches de Andrade – Universidade Federal de Goiás

Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Carmen Lúcia Voigt – Universidade Norte do Paraná

- Prof. Dr. Cleiseano Emanuel da Silva Paniagua – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Goiás  
Prof. Dr. Douglas Gonçalves da Silva – Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia  
Prof. Dr. Eloi Rufato Junior – Universidade Tecnológica Federal do Paraná  
Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Érica de Melo Azevedo – Instituto Federal do Rio de Janeiro  
Prof. Dr. Fabrício Menezes Ramos – Instituto Federal do Pará  
Prof. Dr. Fabrício Moraes de Almeida – Universidade Federal de Rondônia  
Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Glécilla Colombelli de Souza Nunes – Universidade Estadual de Maringá  
Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Iara Margolis Ribeiro – Universidade Federal de Pernambuco  
Prof<sup>a</sup> Dra. Jéssica Verger Nardeli – Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho  
Prof. Dr. Juliano Bitencourt Campos – Universidade do Extremo Sul Catarinense  
Prof. Dr. Juliano Carlo Rufino de Freitas – Universidade Federal de Campina Grande  
Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Luciana do Nascimento Mendes – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Norte  
Prof. Dr. Marcelo Marques – Universidade Estadual de Maringá  
Prof. Dr. Marco Aurélio Kistemann Junior – Universidade Federal de Juiz de Fora  
Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Maria José de Holanda Leite – Universidade Federal de Alagoas  
Prof. Dr. Miguel Adriano Inácio – Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais  
Prof. Dr. Milson dos Santos Barbosa – Universidade Tiradentes  
Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Natiéli Piovesan – Instituto Federal do Rio Grande do Norte  
Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Neiva Maria de Almeida – Universidade Federal da Paraíba  
Prof. Dr. Nilzo Ivo Ladwig – Universidade do Extremo Sul Catarinense  
Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Priscila Tessmer Scaglioni – Universidade Federal de Pelotas  
Prof<sup>a</sup> Dr Ramiro Picoli Nippes – Universidade Estadual de Maringá  
Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Regina Célia da Silva Barros Allil – Universidade Federal do Rio de Janeiro  
Prof. Dr. Sidney Gonçalo de Lima – Universidade Federal do Piauí  
Prof. Dr. Takeshy Tachizawa – Faculdade de Campo Limpo Paulista

A evolução estelar para compreender conceitos de física  
moderna e contemporânea

**Diagramação:** Ellen Andressa Kubisty  
**Correção:** Andria Norman  
**Indexação:** Amanda Kelly da Costa Veiga  
**Revisão:** Os autores  
**Autores:** Patrick Luan Pacheco Ramos  
Carlos Alberto de Lima Ribeiro

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)	
R175	Ramos, Patrick Luan Pacheco A evolução estelar para compreender conceitos de física moderna e contemporânea / Patrick Luan Pacheco Ramos, Carlos Alberto de Lima Ribeiro. – Ponta Grossa - PR: Atena, 2024.
<p>Formato: PDF Requisitos de sistema: Adobe Acrobat Reader Modo de acesso: World Wide Web Inclui bibliografia ISBN 978-65-258-2437-6 DOI: <a href="https://doi.org/10.22533/at.ed.376241004">https://doi.org/10.22533/at.ed.376241004</a></p> <p>1. Ensino de Física. 2. Ensino de Astronomia. 3. Seqüência didática. 4. Física moderna. 5. Física contemporânea. I. Ramos, Patrick Luan Pacheco. II. Ribeiro, Carlos Alberto de Lima. III. Título.</p> <p>CDD 530.07</p>	

**Atena Editora**

Ponta Grossa – Paraná – Brasil  
Telefone: +55 (42) 3323-5493  
[www.atenaeditora.com.br](http://www.atenaeditora.com.br)  
 contato@atenaeditora.com.br

## DECLARAÇÃO DOS AUTORES

Os autores desta obra: 1. Atestam não possuir qualquer interesse comercial que constitua um conflito de interesses em relação ao conteúdo publicado; 2. Declararam que participaram ativamente da construção dos respectivos manuscritos, preferencialmente na: a) Concepção do estudo, e/ou aquisição de dados, e/ou análise e interpretação de dados; b) Elaboração do artigo ou revisão com vistas a tornar o material intelectualmente relevante; c) Aprovação final do manuscrito para submissão.; 3. Certificam que o texto publicado está completamente isento de dados e/ou resultados fraudulentos; 4. Confirmam a citação e a referência correta de todos os dados e de interpretações de dados de outras pesquisas; 5. Reconhecem terem informado todas as fontes de financiamento recebidas para a consecução da pesquisa; 6. Autorizam a edição da obra, que incluem os registros de ficha catalográfica, ISBN, DOI e demais indexadores, projeto visual e criação de capa, diagramação de miolo, assim como lançamento e divulgação da mesma conforme critérios da Atena Editora.

## DECLARAÇÃO DA EDITORA

A Atena Editora declara, para os devidos fins de direito, que: 1. A presente publicação constitui apenas transferência temporária dos direitos autorais, direito sobre a publicação, inclusive não constitui responsabilidade solidária na criação dos manuscritos publicados, nos termos previstos na Lei sobre direitos autorais (Lei 9610/98), no art. 184 do Código Penal e no art. 927 do Código Civil; 2. Autoriza e incentiva os autores a assinarem contratos com repositórios institucionais, com fins exclusivos de divulgação da obra, desde que com o devido reconhecimento de autoria e edição e sem qualquer finalidade comercial; 3. Todos os e-book são *open access*, desta forma não os comercializa em seu site, sites parceiros, plataformas de e-commerce, ou qualquer outro meio virtual ou físico, portanto, está isenta de repasses de direitos autorais aos autores; 4. Todos os membros do conselho editorial são doutores e vinculados a instituições de ensino superior públicas, conforme recomendação da CAPES para obtenção do Qualis livro; 5. Não cede, comercializa ou autoriza a utilização dos nomes e e-mails dos autores, bem como nenhum outro dado dos mesmos, para qualquer finalidade que não o escopo da divulgação desta obra.

“Tenho a impressão de ter sido uma criança  
brincando à beira-mar, divertindo-me em descobrir  
uma pedrinha mais lisa ou uma concha mais bonita  
que as outras, enquanto o imenso oceano da verdade  
continua misterioso diante de meus olhos.”

Isaac Newton

AUXPPG - Termo de Outorga nº 005/2022 - UEFS - A realização desta obra foi viabilizada pelos recursos oriundos do Termo de Outorga nº 005/2022 da Universidade Estadual de Feira de Santana com objetivo de estimular o desenvolvimento científico, a pesquisa, a capacitação científica e tecnológica, e a inovação por meio da Lei Estadual nº 11.174/2008 e no Decreto Estadual nº 9266/2004.

## RESUMO

Este produto propõe a inserção de conceitos de Física Moderna e Contemporânea no Ensino Médio por meio da Astronomia como um facilitador no processo de ensino – aprendizagem por meio da Sequência Didática Interativa. Essa proposta surgiu mediante um problema detectado a partir da observação com estudantes e professores em conteúdos abordados ao longo do ano quando lecionavam a disciplina de Física. Os conceitos relacionados à Física Moderna não eram abordados e muito menos comentados diante de uma evolução tecnológica que vivemos. Entretanto, percebeu-se que elementos da Astronomia causam fascinação nos estudantes. Assim, torna-se favorável aproveitar esses elementos “potencializadores” para a inserção desses conteúdos não abordados aos estudantes. Essa inserção se deu por meio de uma Sequência Didática Interativa, que é o nosso produto educacional de título “Sequência Didática Interativa Utilizando a Evolução Estelar para compreensão de Conceitos de Física Moderna e Contemporânea”, com o objetivo de melhorar esses conceitos, bem como motivar os estudantes e desmistificar conceitos errôneos do uso coloquial. As atividades foram realizadas com estudantes do terceiro ano do Ensino Médio do Colégio Estadual Polivalente de Santo Estevão e com estudantes do Colégio Asas em Feira de Santana. Nas atividades propostas estão os conteúdos de Estrutura solar e sua Evolução, Força de Reações Nucleares, Elementos Químicos e Estudo de Nebulosas para formação estelar. Os estudantes foram submetidos a questionários prévios e atividades para discussões e formações de subsunções iniciais para ancoragem aos novos conteúdos abordados, como propõem a Teoria da Aprendizagem Significativa Crítica. Os estudantes conseguiram avançar na compreensão de conceitos relacionados tanto à Física como à conteúdo da Astronomia após as produções das atividades propostas, e com isso foi possível manter a atenção e o interesse de todos ao desenvolver as atividades, despertando curiosidades e desafiando os estudantes a tornarem-se pesquisadores como forma de aprendizado. Esses resultados foram alcançados através de aplicações metodológicas diferenciadas que contribuem no processo de ensino-aprendizagem.

**PALAVRAS-CHAVE:** Ensino de Física. Ensino de Astronomia. Sequência Didática Interativa, Física Moderna e Contemporânea. Evolução Estelar.

## APRESENTAÇÃO

Querido(a) professor(a), este é o Produto Educacional, ligado à Dissertação de Mestrado de título “Conceitos de Física Moderna e Contemporânea no Ensino Médio utilizando a Astronomia como processo facilitador” desenvolvido no Programa de Mestrado Profissional em Astronomia da Universidade Estadual de Feira de Santana – MPASTRO (UEFS). Este trabalho foi motivado pela pesquisa na escola onde o autor leciona e na rede de Educação Básica onde não há um tratamento de conteúdos relacionados a Física Moderna e Contemporânea (FMC) no Ensino Médio, especificamente no 3º ano. Diante disso, tendo o estado da arte elementos da Astronomia motivadores para esta proposta, utilizamos para melhorar o ensino da Física, propondo uma Sequência Didática Interativa (SDI) apoiado pela Teoria da Aprendizagem Significativa Crítica (TASC) possuindo subsídios necessários para a compreensão de conceitos de FMC utilizando a Astronomia como processo facilitador. Para contribuir na construção de conhecimentos é apresentado nesse roteiro uma introdução ao problema citado que servirá de embasamento teórico que poderá ser útil a você professor no momento de estudo sobre o tema.

# SUMÁRIO

<b>1. INTRODUÇÃO .....</b>	<b>1</b>
<b>2. EVOLUÇÃO ESTELAR: A ESTRUTURA DO SOL .....</b>	<b>3</b>
<b>3. DO NASCIMENTO À MORTE DA ESTRELA.....</b>	<b>6</b>
<b>4. MATERIAIS E METODOLOGIA .....</b>	<b>12</b>
<b>5. CONSIDERAÇÕES FINAIS .....</b>	<b>22</b>
<b>REFERÊNCIAS .....</b>	<b>23</b>
<b>APÊNDICES.....</b>	<b>26</b>
APÊNDICE A – FERRAMENTAS UTILIZADAS NO PRIMEIRO ENCONTRO.....	26
APÊNDICE B – FERRAMENTAS UTILIZADAS NO SEGUNDO ENCONTRO.....	31
APÊNDICE C – MATERIAIS PRODUZIDOS PELOS ALUNOS NO TERCEIRO ENCON- TRO .....	36
APÊNDICE D – QUEBRA-CABEÇA INFORMATIVO DAS NEBULOSAS.....	40
APÊNDICE E – MONTAGEM DO BANNER NO QUINTO ENCONTRO.....	50
APÊNDICE F – PASSOS PARA UTILIZAÇÃO DAS FERRAMENTAS DIGITAIS.....	57
<b>SOBRE OS AUTORES .....</b>	<b>71</b>

# INTRODUÇÃO

Uma crescente dificuldade vem atingindo a Educação Básica no quesito da compreensão de conceitos correlacionados à Astronomia; mais precisamente nas ideias que envolvem a Física Moderna e Contemporânea (FMC). No nosso cotidiano é cada vez mais comum nos depararmos com aparelhos eletrônicos como computadores, telas de cristal líquido, xerox, impressoras a laser ou sistemas automatizados. Por exemplo, na Medicina também se encontram as operações a laser, máquinas médicas automatizadas, exames de Raio-X, eletromagnéticos, como as tomografias, entre outros; e nas telecomunicações temos as fibras ópticas. Portanto, é imprescindível que estudantes de todos os níveis de conhecimento conheçam os princípios básicos de Física Moderna, pois esses aparelhos atuam diretamente em sua vida e poderá influenciar o seu futuro profissional (VALADARES, 1998).

Ao considerarmos essa premissa voltou-se para a construção de uma proposta didática de uma atividade que envolve parte da Astronomia que trata desse problema tornando a Física mais atraente, comprehensível, enriquecida e contextualizada. Para isso, foram utilizadas atividades e imagens da Evolução Estelar até o estágio final de uma estrela, as Nebulosas (ABANS, 2014), promovendo uma aprendizagem significativa crítica (MOREIRA, 2009). Para alcançar tais objetivos, foi necessário fazer um estudo profundo acerca dos referenciais teóricos, dos documentos que envolvem a Evolução Estelar, a Sequência Didática Interativa (SDI) e as nebulosas para os quais montaram-se várias atividades para professores e estudantes. Além do mais, é de interesse desse trabalho atrair jovens para o meio científico, pois eles poderão ser os futuros pesquisadores e professores de Física (OSTERMANN e MOREIRA, 2000). Essas atividades foram feitas através de uma SDI, defendida por Oliveira (2013), onde mostra que é possível utilizá-la como proposta didático-metodológica para facilitar a interação professor-aluno na construção de novos conhecimentos e saberes, oferecendo subsídios com o objetivo de contribuir para um melhor processo de ensino-aprendizagem. Ao utilizar a Astronomia no ensino de Física, os estudantes poderão compreender as diversas forças de interações, que regem o nascimento de estrelas, densidade de massa, elementos químicos mais abundantes e até mesmo equações relacionadas. Assim, para compreender o Universo, é imprescindível o conhecimento de Leis Físicas, entre elas a da Força Gravitacional (HALLIDAY, 2009).

Além do mais, a Astronomia permite estudar conteúdos novos, que muitas vezes não possuem uma abordagem presente para os estudantes no ensino médio e ainda tem a capacidade de despertar sentimento, curiosidades, inquietações e potenciais em todo tipo de público, desde crianças a adultos, em todo o mundo, ampliando assim a visão de mundo. Além do mais, sua relevância socio-histórica-cultural é de suma importância, pois possibilita compreender a evolução de inúmeras civilizações ao longo do tempo, como por exemplo, os egípcios e os gregos que com o conhecimento astronômico foi possível a

determinação das épocas mais apropriadas para realizar colheitas, plantio, caça e pesca (SOLER, 2012).

De fato, a Astronomia e seu compreendimento é importante no âmbito da educação e justifica-se trabalhar esse tema na sala de aula para uma melhor compreensão de seus conceitos, pelos estudantes e ressaltada pelos Parâmetros Curriculares Nacionais (PCN), além de algumas propostas curriculares estaduais. De cunho obrigatório, é colocada a introdução desses conceitos na nova reforma do ensino básico segundo a Base Nacional Comum Curricular (BNCC), estando registrados nos documentos legais como propostas do ensino de Astronomia (BRASIL, 1999, 2002).

Vale ressaltar que o objetivo desse trabalho, não é substituir o livro didático, muito pelo contrário. Fornecemos material complementar para melhor compreensão da teoria quando manuseados, de forma correta e orientada, por aplicativos educacionais que facilitem a organização das ideias transformando e dando significado à informação.

Portanto, há uma necessidade de melhorar o ensino da Física e da Astronomia nas escolas, adequando assim às mudanças correntes que os próprios PCN propõem nas três séries do ensino médio acerca da inserção de FMC nessa etapa curricular dos estudantes. Para que isso ocorra, o tratamento dado a esses tópicos pode renovar o ensino em sala de aula já orientado pelos PCN. O estudante ainda poderá confrontar e quebrar paradigmas entre a Física Clássica e a Física Moderna, podendo ver contribuições e limites para essas duas porções da ciência. Essa forma de encarar fenômenos antigos confrontando com fenômenos novos proporcionam um grande desenvolvimento na investigação científica e nas tecnologias incorporadas no cotidiano do indivíduo (PERUZZO, et al., 2012).

A proposta do trabalho tem como objetivo geral verificar se os conceitos de FMC, mediados por conceitos de Astronomia, são eficazes na contribuição do Ensino de Física no Ensino Médio por intermédio da Teoria da Aprendizagem Significativa Crítica (TASC). Este é um problema que, além de ser extremamente presente no cotidiano, mantém uma relação com a compreensão da evolução estelar, das propriedades do Sol e com o conhecimento da Física.

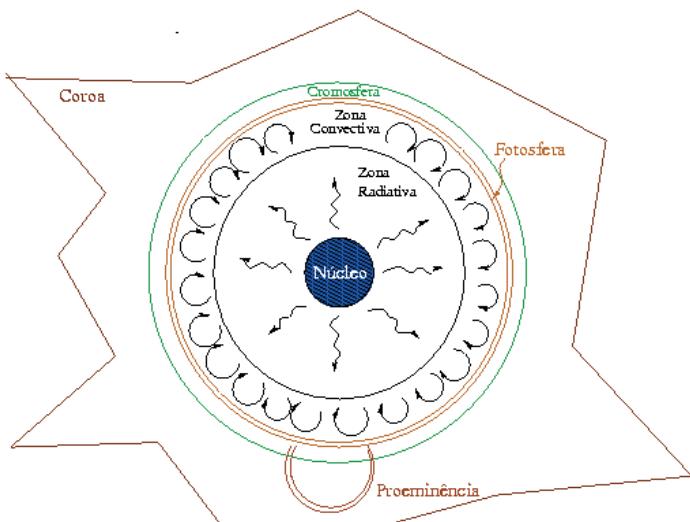
Pensando em você, professor, daremos um suporte teórico sobre a Evolução Estelar que contribuirá para o desenvolvimento das suas aulas, porém aconselhamos aprofundar nos conhecimentos teóricos disponíveis nas referências deste roteiro. Tenha uma boa leitura!

# EVOLUÇÃO ESTELAR: A ESTRUTURA DO SOL

O Sol é a estrela mais próxima de nós, constituindo a fonte principal de energia e de vida para a Terra e todo o Sistema Solar. É a estrela do Sistema Solar e mantém, no seu abraço gravitacional, todos os planetas em harmonia, girando ao seu redor. Ele é responsável por cerca de 99,9% da massa de todo Sistema Solar e é mais de um milhão de vezes maior que a Terra.

Ao se estudar o Sol temos como base o conhecimento expandido para outras estrelas que mesmo muito distantes é possível compreendê-las. A estrutura solar é composta pelo(a): núcleo, zona radiativa, zona convectiva, a fotosfera, cromosfera, coroa (Figura 1).

Figura 1. Estrutura solar.



Fonte: Astro.if.ufrgs.br

A fotosfera é a camada mais visível do Sol e possui cerca de 330 km com uma temperatura de aproximadamente 5785 K se localizando logo acima da zona convectiva. Na fotosfera acontece um fenômeno chamado de granulação fotosférica, ou seja, a sua superfície possui uma aparência de um líquido em ebulição que chamamos de bolhas ou grânulos. Esses grânulos possuem em torno de 1500 km de diâmetro com duração de 10 minutos cada, marcando os topo das colunas convectivas de gás quente que se formam através da zona de convecção posicionada abaixo da fotosfera (Oliveira, 2000).

Outro fenômeno associado são as manchas solares, que são regiões escuras que aparecem na superfície solar podendo serem vistas a olho nu (o que não é recomendado, podendo ocasionar cegueira). Essas manchas estão associadas ao intenso campo

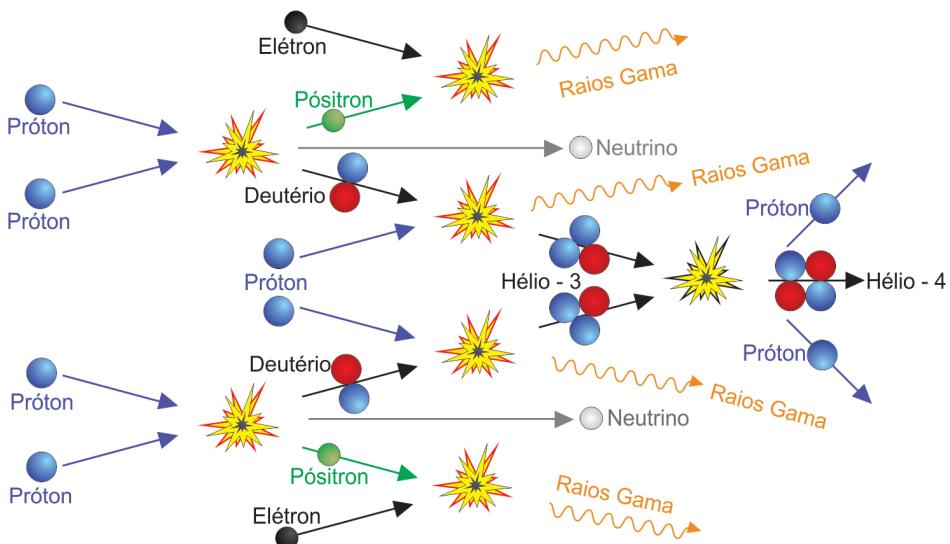
magnético do Sol e foram observadas primeiramente em 28 a.C. na China, porém seus estudos mais profundos se deram por Galileo Galilei (1564 - 1642), Thomas Harriot (1560 – 1621) entre outros no século XVII.

