

UNIVERSIDADE FEDERAL DO PAMPA

ARTHUR MACHADO SOUSA

MASSAS DO DESTINO: O JOGO DO CICLO DE VIDA ESTELAR

Bagé - RS

2026

ARTHUR MACHADO SOUSA

MASSAS DO DESTINO: O JOGO DO CICLO DE VIDA ESTELAR

Trabalho de Conclusão de Curso
apresentado ao Curso de Licenciatura em
Física da Universidade Federal do
Pampa, como requisito parcial para
obtenção do Título de Licenciado em
Física.

Orientador: Prof. Dr. Rafael Kobata
Kimura

Coorientadora: Profa. Dra. Isabel R. G.
Aleman

Bagé - RS

2026

Ficha catalográfica elaborada automaticamente com os dados fornecidos
pelo(a) autor(a) através do Módulo de Biblioteca do
Sistema GURI (Gestão Unificada de Recursos Institucionais) .

Sousa, Arthur

MASSAS DO DESTINO: O JOGO DO CICLO DE VIDA ESTELAR / Arthur
Sousa.

103 p.

S725m Trabalho de Conclusão de Curso(Graduação)-- Universidade Federal do Pampa,
FÍSICA, 2025.

"Orientação: Rafael Kimura".

1. Ensino de Astronomia . 2. Jogos Didáticos. 3. Evolução Estelar. 4. Educação
não formal . I. Título.

ARTHUR MACHADO SOUSA

MASSAS DO DESTINO: O JOGO DO CICLO DE VIDA ESTELAR

Trabalho de Conclusão de Curso
apresentado ao Curso de Licenciatura
em Física da Universidade Federal do
Pampa, como requisito parcial para
obtenção do Título de Licenciado em
Física.

Área de concentração: Ensino de
Astronomia

Trabalho de Conclusão de Curso defendido e aprovado em 07 de julho de 2026.

Banca examinadora:

Prof. Dr. Rafael Kobata Kimura
Orientador
UNIPAMPA

Prof. Dr. Diego Lorenzo Oliveira
LNA/MCTI

Ma. Cecília Petinga Irala
UNIPAMPA



Assinado eletronicamente por **CECILIA PETINGA IRALA, Chefe do Planetário**, em 15/07/2026, às 09:50, conforme horário oficial de Brasília, de acordo com as normativas legais aplicáveis.



Assinado eletronicamente por **RAFAEL KOBATA KIMURA, PROFESSOR DO MAGISTERIO SUPERIOR**, em 15/07/2026, às 14:43, conforme horário oficial de Brasília, de acordo com as normativas legais aplicáveis.



Assinado eletronicamente por **Diego Lorenzo-Oliveira, Usuário Externo**, em 16/07/2026, às 14:30, conforme horário oficial de Brasília, de acordo com as normativas legais aplicáveis.



A autenticidade deste documento pode ser conferida no site
https://sei.unipampa.edu.br/sei/controlador_externo.php?acao=documento_conferir&id_orgao_acesso_externo=0, informando o código verificador **2093802** e o código CRC **E804B243**.

AGRADECIMENTO

Gostaria de expressar meus sinceros agradecimentos a todas as pessoas que contribuíram para a realização deste trabalho. Ao Prof. Dr. Rafael Kobata Kimura e a professora Isabel, pela orientação, contribuíram ao longo do desenvolvimento deste trabalho. Um agradecimento especial ao Francisco, pela ajuda, disponibilidade e pelas contribuições que foram essenciais durante o processo de construção e desenvolvimento deste projeto. À professora Lisete, pelo apoio e pelas orientações relacionadas aos aspectos metodológicos. À professora Amélia, pela colaboração na adaptação dos questionários. Aos colegas do curso de Licenciatura em Física amigos e professor Demetrius, que participaram dos testes do jogo, oferecendo sugestões, apontamentos e percepções importantes que permitiram identificar aspectos positivos e pontos a serem aprimorados antes da aplicação final da atividade. Por fim, agradeço a todos que, de alguma forma, estiveram presentes durante esta trajetória e contribuíram para a conclusão deste trabalho.

RESUMO

O presente Trabalho de Conclusão de Curso teve como objetivo principal desenvolver e aplicar um jogo de tabuleiro educativo para uso no ensino e na divulgação da Astronomia. O jogo tem como tema central a evolução estelar. A proposta surge da necessidade de ampliar a utilização de recursos didáticos lúdicos que abordem a Astronomia de forma acessível e envolvente, promovendo a aprendizagem significativa e o interesse dos estudantes pelos conteúdos científicos. O jogo, intitulado “Massas do Destino: O Jogo do Ciclo de Vida Estelar”, foi planejado para ser utilizado em espaços de educação não formal, como o Planetário da Universidade Federal do Pampa e o Espaço Cosmos do Laboratório Nacional de Astrofísica. A pesquisa adota uma abordagem qualitativa e tem como base a metodologia de intervenção pedagógica proposta por Damiani, contemplando as etapas de diagnóstico, planejamento, aplicação e avaliação. A intervenção foi realizada com alunos do 9º ano do Ensino Fundamental, faixa etária em que a Base Nacional Comum Curricular, documento que define o conjunto de aprendizagens essenciais da Educação Básica, prevê o estudo da evolução estelar. O jogo foi desenvolvido com base nos conceitos de evolução estelar, representando as diferentes etapas da vida das estrelas e seus possíveis destinos, permitindo ao jogador compreender a importância da massa estelar na definição de seu ciclo de vida. Espera-se que a aplicação do jogo contribua para o aprendizado de Astronomia de forma mais dinâmica e participativa, estimulando a curiosidade, a cooperação e o raciocínio científico dos estudantes. Assim, este trabalho busca demonstrar o potencial dos jogos didáticos como ferramentas de ensino e divulgação científica, fortalecendo o vínculo entre a ludicidade e o ensino de ciências.

Palavras-Chave: Astronomia; Evolução Estelar; Ensino de Astronomia; Jogos Didáticos; Educação Não Formal.

ABSTRACT

This undergraduate thesis aims to develop and apply an educational board game focused on teaching and disseminating Astronomy, with an emphasis on the theme of stellar evolution. The proposal arises from the need to expand the use of playful educational resources that address this topic in an accessible and engaging way, promoting meaningful learning and students' interest in scientific content. The game, entitled *Masses of Destiny: the game of the stellar life cycle*, was designed to be used in non-formal education spaces such as the Planetarium of the Federal University of Pampa and the Cosmos Space of the National Astrophysics Laboratory. The research adopts a qualitative approach and is based on the pedagogical intervention methodology proposed by Damiani, encompassing the stages of diagnosis, planning, implementation, and evaluation. The intervention will be carried out with ninth-grade students, an age group in which the Brazilian National Common Curriculum Base, the document that defines the set of essential learning outcomes for the Basic Education, includes the study of stellar evolution. The game was developed based on the main concepts of stellar evolution, representing the different stages of stellar life and their possible outcomes, allowing players to understand the importance of stellar mass in determining its life cycle. It is expected that the application of the game will contribute to a more dynamic and participatory learning of Astronomy, fostering curiosity, cooperation, and scientific reasoning among students. Thus, this work seeks to demonstrate the potential of educational games as tools for teaching and scientific dissemination, strengthening the relationship between playfulness and science education.

Keywords: Astronomy; Stellar Evolution; Astronomy Teaching; Educational Games; Non-Formal Education.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Primeiro tabuleiro.....	35
Figura 2 - Segundo tabuleiro.....	36
Figura 3 - Peões da primeira fase do tabuleiro.....	37
Figura 4 - Modelo de representação das massas.....	37
Figura 5 - Peões da segunda fase do tabuleiro.....	38
Figura 6 - Cartela de apoio.....	39
Figura 7 - Teste do jogo com colegas do curso de Física da Unipampa.....	41

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 - Objetivos e habilidades a serem desenvolvidos em cada série de acordo com a BNCC	15
Quadro 2 - Referências que foram estudadas.....	27
Quadro 3 - Quadro para os jogadores identificarem a classe de sua estrela.....	47

LISTA DE SIGLAS

BNCC	Base Nacional Comum Curricular
LNA	Laboratório Nacional de Astrofísica
MCTI	Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovação
RELEA	Revista Latino-Americana de Educação em Astronomia
TCC	Trabalho de Conclusão de Curso
Unipampa	Universidade Federal do Pampa

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO.....	12
2 CONCEITOS GERAIS E REVISÃO DE LITERATURA.....	25
2.1 Revisão de literatura.....	25
2.1.1 Jogos no ensino de Astronomia.....	27
2.1.2 Jogos de tabuleiro com ênfase em evolução estelar.....	28
3 METODOLOGIA.....	31
3.1 Desenvolvimento do jogo.....	31
3.1.1 Tabuleiros.....	32
3.1.3 Peões e Cartelas.....	34
3.1.2 Cartas e mecânicas do jogo.....	37
3.1.4 Testes e refinamento das regras.....	39
3.4 Validação do produto.....	40
3.4.1 Contexto da intervenção pedagógica.....	40
a) Diagnóstico.....	41
b) Planejamento.....	41
c) Intervenção pedagógica.....	41
d) Avaliação da aprendizagem.....	42
3.5 Instrumentos para a coleta de dados.....	42
4 RESULTADOS.....	43
4.1 Produto Educacional.....	44
4.1.1 Primeiro tabuleiro: Nuvem Molecular.....	44
4.1.2 Segundo Tabuleiro: da Sequência Principal aos Remanescentes Estelares.....	45
4.2 Aplicação.....	46
4.2.1 Primeira aula.....	47
4.2.2 Segunda aula.....	47
4.2.3 Aplicação do jogo.....	48
4.3 Análises de dados.....	50
4.3.1 Análise diagnóstica.....	50
4.3.2 Análise pós intervenção.....	51
5 CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	53
REFERÊNCIAS.....	55
APÊNDICE A: APOSTILA DE EVOLUÇÃO ESTELAR.....	57
APÊNDICE B: QUESTIONÁRIO DE DIAGNÓSTICO.....	66
APÊNDICE C: QUESTIONÁRIO PÓS INTERVENÇÃO.....	67
APÊNDICE D: REGRAS DO JOGO.....	69
APÊNDICE E: CARTAS DO JOGO.....	78
APÊNDICE F: SLIDES PARA A AULA.....	86
APÊNDICE G: ROTEIRO DA SESSÃO DO PLANETÁRIO.....	98

1 INTRODUÇÃO

O presente trabalho teve como objetivo a criação, aplicação e validação de um jogo de tabuleiro como recurso didático voltado para o ensino de Astronomia sobre evolução estelar. O jogo, intitulado “Massas do Destino: O Jogo do Ciclo de Vida Estelar”, tem como público-alvo visitantes do Planetário da Unipampa e do espaço de divulgação científica do Laboratório Nacional de Astrofísica (LNA), o Espaço Cosmos, com a faixa etária a partir dos 14 anos.