A cromosfera é uma camada de baixa densidade, espessura com cerca de 2000km e radiação fraca, localizada entre a fotosfera e a coroa solar possuindo temperaturas por volta de 4300 K na base e mais de 40.000 K a 2500km de altura. Essa camada não é visível normalmente, entretanto pode ser observada durante os eclipses totais do Sol, quando a Lua esconde o disco da fotosfera. Através de medições espectroscópicas é possível determinar que essa camada é composta de gases quentes que emitem luz na forma de linhas de emissão, linhas essas difíceis de se observarem por causa do intenso brilho da fotosfera, justificando a importância da observação no eclipse solar total ou ainda utilizando-se um coronógrafo. A cromosfera tem um tom avermelhado, isso por causa da linha de emissão do H alpha estar no vermelho no comprimento de onda da ordem de 6563 Å (1 Angstrom =  $10^{-10}$  m).

A coroa, também chamada de corona, é a camada mais externa e a mais rarefeita da atmosfera solar, e semelhante a cromosfera, é possível observar juntamente com o eclipse solar total. Essa camada mesmo possuindo um brilho maior que a cromosfera, comparada com o brilho de uma Lua cheia, ainda consegue ser ofuscada pelo intenso brilho da fotosfera solar. O espectro da coroa solar possui linhas muito brilhantes produzidas por átomos de ferro, níquel, neônio e cálcio altamente ionizados, resultando nas temperaturas superelevadas da ordem de 1 milhão de Kelvin nessa parte mais externa. Dessa camada surge o vento solar, que são correntes de partículas carregadas a velocidades elevadíssimas, cerca de 1.600.000 km/h. A partir do vento solar, o Sol vai perdendo uma pequena parte de sua massa, da ordem de  $10^{-13}$  massa solar (Msol) por ano. A projeção desse vento solar na Terra, provoca a aurora boreal, fenômeno luminoso de excitação e relaxamento dos átomos de oxigênio. Além das partículas do vento solar, temos também as ejeções de massa coronal, provenientes das proeminências do Sol, que quando atingem a Terra podem causar danos na rede elétrica e aos satélites (Oliveira, 2000).

O núcleo solar possui uma alta densidade e temperaturas elevadíssimas na ordem de 15 milhões de Kelvin, onde ocorrem as reações termonucleares, transformando Hidrogênio em Hélio através da cadeia PP (Próton-Próton), Figura 2. As cadeias Próton-Próton são as mais eficientes em estrelas do tamanho do Sol ou menores. Entretanto existe outro processo, o ciclo CNO, porém são mais ativas em estrelas massivas onde a temperatura central é muito maior do que a do Sol. São necessários quatro Hidrogênios para produzir um núcleo do Hélio estável e liberar níveis de energias absurdamente grandes da ordem de 26,73 MeV.

Figura 2. Cadeia Próton-Próton. Fusão dos átomos de Hidrogênio em Hélio.



Fonte: Astro.if.ufrgs.br

A Figura 2 mostra a reação termonuclear de quatro átomos de Hidrogênio para gerar um átomo de Hélio estável. Inicialmente dois Prótons ( ${}^1\text{H}$ ) são unidos, através do processo de fusão, para dar origem ao Deutério ( ${}^2\text{H}$ ), e simultaneamente liberando um pósitron e um neutrino. Este processo dura em média  $10^9$  anos. Após essa reação, outro átomo de Hidrogênio se funde rapidamente ao Deutério formando o  ${}^3\text{H}$  e liberando radiação gama. Entretanto, os outros dois pares de Hidrogênios passam pelo mesmo processo, com isso temos dois  ${}^3\text{H}$  formados e quando sofrem o processo de fusão, que demora cerca de algumas centenas de milhares de anos, transformam-se no  ${}^4\text{H}$ . Um outro processo de transformação é dado pelo ciclo CNO, mas acontecem em estrelas com temperaturas centrais de centenas de milhões de Kelvins.

A zona de radiação ou radiativa vem logo depois do núcleo e possui uma espessura de 0,3 a 0,7 raios solares. Nessa zona que possui ainda uma temperatura elevada, cerca de 2 milhões de Kelvins, a energia é transportada por fôtons, que são absorvidos e reemittidos pelos íons no seu caminho. Entre um choque e outro os fôtons percorrem um livre caminho médio de cerca de 1 cm (centímetro), para regiões com grandes densidades, ou seja, os fôtons geralmente demoram milhões de anos para atravessarem toda a zona de radiação.

Na zona de convecção a energia é transportada devido às correntes de convecção geradas pelo gradiente de temperatura. O gás se esquenta a partir da zona de radiação, se expande, sobe, chega na fotosfera onde esfria-se emitindo fôtons e desce novamente. Esse processo gera colunas de gás que são vistas em formas de grânulos na superfície solar.

# DO NASCIMENTO À MORTE DA ESTRELA

Segundo as observações astronômicas, estrelas nascem da matéria interestelar (nuvens moleculares), mais precisamente quando uma nuvem de gás torna-se gravitacionalmente instável ocasionada pela passagem de uma onda de choque possivelmente proveniente de uma supernova que possa ter ocorrido nas suas proximidades ou até mesmo devido a uma onda de densidade originada pela passagem de um dos braços das galáxias espirais. Essa perturbação gravitacional faz a nuvem de gás e poeira começar a colapsar. A força gravitacional começa a atrair minúsculas partículas para a formação do disco de acresção de massa no centro, enquanto a outra parte da nuvem molecular é acelerada devida a conservação do *momentum angular* (Oliveira, 2000).

Durante o colapso a densidade central aumenta rapidamente, enquanto a densidade das partes mais externas permanece constante. O aumento da densidade provoca aumento da temperatura e da pressão, sem trocar calor com o meio externo (processo adiabático) formando posteriormente um núcleo central em equilíbrio hidrostático com densidade  $10^{-10} \text{g/cm}^3$  e temperatura de 170 K. Esse núcleo é chamado de protoestrela. Quando a temperatura no núcleo atinge valores da ordem de 8 milhões K, para iniciar as reações termonucleares estáveis, a protoestrela torna-se uma estrela da sequência principal (SP), transformando Hidrogênio em Hélio. Caso contrário, se a massa formada for menor do que 0,08 MSol ela se tornará uma anã marrom e não conseguirá se tornar uma estrela da SP, pois não iniciará as reações termonucleares para transformar Hidrogênio em Hélio.

As estrelas queimam Hidrogênio no núcleo em um processo chamado fusão termonuclear, estabelecendo o equilíbrio hidrostático entre a força gravitacional e a pressão gerada pela fusão nuclear. Este processo origina o Hélio que em um futuro distante, quando o Hidrogênio ficar escasso, irá ser usado como combustível e se queimará também, porém, para o início da queima do Hélio, no caso do Sol, ainda vai demorar 4,5 bilhões de anos, ou seja, o Sol tendo 4,5 bilhões de anos, ele ainda vai viver, da forma como conhecemos, por mais 4,5 bilhões de anos, tendo assim “queimado”, até o momento, metade do seu combustível, o Hidrogênio.

As estrelas passam a maior parte de sua vida queimando Hidrogênio, mas quando este combustível terminar, ela começará a queimar o próximo elemento que foi produzido, o Hélio.

A queima do Hélio não produz a mesma quantidade de energia que a fusão do Hidrogênio produzia, então a força gravitacional irá forçar o núcleo da estrela a se contrair, já que haverá um desequilíbrio hidrostático, a força gravitacional terá uma intensidade maior que a pressão produzida pela fusão do Hélio.

Nesta nova fase a estrela se expande, buscando o equilíbrio novamente, enquanto o seu núcleo se contrai. Nessa expansão a estrela irá se transformando em um gigante vermelha enquanto o Hélio sofre sua queima no núcleo que continua sendo contraído.

Com a queima do Hélio a estrela aumenta seu volume cada vez mais, expandindo suas camadas mais externas e diminuindo sua temperatura. Quando o núcleo não consegue mais queimar o Hélio a estrela começa o processo de queima de outros elementos químicos que foram formados, como por exemplo o Carbono e o Oxigênio, continuando seu processo de expansão por cerca de 1 milhão de anos e aumentando sua luminosidade cerca de 1000 vezes o brilho do Sol. Nessa fase, a estrela será uma gigante vermelha, transformando Hélio em Carbono no núcleo e Hidrogênio em Hélio em uma fina camada mais externa.

Entretanto, a massa de algumas estrelas como o nosso Sol, não é suficiente para queimar o Carbono (necessário ter cerca de um bilhão de K no núcleo) e essas estrelas deixam o ramo das gigantes para tornarem-se supergigantes vermelhas, também chamado Ramo Assintótico das Gigantes (AGB). Nessa fase, a maior parte da energia é produzida nas camadas mais externas, transformando ainda Hidrogênio em Hélio e à medida que essa transformação acontece vai se depositando mais Hélio no núcleo, aumentando assim a produção de energia via fusão de Hélio, originando na estrela pulsos térmicos.

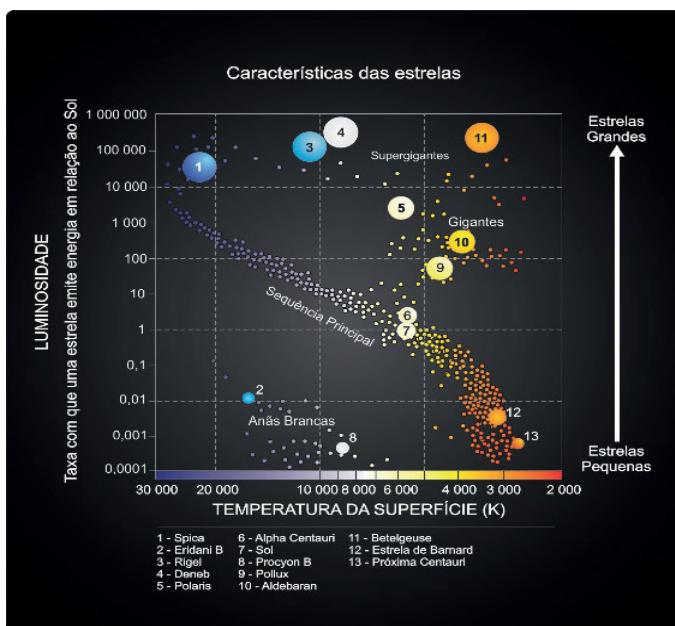
Nessa nova fase da estrela, devido aos pulsos térmicos, aumenta o tamanho e a luminosidade de acordo com o diagrama Hertzsprung – Russel (HR) (Figura 3). Como consequência, a estrela começa a produzir ventos de partículas carregadas que se desprendem dela, perdendo massa e produzindo partículas de poeira que acabam circundando-a e bloqueando sua luz, mesmo estando milhares de vezes mais luminosa do que o Sol, visível apenas no infravermelho. Os ventos estelares presentes nessas fases expulsam gradualmente o gás Hidrogênio das camadas mais externas, deixando exposto o núcleo quente (Gonçalves, 2015).

Nessa fase a estrela ficará por algumas centenas de milhares de anos até ejetar a matéria sintetizada e tornar-se uma nebulosa planetária, deixando apenas um núcleo central remanescente chamado de anã branca. Esse caminho é válido para estrelas entre 1-10 massas solares.

Por outro lado, caso a massa da estrela seja superior a 20-25 massas solar ela pode continuar com as reações de fusão nuclear, convertendo em outros elementos mais pesados até o Ferro. O núcleo de Ferro é estável e resistente a fusão nuclear e as temperaturas nessa região podem chegar a bilhões de graus. Os núcleos de Ferro continuam sendo depositados nessa região e como o Ferro não libera energia em reações de fusão, somente haverá energia perdida pelo caroço de Ferro devido a emissão de neutrinos que praticamente não interagem com a matéria, fazendo assim, que a energia seja enviada para fora com muita eficiência. Portanto, ao atingirem a massa crítica a estrela se contrai e colapsa violentamente explodindo em uma supernova.

Após essa explosão, a estrela remanescente se tornará muito densa denominada de estrela de nêutrons com temperaturas acima de 1 milhão de K, massa cerca de 1,4 Msol e muito pequena, com raios próximos de 20 km. Caso essa estrela ainda continue seu processo de contração, seu destino é se tornar um buraco negro.

Figura 3. Sequência Principal. Diagrama Hertzsprung – Russell (HR).



Fonte: Astro.if.ufrgs.br

A seguir na Figura 4 podemos ver uma ilustração da Evolução Estelar e suas etapas.

Figura 3. Evolução Estelar.



Fonte: Hipoerciencia.com

Nebulosas são nuvens de poeira interestelar de gás, Hidrogênio e plasma. São resultados de processos de evolução estelar com massas que vão de 0,8 a 8 MSol, que ao ser estudada de forma mais profunda, possibilita uma melhor compreensão na evolução dos elementos químicos mais conhecidos, ou seja, seu estudo permite compreender a composição do meio interestelar (LAGO, 2011).

Essas Nebulosas, por meio do colapso gravitacional de gás no meio interestelar, evoluem e “caem” sob si próprias, podendo formar estrelas massivas em seu centro. Na maioria dos casos, essas nuvens de poeira interestelar, são resultados de explosões de supernovas, ou seja, restos (remanescentes) de outras estrelas de grande massa (REIS, 2010).

A seguir podemos ver alguns exemplos de nebulosas (Figura 5).

Figura 5. Nebulosa Cabeça de Cavalo (Barnard 33) a 1500 anos-luz da Terra na constelação de Órion.



Fonte: NASA

Figura 6. Nebulosa da Aranha – NGC 6537 a 3000 anos-luz da Terra na constelação de Sagitário.



Fonte: NASA

Figura 7. Nebulosa da Borboleta a 2000 anos-luz da Terra na constelação do Unicórnio.



Fonte: NASA

Figura8. Nebulosa de Helix – NGC 7293 a 700 anos-luz da Terra na constelação de Aquário.



Fonte: NASA

# MATERIAIS E METODOLOGIA

O roteiro a seguir, ao ser aplicado pelo autor desde trabalho, apresentou resultados positivos. O autor atuou como mediador do processo ensino-aprendizagem através das contextualizações durante o desenvolvimento da SDI. Os materiais utilizados são de fácil acesso e todo material digital encontra-se disponível nos *links*. Bom trabalho, professor!

## A - Materiais Necessários

Para a contextualização do problema elaborou-se uma proposta simples, com materiais de fácil acesso e de simples manuseio para a aplicação do professor em sala de aula. A proposta foi adaptada para o ensino remoto e utilizou os seguintes materiais:

1. Computador, celular ou tablet com acesso à internet;
2. Software Office com Microsoft Word e PowerPoint;
3. Impressora;
4. Papel;
5. Canetas coloridas;
6. Tesoura;
7. Cola.

## B - Metodologia

Compreendendo-se toda abordagem teórica envolvida convide o aluno para participar de uma SDI para aprofundar os conhecimentos de FMC e compreender como acontece a evolução estelar, além de outros fenômenos associados. Essa atividade pode ser desenvolvida nos conteúdos que abordam Física Moderna, entretanto ela engloba diversos conteúdos como radiação térmica e corpo negro, teoria da relatividade, equivalência entre massa e energia, forças nucleares, processos termodinâmicos e até para discussão entre os limites da física clássica. A seguir definiremos os passos a serem seguidos:

### (PASSO 1)

- a. Para o Início da SDI de forma remota o professor terá que ter uma conta Gmail<sup>1</sup>;
- b. Aplique um questionário inicial de conhecimentos prévios<sup>2</sup>;
- c. Distribua o Folder para orientação dos alunos sobre o que podem esperar do seminário<sup>3</sup>;

1 Disponível no apêndice F deste Produto Educacional;

2 Disponível no apêndice A1 ou em: <https://1drv.ms/b/s!AqyUl0ofGzXohPEX8PdT0zFUvNaLmw?e=Jocal7>

3 Disponível no Apêndice A3 ou em: <https://1drv.ms/u/s!AqyUl0ofGzXohN4laQLjdxwuKpjnbA?e=ozWnTL>

- d. Apresente o seminário<sup>4</sup> para os alunos.
- e. Abra um momento, de preferência no final, para uma discussão sobre os temas. Tenha certeza de que irão surgirem muitas perguntas e curiosidades.
- f. Se a aplicação for remota, analise as porcentagens no Google Forms<sup>5</sup>;
- g. Monte uma tabela de acertos para os alunos conforme a Tabela 1:

Tabela 1. Resultado do número de acertos antes e depois da aplicação da atividade realizada no primeiro encontro.

Alunos	Total de acertos Aplicação 1	Total de acertos (%)	Total de acertos Aplicação 2	Total de acertos (%)
Aluno 01				
Aluno 02				
Aluno 03				
Aluno 04				
Aluno 05				
Aluno 06				
Aluno 07				
Aluno 08				
Aluno 09				
Aluno 10				
Média de Acertos				

### (PASSO 2)

- a. Para o início da segunda etapa, aplique um questionário inicial de conhecimentos prévios sobre a estrutura solar<sup>6</sup>;
- b. Apresente o seminário sobre estrutura solar<sup>7</sup>;
- c. Baixe o arquivo da maquete solar e aplique para os alunos. Eles deverão levar um tempo considerável para montagem completa. É indicado que o professor monte antes um modelo para poder tirar as dúvidas de montagem dos alunos<sup>8</sup>;
- d. Registre todos esses momentos de montagem.
- e. Com a maquete pronta, discuta o interior solar, mostrando as camadas e revi-

4 Disponível no Apêndice A2 ou em: <https://1drv.ms/p/s!AqyUI0ofGzXohOJm4B6VSz5tP5XHqg?e=bWrE6Y>

5 Instruções para usar o Google Forms em Apêndice F.

6 Disponível no Apêndice B1ou em: <https://1drv.ms/b/s!AqyUI0ofGzXohPEC3nlWobMs7Tqlrw?e=OQdNKv>

7 Disponível no Apêndice B2 ou em: <https://1drv.ms/b/s!AqyUI0ofGzXohPEalmbRUi3bJtJRW?e=rQ1aMa>

8 Disponível no Anexo A ou em: <https://creativepark.canon/en/contents/CNT-0011725/index.html>

- sando as funções que foram abordadas no seminário;
- f. Reaplique o questionário para verificar o desenvolvimento da aprendizagem.
  - g. Se a aplicação for remota, analise as porcentagens no Google Forms<sup>9</sup>;
  - h. Monte uma tabela de acertos para os alunos conforme a Tabela 2. Verifique se houve avanço percentual.

Tabela 2. Resultado do número de acertos antes e depois da aplicação da atividade realizada no segundo encontro.

<b>Alunos</b>	<b>Total de acertos Aplicação 1</b>	<b>Total de acertos (%)</b>	<b>Total de acertos Aplicação 2</b>	<b>Total de acertos (%)</b>
<b>Aluno 01</b>				
<b>Aluno 02</b>				
<b>Aluno 03</b>				
<b>Aluno 04</b>				
<b>Aluno 05</b>				
<b>Aluno 06</b>				
<b>Aluno 07</b>				
<b>Aluno 08</b>				
<b>Aluno 09</b>				
<b>Aluno 10</b>				
<b>Média de Acertos</b>				

O resultado da maquete produzida pelos alunos aparece na Figura 8. A montagem consta apenas de recorte e cola, porém deve-se prestar muita atenção no encaixe das peças.

---

<sup>9</sup> Instruções para usar o Google Forms em Apêndice F.

Figura 8. Maquetes finalizadas pelos alunos da estrutura solar.



(a)



(b)



(c)

### (PASSO 3)

- a. Para o início da terceira etapa, escolha artigos, livros ou outros documentos oficiais que envolvam Astronomia para os alunos lerem. Sugestões:
  - I. O Equilíbrio e a estrutura estelar em uma abordagem simples: A Sequência Principal (artigo) – Bandecchi *et all* (2019);
  - II. Nascimento, vida e morte das estrelas (Artigo) – Jablonaki e Damineli;
  - III. Evolução Estelar (artigo) – Ortiz (2014);
  - IV. Astronomia, astrofísica e cosmologia para o Ensino Médio (artigo) – Fróes (2014);
  - V. Aprendendo sobre o Sol (artigo) – Tavares (2000);
  - VI. Estrelas: Uma Análise da sequência principal do diagrama H-R (monografia) – Rodrigues (2013);
  - VII. Estrelas: Nascimento e morte – qual o futuro do Sol? (monografia) – Soares (2012);
  - VIII. Abundâncias químicas de nebulosas planetárias na conexão bojo-disco (dissertação) – Moraes (2008);
  - IX. A molécula H<sub>2</sub> em nebulosas planetárias (dissertação) – Aleman (2002);
  - X. Processos físicos e propriedades cinemáticas em nebulosas planetárias extensas (Tese) – Lago (2017);
  - XI. Astronomia e Astrofísica (livro) – Oliveira e Saraiva (2004).
- b. Distribua o artigo para os alunos. Sugestão: apresente todos os artigos para os alunos e do que se trata, pois assim fica mais fácil a escolha.
- c. Com o artigo em mãos e lido, os alunos deverão elaborar um mapa conceitual, resenha, folder ou apresentação oral. Caso o aluno escolha a apresentação

oral, o professor deverá abrir um espaço da sua aula para esta finalidade. Caso o material para análise escolhido seja o mapa conceitual ou resenha o professor deverá corrigir e fazer a devolutiva. Na Figura 9 podemos ver um exemplo produzido por um aluno.