O jogo foi aplicado no Planetário da Unipampa com alunos do 9º ano do Ensino Fundamental e buscou observar de que maneira a utilização do jogo favoreceu a compreensão dos conteúdos relacionados à evolução estelar, bem como estimular o interesse dos alunos pela Astronomia.

A Astronomia é uma das ciências mais antigas desenvolvida pela humanidade. Desde as civilizações antigas, ela orientou a compreensão da passagem do tempo, das estações do ano, das fases da Lua dentre outros fenômenos (Bretones, 2014, p. 13). Apesar de ser uma campo rico para o desenvolvimento de metodologias ativas e ter uma relevância histórica e cultural, a Astronomia é uma área pouco explorada nas escolas. Segundo Bretones (2014, p.16):

[...] em anos mais avançados do ensino regular, nota-se uma repulsa pelas disciplinas de ciências naturais, assim como pela matemática. No caso de uma ciência como a Astronomia, esta situação ainda é mais grave, pois é mantida inteiramente distante do cotidiano escolar ”

Nesse contexto, é reforçada a necessidade de buscar referenciais que apontem sua importância para a formação científica dos alunos, como é o caso da Base Nacional Comum Curricular (BNCC). A BNCC é um documento de caráter normativo que define o conjunto orgânico e progressivo de aprendizagens essenciais que todos os alunos devem desenvolver ao longo das etapas e modalidades da Educação Básica (Brasil, 2018, p. 7). Além disso, abrange toda educação básica, desde a educação infantil até o ensino médio, e direciona os

conteúdos com base nas competências e habilidades esperadas para cada etapa de ensino.

Ao trabalharmos com a Astronomia na educação, especificamente considerando a BNCC, trazemos a importância da Astronomia para a compreensão como um tema fundamental não apenas para a compreensão de fenômenos naturais, mas também para a formação crítica de estudantes do ensino fundamental.

Na BNCC, Astronomia é vista na área de ciências da natureza, especificamente localizada na temática Terra e Universo. O Quadro 1 mostra, para cada série, os objetivos de conhecimento e as habilidades que os alunos devem adquirir de acordo com a BNCC.

Do primeiro ao quinto ano do fundamental, a Astronomia é apresentada por meio de objetivos de conhecimento como: escala de tempo, movimento aparente do sol no céu, Sol como fonte de luz e calor, observações do céu, pontos cardeais, calendários, fenômenos cíclicos e cultura, constelações e mapas celestes, movimento de rotação da Terra e periodicidade das fases da Lua.

Do sexto ao nono e último ano do ensino fundamental, os conteúdos relacionados à Astronomia começam a ficar um pouco mais complexos. Os objetivos de conhecimento agora são: movimentos da Terra, sistema Sol-Terra-Lua, composição, estrutura e localização do Sistema Solar no Universo, Astronomia e cultura, vida humana fora da Terra, ordem de grandeza astronômica e evolução estelar.

Especificamente no nono ano do ensino fundamental, a BNCC propõe que os alunos estudem as etapas de evolução estelar, tema este que foi incorporado à Base Curricular e que não era anteriormente relacionado em documentos oficiais antecessores (Carvalho; Ramos, 2020), como os Parâmetros Curriculares Nacionais (Brasil, 1998).

Quadro 1 - Objetivos e habilidades a serem desenvolvidos em cada série de acordo com a BNCC (continua)

Série	Objetivos de conhecimento	Habilidades
1º Ano	Escalas de tempo	Identificar e nomear diferentes escalas de tempo: os períodos diários (manhã, tarde, noite) e a sucessão de dias, semanas, meses e anos. Selecionar exemplos de como a sucessão de dias e noites orienta o ritmo de atividades diárias de seres humanos e de outros seres vivos.
2º Ano	Movimento aparente do Sol no céu O Sol como fonte de luz e calor	Descrever as posições do Sol em diversos horários do dia e associá-las ao tamanho da sombra projetada. Comparar o efeito da radiação solar (aquecimento e reflexão) em diferentes tipos de superfície (água, areia, solo, superfícies escura, clara e metálica etc.).
3º Ano	Características da Terra Observação do céu	Identificar características da Terra (como seu formato esférico, a presença de água, solo etc.), com base na observação, manipulação e comparação de diferentes formas de representação do planeta (mapas, globos, fotografias etc.). Observar, identificar e registrar os períodos diários (dia e/ou noite) em que o Sol, demais estrelas, Lua e planetas estão visíveis no céu.

Quadro 1 - Objetivos e habilidades a serem desenvolvidos em cada série de acordo com a BNCC (continuação)

Série	Objetivos de conhecimento	Habilidades
4º Ano	Pontos cardeais Calendários, fenômenos cíclicos e cultura	Identificar os pontos cardeais, com base no registro de diferentes posições relativas do Sol e da sombra de uma vara (gnômon). Comparar as indicações dos pontos cardeais resultantes da observação das sombras de uma vara (gnômon) com aquelas obtidas por meio de uma bússola. Associar os movimentos cíclicos da Lua e da Terra a períodos de tempo regulares e ao uso desse conhecimento para a construção de calendários em diferentes culturas.

Quadro 1 - Objetivos e habilidades a serem desenvolvidos em cada série de acordo com a BNCC (continuação)

Série	Objetivos de conhecimento	Habilidades
5º Ano	Constelações e mapas celestes Movimento de rotação da Terra Periodicidade das fases da Lua Instrumentos óticos	Identificar algumas constelações no céu, com o apoio de recursos (como mapas celestes e aplicativos digitais, entre outros), e os períodos do ano em que elas são visíveis no início da noite. Associar o movimento diário do Sol e das demais estrelas no céu ao movimento de rotação da Terra. Concluir sobre a periodicidade das fases da Lua, com base na observação e no registro das formas aparentes da Lua no céu ao longo de, pelo menos, dois meses. Projetar e construir dispositivos para observação à distância (luneta, periscópio etc.), para observação ampliada de objetos (lupas, microscópios) ou para registro de imagens (máquinas fotográficas) e discutir usos sociais desses dispositivos.

Quadro 1 - Objetivos e habilidades a serem desenvolvidos em cada série de acordo com a BNCC (continuação)

Série	Objetivos de conhecimento	Habilidades
6º Ano	Forma, estrutura e movimentos da Terra	Identificar as diferentes camadas que estruturam o planeta Terra (da estrutura interna à atmosfera) e suas principais características. Identificar diferentes tipos de rocha, relacionando a formação de fósseis a rochas sedimentares em diferentes períodos geológicos. Selecionar argumentos e evidências que demonstrem a esfericidade da Terra. Inferir que as mudanças na sombra de uma vara (gnômon) ao longo do dia em diferentes períodos do ano são uma evidência dos movimentos relativos entre a Terra e o Sol, que podem ser explicados por meio dos movimentos de rotação e translação da Terra e da inclinação de seu eixo de rotação em relação ao plano de sua órbita em torno do Sol.

Quadro 1 - Objetivos e habilidades a serem desenvolvidos em cada série de acordo com a BNCC (continuação)

Série	Objetivos de conhecimento	Habilidades
7º Ano	Composição do ar Efeito estufa Camada de ozônio Fenômenos naturais (vulcões, terremotos e tsunamis) Placas tectônicas e deriva continental	Demonstrar que o ar é uma mistura de gases, identificando sua composição, e discutir fenômenos naturais ou antrópicos que podem alterar essa composição. Descrever o mecanismo natural do efeito estufa, seu papel fundamental para o desenvolvimento da vida na Terra, discutir as ações humanas responsáveis pelo seu aumento artificial (queima dos combustíveis fósseis, desmatamento, queimadas etc.) e selecionar e implementar propostas para a reversão ou controle desse quadro. Justificar a importância da camada de ozônio para a vida na Terra, identificando os fatores que aumentam ou diminuem sua presença na atmosfera, e discutir propostas individuais e coletivas para sua preservação. Interpretar fenômenos naturais (como vulcões, terremotos e tsunamis) e justificar a rara ocorrência desses fenômenos no Brasil, com base no modelo das placas tectônicas. Justificar o formato das costas brasileira e africana com base na teoria da deriva dos continentes.

Quadro 1 - Objetivos e habilidades a serem desenvolvidos em cada série de acordo com a BNCC (continuação)

Série	Objetivos de conhecimento	Habilidades
8º Ano	Sistema Sol, Terra e Lua Clima	Justificar, por meio da construção de modelos e da observação da Lua no céu, a ocorrência das fases da Lua e dos eclipses, com base nas posições relativas entre Sol, Terra e Lua. Representar os movimentos de rotação e translação da Terra e analisar o papel da inclinação do eixo de rotação da Terra em relação à sua órbita na ocorrência das estações do ano, com a utilização de modelos tridimensionais. Relacionar climas regionais aos padrões de circulação atmosférica e oceânica e ao aquecimento desigual causado pela forma e pelos movimentos da Terra. Discutir iniciativas que contribuam para restabelecer o equilíbrio ambiental a partir da identificação de alterações climáticas regionais e globais provocadas pela intervenção humana.

Quadro 1 - Objetivos e habilidades a serem desenvolvidos em cada série de acordo com a BNCC (conclusão)

Série	Objetivos de conhecimento	Habilidades
9º Ano	Composição, estrutura e localização do Sistema Solar no Universo Astronomia e cultura Vida humana fora da Terra Ordem de grandeza astronômica Evolução estelar	Descrever a composição e a estrutura do Sistema Solar (Sol, planetas rochosos, planetas gigantes gasosos e corpos menores), assim como a localização do Sistema Solar na nossa Galáxia (a Via Láctea) e dela no Universo (apenas uma galáxia dentre bilhões). Relacionar diferentes leituras do céu e explicações sobre a origem da Terra, do Sol ou do Sistema Solar às necessidades de distintas culturas (agricultura, caça, mito, orientação espacial e temporal etc.). Selecionar argumentos sobre a viabilidade da sobrevivência humana fora da Terra, com base nas condições necessárias à vida, nas características dos planetas e nas distâncias e nos tempos envolvidos em viagens interplanetárias e interestelares. Analisar o ciclo evolutivo do Sol (nascimento, vida e morte) baseado no conhecimento das etapas de evolução de estrelas de diferentes dimensões e os efeitos desse processo no nosso planeta.

Fonte: adaptado de Brasil (2018).

No ensino médio, a Astronomia é vista de uma maneira mais aprofundada, estudando leis e modelos físicos.

Além das demandas oriundas das novas diretrizes, o ensino de Astronomia enfrenta outros desafios. De acordo com Bretones (2014, p. 22):

Uma criança ou pré-adolescente precisam de motivação para estudar. Na maioria das vezes, em sala de aula, o aluno se perde e não mantém a atenção para com o conteúdo, e se dispersa. Com algo diferente (afinal o que é novo e diferente ninguém esquece) o estudante se motiva, vê o sentido do conteúdo e faz relação com a própria vida.

Essas dificuldades evidenciam a necessidade de práticas didáticas inovadoras, capazes de despertar o interesse e favorecer a aprendizagem significativa (Bretones, 2014). Dessa forma, para facilitar a compreensão de algumas disciplinas que trazem conhecimentos complexos, os jogos se tornam alternativas como recursos didáticos que podem ser usados no ensino e na divulgação da Astronomia, pois funcionam como um incentivo que podem despertar um interesse dos alunos por esta área do conhecimento.

Considerando as demandas da BNCC, que passou a incorporar de forma mais explícita conteúdos relacionados à Astronomia, incluindo a evolução estelar, tema que recebeu maior destaque em comparação aos documentos curriculares anteriores, a falta de materiais didáticos voltados a esse conteúdo e o potencial dos jogos de tabuleiro como ferramenta de ensino e divulgação científica, o presente trabalho tem como objetivo oferecer um material lúdico com ênfase no ensino da evolução estelar, chamado “Massas do Destino: O Jogo do Ciclo de Vida Estelar”.

Foi realizada uma intervenção pedagógica com o intuito de investigar o potencial do jogo como ferramenta didática, seguindo as etapas de diagnóstico, planejamento, intervenção pedagógica e avaliação da aprendizagem (Damiani et al., 2013). Após sua finalização, o jogo vai passar a compor tanto o acervo do Planetário quanto o do futuro espaço de divulgação científica do LNA. A escolha desses ambientes ocorreu devido ao fato de serem espaços favoráveis para uma aprendizagem mais dinâmica e contextualizada, possibilitando a aproximação entre a comunidade e o meio acadêmico, além de fortalecer o vínculo entre divulgação científica e ensino de Astronomia.

Antes de falar a respeito dos locais de aplicação do jogo é importante compreender o conceito de educação não-formal, tendo em vista que esses espaços se caracterizam como tal. Entende-se por um ambiente não-formal como aquele que ocorre fora dos espaços tradicionais da escola, que não seguem diretrizes

curriculares como a BNCC, ainda que ofereçam experiências e ensinamentos educativos de forma organizada. De acordo com Marranghello *et al.* (2018, p. 427), a Educação Não-Formal ocorre sem uma sequência, não dirigida e em espaços como aqueles disponíveis em museus, observatórios, zoológicos e, é claro, planetários.

Diferente da educação formal, não existe uma sequência didática obrigatória de conteúdos, mas propostas que buscam integrar o público em suas atividades. No caso dos planetários, por mais que sejam espaços de divulgação científica, podem muitas vezes funcionar como um espaço complementar ao ensino formal, como uma espécie de laboratório didático (Marranghello *et al.*, 2018). E é desta forma que um planetário foi inserido neste projeto, como um ambiente complementar ao escolar, uma vez que o jogo de tabuleiro foi idealizado de acordo com as diretrizes da BNCC e inserido em uma sequência didática que ocorreu na escola, depois com uma visita ao planetário e por fim com uma última atividade no ambiente escolar.

Assim o planetário pode ser um espaço de educação não formal, promovendo divulgação científica para todos os públicos, e assumir algumas características da educação formal ao seguir conteúdos do currículo escolar. Dessa forma, a educação não formal se mostra como um espaço estratégico para o ensino de Astronomia que permite com que os alunos aprendam de maneira prazerosa e significativa.

O Planetário da Unipampa é um espaço dedicado à educação e divulgação científica com foco principal na Astronomia. A principal ação do planetário é atender turmas escolares da educação básica, tendo ainda em seu extenso rol de atividades o atendimento ao público em geral em sessões abertas, observações com telescópio, formação de professores, atividades para o ensino superior (aulas e palestras), atendimentos para públicos específicos (como idosos e pessoas com Transtorno do Espectro Autista).

O Planetário da Unipampa possui a instalação fixa e a móvel. A primeira está situada dentro do campus da Unipampa, na cidade de Bagé. O planetário fixo tem um domo de 8 metros de diâmetro, capacidade para até 52 visitantes e possui um projetor digital central de 2K de resolução. O planetário móvel, composto por um domo inflável com sistemas de som e de projeção, é utilizado para atender outras cidades do Rio Grande do Sul.

O jogo desenvolvido no presente trabalho também irá compor o acervo do

futuro espaço de divulgação científica do LNA, uma instituição de pesquisa vinculada ao Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovação (MCTI), localizado na cidade de Itajubá, em Minas Gerais (MG). É responsável pela operação do maior telescópio em território brasileiro, sendo uma referência para o desenvolvimento de Astronomia no país, contribuindo para o avanço da pesquisa científica e tecnológica na área.

Atualmente, o LNA coordena a criação do Espaço Cosmos, um moderno centro de divulgação científica voltado à promoção da cultura científica e à popularização da Astronomia. O projeto contempla a construção de um edifício de três pavimentos equipado com auditório para 120 pessoas, planetário, museu interativo, espaço imersivo e observatório com telescópio de 50 cm de diâmetro. O local, que ainda está em construção, oferecerá atividades diversificadas, como sessões de planetário, exposições, observações do céu, oficinas e formações para professores, integrando ciência, tecnologia e cultura em um ambiente acessível e inspirador.

Com essa nova estrutura, o LNA pretende ampliar significativamente suas ações de extensão e divulgação científica, que já atraem um público expressivo mesmo com limitações atuais. O Espaço Cosmos deverá atender entre 1.500 e 3.000 visitantes por mês, incluindo estudantes, professores, famílias e turistas, consolidando-se como um equipamento cultural e científico de alcance regional e grande impacto social.

Com isso, esta instituição de destaque nacional que impulsiona o avanço da astrofísica observacional no Brasil busca ampliar sua contribuição para a formação de novos cientistas e para a valorização da ciência na sociedade. Nesse contexto, destaca-se também a participação da pesquisadora Dra. Isabel Aleman como coorientadora deste trabalho e servidora do LNA, que acompanhará o processo de incorporação do jogo “Massas do Destino: O Jogo do Ciclo de Vida Estelar” ao acervo do futuro espaço de divulgação científica da instituição, fortalecendo ainda mais a articulação entre pesquisa, ensino e popularização da Astronomia.

Neste documento, são apresentadas as motivações, conceitos gerais, expectativas e os primeiros passos na criação do jogo de tabuleiro. No Capítulo 2 são expostos os conceitos gerais e a revisão bibliográfica, que fundamentam o trabalho, destacando pesquisas relacionadas ao uso de jogos no ensino de Astronomia e à evolução estelar.

No Capítulo 3, descreve-se a metodologia adotada, detalhando o tipo de pesquisa, os procedimentos de criação do jogo, o público-alvo, o contexto de aplicação e os instrumentos utilizados para a coleta e análise de dados.

No Capítulo 4, são apresentados as partes do jogo e os resultados esperados com a aplicação do jogo e a análise qualitativa dos dados coletados.

No Capítulo 5, são reunidas as considerações finais, nas quais são discutidas as contribuições do trabalho para o ensino de Astronomia, as limitações encontradas e as perspectivas para futuras aplicações e aprimoramentos do jogo “Massas do Destino: O Jogo do Ciclo de Vida Estelar”.

Objetivo Geral

O presente trabalho tem como objetivo geral a criação, aplicação e validação de um jogo de tabuleiro como recurso didático voltado para o ensino de Astronomia sobre evolução estelar, para ser aplicado em ambientes de educação não formal, inicialmente no Planetário da Unipampa - Campus Bagé - RS e no Espaço Cosmos, futuro ambiente de divulgação científica do Laboratório Nacional de Astrofísica (LNA).

Objetivos específicos

- Desenvolver um jogo de tabuleiro de Astronomia com o tema evolução estelar para alunos do 9º ano do Ensino Fundamental e que sirva como material didático de ensino e divulgação científica;
- Aplicar o jogo após uma sessão no planetário, como forma de pós-teste;
- Avaliar o jogo em aspectos didáticos, lúdicos e de entretenimento.