Figura 9. Material em estilo folder produzida por um aluno após a leitura da escolha do artigo.

**LUMINOSIDADE ESTELAR**

O questionamento acerca da origem da luminosidade das estrelas entrou em vigor no século XIX com o desenvolvimento da Termodinâmica e do Eletrromagnetismo. A partir dessa indagação houveram diversas hipóteses que só obtiveram sucesso no século XX.

**Sir Arthur Stanley Eddington**

Astrônomo inglês. Stanley foi o primeiro a chegar a conclusão de que uma intensa fonte de energia localizada no núcleo da estrela geraria a pressão que compensa a força da gravidade, estabilizando a estrela. Através da relação entre a massa do núcleo do hélio e soma das partículas livres, chegou-se a conclusão que esta diferença estaria relacionada ao brilho das estrelas.

**Por que as estrelas são estáticas?**

Estáticas refere-se à capacidade de não se expandir nem contrair em um curto espaço de tempo. Isso acontece por que há um equilíbrio entre duas forças antagônicas: A gravidade, que exerce força atrativa e a pressão, repulsiva.

**CONCEITO INICIAL**

O estudo da evolução estelar pode ser feito a partir da análise de aglomerados de estrelas, tal como suas peculiaridades sob um ponto de vista evolutivo. Estes aglomerados apresentam estrelas que diferem em suas massas e características, como confirmado pelo estudo do diagrama H-R. Logo, é provável uma relação direta entre a massa de uma estrela e o tempo necessário para um alcance de determinado estágio evolutivo.

**PROJETO ASTRO**  
EVOLUÇÃO ESTELAR

**SPACEx**

POR:

#### (PASSO 4)

- a. Antes da quarta etapa com os estudantes, siga as instruções<sup>10</sup> para criar os modelos de quebra-cabeça ou use os disponíveis no arquivo<sup>11</sup>;
- b. Com os modelos de nebulosa no formato JPEG de imagem, adicione no site <<https://www.jigsawplanet.com/>> conforme as instruções no item (a);
- c. No dia do encontro online com os estudantes, faça uma introdução sobre nebulosas e peça para os alunos escolherem um número (conforme o número de estudantes) para o sorteio do quebra-cabeça. Depois disponibilize o link para a montagem do quebra-cabeça de acordo com a numeração pedida;
- d. Caso opte por fazer presencial essa atividade, a “arte” (figura da nebulosa) deve ser impressa por uma gráfica especializada em montagem de quebra ca-

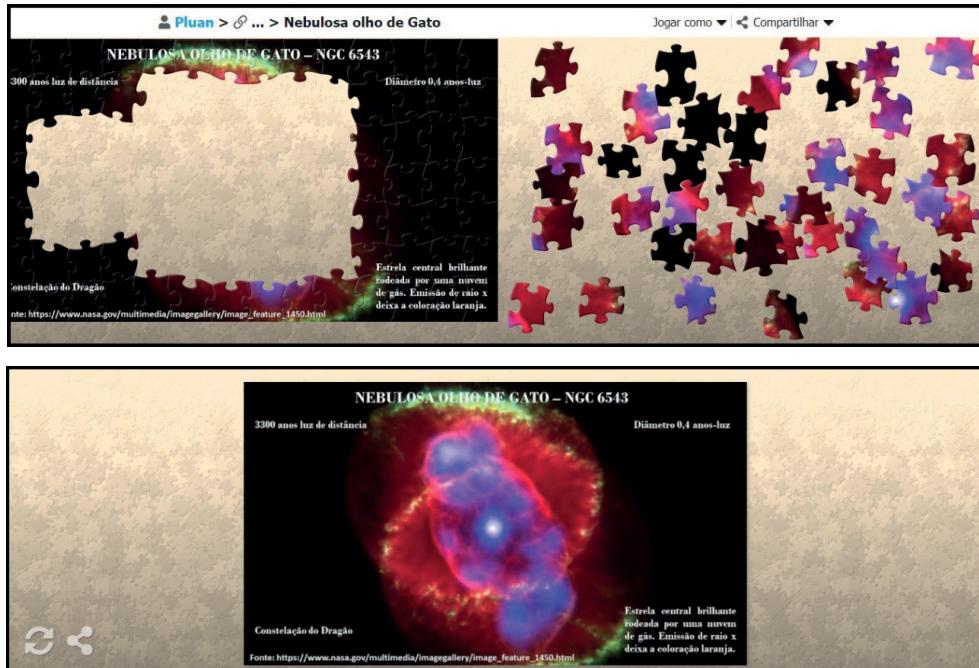
10 Instruções disponíveis no Apêndice F para criação do quebra-cabeça;

11 Quebra-cabeças disponíveis no Apêndice D;

beça e disponibilizada, no mesmo estilo de sorteio, para os alunos no momento da aula.

- e. Os alunos devem tirar um print ou foto do tempo gasto e do quebra-cabeça pronto após a montagem;
- f. Elabore uma ficha física ou no Google Forms (digital) para saberem as opiniões, sugestões ou críticas dos alunos. Na Figura 10 podemos ver um exemplo da montagem do quebra-cabeça realizada por um aluno.

Figura 10. Realização do quebra-cabeça da nebulosa olho de gato de acordo com o número escolhido.



### (PASSO 5)

- a. Nessa próxima etapa com os alunos, eles deverão construir um *Banner* com a nebulosa encontrada no quebra-cabeça;
- b. Peça para que os alunos pesquisem sobre a nebulosa em sites confiáveis, como o da NASA;
- c. Disponibilize um modelo de *Banner*<sup>12</sup>.
- d. Oriente os alunos o que deve ter em cada seção do *Banner*, incluindo figuras da sua nebulosa e as referências;
- e. Marque um outro encontro para orientação e ajustes finais no *Banner*; Um

12 Sugestão: <<https://portal.ifrn.edu.br/pesquisa/eventos/congic/x/modelos/modelo-apresentacao-em-poster-ppt/view>>

exemplo do *Banner* produzido pelos alunos pode ser visto na Figura 11.

- f. O material produzido pelos alunos podem ser apresentados em feiras promocionais promovidos pela escola. Convide-os!
- g. Reaplique o mesmo questionário inicial feito no passo 1;
- h. Complete a tabela, conforme já disponibilizado no passo 1, e compare os avanços percentuais.
- i. Ao final de tudo, faça uma pesquisa de intenção, por exemplo, se o conteúdo de Astronomia deve ser mais visto em sala de aula, qual a importância da Astronomia no ensino ou se a participação na SDI o motivou a seguir carreira na área.

E ai, professor! A SDI ajudou os alunos compreenderem melhor os conceitos de FMC ou outros aspectos da Astronomia?

Figura 11. Realização do *Banner* produzido por um aluno segundo a escolha do artigo.

**JORNADA  
CIENTÍFICA**

## EVOLUÇÃO ESTELAR

Patrick Luan Pacheco Ramos (Orientador)  
Email: [REDACTED]@gmail.com, luanuefs@hotmail.com

### 1. INTRODUÇÃO

O Universo é formado por galáxias que são constituídas por estrelas, gás e poeira. As estrelas sempre tiveram uma grande importância no desenvolvimento das civilizações e tinham influência principalmente na orientação e navegação. Desde a antiguidade, despertaram a curiosidade e admiração do ser humano.

As estrelas são esferas luminosas de gás super aquecido, que podem apresentar sistemas planetários, como exemplo o Sistema Solar. O Sol é uma estrela localizada no Sistema Solar, constituída de gás incandescente e em sua grande parte formada de Hidrogênio e Hélio.

### 2. EVOLUÇÃO ESTELAR

No Universo existem bilhões de regiões formadoras de estrelas, conhecidos como "berçário de estrelas" e são na verdade grandes nuvens de gás e poeira. Essas nuvens, conhecidas como nuvens interestelares, se formam dentro de nebulosas.

Em centenas de milhões de anos, a nuvem adquire a forma de um disco, a gravidade atua no centro do disco e o transforma em uma esfera, onde a temperatura chega a 2 milhões de graus, este sistema formado é chamado de protostrela.

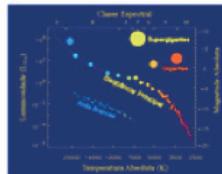


Fonte: <https://images.app.goo.gl/vCFIdSGdamGradLE7>

Dez milhões de anos mais tarde, o centro de Hidrogênio da protostrela ferve a uma alta temperatura, nesse ponto o centro se torna quente o suficiente para suportar a fusão termonuclear, os átomos de Hidrogênio se movem tão rápidos devido a temperatura extremamente alta, que colidem e se fundem formando átomos de Hélio. Essa reação fornece energia para manter a estrela "viva" e se transforme em uma fonte constante de luz e calor.

Uma Anã Marrom é uma estrela que não deu certo, elas possuem temperaturas muito baixas, portanto emite pouquíssima luz, tem as mesmas componentes de uma estrela, mas não tem massa suficiente para sustentar a fusão, sem a fusão, elas começam a se comportar como planetas.

As estrelas são classificadas em função de suas propriedades, como cor, temperatura superficial e características espectrais. Essa classificação utiliza o diagrama H-R, um gráfico que relaciona os parâmetros ligados a luminosidade e cor.



Fonte: <http://www.if.ufrgs.br/fis02001/aulas/hrdiag.html>

Estrelas que estão processando hidrogênio em hélio em seu núcleo estão distribuídas em uma sequência diagonal do diagrama H-R: a sequência principal. O que determina onde uma estrela se localiza na sequência principal é a sua massa. A estrela deixa a sequência principal e segue uma trajetória ascendente vertical, rumo ao ramo das gigantes vermelhas

A medida que o hidrogênio é convertido em hélio, a fonte de energia no núcleo da estrela lentamente se esgota, ela não consegue mais sustentar a força gravitacional. Uma estrela pode morrer de três formas tornando-se uma Anã Branca, Estrela de Nêutrons ou virando um Buraco Negro.

### 4. CONCLUSÃO

É possível concluir que estudar o ciclo de vida das estrelas, bem como elas nascem e se desenvolvem agrega grande valor aos conhecimentos acerca do Universo e dos demais corpos celestes, além disso os estudos astronômicos podem abrir portas ao desenvolvimento de novas tecnologias importantes no nosso cotidiano.

### 5. REFERÊNCIAS

- ORTIZ, Roberto. **EVOLUÇÃO ESTELAR - I**. 2014. Disponível em:[http://each.uspnet.usp.br/orlitz/classeis/Leitura\\_s21\\_Evolucao\\_Estelar1.pdf](http://each.uspnet.usp.br/orlitz/classeis/Leitura_s21_Evolucao_Estelar1.pdf). Acesso em: 14 abr. 2021.
- SOARES, Jaqueline Acosta Zucco. **ESTRELAS: NASCIMENTO E MORTE – QUAL O FUTURO DO SÓL**2012. Disponível em: <http://site.dfi.uem.br/wp-content/uploads/2016/12/JAQUELINE-ACOSTA-ZUCCO.pdf>. Acesso em: 14 abr. 2021.

Na Tabela 3 poderemos verificar os passos necessários para realização da SDI e produção do Produto Educacional.

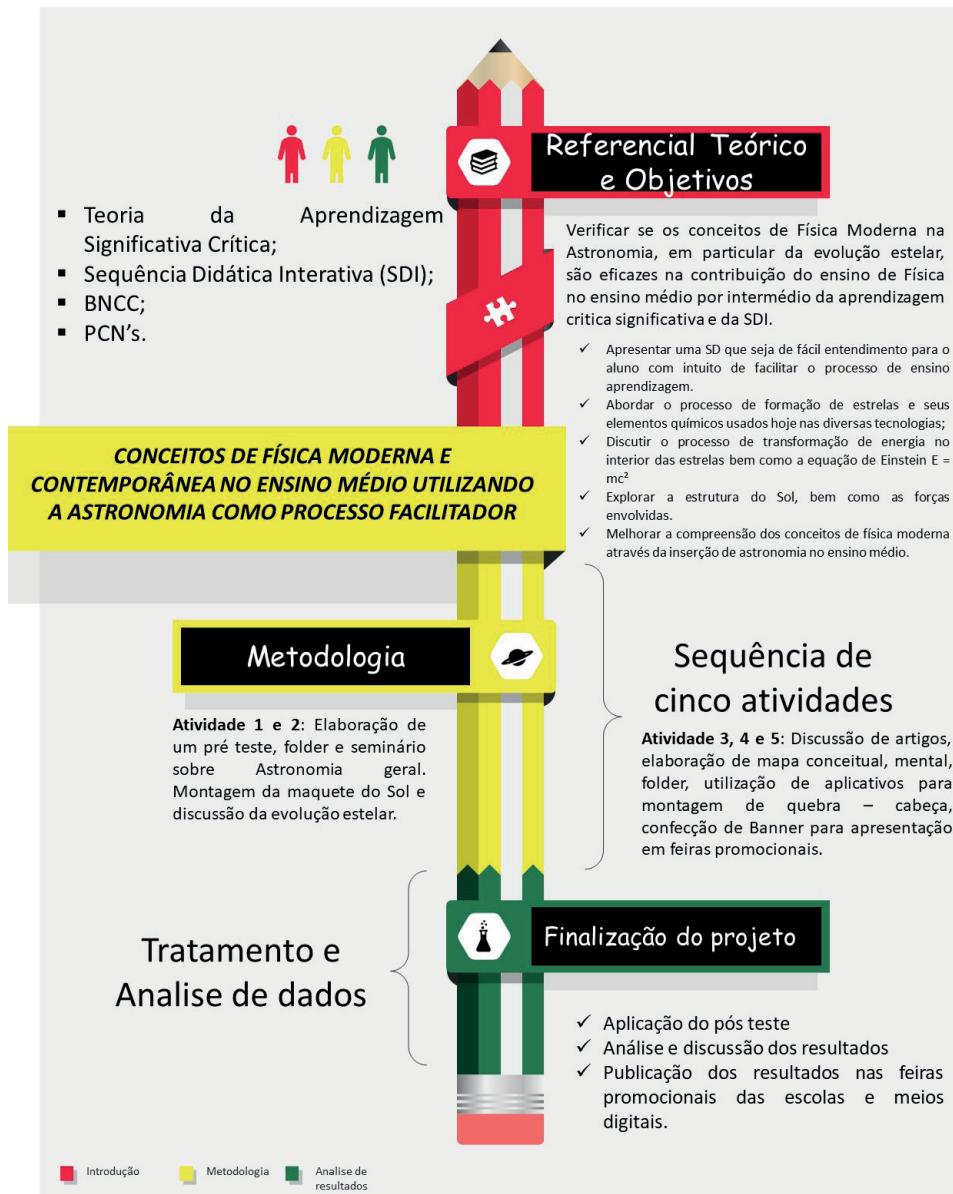
Tabela 3. Organização da SDI. Encontros e materiais necessários para realização da SDI.

ENCONTROS DIDÁTICOS	Duração (Horas e minutos)	MATERIAIS NECESSÁRIOS
<b>1º Encontro</b> <b>O Seminário</b>	<b>2h</b>	Computador, acesso à internet, ferramenta <i>Google Meet</i> , ferramenta <i>Google</i> formulários, programa Power point
<b>2º Encontro</b> <b>A maquete do Sol</b>	<b>3h20min</b>	Computador, acesso à internet, ferramenta <i>Google Meet</i> , ferramenta <i>Google</i> formulários, tesoura, cola, impressora e papel
<b>3º Encontro</b> <b>Leitura e discussão de artigos</b>	<b>1h40min</b>	Computador, acesso à internet, ferramenta <i>Google Meet</i> , artigos, papel, canetas coloridas
<b>4º Encontro</b> <b>Quebra cabeça virtual</b>	<b>1h40min</b>	Computador, acesso à internet, ferramenta <i>Google Meet</i> , ferramenta <i>Google Meet</i> , quebra cabeça digital.
<b>5º Encontro</b> <b>Produção do Banner</b>	<b>2h30min</b>	Computador, acesso à internet, ferramenta <i>Google Meet</i> , ferramenta <i>Google</i> formulários, programa Power point.

Fonte: Próprio autor.

Na Figura 12 poderemos ver a SDI descrita em um infográfico.

Figura 12. Sequência Didática. Representação metodológica da SDI



Fonte: Próprio autor.

## CONSIDERAÇÕES FINAIS

A aplicação da SDI se mostrou muito eficiente para a compreensão dos conceitos de FMC, conforme os resultados positivos mostrados que foram colhidos e analisados. Segundo a análise dos alunos, a atividade é de suma importância para a compreensão do Universo, da percepção de mundo no nosso cotidiano, para compreensão de fenômenos naturais, promove a interdisciplinaridade com outras áreas do conhecimento, favorecer a consciência da exploração espacial e suas tecnologias além de ajudar em exames nacionais como o Exame Nacional do Ensino Médio (ENEM), a Olimpíada Brasileira de Astronomia e Astronáutica (OBA) e a Olimpíada Brasileira de Física (OBF). Alguns desses comentários podemos ver a seguir:

*“Acredito que aprendi muito e tive uma experiência excelente com esse projeto, por ter tido acesso a conteúdo muito interessantes, que normalmente não são dados na escola.”*

*“Estudando a Astronomia, é possível entender vários fenômenos físicos e a origem de várias coisas no universo, que são importantes para nós. Além disso, é um conhecimento que, sendo adquirido, pode, inclusive, ser relacionado com outras áreas da vida e dos estudos de forma “intertextual”.”*

*“O estudo da Astronomia é fulcral para a formação educacional de um cidadão uma vez que assuntos abordando o Universo se mostram cada vez mais presentes no nosso cotidiano assim como nos meios acadêmicos. Desse modo, tendo em vista a crescente presença humana no espaço, é de suma importância que as pessoas tenham conhecimento na área para não ficarem à parte das novas descobertas.”*

*“Muita importante, foi uma fonte interminável de conhecimento que com certeza vai me ajudar em algum momento, seja para entender algum fenômeno do universo que esteja acontecendo, seja para alguma carreira que possa decidir seguir.”*

Vale lembrar a combinação excelente entre o conteúdo a ser ensinado, Física Moderna, e a Astronomia deve servir como agente motivador na contextualização do problema e na sua resolução. Para mais detalhes sobre o trabalho tais como apresentação de dados, estatísticas entre outros, consulte a versão completa da dissertação no portal<sup>1</sup> do MPASTRO, na EDUCAPES<sup>2</sup> ou no banco de Dissertações e Teses da Biblioteca Central Julieta Carteado da UEFS<sup>3</sup>.

1 Disponível em: <https://www.mp-astro.ufes.br/dissertacoes>

2 Disponível em: <https://educapes.capes.gov.br/>

3 Disponível em: <https://www.sisbi.ufes.br/modules/conteudo/conteudo.php?conteudo=18>

## REFERÊNCIAS

- ABANS, Max. **Nebulosas Planetárias**. Revista Naturale. Dezembro 2013 a janeiro de 2014. Disponível em: <[https://www.diagrarte.com.br/wp-content/uploads/2014/12/Nebulosas-planetarias\\_naturale-24-ed.pdf](https://www.diagrarte.com.br/wp-content/uploads/2014/12/Nebulosas-planetarias_naturale-24-ed.pdf)> Acesso em: 23/03/21.
- ALEMAN, Isabel Regina Guerra. **A molécula H<sub>2</sub> em Nebulosas Planetárias**. Departamento de Astronomia. Instituto de Astronomia e Geofísica. Universidade de São Paulo, 2002. Disponível em: <[https://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/14/14131/tde-23102007-120700/publico/Isabel\\_Aleman\\_mestrado.pdf](https://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/14/14131/tde-23102007-120700/publico/Isabel_Aleman_mestrado.pdf)> Acesso em: 23/03/21.
- BRASIL. MEC. c. **A etapa do ensino médio**. Brasília, MEC/SEB, 2018. Disponível em: <<http://portal.mec.gov.br/docman/abril-2018-pdf/85121-bncc-ensino-medio/file>> Acesso em: 10/04/21.
- BRASIL. MEC. SEMTEC. 1999. **Parâmetros Curriculares Nacionais para o Ensino Médio**. Brasília: Secretaria de Educação Média e Tecnologia. Disponível em: <<http://portal.mec.gov.br/setec/arquivos/pdf/BasesLegais.pdf>> Acesso em: 23/03/21.
- BRASIL. MEC. SEMTEC. **Parâmetros Curriculares Nacionais + (PCN+) - Ciências da Natureza e suas Tecnologias**. Brasília: MEC, 2002. Disponível em: <<http://portal.mec.gov.br/seb/arquivos/pdf/CienciasNatureza.pdf>> Acesso em: 23/03/21.
- FROES, André Luís Delvas. **Astronomia, astrofísica e cosmologia para o Ensino Médio**. Rev. Bras. Ensino Fís., São Paulo, v. 36, n. 3, p. 1-15, setembro. 2014. Disponível em: <[http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1806-11172014000300016&lng=en&nrm=iso](http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1806-11172014000300016&lng=en&nrm=iso)>. Acesso em: 23/03/21.
- GONÇALVES, Denise Rocha. **Nebulosas Planetárias: O Belo em Detalhes**. 2015. Disponível em: <<http://www.telescopiosnaescola.pro.br/goncalves.pdf>>. Acesso em: 26/06/2019.
- HALLIDAY, D.; RESNICK, R.; WALKER, J. **Fundamentos de Física: gravitação, ondas e termodinâmica**. V. 2, 8º edição. LTC. Rio de Janeiro. 2009.
- JABLONSKI, F. J.; DAMINELI, A. N. **Nascimento, Vida e Morte das Estrelas**. Instituto Astronômico e Geofísico da USP. São Paulo. Disponível em: <<http://www.sbfisica.org.br/rbef/pdf/vol01a13.pdf>> Acesso em: 23/03/21.
- LAGO, Paulo Jackson Assunção. **Parâmetros Físicos e abundantes de Nebulosas Planetárias**. 2013. Disponível em: <[http://www.iag.usp.br/pos/sites/defa\\_ult/files/d\\_paulo\\_j\\_a\\_lago\\_corrigida.pdf](http://www.iag.usp.br/pos/sites/defa_ult/files/d_paulo_j_a_lago_corrigida.pdf)>. Acesso em: 26/06/2019.
- LAGO, Paulo Jackson Assunção. **Processos físicos e propriedades cinemáticas em nebulosas planetárias extensas**. Departamento de Astronomia. Instituto de Astronomia, Geofísica e Ciências Atmosféricas. Universidade de São Paulo, 2017. Disponível em: <[https://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/14/14131/tde-16062018-104540/publico/tese\\_corr.pdf](https://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/14/14131/tde-16062018-104540/publico/tese_corr.pdf)> Acesso em: 23/03/21.
- MOREIRA, Marco A. **Aprendizagem significativa crítica**. Instituto de Física, UFRGS. Brasil, Rio Grande do Sul. Pg 47 á 65. 2010. Disponível em: <<https://core.ac.uk/download/pdf/303039831.pdf#page=48>> acesso em: 13/04/21 às 16:10.
- MOREIRA, Marco A. **Subsídios Teóricos para o Professor Pesquisador em Ensino de Ciências: A Teoria da Aprendizagem Significativa**. Instituto de Física, UFRGS. 1º edição. Porto Alegre. 2009. Disponível em: <<http://moreira.if.ufrgs.br/Subsidios5.pdf>> Acesso em: 23/03/21.

NASA. Disponível em: <[www.nasa.gov/](http://www.nasa.gov/)>. Acessando em: 12/04/2021

OLIVEIRA, E.T.; SILVA, A.C.; PIZZI, M.; LACERDA, T.C. Proposta de sequência didática para hidrostática: Aprendizagem ativa em destaque no ensino de física. Caderno Brasileiro de Ensino de Física. V.38, n.1. 2021. Disponível em <<https://periodicos.ufsc.br/index.php/fisica/article/view/73263/4575>>. Acesso em 24/07/21.

OLIVEIRA, K. de S. F.; SARAIVA, M. de F. O., **Astronomia e Astrofísica**, Editora da Universidade, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 1º edição, 2000 e Editora Livraria da Física, 2a edição, 2004. Disponível em: <<http://astro.if.ufrgs.br/livro.pdf>> Acesso em: 23/03/21.

OLIVEIRA, M. M. de; SILVA, A. P. B. da. **A sequência didática interativa como proposta para a formação de professores de matemática**. Encontro Nacional de Pesquisas em educação em Ciências. Florianópolis. Novembro 2009. Disponível em: <<http://www.fep.if.usp.br/~profis/arquivos/vienpec/VII%20ENPEC%20-%202009/www.foco.fae.ufmg.br/cd/pdfs/430.pdf>> Acesso em: 23/03/21.

OLIVEIRA, Maria Marly de. **Sequência didática interativa no ensino de ciências**. IV Colóquio Internacional Educação e Contemporaneidade. ISSN: 1982-3657. Disponível em: <[http://educonse.com.br/2010/eixo\\_05/E5-35a.pdf](http://educonse.com.br/2010/eixo_05/E5-35a.pdf)> Acesso em: 23/03/21

OLIVEIRA, Maria Marly de. **Sequência didática interativa no processo de formação de professores**. Editora Vozes. 2013.

ORTIZ, Roberto. **Evolução Estelar – I. Aperfeiçoamento em Astronomia para a docência**. Leitura semana 21. 2014. Disponível em: [http://each.uspnet.usp.br/ortiz/classes/Leitura\\_s21\\_Evolucao\\_Estelar1](http://each.uspnet.usp.br/ortiz/classes/Leitura_s21_Evolucao_Estelar1). Acesso em: 23/03/21.

OSTERMANN, F.; MOREIRA, M.A. **Uma revisão bibliográfica sobre a área de pesquisa “física moderna e contemporânea no ensino médio”**. Investigação em Ensino de Ciências. UFRGS. Página 23-48. Porto Alegre, RS. 2000. Disponível em: <<https://www.if.ufrgs.br/cref/ojs/index.php/ienici/article/view/600/390>>. Acesso em: 23/03/21.

PEREIRA, Vera Jatenco. **A Estrela Sol. Licenciatura em Ciências**. USP/Univesp. Disponível em: <[https://midia.atp.usp.br/impressos/lic/modulo01/estrelas\\_PL0006/Estrelas\\_top04.pdf](https://midia.atp.usp.br/impressos/lic/modulo01/estrelas_PL0006/Estrelas_top04.pdf)>. Acesso em 02/06/21.

PERUZZO, J.; POTTKER, W. E.; PRADO, T. G. **Física Moderna e Contemporânea: das teorias quânticas e relativísticas às fronteiras da física**. São Paulo: Editora Livraria da Física, 2013.

RAMOS, P.L.P. **Sequência didática interativa utilizando a evolução estelar para compreensão de conceitos de Física Moderna e Contemporânea**. Universidade Estadual de Feira de Santana. Mestrado Profissional em Ensino de Astronomia. Feira de Santana. 2021.

REIS, Norma T. O. **NEBULOSAS – Nuvens de brilho no nascimento e morte das estrelas**. Disponível em: <<https://educacaoespacial.files.wordpress.com/2010/10/nebulosas1.pdf>>. Acesso em 04/07/2019.

RODRIGUES, Railson Carneiro Alexandrino. **Estrelas: Uma análise da sequência principal do diagrama H-R**. Centro de Ciências Exatas e Tecnológicas. Universidade Federal do Recôncavo da Bahia. Cruz das Almas, 2013. Disponível em: <<http://www.repositoriodigital.ufrb.edu.br/bitstream/123456789/814/1/Monografia%20de%20Railson%20Carneiro.pdf>> Acesso em: 23/03/21.

RODRIGUES, P.M.L; LIMA, W.S.R; VIANA, M.A.P. **A importância da formação continuada de professores da educação básica: a arte de ensinar e o fazer cotidiano.** Saberes Docentes em Ação. V. 03, n.01. ISSN 2525-4227. Maceió, 2017.

SOARES, Jaqueline Acosta Zucco. **Estrelas: Nascimento e Morte – Qual o futuro do Sol?** Departamento de Física, centro de ciências exatas. Universidade Estadual de Maringá, 2012. Disponível em: <<http://site.dfi.uem.br/wp-content/uploads/2016/12/JAQUELINE-ACOSTA-ZUCCO.pdf>> Acesso em: 23/03/21.

SOLER, D. R.; LEITE, C. **Importância e justificativas para o ensino de astronomia: um olhar para as pesquisas na área.** II Simpósio Nacional de Educação em Astronomia. São Paulo, 2012. Disponível em: Acesso em:

TAVARES, M. **Aprendendo sobre o Sol.** Instituto de Física. Revista Brasileira de Ensino de Física, vol. 22, nº 1. Universidade Federal Fluminense. Niterói, Rio de Janeiro, 2000. Disponível em: <[http://snea2012.vitis.uspnet.usp.br/sites/default/files/SNEA2012\\_TCO21.pdf](http://snea2012.vitis.uspnet.usp.br/sites/default/files/SNEA2012_TCO21.pdf)> Acesso em: 23/03/21.

VALADARES, E. C., MOREIRA, A. M. **Ensino de física moderna no segundo grau: efeito fotoelétrico, laser e emissão de corpo negro.** Caderno Catarinense de Ensino de Física, Florianópolis, v. 15, n. 2, p. 121-135, ago. 1998. Disponível em: <<https://periodicos.ufsc.br/index.php/fisica/article/view/6896/7584>> Acesso em: 23/03/21.

# APÊNDICES

## APÊNDICE A – FERRAMENTAS UTILIZADAS NO PRIMEIRO ENCONTRO

### A1) Questionário para obtenção dos conhecimentos prévios (Pré-teste)



**1 – De acordo com sua concepção escreva o que é a Astronomia.**

---

---

---

**2 – O Sol é um(a):**

- a. Bola de fogo;
- b. Asteroide;
- c. Estrela;
- d. Um planeta;
- e. Uma constelação.

**3 – Considerando o nosso Sol, é confiável dizer que é dividido em camadas?  
Se sim, quais são elas?**

- a. O sol não possui camadas, é apenas uma “bola” gigante de gás e chamas com temperaturas altíssimas;
- b. O sol é dividido em núcleo, zona radiativa, zona convectiva, fotosfera, cromosfera e coroa;
- c. O sol é dividido em núcleo, zona radiativa, coroa, zonas de convecções, temperadas e gravitacionais;

- d. O sol é dividido em núcleo, zona convectiva, fotosfera, manchas solares, cromosfera, coroa solar e proeminências;
- e. O sol é dívida em núcleo, zona radiativa, fotosfera, cromosfera e manchas solares.

**4 - Quantos planetas existem no nosso Sistema Solar?**

- a. 9 planetas;
- b. 8 planetas;
- c. 7 planetas;
- d. 6 planetas;
- e. Apenas um planeta.

**5 – Qual principal elemento da tabela periódica, que o Sol utiliza como principal fonte de combustível?**

- a. Hélio;
- b. Hidrogênio;
- c. Carbono;
- d. Silício;
- e. Gases nobres.

**6 – O Sol já viveu por 5 bilhões de anos e viverá por mais 5 bilhões de anos.  
Depois que o Sol entrar em colapso, ele deverá:**

- a. Tornar-se uma gigante vermelha e posteriormente uma anã branca;
- b. Tornar-se uma gigante vermelha e posteriormente um buraco negro;
- c. Sofrer um colapso gravitacional, tornando-se uma gigante azul;
- d. Sofrer um colapso gravitacional, tornando-se uma anã branca direto;
- e. Colapsar gravitacional se transformando em um buraco negro.

**7 – Ao olhar para o Sol, percebemos um intenso brilho, que é gerado pelo(a):**

- a. Intenso calor do seu núcleo;
- b. Intenso calor da sua coroa;
- c. Intenso calor da fotosfera;

- d. Reações termonucleares;
- e. Reações das manchas solares.

**8 – Qual é a força envolvida, que mantém os planetas “ligados ao Sol”, assim como a Lua atraída pela Terra, e vice-versa?**

- a. Força resultante;
- b. Força gravitacional;
- c. Força de repulsão;
- d. Força eletromagnética;
- e. Força nuclear.

**9 – Para o Sol se manter em constante queima, um processo é responsável pela liberação de energia, quando o Hidrogênio é transformado em outros isótopos ou elemento químico. O processo para esse efeito é chamado de:**

- a. Força Gravitacional;
- b. Fissão Nuclear;
- c. Força de Repulsão;
- d. Fusão Nuclear;
- e. Força Motora.

**10 – Qual a diferença de Fusão para Fissão nuclear?**

---

---

**11 – Em relação a nossa Lua é correto afirmar que:**

- a. É um asteroide;
- b. É um meteoro;
- c. É um satélite natural;
- d. É um planeta anão;
- e. É uma estrela, pois brilha.

**12 – As nebulosas planetárias são objetos lindos de observar. Elas desenvolvem um papel crucial na evolução química de uma galáxia, enviando material para o meio interestelar e enriquecendo elementos mais pesados por meio da nucleossíntese. Devido as estranhas figuras, que formam, carregam nomes mais exóticos ainda. Mas, o que são Nebulosas Planetárias?**

- a. São nuvens formadas do mesmo material, que as nuvens na nossa atmosfera;
- b. São nuvens contendo radiação, e outros tipos de elementos;
- c. São objetos gelados no espaço, que dão origem a galáxias, já que se parece com uma;
- d. São nuvens compostas de poeira interestelar, gás hidrogênio e plasma;
- e. São objetos constituídos de radiação cósmica formando tudo que conhecemos.

**13 – Sobre as nebulosas é correto afirmar que:**

- a. São berçários para formação de novas estrelas;
- b. São berçários para formações de galáxias;
- c. São berçários para formação de planetas;
- d. Se originam através do big bang;
- e. São nuvens que originam supernovas.

**14 – A força responsável pelo colapso de uma nebulosa é:**

- a. Força eletromagnética;
- b. Força Magnética;
- c. Força Nuclear;
- d. Força interestelar;
- e. Força Gravitacional.

**15 – Na mecânica Newtoniana, a grandeza física capaz de manter em equilíbrio todos os planetas do sistema solar é uma força atrativa do tipo gravitacional. Einstein, em 1905, propôs a Teoria da Relatividade Especial, e 1915 modificou sua teoria tornando mais ampla, a Teoria Geral da Relatividade. Essa teoria completa os conceitos Newtonianos por meio da ideia de espaço-tempo. Com relação a essa teoria:**

- a. Corpos massivos não causam nenhuma influência ao redor do espaço;
- b. A luz, ao viajar próximo de corpos massivos, não sofre nenhuma interação;

- c. Corpos massivos distorcem o espaço-tempo, logo objetos próximos são atraídos;
- d. Com a sua teoria da relatividade, o sistema de referência agora se torna absoluto;
- e. A velocidade da luz é alterada devido a distorção do espaço-tempo.

Arquivo disponível em: <<https://1drv.ms/b/s!AqyUI0ofGzXohPEX8PdT0zFUvNaLmw?e=Jocal7>>

## A2) Seminário: Astronomia, uma visão geral.

The cover features a blue and purple abstract background. At the top left is the logo of the Universidade Estadual de Feira de Santana (UEFS). At the top right is the text 'Pós-Graduação em Astronomia MESTRADO PROFISSIONAL UEFS' next to a small icon of a telescope. The title 'UNIVERSIDADE ESTADUAL DE FEIRA DE SANTANA DEPARTAMENTO DE FÍSICA PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ASTRONOMIA MESTRADO PROFISSIONAL' is centered above the author's name. Below the title, it says 'PATRICK LUAN PACHECO RAMOS' and 'Orientador: Prof. Dr. Carlos Alberto de Lima Ribeiro'. The main title 'Astronomia, uma visão geral' is prominently displayed in large, white, serif font. Below it, the 'Linha de Pesquisa: Ensino Interdisciplinar de Astronomia e a Difusão Científico-Tecnológica' and 'Tema(s): Elementos de Física e Matemática aplicados à Astronomia; Produção e Utilização de Materiais Didáticos em Astronomia; Divulgação Científica em Astronomia' are listed.

Disponível em: <<https://1drv.ms/p/s!AqyUI0ofGzXohOJm4B6VSz5tP5XHqg?e=bWrE6Y>>

## A3) Folder informativo do seminário.

Frente do folder

The front page contains several sections: 'Ciclo de vida de uma estrela' with a diagram showing stellar evolution stages; 'Diagrama H-R de sequência principal das estrelas' with a graph plotting luminosity (L\*) and temperature (T) for different stellar types; 'Fases da Lua' showing various phases of the moon; 'Cometas' showing images of comets; and a warning 'Não jogar o folheto em vias públicas' (Do not throw the booklet on public roads).

Verso do Folder

The back page is divided into four quadrants: 'O que é Astronomia?' with text about the study of celestial bodies; 'O Sistema Solar' with an illustration of the solar system; 'Ciclo de vida de uma estrela' with a diagram of stellar life cycles; and 'Representação artística do Sol e os seus planetas em órbita' with an artistic representation of the sun and planets.

(a)

(b)

Disponível em: <<https://1drv.ms/u/s!AqyUI0ofGzXohN4laQLjdxwuKpjnbA?e=ozWnTL>>

## APÊNDICE B – FERRAMENTAS UTILIZADAS NO SEGUNDO ENCONTRO

### B1) Questionário para obtenção dos conhecimentos prévios (Pré teste)



**1 - Nossos ancestrais descobriram que suas vidas dependiam do Sol, tomando assim, como referência para suas crenças e desejos. Hoje sabemos que o Sol é uma estrela ordinária e que como ela existem outras bilhões de estrelas só em nossa galáxia. O Sol não possui uma superfície definida como os planetas rochosos, mas seu interior é bem definido, gerando várias camadas. A respeito da estrutura solar é correto afirmar que o sol possui:**

- Núcleo, zona de radiação, zona de convecção, fotosfera, cromosfera, manchas solares, proeminência solar, grânulos e coroa;
- Núcleo, zonas de radiações, cromosfera, manchas negras, ventos solares, radiação solar, conduções solares e coroa;
- Núcleo rochoso, zona de condução, fotosfera solar, cromosfera térmica, manchas solares, radiação eletromagnética e coroa;
- Núcleo, zonas intermediárias de radiações, conduções eletromagnéticas, ventos solares, proeminência solar e coroa;
- Núcleo, zona de radiação e convecção, fotosfera, manchas solares, proeminências solares, grânulos, coroa e ventos solares.

**2 – A massa do Sol representa cerca de 98,8% da massa total do Sistema Solar sendo que o planeta Júpiter contém a maior parte da massa restante. Seu diâmetro é cerca de 1 400 000 km e sua massa aproximadamente de  $2 \times 10^{30}$  kg. A temperatura varia de 6 000 °C na superfície e 15 milhões no núcleo. O Sol compõe de hidrogênio, hélio e outros metais. A respeito desses componentes, é correto afirmar:**

- a. O Sol é composto de maior porcentagem de hélio do que hidrogênio e uma fração muito menor de outros metais;
- b. O Sol é composto de maior porcentagem de hidrogênio do que hélio e uma fração muito menor de outros metais;
- c. O Sol é composto de porcentagens iguais de hidrogênio e hélio e uma fração considerável de outros metais;
- d. O Sol é composto de maior porcentagem de hélio do que hidrogênio o que explica as flutuações do equilíbrio hidrostático;
- e. O Sol é composto de maior porcentagem de hidrogênio do que hélio, não apresentando outros metais em sua estrutura.

**3 – O núcleo do Sol possui aproximadamente 0,3 raios solares, densidade de até 150 g/cm<sup>3</sup> vezes a densidade da água na Terra e uma temperatura de aproximadamente 15 milhões no núcleo. A rotação de seu núcleo é mais rápida que o restante da zona de radiação e sua maior parte da energia é gerada por fusão nuclear a partir da cadeia:**

- a. Hidrogênio – hélio;
- b. Elétron – elétron;
- c. Próton – próton;
- d. Próton – elétron;
- e. CNO.

**4 – Em uma parte do Sol, chamada de zona de radiação, a energia é transferida para outra zona pelo mesmo processo de propagação da luz, ou seja:**

- a. Convecção;
- b. Condução;
- c. Irradiação;
- d. Eletromagnética;
- e. Fusão.

**5 – A zona de convecção é a camada externa ao Sol, que ocupa cerca de 0,7 raios solares (200 000 km abaixo da superfície solar). Nessa camada do Sol, chamada de zona de convecção, a energia é transportada devido:**

- a. Ao contato com o núcleo;
- b. A camada do Sol em contato com a fotosfera;
- c. Ao gradiente de temperatura;
- d. A radiação liberada pelo núcleo;
- e. A camada do Sol em equilíbrio térmico.

**6 – A superfície do Sol, chamada de fotosfera possui uma temperatura de aproximadamente 6 000°C apresentando regiões de manchas solares que são regiões “frias” e escuras com temperaturas próximas de 3800 °C. A respeito dessa camada é possível afirmar:**

- a. É a parte menos brilhante do Sol, ficando abaixo da cromosfera;
- b. É a parte mais brilhante do Sol, ficando acima da cromosfera;
- c. É a camada onde ocorre as proeminências solares;
- d. É a camada do Sol mais profunda que podemos observar;
- e. É uma camada não observável do Sol.

**7 – A cromosfera é uma camada de atmosfera do Sol com a profundidade cerca de 1500 km localizado entre duas outras camadas. A temperatura varia de acordo com o local analisado. Essa camada, a cromosfera, não é visível, pois a radiação emitida é muito fraca comparada a radiação da fotosfera. A camada poderá ser observada na ocorrência de:**

- a. Eclipse lunar;
- b. Fases de Vênus;
- c. Telescópio;
- d. Eclipse Solar;
- e. Lua Sangrenta.