2 CONCEITOS GERAIS E REVISÃO DE LITERATURA

Este capítulo apresenta os resultados da revisão bibliográfica, destacando os trabalhos analisados, as sínteses de referenciais e as bases teóricas que fundamentam a construção e o desenvolvimento deste trabalho.

2.1 Revisão de literatura

O referencial teórico básico deste trabalho foi construído de duas maneiras. A primeira sendo baseada no Trabalho de Conclusão de Curso (TCC) “Jogos de Tabuleiro no Ensino de Astronomia” (Lucas, 2023). A segunda consistiu no mapeamento de produções com temas similares ao deste trabalho, feito a partir dos buscadores SciELO¹ e Oasisbr² e na Revista Latino-Americana de Educação em Astronomia³ (RELEA), uma revista especializada em ensino de Astronomia.

O trabalho “Jogos de tabuleiro no ensino de Astronomia” tem como objetivo criar e aplicar um jogo de tabuleiro a respeito de exploração em Marte, desenvolvido para a divulgação científica e com fins didáticos. O jogo é pensado para o ambiente de ensino não formal, mais especificamente o Planetário da Unipampa, e tem como público alvo alunos a partir do 9º ano do ensino fundamental.

O trabalho de Lucas (2023) é relevante para a presente pesquisa, pois, é uma pesquisa atual (2023), aplicada e que consolida o uso de jogos como recursos didáticos para o ensino de Astronomia em um espaço de educação não formal como o planetário. O trabalho foi também realizado sob orientação do Prof. Rafael Kimura para o Planetário da Unipampa e foi o ponto de partida para o desenvolvimento do presente trabalho.

A busca por publicações foi realizada por meio de palavras-chave. Inicialmente, utilizou-se as palavras “jogo de evolução estelar” (que foram buscadas sem aspas no mecanismo de busca) na base de dados SciELO e na revista especializada em ensino de Astronomia, RELEA. Contudo, não foram identificadas publicações relacionadas a esse termo.

No repositório Oasisbr, foram localizadas duas dissertações e um TCC que tratavam do ensino de evolução estelar por meio de jogos. Na segunda busca,

¹ <https://www.scielo.org>

² <https://www.oasisbr.ibict.br/vufind/>

³ <https://relea.ufscar.br/>

optou-se pelo termo “jogos de Astronomia” (que foram buscadas sem aspas no mecanismo de busca), onde foram encontrados o TCC de Lucas (2023) no repositório Oasisbr, e uma resenha a respeito da obra de Bretones (2014) no RELEA. Por fim, combinando os termos “jogos de Astronomia” + “tabuleiro” (que foram buscadas sem aspas), a busca retornou apenas um artigo no OasisBr.

A pesquisa bibliográfica revelou que produções voltadas para jogos de tabuleiro no ensino de Astronomia com ênfase em evolução estelar é limitada. Nesse contexto, o presente trabalho torna-se relevante por contribuir para preencher a lacuna existente na oferta de materiais didáticos para o ensino de Evolução Estelar, conteúdo central da Astronomia e contemplado pela BNCC.

As referências encontradas podem ser vistas no Quadro 2. Neles estão os trabalhos, autores, data de publicação e a contribuição para o presente trabalho.

Quadro 2 - Referências que foram estudadas

(continua)

Título do trabalho	Referência	Contribuição
Jogos para o ensino de Astronomia	Bretones, 2014.	Fundamentação teórica sobre o uso de jogos como recurso pedagógico.
Jogos de Tabuleiro no Ensino de Astronomia	Lucas, 2023	Base conceitual ao presente trabalho, destacando o uso de jogos de tabuleiro para ensino.
O Ensino de Astronomia Através de Jogos e da Aprendizagem Baseada em Equipes no 9º ano do Ensino Fundamental	Guedes, 2018	A aplicação do jogo no contexto escolar.
Ensino de Astronomia usando um jogo de trilha para o estudo da evolução estelar no Ensino Médio	Silva, 2020	Utiliza jogos de evolução estelar na sua metodologia

Quadro 2 - Referências que foram estudadas

(conclusão)

Título do trabalho	Referência	Contribuição
Star's rescuers: um jogo de tabuleiro colaborativo para o ensino da evolução estelar	Guizzo, 2021	Utiliza jogos de evolução estelar na sua metodologia

Fonte: Autor (2026)

Além das buscas realizadas por palavras-chave nos repositórios selecionados, também foi adotada uma estratégia complementar de levantamento bibliográfico a partir das referências presentes no trabalho de Lucas (2023). A escolha desse material ocorreu por sua proximidade temática com o presente estudo, uma vez que aborda jogos de tabuleiro no ensino de Astronomia.

Dessa forma, os trabalhos apresentados no quadro 2 resultam tanto das buscas diretas por palavras-chave quanto da seleção de referências identificadas em trabalhos previamente analisados. Além disso, para embasar a discussão a respeito da utilização de jogos como recurso pedagógico no ensino de Astronomia, utilizou-se como referencial o livro “Jogos para o ensino de Astronomia” (Bretones, 2014). A obra apresenta uma análise sobre o papel dos jogos no processo de ensino, destacando a motivação e engajamento. Nele também é mostrado uma espécie de guia para elaborar materiais lúdicos que servem como recursos pedagógicos no ensino de Astronomia.

Nas próximas seções, serão discutidos trabalhos relacionados ao uso de jogos no ensino de Astronomia e, posteriormente, pesquisas que desenvolveram jogos de tabuleiro voltados especificamente ao ensino da evolução estelar, buscando contextualizar a proposta deste trabalho.

2.1.1 Jogos no ensino de Astronomia

Os jogos no ensino de Astronomia vêm sendo utilizados como um recurso pedagógico relevante capaz de despertar a curiosidade, gerando motivação e promovendo a aprendizagem. A dissertação de Guedes (2018), por exemplo, realizou uma intervenção com alunos do 9º ano do Ensino Fundamental, onde

propôs alguns jogos como o Jogo das Revoluções, que explorou a história da Astronomia, e o Detetive dos Elementos Químicos, voltado ao estudo da espectroscopia. Essa proposta evidencia o caráter multidisciplinar da Astronomia, podendo abordar conteúdos tanto de Física quanto de Química.

Nessa mesma perspectiva, Lucas (2023) desenvolveu um jogo de tabuleiro aplicado em ambiente de ensino não formal, o Planetário da Unipampa, onde demonstrou o potencial para promover tanto a diversão quanto a aprendizagem no que diz respeito à exploração de Marte, reforçando o papel dos jogos no ensino e divulgação científica.

Já Bretones (2014), em seu trabalho, defende que jogos são instrumentos fundamentais para o processo de ensino e aprendizagem, pois favorecem a construção do conhecimento ampliando as possibilidades de abordar temas de Astronomia.

Assim, as pesquisas analisadas convergem na mesma ideia de que o ensino de Astronomia por meio de jogos didáticos é um motivador além de promover o aprendizado de forma mais atrativa. Nos jogos:

Organiza e pratica as regras, elabora estratégias e cria procedimentos a fim de vencer as situações problemas desencadeadas pelo contexto lúdico. [...] Relações espaço-temporais e causais estão presentes na medida que a criança coordena e estabelece relações entre suas jogadas e a do adversário (Brenelli, 2001, p. 178).

2.1.2 Jogos de tabuleiro com ênfase em evolução estelar

Os trabalhos de dissertação “Star’s Rescuers: Um Jogo de Tabuleiro Colaborativo para o Ensino da Evolução Estelar” (Guizzo, 2021) e “Ensino de Astronomia usando um jogo de trilha para o estudo da evolução estelar no Ensino Médio” (Silva, M., 2020) são relevantes para a pesquisa, pois ambos se fundamentam em referências teóricas acerca de evolução estelar e exploram metodologias de ensino por meio de jogos didáticos.

A dissertação de Guizzo (2021) se destaca, pois traz uma proposta diferenciada ao inserir o jogador no papel de cientista/investigador. No jogo é preciso localizar e identificar diferentes tipos de estrelas a partir de pistas coletadas ao longo da partida. Essa abordagem foi inspirada no jogo de tabuleiro 221B Baker Street: The Master Detective Game, originalmente criado por Jay Moriarty e publicado pela

primeira vez em 1975. Ressalta-se que o trabalho não reproduz o jogo original, utilizando apenas elementos gerais de sua dinâmica como referência para o desenvolvimento da proposta. A adaptação de Guizzo (2021) direciona esse formato para a Astronomia, permitindo aos alunos resolver “enigmas científicos”, relacionando as pistas do jogo com conteúdos de evolução estelar, como classificações estelares, ciclos de vida e características físicas das estrelas.

Já no trabalho de Silva (2020), é proposto um jogo de tabuleiro do tipo trilha. Esse tipo de jogo, também denominado jogo de tabuleiro de percurso, caracteriza-se pelo deslocamento dos participantes ao longo de um caminho pré-definido, composto por casas ou espaços, por meio da movimentação de seus peões. Um aspecto interessante deste jogo é que, dependendo da cor da casa que a peça ficar, o jogador deverá responder a uma pergunta referente àquela cor.

Ambos os jogos são bem construídos e oferecem contribuições significativas. Porém, para os objetivos do presente TCC, idealiza-se uma mecânica de jogo diferente, que permita que o jogador, mesmo possuindo conhecimentos prévios, aprenda e consolide conceitos ao longo da partida, como a dependência do percurso evolutivo e do destino final de uma estrela em relação à massa adquirida durante seu processo de formação.

Os dois jogos foram testados em ambiente escolar e apresentaram bons resultados no processo de ensino e aprendizagem dos conceitos de Astronomia. Foi feita uma sequência didática que incluiu um pré-teste, atividades de estudo, aplicação do jogo e depois um pós-teste. Os resultados mostraram um aumento significativo no desempenho dos estudantes. Além disso, os relatos qualitativos indicaram que o jogo despertou o interesse e facilitou a compreensão dos fenômenos astronômicos, demonstrando o potencial dos jogos didáticos na construção de uma aprendizagem significativa (Silva, 2020).

Para avaliar o produto desenvolvido, Guizzo (2021) realizou a aplicação de um pré-teste, um pós-teste e um questionário de avaliação relacionados ao jogo Star's Rescuers. O pré-teste e o pós-teste continham as mesmas questões relacionadas à teoria da evolução estelar, sendo compostos por quatorze questões objetivas de múltipla escolha. Já a avaliação do jogo foi composta por treze questões objetivas e uma questão dissertativa.

A análise dos resultados do pré e do pós-teste indicou um desempenho considerável dos alunos. Além disso, na avaliação do jogo, a maioria dos participantes relatou que a atividade facilitou o processo de aprendizagem, tornou as aulas mais dinâmicas e estimulou o trabalho em grupo.

3 METODOLOGIA

O presente capítulo apresenta os procedimentos adotados para a construção e aplicação do jogo “Massas do Destino: O Jogo do Ciclo de Vida Estelar” para ser um recurso didático voltado para o ensino de Astronomia com o tema evolução estelar. A pesquisa tem abordagem qualitativa e o jogo foi pensado para ser aplicado em espaços de educação não formal como o Planetário da Unipampa e o Espaço Cosmos.

O jogo foi concebido de modo que sua mecânica e elementos visuais estivessem relacionados aos principais conceitos envolvidos na evolução estelar. Ao longo da partida, os participantes interagem com situações inspiradas em processos astronômicos, aspectos associados ao ciclo de vida das estrelas, especialmente a influência da massa nos diferentes caminhos evolutivos e nos possíveis estágios finais desses objetos.

Também foi elaborada uma apostila de apoio destinada aos professores que não possuem familiaridade com conteúdos de Astronomia. O material foi fundamentado no livro *Astronomia e Astrofísica*, de Oliveira Filho e Saraiva (2014), com o objetivo de fornecer os conceitos necessários para a compreensão da dinâmica do jogo e dos conteúdos relacionados à evolução estelar. A descrição detalhada de seus componentes e de sua fundamentação conceitual encontra-se apresentada no Apêndice A.

Serão descritos os procedimentos da validação do produto como uma ferramenta eficaz no processo de ensino e aprendizagem, bem como seu potencial para promover o engajamento acerca dos fenômenos relacionados à evolução estelar, com a metodologia a partir da proposta de intervenção pedagógica de Damiani *et al* (2013).

3.1 Desenvolvimento do jogo

O processo de desenvolvimento do jogo pode ser dividido em: definição do tema, *design* do tabuleiro e de outros elementos do jogo e formulação das mecânicas do jogo.

A escolha do tema evolução estelar para o desenvolvimento do jogo ocorreu

a partir do interesse do autor pela temática, aliado à sua pertinência no contexto educacional. Além do interesse pessoal, considerou-se que esse conteúdo está previsto na BNCC, que propõe o estudo da evolução estelar dentro da unidade temática Terra e Universo no 9º ano do Ensino Fundamental (Brasil, 2018).

Com base nisso, definiu-se como público-alvo deste trabalho os visitantes do Planetário da Unipampa e do Espaço Cosmos com faixa etária a partir de 14 anos, faixa etária que corresponde, em geral, ao período em que esse conteúdo é abordado na educação básica.

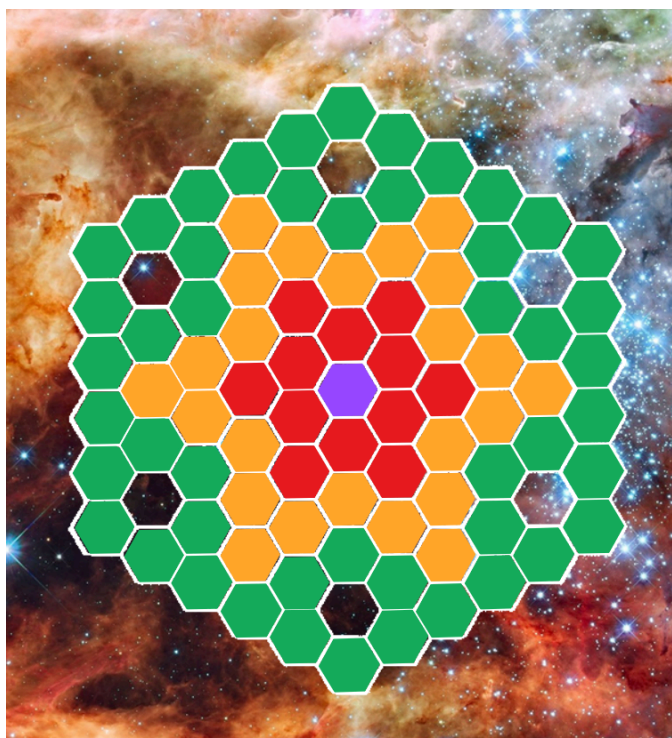
3.1.1 Tabuleiros

Os tabuleiros foram planejados para representar visualmente as diferentes fases abordadas no jogo. O *design* dos tabuleiros foi feito na plataforma Canva⁴.

O primeiro tabuleiro, que trata da fase de formação estelar, possui como plano de fundo a imagem de uma região de formação estelar. O conjunto de casas em formato hexagonal, que foi inspirado na estrutura do espelho do James Webb Space Telescope, por onde os peões dos jogadores se deslocam. As casas apresentam diferentes cores: verde, amarelo, vermelho e roxo, que indicam, nesta ordem, níveis crescentes de dificuldade das perguntas. Dessa forma, à medida que os jogadores avançam em direção ao centro do tabuleiro, os desafios tornam-se progressivamente mais difíceis. O modelo do primeiro tabuleiro utilizado na aplicação pode ser observado na Figura 1.

⁴ <https://www.canva.com/>

Figura 1 - Primeiro tabuleiro.



Fonte: Design do tabuleiro pelo autor. Créditos da imagem de fundo⁵: NASA, ESA, F. Paresce (INAF-IASF, Bologna, Italy), R. O'Connell (University of Virginia, Charlottesville), and the Wide Field Camera 3 Science Oversight Committee.

O segundo tabuleiro possui uma estrutura do tipo trilha e representa a fase pós-Sequência Principal, correspondente aos estágios finais da evolução estelar. O caminho percorrido pelos jogadores passa a depender da quantidade de massa acumulada na etapa anterior do jogo. Com base nesse acúmulo, o tabuleiro apresenta três principais rotas evolucionárias associadas à massa estelar, conduzindo aos estágios finais representados no jogo sendo, anã branca, estrela de nêutrons ou buraco negro.

Ao longo dessas rotas, os jogadores passam por fases específicas da evolução, como gigante vermelha, supergigante vermelha, supernova e nebulosa planetária. Ao alcançar essas etapas, são ativados eventos obrigatórios que geram consequências positivas ou negativas, introduzindo elementos de imprevisibilidade na dinâmica do jogo. O *design* desse tabuleiro pode ser observado na Figura 2.

⁵ <https://science.nasa.gov/missions/hubble/hubbles-festive-view-of-a-grand-star-forming-region/>

Figura 2 - Segundo tabuleiro.



Fonte: autor (2026)

Os tabuleiros foram produzidos em tecido para pôster. O primeiro possui dimensões de 80 cm × 60 cm, enquanto o segundo mede 80 cm × 45 cm. Essas medidas foram definidas buscando proporcionar boa visualização dos elementos gráficos e espaço adequado para a movimentação dos jogadores durante a atividade. As cartas foram confeccionadas no tamanho de 9,5 cm × 7 cm e posteriormente plastificadas. Ressalta-se que essas dimensões e materiais correspondem à versão desenvolvida neste trabalho, podendo ser adaptados conforme o público, o espaço disponível e os recursos de impressão utilizados.

3.1.3 Peões e Cartelas

Para cada tabuleiro, foram desenvolvidos peões específicos, com o objetivo de reforçar a representação dos conceitos trabalhados, os peões são apresentados nas Figura 3 e 5. No primeiro tabuleiro, os peões possuem o formato de uma nuvem, simbolizando uma nuvem molecular.

Figura 3 - Peões da primeira fase do tabuleiro.



Fonte: Autor (2026)

Nessa etapa, é possível inserir as massas obtidas no interior do peão, representando o acúmulo de massa durante o processo inicial de formação estelar. O modelo de representação das massas foi desenvolvido utilizando o formato de duas nuvens de tamanhos diferentes. A nuvem de menor dimensão representa 0,5 massa solar, enquanto a de maior dimensão representa 3 massas solares. Os modelos são apresentados nas Figura 4.

Figura 4 - Modelo de representação das massas



Fonte: Autor (2026)

No segundo tabuleiro, os peões assumem o formato de estrelas, indicando a transição para uma nova fase da evolução estelar. Essa mudança visual busca evidenciar, de maneira concreta e lúdica, que os objetos anteriormente

representados como nuvens moleculares passaram a ser estrelas formadas, contribuindo para a compreensão do processo evolutivo.

Figura 5 - Peões da segunda fase do tabuleiro.

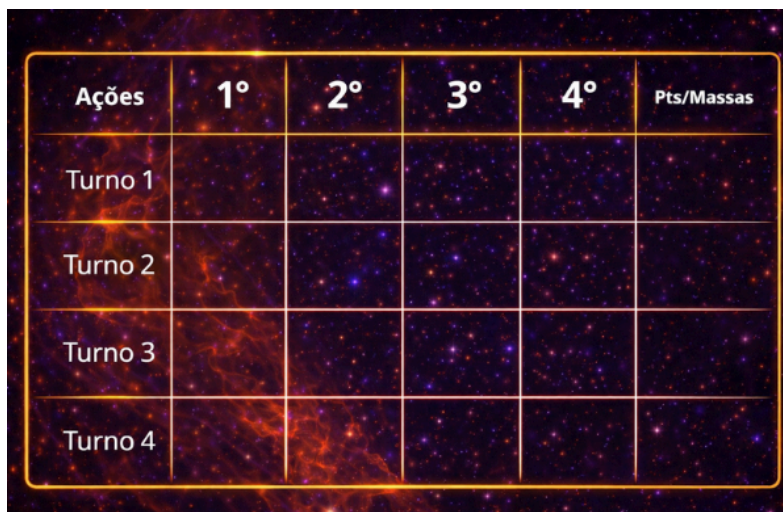


Fonte: Autor (2026)

As peças do jogo foram confeccionadas por meio de impressão 3D, o que possibilitou maior personalização dos materiais e melhor adequação às necessidades pedagógicas da proposta.