**8 – A Coroa é a camada mais externa do Sol, onde aparecem as proeminências solares, ou seja, nuvens de gás imensas de gás brilhante que saem da cromosfera superior. A Coroa é constituída de plasma com uma temperatura de um milhão de graus Celsius, muito acima da superfície do Sol. Essa elevada temperatura provoca os ventos solares. Com relação a composição da coroa e a detecção dessa temperatura, a técnica usada para essa descoberta está relacionado(a) com:**

- a. Infravermelho nos telescópios;
- b. Observação direta com telescópios;
- c. Análises de eclipses solar;
- d. Diferença de temperatura entre as camadas;
- e. Medições espectroscópicas.

**9 – A fusão de hidrogênio ocorre segundo uma reação de cadeia, gerando a maior parte da energia do Sol. A fusão inicial entre esses elementos produz um outro, chamado de:**

- a. Trítio;
- b. Hélio;
- c. Hidrogênio;
- d. Carbono;
- e. Deutério.

**10 – O processo de fusão no interior do Sol, produz o hélio estável e mais algumas radiações, como o pósitron, a partícula Gama e uma outra partícula que praticamente não interage com a matéria. Essa partícula é expelida imediatamente do Sol, ao contrário das outras partículas que sofrem inúmeras colisões e abandonam o sol depois de milhares de anos. A partícula, que até então era desconhecida, e jogada para fora do Sol imediatamente é denominada de:**

- a. Nêutrons;
- b. Elétrons;
- c. Quarks;
- d. Léptons;
- e. Neutrinos.

Arquivo disponível em:

<<https://1drv.ms/b/s!AqyUI0ofGzXohPEc3nlWobMs7TqrIw?e=OQdNKv>>

**B2) Apresentação do seminário: Estrutura do Sol.**

The background of the slide features a vibrant, abstract image of a solar flare or a nebula, with swirling purple, blue, and yellow hues against a dark space-like background.

**PÓS-GRADUAÇÃO EM ASTRONOMIA**  
MESTRADO PROFISSIONAL  
UEFS

**UNIVERSIDADE ESTADUAL DE FEIRA DE SANTANA**  
DEPARTAMENTO DE FÍSICA  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ASTRONOMIA  
MESTRADO PROFISSIONAL

**Estrutura do Sol**

**PATRICK LUAN PACHECO RAMOS**  
Orientador: Prof. Dr. Carlos Alberto de Lima Ribeiro

**Linha de Pesquisa: Ensino Interdisciplinar de Astronomia e a Difusão Científico-Tecnológica**

**Tema(s): Elementos de Física e Matemática aplicados à Astronomia; Produção e Utilização de Materiais Didáticos em Astronomia; Divulgação Científica em Astronomia**

Arquivo disponível em: <<https://1drv.ms/b/s!AqyUI0ofGzXohPEalmbRUi3bJtJRw?e=rQ1aMa>>

## APÊNDICE C – MATERIAIS PRODUZIDOS PELOS ALUNOS NO TERCEIRO ENCONTRO

Para melhor resolução das figuras acessar: <<https://1drv.ms/u/s!AqyUI0ofGzXohPULYBP-pFjH2omlxw?e=0Xa3vu>>

### C1) Produção dos alunos no terceiro encontro

Figura 1. Folder construído por um dos alunos a partir do artigo “Evolução Estelar” de Roberto Ortiz

**LUMINOSIDADE ESTELAR**

O questionamento acerca da origem da luminosidade das estrelas entrou em vigor no século XIX com o desenvolvimento da Termodinâmica e do Eletromagnetismo. A partir dessa indagação houveram diversas hipóteses que só obtiveram sucesso no século XX.

**Sir Arthur Stanley Eddington**

Astrônomo inglês, Stanley foi o primeiro a chegar a conclusão de que uma intensa fonte de energia localizada no núcleo da estrela geraria a pressão que compensa a força da gravidade, estabilizando a estrela. Através da relação entre a massa do núcleo do hélio e soma das partículas livres, chegou-se a conclusão que esta diferença estaria relacionada ao brilho das estrelas.

**Por que as estrelas são estáticas?**

Estáticas refere-se a capacidade de não se expandir nem contrair em um curto espaço de tempo. Isso acontece por que há um equilíbrio entre duas forças antagônicas: A gravidade, que exerce força atrativa e a pressão, repulsiva.

**CONCEITO INICIAL**

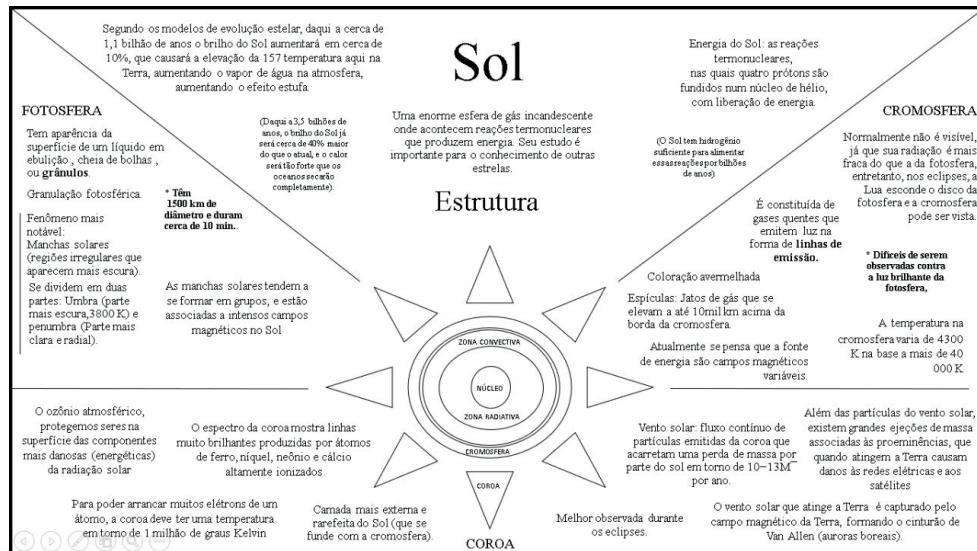
O estudo da evolução estelar pode ser feito a partir da análise de aglomerados de estrelas, tal como suas peculiaridades sob um ponto de vista evolutivo. Estes aglomerados apresentam estrelas que diferem em suas massas e características, como confirmado pelo estudo do diagrama H-R. Logo, é provável uma relação direta entre a massa de uma estrela e o tempo necessário para um alcance de determinado estágio evolutivo.

**PROJETO ASTRO**  
EVOLUÇÃO ESTELAR

POR [REDACTOR]

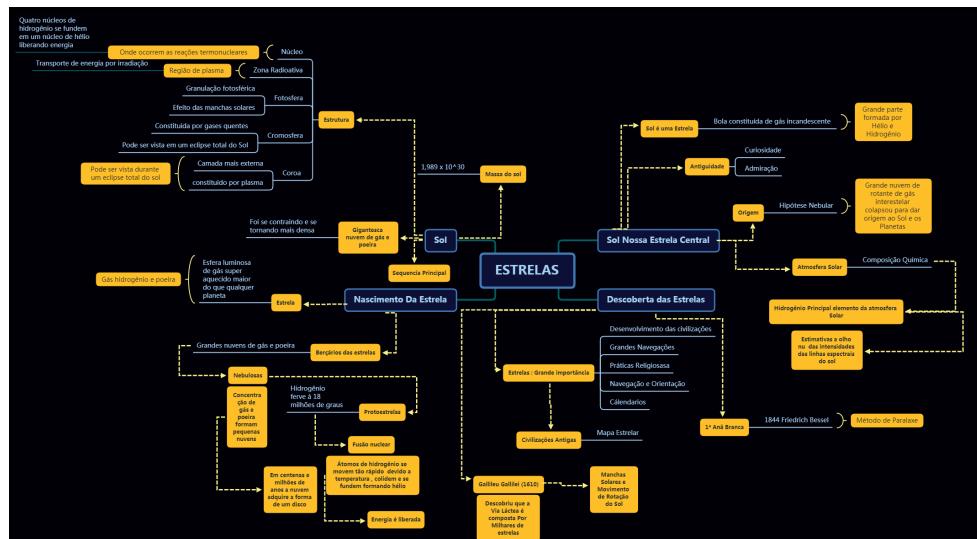
Fonte: Material produzido pelos alunos

Figura 2. Mapa mental construído por um dos alunos a partir do livro Astronomia e Astrofísica do Kepler capítulo 16 “O Sol – a nossa estrela” pg. 149.



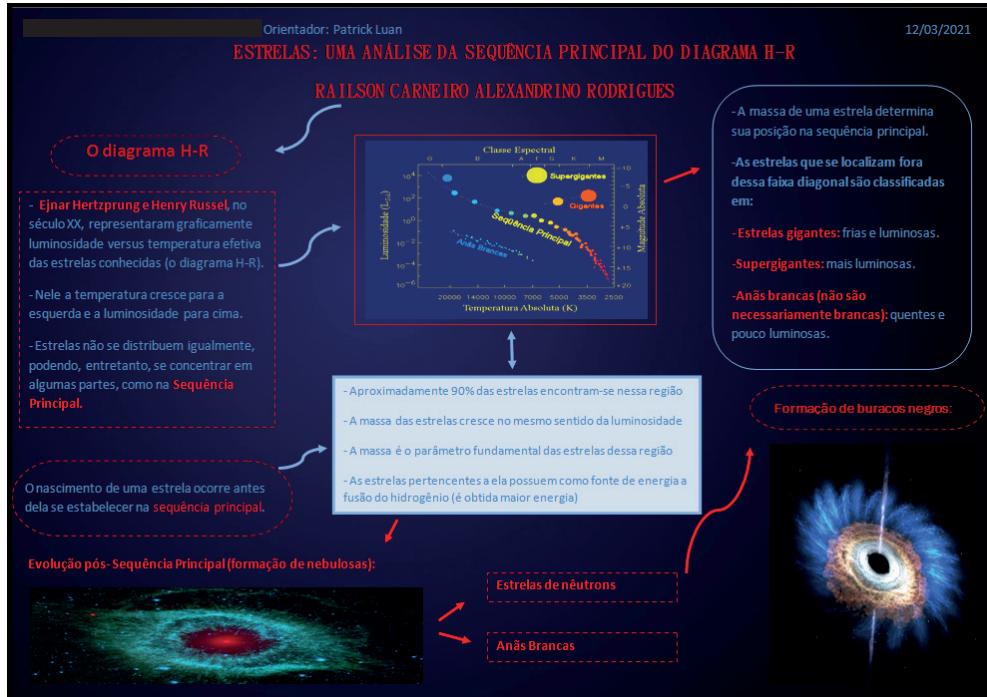
Fonte: Material produzido pelos alunos

Figura 3. Mapa mental construído por um dos alunos a partir da monografia “Estrelas: Nascimento e morte – qual o futuro do Sol?” de Jacqueline Soares (2012).



Fonte: Material produzido pelos alunos

Figura 4. Mapa mental construído por um dos alunos a partir da monografia de Railson Rodrigues capítulo 3, pg. 37 à 43, 2013.



Fonte: Material produzido pelos alunos

Figura 5. Mapa mental construído por um dos alunos a partir de artigo “O equilíbrio e a estrutura estelar de uma abordagem simples: a Sequência Principal” de BANDECCHI *et. al.*, 2019.

## O EQUILÍBRIO E A ESTRUTURA ESTELAR EM UMA ABORDAGEM SIMPLES: A SEQUÊNCIA PRINCIPAL

### EQUILÍBRIO VIRIAL

↓  
indica como a matéria estabelece a parilha entre a energia interna E<sub>int</sub> e a gravitacional E<sub>grav</sub>

$$E_{grav} + 2E_{int} = 0$$

deve existir uma queda importante na densidade estelar desde o centro até a superfície

Mais de 90% das estrelas observadas no céu estão na Sequência Principal, e assim este estágio deve ser muito longo. Em particular, o Sol está há uns 4.5 bilhões de anos nessa fase.

a estimativa mais simples da duração de vida das estrelas após a sequência principal consiste em dividir o "combustível" disponível (a massa da estrela, suposta toda de hidrogênio) pela taxa de consumo do hidrogênio, responsável pela luminosidade L, ou seja

$$\tau = \frac{M}{L}$$



uma característica importante das estrelas é a chamada relação massa-luminosidade

↓  
a luminosidade estelar L, ou energia emitida por unidade de tempo (ou seja, potência) é diretamente medida conhecendo a distância D à estrela, e esta última pode ser obtida por vários métodos diferentes. Se não soubermos absolutamente nada das distâncias, o que podemos medir das estrelas é o fluxo de energia F

$$\frac{L}{4\pi D^2} = F$$

Fonte: Material produzido pelos alunos

## APÊNDICE D – QUEBRA-CABEÇA INFORMATIVO DAS NEBULOSAS

### D1) Nebulosas usadas pelo professor para o quarto encontro

Figura 6. Nebulosa Cabeça de cavalo informativa e editada pelo professor mediador usada na montagem do quebra-cabeça



Fonte: [https://www.nasa.gov/multimedia/imagegallery/image\\_feature\\_2493.html](https://www.nasa.gov/multimedia/imagegallery/image_feature_2493.html)

Fonte: [https://www.nasa.gov/multimedia/imagegallery/image\\_feature\\_2493.html](https://www.nasa.gov/multimedia/imagegallery/image_feature_2493.html)

Figura 7. Nebulosa da Águia informativa e editada pelo professor mediador usada na montagem do quebra-cabeça



Fonte: [https://www.nasa.gov/mission\\_pages/hubble/hubble\\_anniversary/STScI-2005-12b.html](https://www.nasa.gov/mission_pages/hubble/hubble_anniversary/STScI-2005-12b.html)

Fonte: [https://www.nasa.gov/mission\\_pages/hubble/hubble\\_anniversary/STScI-2005-12b.html](https://www.nasa.gov/mission_pages/hubble/hubble_anniversary/STScI-2005-12b.html)

Figura 8. Nebulosa da Aranha informativa e editada pelo professor mediador usada na montagem do quebra-cabeça



Fonte: <https://www.nasa.gov/image-feature/goddard/2016/hubble-spins-a-web-into-a-giant-red-spider-nebula>

Fonte: <https://www.nasa.gov/image-feature/goddard/2016/hubble-spins-a-web-into-a-giant-red-spider-nebula>

Figura 9. Nebulosa da Borboleta informativa e editada pelo professor mediador usada na montagem do quebra-cabeça



Fonte: [https://www.nasa.gov/multimedia/imagegallery/image\\_feature\\_285.html](https://www.nasa.gov/multimedia/imagegallery/image_feature_285.html)

Fonte: [https://www.nasa.gov/multimedia/imagegallery/image\\_feature\\_285.html](https://www.nasa.gov/multimedia/imagegallery/image_feature_285.html)

Figura 10. Nebulosa de Helix informativa e editada pelo professor mediador usada na montagem do quebra-cabeça



Fonte: [https://www.nasa.gov/multimedia/imagegallery/image\\_feature\\_875.html](https://www.nasa.gov/multimedia/imagegallery/image_feature_875.html)

Figura 11. Nebulosa do Caranguejo informativa e editada pelo professor mediador usada na montagem do quebra-cabeça



Fonte: <https://www.nasa.gov/image-feature/goddard/2019/hubble-celebrates-29th-anniversary-with-a-colorful-look-at-the-southern-crab-nebula>

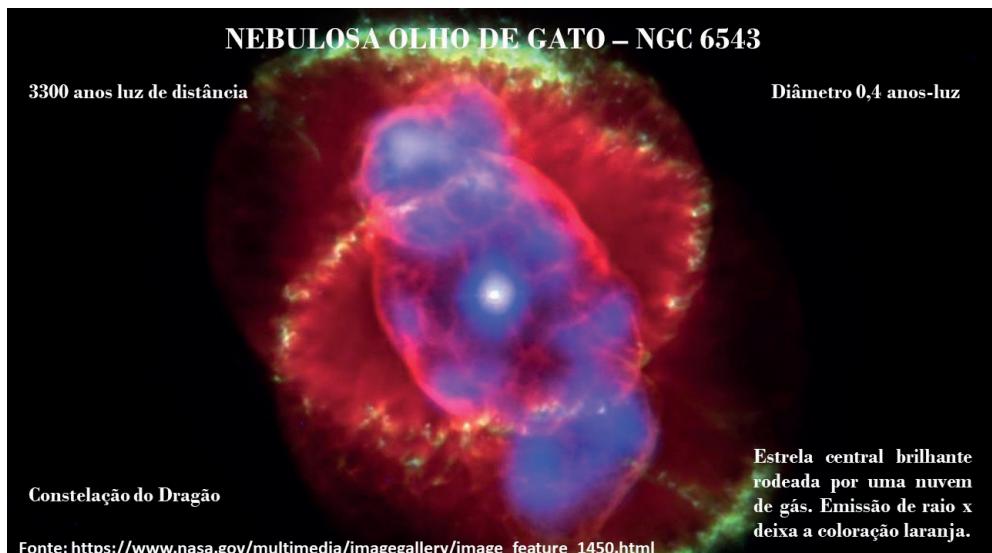
Figura 12. Nebulosa do Cone informativa e editada pelo professor mediador usada na montagem do quebra-cabeça



Fonte: [https://www.nasa.gov/multimedia/imagegallery/image\\_feature\\_686.html](https://www.nasa.gov/multimedia/imagegallery/image_feature_686.html)

Fonte: [https://www.nasa.gov/multimedia/imagegallery/image\\_feature\\_686.html](https://www.nasa.gov/multimedia/imagegallery/image_feature_686.html)

Figura 13. Nebulosa Olho de gato informativa e editada pelo professor mediador usada na montagem do quebra-cabeça



Fonte: [https://www.nasa.gov/multimedia/imagegallery/image\\_feature\\_1450.html](https://www.nasa.gov/multimedia/imagegallery/image_feature_1450.html)

Fonte: [https://www.nasa.gov/multimedia/imagegallery/image\\_feature\\_1450.html](https://www.nasa.gov/multimedia/imagegallery/image_feature_1450.html)

Figura 14. Nebulosa do Retângulo Vermelho e editada pelo professor mediador usada na montagem do quebra-cabeça

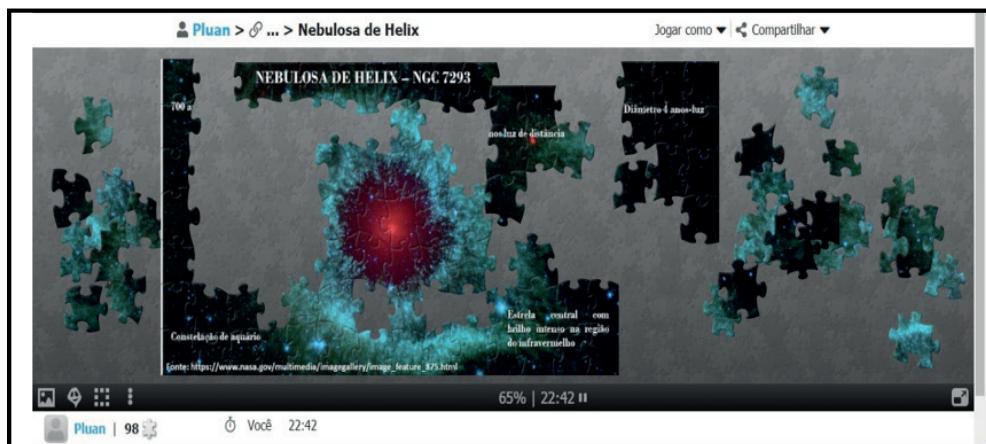


Fonte: <https://www.nasa.gov/image-feature/goddard/2016/hubble-frames-a-unique-red-rectangle>

Fonte: <https://www.nasa.gov/image-feature/goddard/2016/hubble-frames-a-unique-red-rectangle>

## D2) Quebra-cabeça informativo das nebulosas montados pelos alunos

Figura 15. Registro da construção do quebra-cabeça pelos alunos no quarto encontro



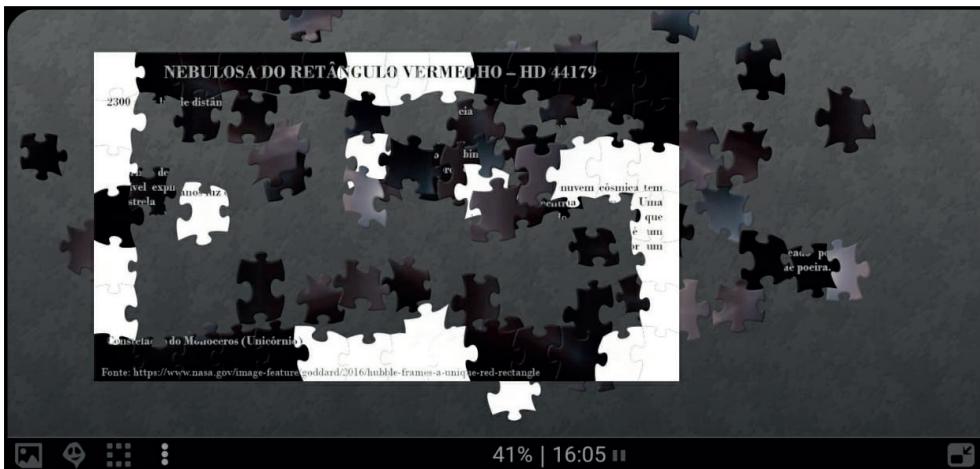
Fonte: Próprio autor/criado a partir do site <<https://www.jigsawplanet.com/>>