Para auxiliar os jogadores na organização das ações e no controle dos turnos, foi desenvolvida uma cartela de apoio, apresentada na Figura 6, na qual os jogadores podem registrar os movimentos realizados em cada rodada. O *design* da cartela também foi elaborado na plataforma Canva. Esse recurso permite que os participantes registrem a quantidade de ações realizadas em cada turno, contribuindo para a fluidez da partida.

Figura 6 - Cartela de apoio



Ações	1º	2º	3º	4º	Pts/Massas
Turno 1					
Turno 2					
Turno 3					
Turno 4					

Fonte: Autor (2026)

3.1.2 Cartas e mecânicas do jogo

O *design* das cartas também foi feito na plataforma Canva. As cartas de perguntas foram elaboradas para o primeiro tabuleiro com o objetivo de inserir um elemento desafiador ao jogo, no qual os participantes devem responder a questões relacionadas aos conteúdos abordados. Essas cartas foram organizadas com perguntas em três níveis de dificuldade --- fácil, médio e difícil ---, permitindo que os jogadores escolham diferentes graus de desafio. As questões foram elaboradas no formato de múltipla escolha, sendo que o número de alternativas varia de acordo com o nível de dificuldade de cada carta: pergunta fácil, duas alternativas; média, três e difícil, quatro. Quando respondidas corretamente, tais questões concedem uma pontuação específica e dependente do grau de dificuldade, incentivando tanto a aprendizagem quanto a progressão no jogo.

Além disso, nessa fase existe uma mecânica de combate entre os jogadores, na qual é possível roubar massa de outro jogador. Para que o combate aconteça, os jogadores precisam ocupar a mesma casa no tabuleiro. O jogador atacante escolhe então a quantidade de massa que deseja tentar obter, 0,5, 1 ou 3 massas, sendo que cada valor corresponde a um nível diferente de dificuldade. Em seguida, ambos os jogadores respondem a perguntas relacionadas ao conteúdo do jogo, e o resultado do confronto determina se a transferência de massa será realizada. Dessa forma, a mecânica procura associar o desempenho dos participantes ao acúmulo de massa, conceito central para compreender os diferentes caminhos evolutivos das

estrelas. Os detalhes completos das regras de combate e resolução encontram-se descritos no Apêndice D.

No segundo tabuleiro, não são utilizadas cartas de perguntas. Em vez disso, a dinâmica do jogo passa a ser baseada em cartas de evento, ataque e defesa. As cartas de ataque permitem que os jogadores interfiram diretamente no progresso dos adversários, aplicando penalidades como retornar determinadas casas no percurso ou perder uma rodada. Em contrapartida, as cartas de defesa funcionam como mecanismos de proteção, possibilitando anular o ataque recebido, devolvê-lo ao jogador que o utilizou ou reduzir seus efeitos, como diminuir o número de casas que seriam retornadas.

As cartas de evento representam fenômenos astronômicos e podem gerar efeitos positivos ou negativos ao jogador. Quando determinadas fases são alcançadas, como as fases de nebulosa planetária, gigante vermelha, supergigante vermelha ou supernova, ocorre a ativação de eventos aleatórios. Alguns dos efeitos positivos são obter uma carta adicional, lançar o dado novamente ou avançar casas no tabuleiro; já os efeitos negativos podem incluir perder uma ação ou permanecer uma rodada sem jogar.

Esses eventos podem gerar consequências positivas ou negativas para os jogadores, contribuindo para a imprevisibilidade e engajamento da dinâmica, ao mesmo tempo em que reforçam conceitos relacionados à evolução estelar.

Foram elaboradas 48 perguntas de nível fácil, 23 de nível médio e 12 de nível difícil, além de 8 cartas de evento e 10 cartas de ataque e defesa, as cartas são apresentadas no Apêndice E. Considerando que o jogo comporta no máximo 6 equipes com até 3 pessoas simultaneamente, optou-se por ampliar a quantidade de cartas impressas, a fim de garantir a fluidez da partida e evitar escassez durante a dinâmica.

Dessa forma, foram impressas 16 cartas de evento, com repetição das já existentes, e 24 cartas de ataque e defesa. Essa ampliação possibilita maior rotatividade das cartas ao longo do jogo, contribuindo para uma experiência mais dinâmica e equilibrada entre os participantes. As cartas são apresentadas no Apêndice E.

3.1.4 Testes e refinamento das regras

As regras do jogo foram desenvolvidas por meio reflexões e simulações mentais pelo autor, discussões com os supervisores, professores e colegas, assim como através de testes práticos com colegas do curso de Física (Figura 7). Essas interações possibilitam o aperfeiçoamento das dinâmicas e da estrutura do jogo.

Figura 7 - Teste do jogo com colegas do curso de Física da Unipampa.



Fonte: Autor (2026)

Essas interações permitiram identificar pontos fortes e limitações na mecânica do jogo antes de sua aplicação, possibilitando a realização de ajustes prévios. Além disso, algumas modificações foram implementadas a partir das sugestões apresentadas pelos participantes durante a fase de testes, contribuindo para o aprimoramento da experiência de jogo.

As regras completas do jogo são apresentadas no Apêndice D.

3.4 Validação do produto

A metodologia adotada fundamenta-se na abordagem qualitativa porque o objetivo da pesquisa não foi medir estatisticamente o desempenho dos estudantes, e sim avaliar o jogo como uma ferramenta didática para o ensino de Astronomia. Como técnica de pesquisa, foi utilizada a intervenção pedagógica (Damiani *et al.*, 2013), composta das seguintes etapas: diagnóstico, planejamento, intervenção pedagógica e avaliação da aprendizagem.

As pesquisas aplicadas baseadas em intervenções pedagógicas tem como finalidade solucionar problemas práticos trazendo a contribuição de ampliar conhecimentos sobre a área escolhida (Gil, 2010). Conforme Damiani *et al.* (2013), a pesquisa tipo intervenção caracteriza-se por envolver uma aplicação planejada no contexto educacional, com o intuito de transformar uma realidade específica e analisar os efeitos dessa intervenção no processo de ensino e aprendizagem. O processo de diagnóstico identifica o contexto, as necessidades e as dificuldades dos alunos, de modo a compreender uma situação-problema. O planejamento consiste em elaborar estratégias didáticas, dos objetivos e dos recursos que foram utilizados.

A intervenção corresponde à parte onde ocorre a execução das ações planejadas, permitindo observar a interação dos participantes e a efetividade das práticas aplicadas. Analisa-se os resultados obtidos, a partir das etapas anteriores, verificando se os objetivos foram alcançados e de que modo a intervenção contribuiu para o aprimoramento do processo de ensino e aprendizagem.

3.4.1 Contexto da intervenção pedagógica

Os testes práticos do jogo foram feitos com o auxílio de alunos da Escola Municipal de Ensino Fundamental Professora Creusa Brito Giorgis, que está localizada em um bairro urbano, no município de Bagé – RS. A instituição faz parte da rede pública municipal de ensino e atende aos anos iniciais e finais do Ensino Fundamental.

Para a realização da aplicação em ambiente escolar, contou-se com a colaboração do professor de Ciências da Natureza da escola participante, que concordou em integrar o presente trabalho e auxiliar na organização das atividades. Ele começou a trabalhar na escola em 2025, ministrando aulas para as turmas de 6º

ao 9º ano do ensino fundamental. Está trabalhando como funcionário público do município há 4 anos e meio, ocupando, anteriormente, o cargo de Coordenador de Ciências. O professor estudou e se formou em Licenciatura em Física no ano de 2018 na Unipampa, campus Bagé, e também já participou da equipe do planetário.

A intervenção pedagógica foi estruturada seguindo as etapas de diagnóstico, planejamento, intervenção pedagógica e avaliação da aprendizagem, conforme a proposta de Damiani *et al.* (2013). As ações desenvolvidas visam articular o conteúdo de Astronomia com a metodologia proposta pelo jogo “Massas do Destino: O Jogo do Ciclo de Vida Estelar”.

a) Diagnóstico

Inicialmente, foi realizada a aplicação de um breve questionário com 10 perguntas e de uma conversa informal, com o intuito de identificar o que os alunos já sabiam sobre evolução estelar e quais conteúdos de Astronomia já haviam sido trabalhados em sala de aula. O questionário aplicado encontra-se no Apêndice B deste trabalho.

b) Planejamento

O planejamento da intervenção refere-se à estruturação geral da intervenção, envolvendo a definição dos objetivos específicos, dos materiais necessários, do tempo de execução e da dinâmica dos grupos. O planejamento foi elaborado após a análise dos registros do diagnóstico, em conjunto com o professor da turma. A partir dessa etapa, ocorreu a organização das ações realizadas durante a visita ao Planetário da Unipampa, incluindo a sessão sobre evolução estelar e a aplicação do jogo didático.

c) Intervenção pedagógica

A intervenção foi dividida em duas partes principais, a primeira sendo na escola e a segunda a ida ao planetário.

Na escola, foram realizadas três aulas, sendo duas delas no mesmo dia e a terceira em um dia distinto. Na primeira, aplicou-se o instrumento diagnóstico com o objetivo de identificar os conhecimentos prévios dos estudantes sobre o tema. Em

seguida, no segundo horário da aula, foi introduzido o conteúdo de evolução estelar por meio de exposições dialogadas e discussões conduzidas a partir das concepções iniciais apresentadas pelos alunos. Na terceira e última aula, foram abordados conceitos fundamentais relacionados ao ciclo de vida das estrelas, estabelecendo uma base teórica necessária para as etapas posteriores da intervenção.

A segunda parte consistiu na ida ao Planetário da Unipampa, no qual os alunos assistiram a uma sessão de planetário com o tema evolução estelar, cujo roteiro foi elaborado pelo professor orientador (Apêndice G), servindo como base introdutória para a atividade prática. Após isso, ocorreu a aplicação do jogo “Massas do Destino: O Jogo do Ciclo de Vida Estelar”, realizada no espaço de exposições do Planetário. Os sete alunos foram organizados em duas duplas e um trio, e o autor deste trabalho atuou como mediador, explicando as regras, orientando o desenvolvimento do jogo e esclarecendo os conceitos científicos que surgiram ao longo da atividade. Essa etapa teve como foco promover a aprendizagem de forma lúdica e colaborativa, estimulando a participação ativa dos estudantes.

d) Avaliação da aprendizagem

Ao término da intervenção, foi aplicado um questionário com o objetivo de coletar as percepções dos alunos sobre a experiência com o jogo. O questionário pós-jogo encontra-se no Apêndice C. As perguntas buscaram identificar se os estudantes consideraram a atividade interessante, se compreenderam melhor o conteúdo e quais aspectos poderiam ser aprimorados. Essa etapa permitiu refletir sobre o potencial pedagógico do jogo, bem como sobre as limitações de seu uso no ensino de Astronomia em espaços de educação não formal.

3.5 Instrumentos para a coleta de dados

Para a coleta de dados da pesquisa, foram utilizados observações feitas durante o momento da intervenção e o questionário, que foi aplicado em dois momentos distintos: na fase de diagnóstico e após a realização da atividade no planetário, por meio de um questionário avaliativo.

Foi adotada uma abordagem qualitativa, buscando investigar as percepções

dos alunos a respeito da atividade e avaliar o potencial didático do jogo “Massas do Destino: O Jogo do Ciclo de Vida Estelar” como recurso educativo. De acordo com Gil (2008), o questionário é um dos instrumentos mais adequados para pesquisas qualitativas em contextos educacionais, pois possibilita ao pesquisador reunir informações diretamente dos participantes de forma organizada e sistemática.

Nesse sentido, o instrumento foi elaborado com base nos objetivos específicos do trabalho, visando compreender tanto os aspectos cognitivos — relacionados à aprendizagem dos conteúdos de Astronomia — quanto os aspectos afetivos e motivacionais, ligados à percepção dos estudantes sobre o jogo.

Ambos os questionários são compostos por dez questões. O questionário de diagnóstico contém apenas perguntas objetivas, enquanto o questionário aplicado após o jogo é formado por sete questões objetivas e três discursivas. As questões objetivas foram estruturadas em formato de múltipla escolha, facilitando a organização e análise dos dados, enquanto as questões abertas possibilitam a identificação de interpretações e percepções mais detalhadas sobre a experiência vivenciada.

Entre os aspectos avaliados, destacam-se:

- a contribuição do jogo para a assimilação do conteúdo;
- a motivação e o engajamento dos participantes durante a atividade;
- a aceitação do jogo como estratégia didática no ensino de Ciências.

O instrumento foi aplicado após a realização do jogo, no ambiente escolar. A análise dos dados foi conduzida de forma qualitativa, articulando as respostas dos questionários com as observações, conforme a proposta metodológica de intervenção pedagógica de Damiani *et al.* (2013).

4 RESULTADOS

Este capítulo apresenta o produto educacional e os resultados da sua aplicação como processo de validação do jogo. Bem como as análises com base nos questionários e nas observações.

A análise tem caráter qualitativo, buscando compreender a percepção dos alunos acerca do potencial do jogo para favorecer a aprendizagem de conceitos astronômicos e a motivação gerada pelo uso do jogo como estratégia de ensino.

4.1 Produto Educacional

O jogo “Massas do Destino: O Jogo do Ciclo de Vida Estelar” foi estruturado em dois tabuleiros que, em conjunto, simulam a evolução de uma estrela desde o seu nascimento em nuvens moleculares até seus possíveis finais como anã branca, estrela de nêutrons ou buraco negro.

4.1.1 Primeiro tabuleiro: Nuvem Molecular

No primeiro tabuleiro, os jogadores iniciam sua trajetória na fase que representa uma nuvem molecular, objetos astronômicos cujo material colapsa gravitacionalmente formando novas estrelas. O percurso tem início em um dos hexágonos sem cor e, para avançar pelo tabuleiro, o jogador deve escolher uma das casas adjacentes disponíveis. Cada movimentação está condicionada a quantas ações o jogador possui, que no começo da sua jogada são sempre quatro ações.

Os jogadores devem acumular massa que é ganha pela resposta correta de perguntas. Estas perguntas são organizadas em três níveis diferentes de dificuldade. Questões mais simples fornecem menores quantidades de massa, enquanto perguntas mais complexas oferecem valores maiores, estimulando os estudantes a assumirem desafios de acordo com seus conhecimentos e estratégias. Além disso, o jogo apresenta uma mecânica de combate entre os jogadores, em que um participante pode roubar massa acumulada de outro, incorporando à dinâmica do jogo um elemento de interação e competição relacionado ao papel da massa na evolução estelar.

O tabuleiro foi inspirado na estrutura do espelho do *James Webb Space Telescope*. As perguntas estão organizadas espacialmente conforme o nível de dificuldade: as questões mais fáceis localizam-se nas regiões externas, enquanto as mais difíceis concentram-se próximas ao centro. O modelo do primeiro tabuleiro utilizado na aplicação pode ser observado na Figura 1. Essa disposição foi pensada para incentivar a progressão gradual dos alunos, permitindo que avancem conforme desenvolvem maior segurança em relação aos conteúdos abordados.

A utilização da massa solar como sistema de pontuação aproxima os estudantes de conceitos importantes presentes na Astrofísica Estelar. Ao final desta fase, espera-se que os alunos compreendam a relação entre o acúmulo de massa

em nebulosas e a formação das estrelas. Além disso, a organização das perguntas em níveis progressivos de dificuldade busca estimular a autonomia e o engajamento dos participantes, favorecendo uma construção e fixação natural do conhecimento científico.

Ao final dessa etapa, a quantidade de massa acumulada pelos participantes mostra-se um elemento central para a continuidade do jogo, estabelecendo uma relação direta entre desempenho, tomada de decisões e os diferentes caminhos evolutivos das estrelas nas fases seguintes.

4.1.2 Segundo Tabuleiro: da Sequência Principal aos Remanescentes Estelares

O segundo tabuleiro foi desenvolvido como uma sequência do primeiro, assim como sua sequência na evolução estelar, mantendo a continuidade da dinâmica do jogo e aprofundando os conceitos relacionados à evolução estelar a partir da massa acumulada pelos jogadores.

Quando os quatro turnos no primeiro tabuleiro acabarem, os jogadores irão somar as massas que obtiveram, se tornando uma estrela e devem posicionar suas elas no início do caminho que representa a Sequência Principal. Cada jogador deverá seguir a rota apropriada de massa acumulada na fase anterior.

As rotas foram estruturadas de acordo com a massa das estrelas, buscando representar, de maneira simplificada, distintos processos da evolução estelar. Estrelas de baixa e média massa seguem uma trajetória diferente das estrelas massivas e supermassivas, permitindo que os alunos fixem bem o conceito crucial de que a massa é o maior determinante do destino das estrelas. O tabuleiro pode ser visto na Figura 2.

A dinâmica do jogo nesta segunda etapa foi pensada para manter a interação entre os participantes, introduzindo novos elementos estratégicos, como cartas de ataque, defesa e de eventos. Essas cartas representam fenômenos astrofísicos reais capazes de alterar a massa das estrelas ou interferir em sua evolução, simulando, de forma lúdica, processos presentes no meio interestelar. Dessa maneira, os alunos passam a relacionar eventos do jogo com conceitos científicos associados às diferentes etapas da vida das estrelas.

Outro aspecto incorporado à mecânica do jogo é a utilização de dados com diferentes números de lados conforme a massa das estrelas. Estrelas menos

massivas utilizam dados com menor número de lados, enquanto estrelas mais massivas utilizam dados maiores, representando simbolicamente diferenças relacionadas ao tempo de vida e aos processos de evolução estelar. No Quadro 3, estão especificadas as classes estelares correspondentes às faixas de massa, bem como seus possíveis destinos finais e o número de lados do dado utilizado por cada grupo nesta segunda etapa.

Quadro 3 - Quadro para os jogadores identificarem a classe de sua estrela.

Classe	Massa	Dado	Destino
Pequenas e Intermediárias	0,8 – 8 $M_{\odot}$	6 lados	Anã branca
Massivas	8 - 24 $M_{\odot}$	8 lados	Estrela de nêutrons
Muito massivas	$\geq 24 M_{\odot}$	16 lados	Buraco negro

Fonte: Autor (2026)

Em situações específicas, como nas estrelas próximas ao limite entre a formação de estrelas de nêutrons e buracos negros, com massa entre 21 e 24 massas solares ($M_{\odot}$), foi inserida uma mecânica inspirada no limite de Tolman–Oppenheimer–Volkoff, permitindo abordar, em nível simplificado e adequado para um aluno do 9º ano, conceitos da Astrofísica moderna.

Para isso, a dinâmica do jogo foi estruturada de forma que estrelas de diferentes massas percorram trajetórias distintas. Estrelas mais massivas possuem trilhas com menor número de casas, enquanto estrelas de menor massa percorrem trajetórias mais longas.