Figura 16. Registro concluído do quebra-cabeça pelos alunos no quarto encontro



Fonte: Próprio autor/criado a partir do site <<https://www.jigsawplanet.com/>>

Figura 17. Registro da construção do quebra-cabeça pelos alunos no quarto encontro



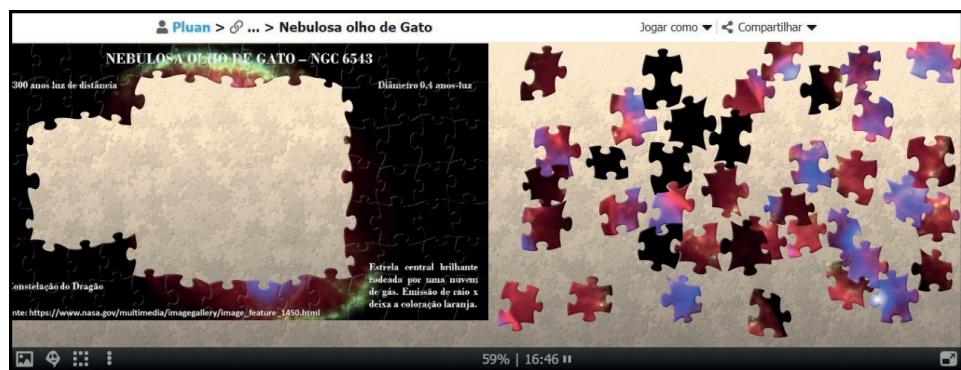
Fonte: Próprio autor/criado a partir do site <<https://www.jigsawplanet.com/>>

Figura 18. Registro concluído do quebra-cabeça pelos alunos no quarto encontro



Fonte: Próprio autor/criado a partir do site <<https://www.jigsawplanet.com/>>

Figura 19. Registro da construção do quebra-cabeça pelos alunos no quarto encontro



Fonte: Próprio autor/criado a partir do site <<https://www.jigsawplanet.com/>>

Figura 20. Registro concluído do quebra-cabeça pelos alunos no quarto encontro



Fonte: Próprio autor/criado a partir do site <<https://www.jigsawplanet.com/>>

Figura 21. Registro da construção do quebra-cabeça pelos alunos no quarto encontro



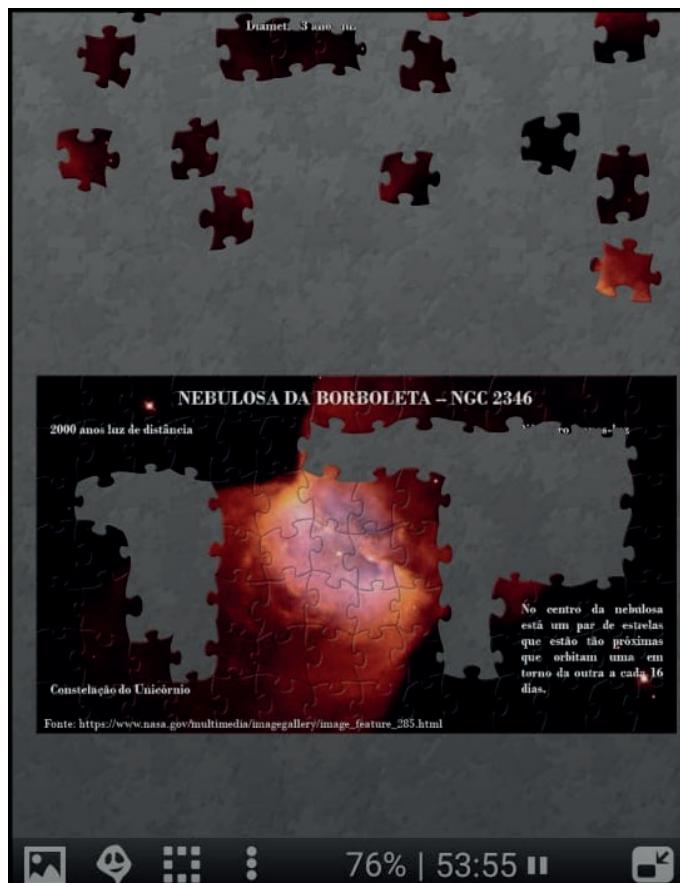
Fonte: Próprio autor/criado a partir do site <<https://www.jigsawplanet.com/>>

Figura 22. Registro concluído do quebra-cabeça pelos alunos no quarto encontro



Fonte: Próprio autor/criado a partir do site <<https://www.jigsawplanet.com/>>

Figura 23. Registro da construção do quebra-cabeça pelos alunos no quarto encontro



Fonte: Próprio autor/criado a partir do site <<https://www.jigsawplanet.com/>>

Figura 24. Registro concluído do quebra-cabeça pelos alunos no quarto encontro



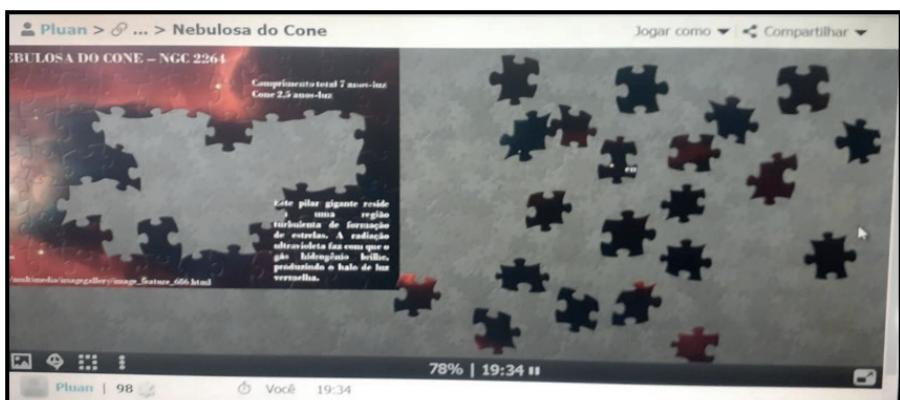
Fonte: Próprio autor/criado a partir do site <<https://www.jigsawplanet.com/>>

Figura 25. Registro concluído do quebra-cabeça pelos alunos no quarto encontro



Fonte: Próprio autor/criado a partir do site <<https://www.jigsawplanet.com/>>

Figura 26. Registro da construção do quebra-cabeça pelos alunos no quarto encontro



Fonte: Próprio autor/criado a partir do site <<https://www.jigsawplanet.com/>>

Figura 27. Registro concluído do quebra-cabeça pelos alunos no quarto encontro



Fonte: Próprio autor/criado a partir do site <<https://www.jigsawplanet.com/>>

APÊNDICE E – MONTAGEM DO BANNER NO QUINTO ENCONTRO

Para melhor resolução das figuras acessar:

<https://1drv.ms/u/s!AgyUI0fGzXohPlcd2LBQICA1WS5JA?e=FUtnG5>

Figura 28. Registro concluído do banner pelos alunos no quinto encontro

Fonte: Próprio autor

Figura 29. Registro concluído do banner pelos alunos no quinto encontro

The banner features a blue header with the 'JORNADA CIENTÍFICA' logo, which includes a stylized atom or molecular model icon. Below the header, the title 'NEBULOSA RETÂNGULO VERMELHO' is displayed in large, bold, blue capital letters. A black rectangular box contains the author's information: 'Patrick Luan Pacheco Ramos(Orientador)' and 'Email: [REDACTED]@gmail.com, luanuefs@hotmail.com'. The main body of the banner is white and contains two sections of text. The first section, '1. INTRODUÇÃO', discusses the purpose of the work, which is to develop students' skills in physics through activities that explain astronomical phenomena. The second section, '2. A NEBULOSA RETÂNGULO VERMELHO', describes the Red Rectangle Nebula, its characteristics, and formation. The third section, '3. CONCLUSÃO', highlights the educational value and participation in the project. The fourth section, '4. REFERÊNCIAS', lists five sources used for the research. At the bottom left is a small image of the Red Rectangle Nebula.

**NEBULOSA RETÂNGULO VERMELHO**

Patrick Luan Pacheco Ramos(Orientador)  
Email: [REDACTED]@gmail.com, luanuefs@hotmail.com

**1. INTRODUÇÃO**

O trabalho desenvolvido teve como objetivo principal uma maior desenvoltura dos alunos no ensino médio na aprendizagem da física. As atividades buscam expor fenômenos astronômicos de forma didática, lúdica e prática visando uma maior absorção e entendimento dos conteúdos.

Logo, o trabalho procura aumentar a compreensão dos estudantes acerca das características das estrelas, bem como sua evolução, e melhor estudo e ciência das nebulosas.

**2. A NEBULOSA RETÂNGULO VERMELHO**

As nebulosas são enormes nuvens de poeira cósmica e gases que existem no meio interestelar. Tal poeira, que deriva do latim nebula (nuvem), apresenta diversas variações de tamanhos, formatos e cores que são derivadas principalmente de seus gases constituintes.

Elas se originam a partir dos restos de estrelas despedaçadas que dispersão sua matéria no espaço. Além disso, tem-se ainda a possibilidade de sua formação em regiões onde as novas estrelas nascem, contando com a atração gravitacional que gera sua união e faz com que a matéria comece a se juntar em outras nuvens, recebendo assim o nome de "berçário das estrelas".

**3. CONCLUSÃO**

A confecção e participação neste projeto nos proporcionou não só o vistímbre de novas nebulosas ou estrelas, mas, a síntese de novos conhecimentos. A ludicidade acompanhada da prática foram de suma importância para a aprendizagem. Além de que os recursos utilizados foram bem selecionados e manuseados. Dessa forma, afirmar a satisfação com esse processo criativo e educativo fez-se possível..

**4. REFERÊNCIAS**

- Nebulosas: o que são, origem, tipos e curiosidades. Disponível em: <https://conhecimentocientifico.r7.com/nebulosas/>. Acessado em: 26 de abril de 2021, às 13:46.
- <https://ivepesp.org.br/como-foi-criada-a-incomum-nebulosa-do-retângulo-vermelho/>
- <https://www.nasa.gov/image-feature/goddard/2016/hubble-frames-a-unique-red-rectangle/>
- <https://www.astropt.org/2018/05/09/nebulosa-do-retângulo-vermelho/>

Fonte: Próprio autor

Figura 30. Registro concluído do banner pelos alunos no quinto encontro

**JORNADA CIENTÍFICA**

## CARANGUEJO DO SUL

Patrick Luan (Orientador)  
E-mail: [REDACTED]@gmail.com

### 1. INTRODUÇÃO

O presente trabalho é sobre a nebulosa Caranguejo do Sul, o qual será discutida sua história, formação e estrutura. O objetivo desse trabalho é o entendimento das especificidades dessa nebulosa, tal como mostrar a importância da compreensão dos eventos do universo. A metodologia utilizada foi a pesquisa bibliográfica, enriquecida através das aulas dadas pelo orientador.

### 2. CARANGUEJO DO SUL

A nebulosa Caranguejo do Sul, localizada a vários milhares de anos-luz da Terra, na constelação de Centaurus do Hemisfério Sul, foi relatada pela primeira vez no final dos anos 1960, mas foi considerada como uma estrela comum. Em 1989, os astrônomos usaram o Observatório La Silla, no Chile, assim conseguindo fotografar e analisar essa nebulosa que possuía bolhas simétricas, dando a impressão de uma ampulheta.

Esse formato incomum deve-se ao fato de que ela foi criada pela interação entre um par de estrelas no seu centro: uma estrela gigante vermelha envelhecida e uma anã branca. A gigante vermelha está aos poucos perdendo suas camadas externas (última fase da sua vida), então parte desse material ejetado é atraída pela gravidade da anã branca ao seu lado.

As bolhas de gás e poeira aparecem mais brilhantes nas bordas, dando a ilusão de estruturas de pernas de caranguejo. Essas "pernas" são provavelmente os lugares onde o fluxo de saída atinge o gás interestelar circundante e a poeira, ou o material que foi anteriormente perdido pela estrela gigante vermelha.

### 3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Observatório de La Silla, Chile.

Fonte: <https://www.eso.org>

Uma das duas imagens do conjunto de filtros de cores no detector mais novo e nítido do Hubble, Wide Field Camera 3, o qual foi possível enxergar a composição de observações feitas em várias cores de luz que correspondem aos gases brilhantes na nebulosa.

### 4. CONCLUSÃO

A partir desse trabalho, foi possível a compreensão de diversos aspectos referentes a características da nebulosa Caranguejo do Sul, tais como sua estrutura especialmente particular e sua formação composta pela gigante vermelha e a anã branca, que interagem em seu centro.

### 5. REFERÊNCIAS

- <https://www.nasa.gov/imagefeature/goddard/2019/hubble-celebrates-29th-anniversary-with-a-colorful-look-at-the-southern-crab-nebula>
- <https://www.britannica.com/place/Crab-Nebula>
- <https://hubblesite.org/image/3885/category/35-supernova-remnants>
- [https://www.nasa.gov/multimedia/imagegallery/image\\_feature\\_460.html](https://www.nasa.gov/multimedia/imagegallery/image_feature_460.html)

Fonte: Próprio autor

Figura 31. Registro concluído do banner pelos alunos no quinto encontro

The banner features a blue header with the 'JORNADA CIENTÍFICA' logo, which includes a stylized atom or molecular model icon and the text 'JORNADA CIENTÍFICA'. Below the header, the main title 'A IMPORTÂNCIA DA ASTRONOMIA PARA O ENSINO' is displayed in large blue capital letters. Underneath the title, a black bar contains the text 'Patrick Luan Pacheco Ramos (Orientador)' and 'E-mail: [REDACTED]@gmail.com, luanuefs@hotmail.com'. The body of the banner is divided into sections: '1. INTRODUÇÃO', '2. A IMPORTÂNCIA DA ASTRONOMIA PARA O ENSINO', '4. CONCLUSÃO', and '5. REFERÊNCIAS'. Each section contains text and images related to astronomy. For example, the '1. INTRODUÇÃO' section includes a photograph of a nebula and a link to its source. The '2. A IMPORTÂNCIA DA ASTRONOMIA PARA O ENSINO' section includes a photograph of a star cluster and a link to its source. The '4. CONCLUSÃO' section includes a photograph of a nebula and a link to its source. The '5. REFERÊNCIAS' section lists several URLs.

**JORNADA CIENTÍFICA**

## A IMPORTÂNCIA DA ASTRONOMIA PARA O ENSINO

Patrick Luan Pacheco Ramos (Orientador)  
E-mail: [REDACTED]@gmail.com, luanuefs@hotmail.com

### 1. INTRODUÇÃO

O orientador Patrick Luan Pacheco Ramos, mestrando em astronomia, nos proporcionou participação da desenvolutiva dessa atividade, que objetiva fazer-nos entender a importância dos fenômenos astronômicos e cosmológicos. Ao passar das aulas, aprendemos e debatemos vários temas que não são tão aprofundados, ou até dados durante as aulas escolares.

Dante desse contexto, estamos produzindo banners sobre algumas nebulosas, evolução estelar e, nesse caso, sobre a importância da astronomia no ensino. Levando em conta que além de ser essencial para a educação, assuntos com astronomia, cosmologia e astrofísica são os "preferidos" de grande parte do público jovem.

### 2. A IMPORTÂNCIA DA ASTRONOMIA PARA O ENSINO

Ao longo dos anos, a astronomia, astrofísica e cosmologia trouxeram incontáveis teorias, evidências, e descobertas acerca do Universo, inclusive, a descoberta das tão importantes nebulosas, as quais aprendemos e debatemos sobre durante nossas aulas. Todavia, elas são essenciais não só para esses fenômenos, mas também, para o aprendizado dos estudantes do Ensino Médio.

Pesquisas já apontaram que os alunos ficam mais interessados em conteúdos como Sistema Solar, rotação, translação, ao invés de decorar fórmulas e cálculos que dizem ser fundamentais para o nosso conhecimento.

### 4. CONCLUSÃO

Em resumo, é de extrema importância que se torne cada vez mais habitual tratar de temas de fronteira da física em sala de aula, isso é, nos ambientes escolares. Não só para instigar os interesses de cada um, mas também, para motivá-los a, futuramente, seguirem essa área.

### 5. REFERÊNCIAS

- <http://periodicos.uern.br/index.php/extendere/article/view/1291>
- [https://apod.nasa.gov/apod/https://www.nasa.gov/multimedia/imagegallery/image\\_feature\\_285.html](https://apod.nasa.gov/apod/https://www.nasa.gov/multimedia/imagegallery/image_feature_285.html)
- [https://www.scielo.br/scielo.php?pid=S1806-11172008000400008&script=sci\\_arttext](https://www.scielo.br/scielo.php?pid=S1806-11172008000400008&script=sci_arttext)

Fonte: Próprio autor

Figura 32. Registro concluído do banner pelos alunos no quinto encontro

**JORNADA CIENTÍFICA**

## NEBULOSA CABEÇA DE CAVALO

Patrick Luan Pacheco Ramos (Orientador)  
E-mail: [REDACTED]@gmail.com, luanuefs@hotmail.com

### 1. INTRODUÇÃO

O trabalho desenvolvido tem o objetivo de ampliar os horizontes dos estudantes de Ensino médio para que esses compreendam o valor da astronomia e dos fenômenos astronômicos.

Neste trecho do trabalho, voltado para o estudo das nebulosas, estamos, cada um, pesquisando sobre algumas dessas enigmáticas nuvens de poeira, tal como suas propriedades, formação e importância para o universo. Além disso, tendo em vista a grande magnitude dos estudos astronômicos para o desenvolvimento da ciência e da sociedade, tem-se como objetivo do trabalho a obtenção desses conhecimentos que agregam tanto.

### 2. A NEBULOSA CABEÇA DE CAVALO

Para marcar o 23º aniversário do lançamento do observatório a bordo do ônibus espacial Discovery, em 24 de abril de 1990, astrônomos usaram o Telescópio Espacial Hubble, da NASA, para fotografar a Nebulosa Cabeça de Cavalo em uma nova luz infravermelha.



Fonte: <https://www.nasa.gov>

Como uma aparição surgindo de cristas brancas de espuma interestelar, a icônica Nebulosa da Cabeça de Cavalo tem enfeitado os livros de astronomia desde sua descoberta, há mais de um século, sendo um dos alvos favoritos de astrônomos amadores e profissionais.

### 3. CONCLUSÃO

No final de todo o trabalho, pudemos aprender muito mais sobre as nebulosas, especificamente, e sobre Astronomia, tal como sua importância no processo de aprendizado. Essa é uma forma interessante e divertida de se aprender física que pode atrair, e muito, a atenção dos estudantes do ensino médio.

### 4. REFERÊNCIAS

- NASA. Disponível em: [https://www.nasa.gov/multimedia/imagegallery/image\\_feature\\_2493.html](https://www.nasa.gov/multimedia/imagegallery/image_feature_2493.html) acessado em: 12/04/2021 às 19:40.
- NASA. Disponível em: <https://www.nasa.gov/jpl/spitzer/horsehead-nebula-disappears-infrared-light> acessado em: 26/04/2021 às 14:56
- ESO. Disponível em: <https://www.eso.org/public/images/eso0202a/> acessado em: 26/04/2021 às 14:58

Fonte: Próprio autor

Figura 33. Registro concluído do banner pelos alunos no quinto encontro

The banner features a blue header with a white wavy pattern. In the top right corner is a red logo consisting of three circles connected by lines, resembling a molecular structure. To its right, the text "JORNADA CIENTÍFICA" is written in red capital letters. Below the header, the title "NEBULOSA DA ÁGUA" is centered in large blue capital letters. Underneath the title, a black horizontal bar contains the text "Patrick Luan Pacheco Ramos (Orientador)" in white. Below this, the email address "Email: [REDACTED]@hotmail.com, luanuefs@hotmail.com" is also in white. The main content area begins with a section titled "1. INTRODUÇÃO" in bold black text. The text discusses the project's goal to encourage interest in Astronomy and its importance for comprehending various phenomena through a dynamic and accessible method. It also mentions the research focus on nebulae, specifically the Eagle Nebula (M16), which is described as being about 7,000 light-years away and containing stars up to 9.5 million years old. The text continues with a detailed description of the Eagle Nebula's structure, mentioning its pillars of gas and dust and the formation of new stars within them. A photograph of the Eagle Nebula is shown as a vertical image on the left side of the text. The next section, "2. A NEBULOSA DA ÁGUA", describes the nebula as a massive pillar of gas and dust. The following section, "3. CONCLUSÃO", highlights the educational significance of the project, noting it inspired curiosity and addressed various student questions. The final section, "5. REFERÊNCIAS", lists three URLs with their respective access dates. At the bottom left, there is a small note about the source of the image.

**NEBULOSA DA ÁGUA**

**Patrick Luan Pacheco Ramos (Orientador)**  
Email: [REDACTED]@hotmail.com, luanuefs@hotmail.com

### 1. INTRODUÇÃO

O projeto desenvolvido teve como alvo incentivar o estudo no Ensino Médio da Astronomia e a sua importância para a compreensão de diversos fenômenos, com um método dinâmico e de fácil compreensão.

Nessa etapa do projeto, focamos mais nos estudos das nebulosas. Cada colaborador ficou com uma nebulosa para aprofundar e consolidar o conhecimento, a partir de pesquisas mais aprofundadas.

### 2. A NEBULOSA DA ÁGUA

A Nebulosa da Águia, marcada como M16 fica a cerca de 7.000 anos-luz de distância sendo assim um alvo fácil para binóculos e pequenos telescópios, possui cerca de 2 milhões de anos, o pilar ascendente tem 9,5 milhões de anos luz ou 57 trilhões de milhas, de altura. É uma torre ambulante de gás frio e poeira subindo.



Fonte:[https://www.nasa.gov/sites/default/files/images/440560main\\_STScI-2005-12b-full](https://www.nasa.gov/sites/default/files/images/440560main_STScI-2005-12b-full)

### 3. CONCLUSÃO

Esse trabalho teve um grande significado, pois desperta muita curiosidade em relação a Astronomia.

A aplicação deste projeto nos ensinaram coisas que sempre nos questionavam, entretanto foi possível sanar diversas dúvidas e nos despertou muita vontade de aprender ainda mais sobre o assunto. A forma lúdica com que ele foi aplicado colaborou muito mais para que as informações ficassem na memória.

### 5. REFERÊNCIAS

- <https://apod.nasa.gov/apod/ap151015.html>  
Acesso em 25/04/21 às 14:45
- <https://apod.nasa.gov/apod/ap180620.html>  
Acesso em 25/04/21 às 14:45
- [https://www.nasa.gov/mission\\_pages/hubble/hubble\\_anniversary/STScI-2005-12b.html](https://www.nasa.gov/mission_pages/hubble/hubble_anniversary/STScI-2005-12b.html) Acesso em 25/04/21 às 14:45

Fonte: Próprio autor

Figura 34. Registro concluído do banner pelos alunos no quinto encontro

The banner features a blue header with a white wavy pattern. On the right side, there is a red stylized logo consisting of three circles connected by lines, resembling a molecular structure or a celestial body. To the right of the logo, the words "JORNADA CIENTÍFICA" are written in red capital letters. Below the logo, the title "NEBULOSA OLHO DE GATO" is displayed in large blue capital letters. Underneath the title, there is a black rectangular box containing the text "Patrick Luan Pacheco Ramos (Orientador)" and "E-mail: [REDACTED]@gmail.com, luanuefs@hotmail.com".

**1. INTRODUÇÃO**

O seguinte banner, parte final de um projeto maior sobre a Astronomia, tem como objetivo estimular e auxiliar estudantes do nível médio de aprendizado sobre a astronomia e os elementos que a compõem.

Para a conclusão do trabalho, foram assignadas nebulosas variadas a cada um dos alunos participantes para que estes pudessem compreender a natureza das nuvens interestelares de poeira a partir da análise de seu fenômeno cósmico específico.

Destarte, espera-se que, a partir desse processo e dos anteriores, os alunos sintam-se confortáveis e confiantes para buscar e absorver mais conhecimento acerca da astronomia e seus elementos.

**2. A NEBULOSA OLHO DE GATO**

A imagem a seguir, fornecida com detalhes pelas câmeras que compõem o Telescópio Hubble, mostra a Nebulosa Olho de Gato, formalmente catalogada como NGC 6543. O corpo celeste, de curioso e único formato, ejetou sua massa em uma série de pulsos realizados a cada 1.500 anos.



**Fonte:**[https://www.nasa.gov/multimedia/imagegallery/image\\_feature\\_211.html](https://www.nasa.gov/multimedia/imagegallery/image_feature_211.html)

A forma diferente da Olho de Gato se dá por conta do acúmulo circular de poeira cósmica expelida pelo núcleo nos arredores do centro da nebulosa, formando assim camadas redondas que apelidam a nuvem cósmica.

A natureza regular da emissão da nebulosa ainda não é totalmente compreendida pela comunidade científica. Sabe-se, porém, que tal liberação de massa é resultado da morte de uma estrela no centro da nebulosa, fenômeno que resulta na emissão de gases, poeira interestelar e plasma.

Originadas pela morte de estrelas, as nebulosas também atuam, posteriormente, na origem destes corpos, uma vez que concentram os elementos primordiais para a formação desses astros. Elementos esses que, a partir da ação da Força Gravitacional serão convertidas em corpos densos no futuro.

**3. CONCLUSÃO**

Conclui-se, portanto, de que a partir da análise de uma nebulosa é possível compreender a natureza desses corpos como um todo, uma vez que, apesar de possuírem suas próprias singularidades, compartilham características em comum. Provando assim, que o método adotado pelo projeto é produtivo e funcional.

**4. REFERÊNCIAS**

- Administração Nacional da Aeronáutica e Espaço dos Estados Unidos (NASA). Disponível em: [https://www.nasa.gov/multimedia/imagegallery/image\\_feature\\_211.html](https://www.nasa.gov/multimedia/imagegallery/image_feature_211.html). Acessado em: 17/04/2021 às 13:20.
- HubbleSite by NASA. Disponível em: <https://hubblesite.org/contents/media/images/2004/27/1578-Image.html>. Acessado em: 17/04/2021 às 13:45.

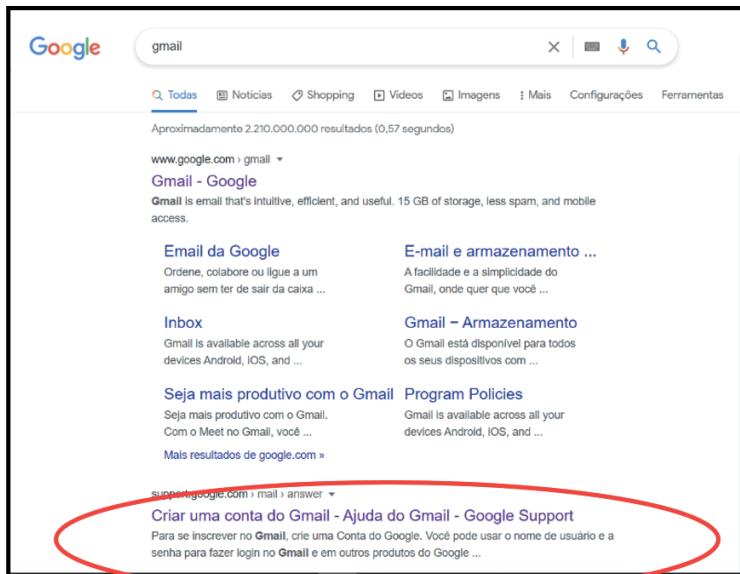
Fonte: Próprio autor

## APÊNDICE F – PASSOS PARA UTILIZAÇÃO DAS FERRAMENTAS DIGITAIS

### Passo 1: Criando uma conta Gmail.

No Google digite: “Gmail” e click no link escrito “criar uma conta do Gmail” conforme a figura abaixo:

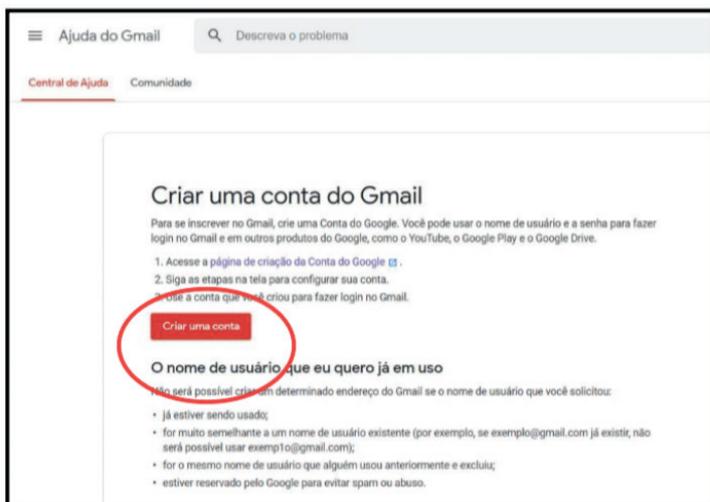
Figura 35. Criando uma conta gmail.



Fonte: [www.google.com.br](http://www.google.com.br)

Ao clicar será direcionado a página seguinte e deverá clicar em “Criar uma conta”.

Figura 36. Criando uma conta gmail



Fonte: <https://support.google.com/mail/answer>

Depois de ter clicado em “*Criar uma conta*” será direcionado para a página abaixo da Figura 37, onde deverá preencher os dados abaixo, como nome, sobrenome e usuário. Cadastre a senha e repita ela. É indicado marcar a opção “*mostrar senha*” para que possa ver o que está escrevendo e não ter problemas de senhas digitadas erradas. Depois que preencher todos os dados, click em “*próxima*”.

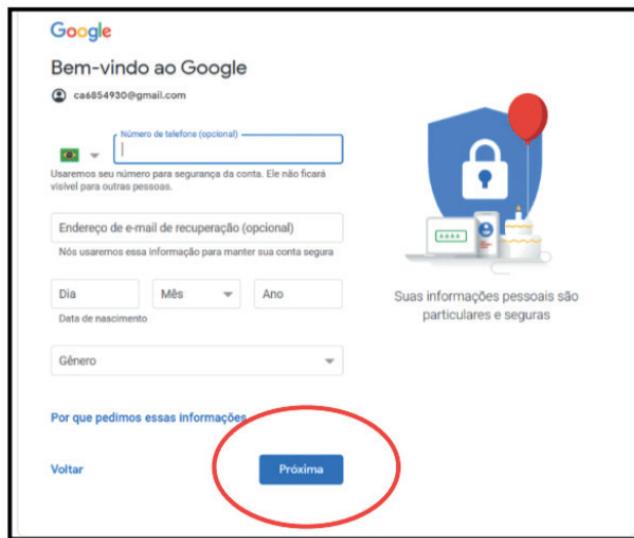
Figura 37. Criando uma conta gmail.

The screenshot shows the 'Criar sua Conta do Google' (Create your Google Account) form. It includes fields for 'Nome' (Name) and 'Sobrenome' (Last Name). Below these is a 'Nome de usuário' (User name) field containing '@gmail.com', with a note: 'Você pode usar letras, números e pontos finais' (You can use letters, numbers, and periods). There's also a link 'Usar meu endereço de e-mail atual em vez disso' (Use my current email address instead). To the right is a blue hexagonal icon with a white user silhouette. Below the form, a note says 'Uma única conta. Todo o Google trabalhando para você.' (One account. All of Google working for you.). A red circle highlights the 'Próxima' (Next) button at the bottom. At the very bottom left, there's a link 'Faça login em vez disso' (Log in instead).

Fonte: <https://accounts.google.com/signup>

Na próxima página será necessário digitar um telefone, um outro endereço de e-mail (opcional), seu nascimento e gênero. Logo após, click em “próxima”.

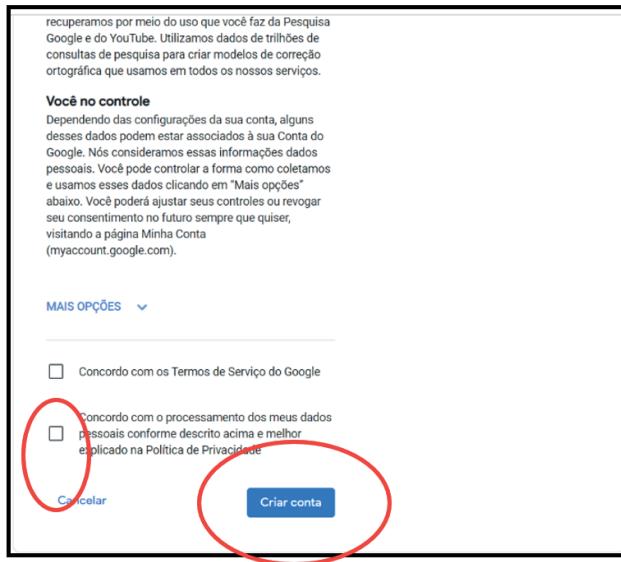
Figura 38. Criando uma conta gmail.



Fonte: <https://accounts.google.com>

Ao ser direcionado para a próxima página, role a mesma para baixo e marque os quadradinhos brancos e click em “criar conta”. Pronto, sua conta está criada.

Figura 39. Criando uma conta Gmail.



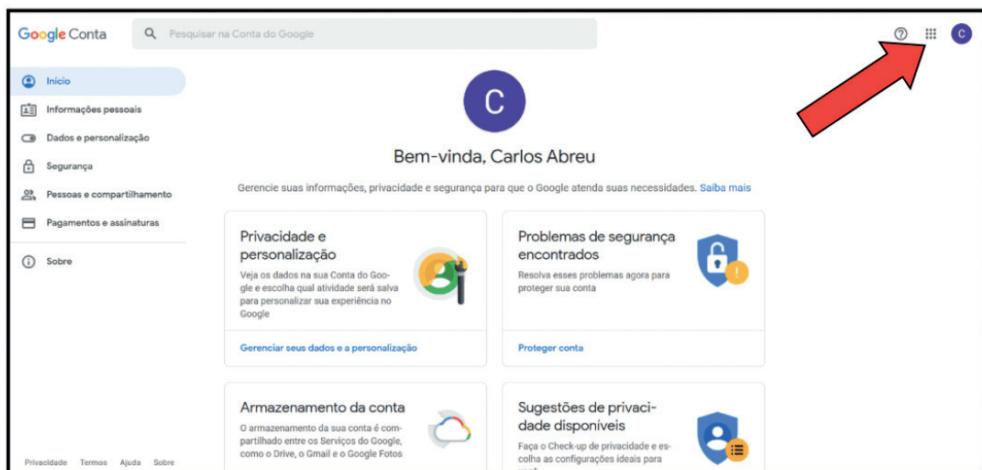
Fonte: <https://accounts.google.com>

A necessidade em criar a conta no Gmail justifica-se pelas ferramentas que o professor terá que usar, e estão presentes nele. O professor pode optar por usar outros aplicativos para reuniões e aplicações das atividades, mas caso queira utilizar o Google Formulários terá que fazer o cadastro do Gmail para utilizar essas e outras funções que o Gmail permite.

### **Passo 2: Criando uma reunião no Google Meet.**

Para ter acesso às ferramentas só clicar no ícone em destaque conforme a Figura 40.

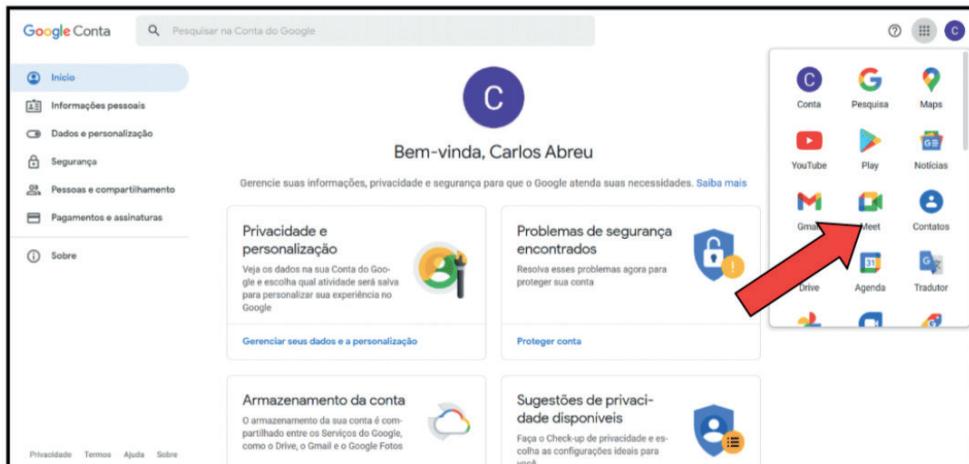
Figura 40. Acessando as ferramentas Google.



Fonte:[https://myaccount.google.com/u/3/?utm\\_source=OGB&tab=ck&utm\\_medium=app](https://myaccount.google.com/u/3/?utm_source=OGB&tab=ck&utm_medium=app)

Para agendar uma reunião no “*Google Meet*”, click no ícone da Figura 40 e procure pela ferramenta *Meet*, conforme a Figura 41. Após esse passo, será direcionado para uma nova página.

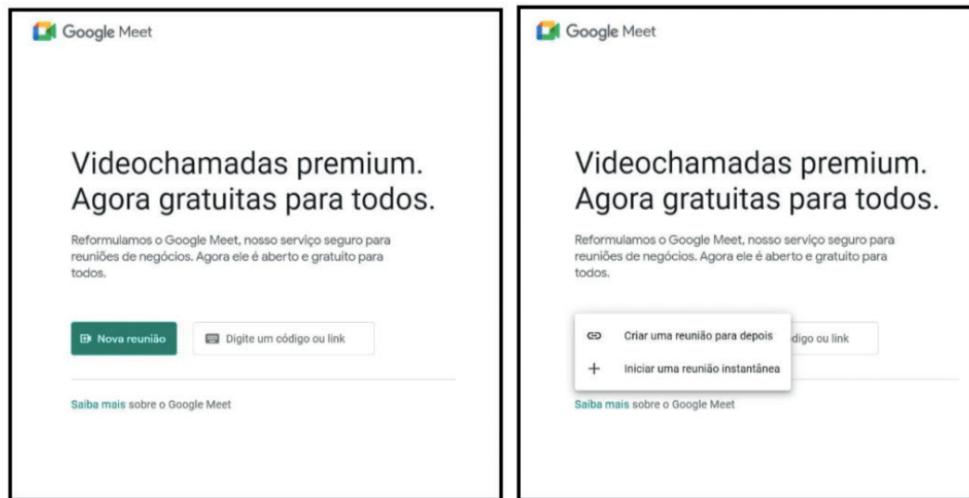
Figura 41. Acessando o Google Meet.



Fonte: <https://myaccount.google.com>

Para gerar uma reunião click em “*Nova reunião*”. Irá aparecer duas opções: Criar uma reunião para depois ou iniciar uma reunião instantânea. Escolha a que desejar.

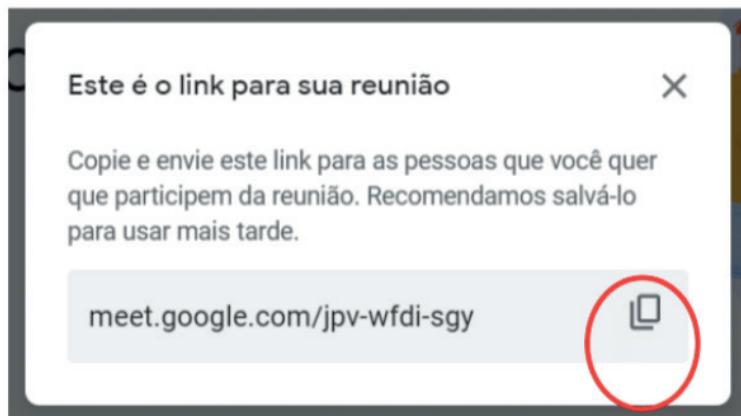
Figura 42. Gerando link de reunião.



Fonte: <https://meet.google.com>

Ao clicar irá ser gerado o link de reunião, copie na tecla “copiar” e disponibilize para seus alunos.

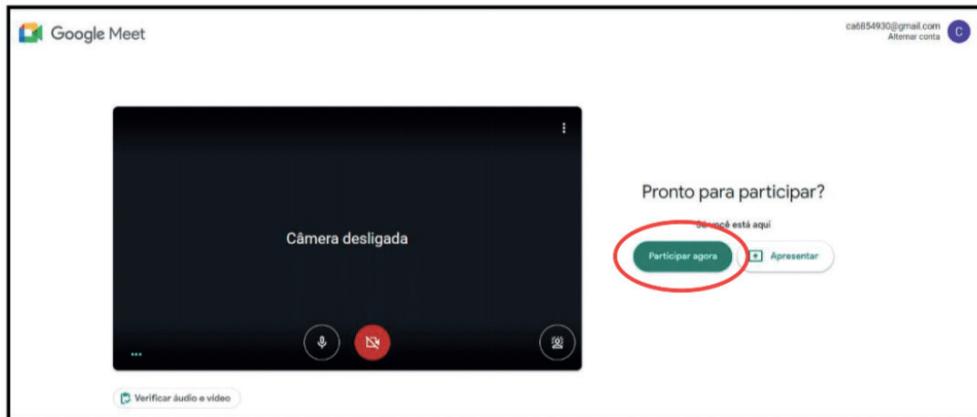
Figura 43. Gerando link de reunião.



Fonte: <https://meet.google.com>

Quando os alunos clicarem no link, serão redirecionados a página do Google Meet. Nessa página terão a opção de verificarem o áudio, vídeo e depois que tudo estiver certo, clicar no botão “participar agora”.

Figura 44. Entrando na reunião Google Meet.



Fonte: <https://meet.google.com/jpv-wfdi-sgy>

### **Passo 3: Criando um formulário do Google Forms (formulários)**

Para criar um formulário, ferramenta muito utilizada no nosso trabalho devido a pandemia e o ensino à distância, é preciso retornar a tela da Figura 45 e clicar novamente no ícone pontilhado indicado com a seta vermelha abaixo.

Figura 45. Página inicial da conta google



Fonte: <https://myaccount.google.com>

Ao abrir as ferramentas do Google, procure pela ferramenta “Formulários” conforme a indicação da Figura 46. Caso não ache logo de início, role a barra para as últimas ferramentas.

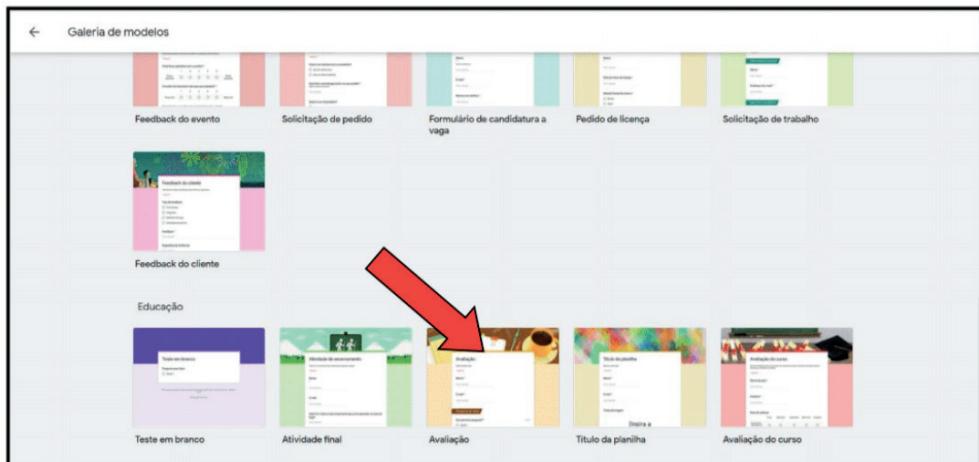
Figura 46. Acessando o google formulários.



Fonte: <https://calendar.google.com/calendar/u/3/r?tab=mc&pli=1>

Ao clicar será redirecionado a uma outra página, conforme a Figura 47. Role a barra lateral e procure pelo item “avaliação”, nele será possível criar seu formulário.

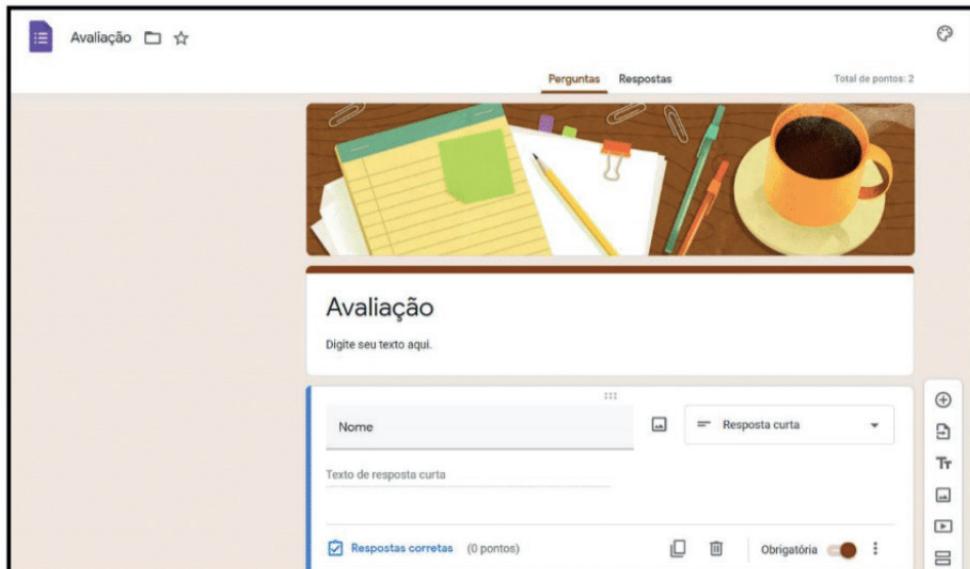
Figura 47. Acessando o google formulários.



Fonte: <https://docs.google.com/forms/u/3/>

Clique no item “avaliação” e será redirecionado a outra página, para a construção do questionário. Para a construção do questionário foram usadas questões fechadas com alternativas a,b,c,d,e e questões abertas. Caso outro professor deseje mudar o estilo de aplicação, o aplicativo possibilita fazer diversas questões diversificadas. Inicialmente a página abrirá conforme a Figura 48.

Figura 48. Criando um formulário a partir do google forms.



Fonte: <https://docs.google.com/forms/>

Dentre as opções de edição, é possível mudar a figura temática e adaptar ao seu conteúdo (usamos o tema da Astronomia), acessar as respostas dos estudantes no item “respostas” (ao lado do item “perguntas”) onde é possível gerar uma lista e baixar todas as respostas e pontuações que os alunos tiveram (Figura 49). Além do mais, essa ferramenta emite gráficos das respostas dadas pelos estudantes, onde é possível ser aproveitado pelo professor para análises mais profundas. Neste trabalho utilizamos os gráficos apresentados pela ferramenta.

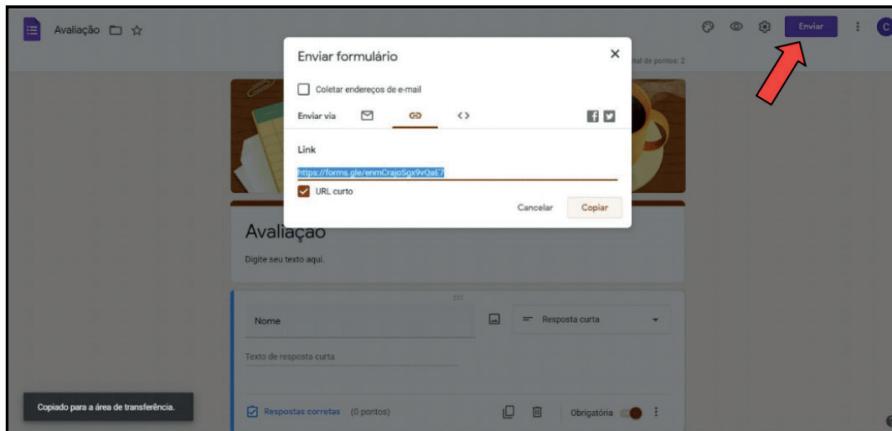
Figura 49. Acessando as respostas dos alunos.



Fonte: <https://docs.google.com/forms>

Após editar o seu questionário, conforme os seus critérios, basta clicar em “enviar” que ficará disponível o link de compartilhamento (Figura 50).

Figura 50. Enviando link para os alunos.



Fonte: <https://docs.google.com/forms>

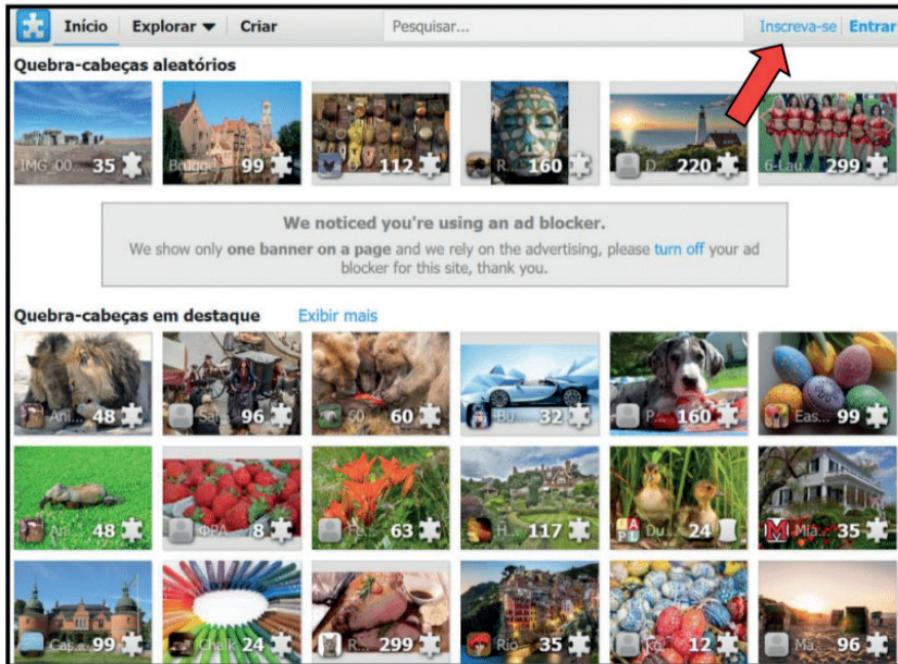
Após copiar o link, poderá compartilhar no chat do *google meet* para os alunos. Conforme os alunos forem respondendo o aplicativo registra as respostas, médias, gráficos e informações gerais sobre as respostas.

Para os encontros 1, 2 e 3 não foram necessárias ferramentas adicionais, além dos supracitados no Apêndice A, B e C. Entretanto para o encontro 4, o quebra cabeça, o professor terá que ter uma conta no site <<https://www.jigsawplanet.com/>>. Mostraremos a seguir os passos necessários para entrar no site e registrar uma conta.

### **Passo 01: Registrando – se no site <<https://www.jigsawplanet.com/>>**

Inicialmente acesse o site <<https://www.jigsawplanet.com/>>. Clique no ícone “inscreva-se”.

Figura 51. Acessando o Jigsawplanet.



Fonte: <https://www.jigsawplanet.com/>

Após ser direcionado para a página seguinte, preencha os campos vazios “Nome de usuário, e-mail, senha, confirme a senha” e clique em “não sou robô” e depois em “inscreva-se”.

Figura 52. Registrando no Jigsawplanet.

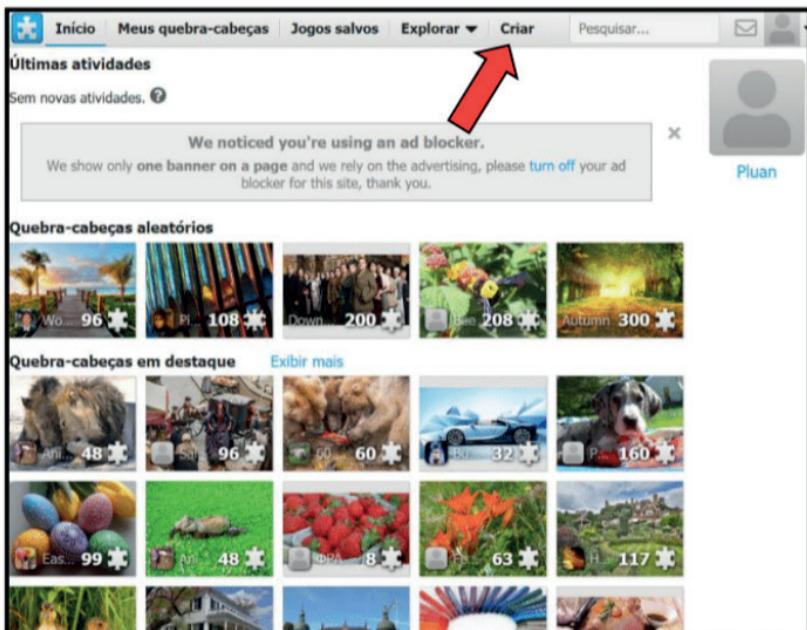
The screenshot shows the registration form for Jigsawplanet. At the top, there are links for 'Início', 'Explorar', 'Criar', 'Pesquisar...', 'Inscreva-se' (register), and 'Entrar'. Below the header, a large box titled 'Inscreva-se' contains fields for 'Nome de usuário', 'E-mail', 'Senha', 'Confirmar senha', and a reCAPTCHA checkbox labeled 'Não sou um robô'. A note below the fields states: 'Pelo menos 4 caracteres. Seus quebra-cabeças poderão estar disponíveis em <https://www.jigsawplanet.com/Nome de usuário>'. The reCAPTCHA box includes the text 'reCAPTCHA' and 'Privacidade • Termos'. Below the form, a note says: 'Ao enviar este formulário, você concorda com o [Termos de serviço](#) e [Política de privacidade](#)'. A 'Inscreva-se' button is at the bottom of the form. At the very bottom of the page, there are links for 'FB | Termos de serviço | Política de privacidade | Configurações | Ajuda | Relatar abuso' and a language dropdown set to 'português (Br)'. A small note at the bottom left says '© 2012 Jigsawplanet.com'.

Fonte: <https://www.jigsawplanet.com/?rc=signup>

## Passo 02: Criando o quebra-cabeça

Após o registro, faça o Login. Clique agora em “criar” conforme a Figura 53.

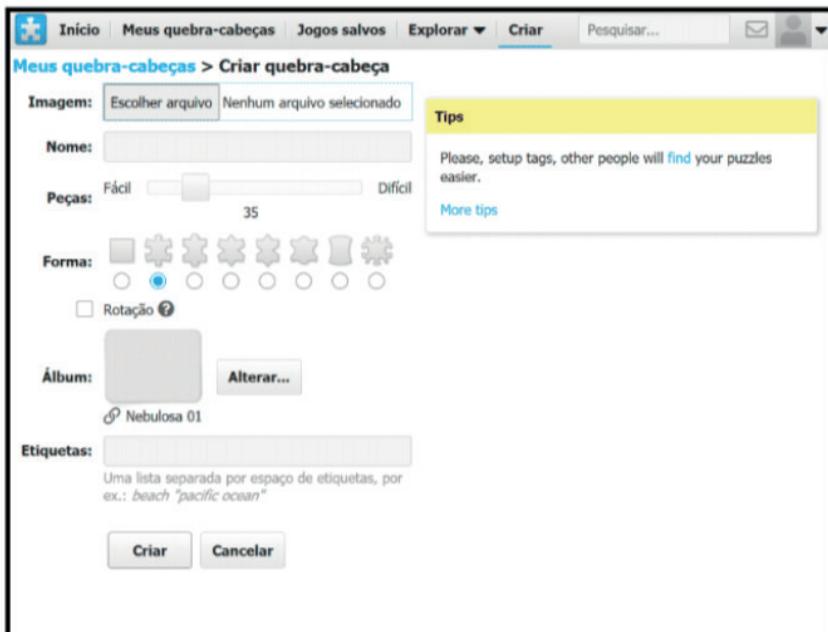
Figura 53. Criando o quebra-cabeça.



Fonte: <https://www.jigsawplanet.com/>

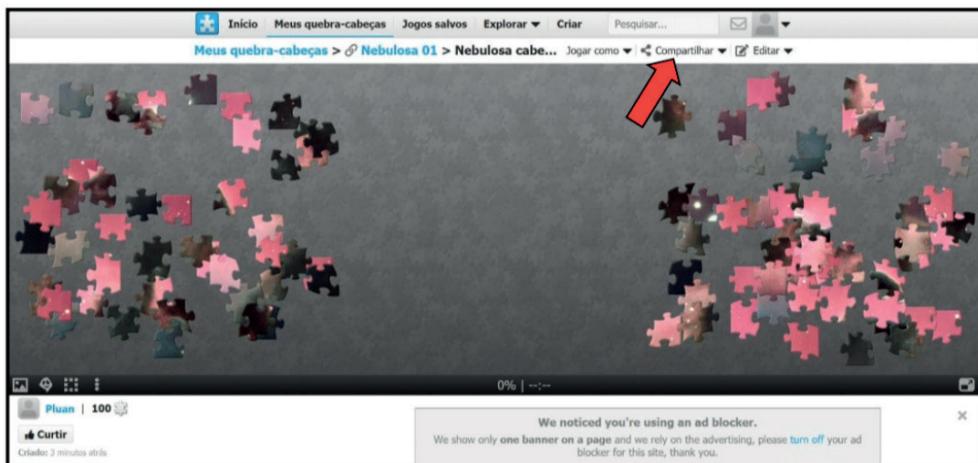
Após ser redirecionado para a próxima página poderá escolher o arquivo que será desmembrado em um quebra-cabeça, colocar o nome do arquivo, definir o número de peças para montagem. Caso queira ainda, é possível definir a forma do quebra-cabeça. Quando terminar de editar, clique em “criar”. Pronto, seu quebra cabeça está criado (Figura 54).

Figura 54. Configurando o quebra-cabeça.



Fonte: <https://www.jigsawplanet.com>

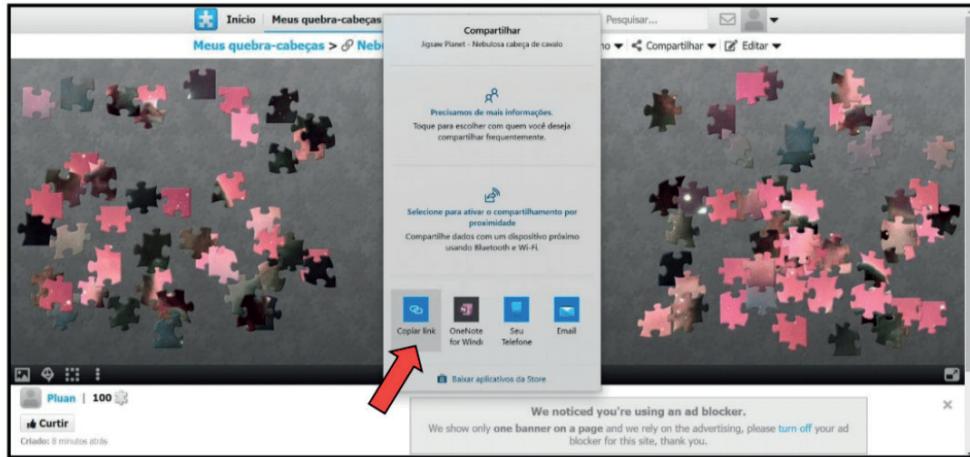
Figura 55. Compartilhando o quebra-cabeça



Fonte: <https://www.jigsawplanet.com/>

Na Figura 55, foi criado um quebra-cabeça de 100 (cem) peças e após mexer na primeira peça o tempo será contado para o aluno. Para o aluno ter acesso basta clicar em “compartilhar” e copiar o link no ícone “copiar link”. Disponibilize o link no chat do *google meet*. Pronto, sua atividade será realizada.

Figura 56. Compartilhando o quebra-cabeça



Fonte: <https://www.jigsawplanet.com/>



### TERMO DE VALIDAÇÃO DO PRODUTO EDUCACIONAL

Atestamos para os devidos fins que o produto educacional intitulado **Sequência Didática Interativa utilizando a Evolução Estelar para compreensão de conceitos de Física Moderna e Contemporânea** foi aplicado no Colégio Asas em Feira de Santana e no Colégio Estadual Polivalente de Santo Estevão, Bahia, com um público-alvo total de 10 estudantes do 3º ano do Ensino Médio.

Feira de Santana, 23 de setembro de 2021

*Carlos Alberto de Lima Ribeiro*

Presidente da Banca de Avaliação:  
Prof. Dr. Carlos Alberto de Lima Ribeiro (DFIS-UEFS)

*Vera Aparecida Fernandes Martin*

Membro Interno do Mestrado Profissional em Astronomia:  
Profa. Dra. Vera Aparecida Fernandes Martin (DFIS-UEFS)

*Selma Rozane Vieira*

Membro Externo – Convidado:  
Profa. Dra. Selma Rozane Vieira (IFBA – Vitória da Conquista)

## SOBRE OS AUTORES

**PATRICK LUAN PACHECO RAMOS** - Professor Mestre em Ensino de Astronomia pela Universidade Estadual de Feira de Santana (UEFS), Especialista em Metodologia no ensino de Física e Matemática, Especialista em Educação Digital (em andamento) pela Universidade Estadual da Bahia (UNEB) e licenciado no curso de Licenciatura em Física da Universidade Estadual de Feira de Santana (UEFS).

**CARLOS ALBERTO DE LIMA RIBEIRO** - Bacharel, Mestre e Doutor em Física pela Universidade Federal de Pernambuco. Atualmente é Professor Titular, Coordenador e Docente Permanente do Programa de Pós Graduação em Astronomia - Mestrado Profissional da UEFS.



# A evolução estelar para compreender conceitos de **FÍSICA MODERNA E CONTEMPORÂNEA**

- 🌐 [www.atenaeditora.com.br](http://www.atenaeditora.com.br)
- ✉️ [contato@atenaeditora.com.br](mailto:contato@atenaeditora.com.br)
- 📷 [@atenaeditora](https://www.instagram.com/atenaeditora)
- FACEBOOK [www.facebook.com/atenaeditora.com.br](https://www.facebook.com/atenaeditora.com.br)



# A evolução estelar para compreender conceitos de **FÍSICA MODERNA E CONTEMPORÂNEA**

- 🌐 [www.atenaeditora.com.br](http://www.atenaeditora.com.br)
- ✉️ [contato@atenaeditora.com.br](mailto:contato@atenaeditora.com.br)
- 📷 [@atenaeditora](https://www.instagram.com/atenaeditora)
- FACEBOOK [www.facebook.com/atenaeditora.com.br](https://www.facebook.com/atenaeditora.com.br)