Dessa forma, busca-se representar que estrelas mais massivas evoluem mais rapidamente e apresentam tempos de vida menores em comparação às estrelas de menor massa.

4.2 Aplicação

A aplicação do jogo “Massas do Destino: O Jogo do Ciclo de Vida Estelar” foi realizada no Planetário da Unipampa – Campus Bagé, com a participação de sete alunos do 9º ano do Ensino Fundamental da Escola Municipal de Ensino Fundamental Professora Creusa Brito Giorgis. Entretanto, antes da ida ao

Planetário, foram realizadas duas intervenções na escola, nas quais foram ministradas aulas sobre evolução estelar, com o objetivo de introduzir os conceitos necessários para a aplicação do jogo didático.

4.2.1 Primeira aula

Na primeira aula foi feito um diagnóstico inicial, seguido de uma explicação introdutória sobre o conceito de evolução estelar e suas principais fases. Em seguida, a turma foi encaminhada para a sala equipada com projetor, onde foram apresentados slides abordando o ciclo da evolução estelar, com maior enfoque no processo de formação das estrelas.

Durante a apresentação, foram exibidos slides com imagens ilustrativas e exemplos explicativos com o objetivo de facilitar a compreensão do conteúdo e aproximá-lo da realidade dos alunos. A turma era composta por 11 estudantes, sendo 3 meninos e 8 meninas. De modo geral, a maior parte dos alunos demonstrou atenção e interesse durante a exposição, embora três alunos apresentassem momentos de dispersão.

Destacou-se, em particular, a participação de um aluno que demonstrava já possuir conhecimentos prévios sobre o tema, realizando comentários pertinentes ao longo da explicação. Um exemplo ocorreu quando foi feita a pergunta sobre qual estrela apresentaria maior temperatura superficial, se uma azul ou uma amarela. Enquanto a maioria dos alunos respondeu de forma intuitiva, indicando a amarela, esse aluno respondeu corretamente que a azul seria a mais quente, justificando sua resposta ao relacioná-la à sua maior massa e às características físicas associadas.

4.2.2 Segunda aula

Nesta aula, dois estudantes não compareceram, totalizando a participação de 9 alunos. A intervenção teve duração de duas horas-aula, ocorrendo das 8h00 às 9h30. Durante esse período, foi possível trabalhar os conteúdos relacionados à Sequência Principal, abordando o que caracteriza uma estrela dessa fase, o combustível das estrelas e como ocorre a geração de energia e calor em seus interiores. Também foram discutidos os conceitos de gigantes e supergigantes, destacando que as estrelas realizam fusão nuclear de elementos até o ferro, além das etapas de nebulosa e supernova.

Os únicos conteúdos que não puderam ser abordados nesta intervenção foram as fases finais da evolução estelar, sendo elas: anã branca, estrela de nêutrons e buraco negro. Isso ocorreu por falta de tempo para contemplar todos os tópicos previstos durante a aula.

Os slides usados nas aulas são reproduzidos no Apêndice F.

4.2.3 Aplicação do jogo

Sete alunos compareceram na aplicação do jogo, no Planetário da Unipampa, sendo 3 meninos e 5 meninas, todos os presentes já haviam participado das aulas anteriores. Os estudantes inicialmente assistiram a uma sessão especial produzida pela equipe do planetário: uma animação fulldome criada especificamente para essa atividade, na qual são abordados conteúdos sobre evolução estelar, incluindo temas que não haviam sido trabalhados na última aula, como anãs brancas, buracos negros e estrelas de nêutrons.

Após a sessão, os alunos foram encaminhados para a parte inferior do planetário, onde foi feita a aplicação do jogo. O autor atuou como mediador durante as atividades, explicando as regras do jogo e auxiliando na interpretação dos conceitos astronômicos presentes na dinâmica. Os estudantes foram divididos em duas duplas e um trio.

Durante toda a aplicação do jogo, os alunos permaneceram bastante engajados, demonstrando animação ao acertarem respostas e frustração quando cometiam erros, o que evidenciou o envolvimento emocional e competitivo proporcionado pela dinâmica. De modo geral, as equipes discutiam entre si antes de responder às perguntas, buscando relacionar os conteúdos vistos anteriormente com as situações apresentadas no jogo, embora em alguns momentos também recorressem ao “chute”.

Uma das equipes, denominada neste trabalho como dupla A, destacou-se das demais, não apenas pelo desempenho obtido, mas também pela forma como conduziu a partida. Os integrantes demonstraram maior organização nas discussões, analisando as alternativas com mais atenção e elaborando estratégias ao longo do jogo para maximizar a obtenção de pontos, representados como massas solares. Como resultado, a dupla alcançou um total de 14 massas solares,

evidenciando uma participação mais estratégica e um melhor aproveitamento dos conceitos trabalhados durante a atividade.

Já a dupla B e o trio obtiveram seis massas solares cada. Observou-se que a dupla B adotou uma postura mais cautelosa, evitando arriscar jogadas, indo nas perguntas fáceis e médias, o que possivelmente contribuiu para a menor pontuação, enquanto o trio ia nas perguntas fáceis. Em contrapartida, a dupla A demonstrou maior iniciativa, utilizando estratégias como atacar a dupla B e escolher perguntas médias e difíceis, que ofereciam maior pontuação.

Em relação aos conteúdos, percebeu-se que as questões envolvendo as etapas básicas da evolução estelar, como nebulosa, sequência principal, gigante vermelha e os possíveis estágios finais das estrelas, foram respondidas com relativa facilidade pelos participantes. Por outro lado, perguntas mais específicas, relacionadas aos critérios que determinam os diferentes caminhos evolutivos das estrelas, especialmente a influência da massa e a distinção entre os destinos de estrelas de baixa e alta massa, geraram mais dúvidas e discussões entre os grupos. Nessas situações, os alunos frequentemente debatiam as alternativas antes de responder, retomando conceitos abordados durante as aulas e na sessão do planetário

Na segunda parte do jogo, a dupla A seguiu pelo caminho superior do tabuleiro, enquanto a dupla B e o trio seguiram pelo caminho inferior, devido às suas respectivas massas solares. Novamente, a dupla A destacou-se ao concluir primeiro a trajetória, fato relacionado tanto à lógica do jogo — em que estrelas massivas evoluem mais rapidamente — quanto à melhor compreensão das regras. Enquanto a dupla B e o trio apenas lançavam o dado e passavam a vez para o próximo grupo, a dupla A compreendeu melhor a dinâmica, lançando o dado e pegando cartas sempre que possível, buscando acumular recursos de ataque e defesa para utilizar estrategicamente durante a partida.

Cabe relatar que, embora as cartas dessa etapa tenham sido elaboradas com a finalidade de complementar os conteúdos de astronomia abordados no jogo, observou-se que os estudantes dedicaram pouca atenção às informações nelas contidas. O interesse dos participantes esteve predominantemente voltado para os efeitos que as cartas produziam na partida, como avançar ou retroceder casas no

tabuleiro, em detrimento das informações apresentadas sobre eventos e fenômenos astronômicos.

O segundo tabuleiro aparentou ter sido a parte mais apreciada pelos estudantes, uma vez que, ao final da atividade, muitos demonstraram interesse em jogar novamente, indicando envolvimento, entusiasmo e boa receptividade em relação à dinâmica proposta.

4.3 Análises de dados

Por meio da análise das respostas dos questionários e das observações feitas durante as aulas e o jogo, foi possível identificar se os alunos consideraram a experiência divertida, se compreenderam os conceitos apresentados e demonstraram interesse em repetir a atividade em outros contextos. Dessa forma, tornou-se possível analisar o jogo e validá-lo como uma ferramenta metodológica para ser utilizada em aulas sobre evolução estelar.

4.3.1 Análise diagnóstica

A análise diagnóstica (pré-intervenção) das respostas mostrou que os alunos já possuíam conhecimentos introdutórios sobre Astronomia. A maioria identificou corretamente o Sol como uma estrela, reconheceu que as estrelas não são iguais e associaram as estrelas a corpos celestes que produzem sua própria luz. Dez dos onze alunos afirmaram já ter ouvido falar em objetos como anã branca, estrela de nêutrons e buraco negro.

Entretanto, as respostas também evidenciaram lacunas conceituais importantes, principalmente relacionadas ao ciclo de vida das estrelas e ao seu destino final. Dois estudantes relataram não saber o que acontecia com as estrelas quando ela chegasse à última fase da sua vida e um falou que ela sumiria. Também foi observado que seis alunos não identificaram corretamente a massa como principal fator responsável pelo destino final estelar. Dessa forma, os resultados do diagnóstico permitiram avaliar o nível de conhecimento dos estudantes acerca de conceitos relacionados à astronomia e à evolução estelar, fornecendo um panorama inicial sobre suas compreensões e possíveis dificuldades em relação à temática abordada.

4.3.2 Análise pós intervenção

Com relação às respostas dos estudantes ao questionário aplicado após a utilização do jogo, é possível perceber que a atividade apresentou resultados bastante positivos. De modo geral, os alunos demonstraram boa aceitação da proposta didática.

Na primeira questão, que investigava se o jogo ajudou a compreender melhor como nascem e morrem as estrelas, quatro responderam “Sim”, enquanto três marcaram “Um pouco”. Nenhum estudante respondeu “Não”, indicando que o jogo contribuiu, em diferentes níveis, para a compreensão do conteúdo abordado.

Nas respostas referentes às etapas do ciclo de vida das estrelas, observou-se que cinco participantes conseguiram recordar conceitos, como nebulosa, supernova, gigante vermelha e anã branca. Apenas dois estudantes deixaram em branco.

Quanto à compreensão do conteúdo, todos os participantes afirmaram que o jogo ajudou a tornar o tema mais fácil de entender. Além disso, na questão relacionada à conexão entre o jogo e as explicações do professor, predominou a resposta “Sim”, evidenciando que a atividade funcionou como complemento pedagógico das aulas expositivas, auxiliando na fixação dos conceitos científicos.

Entre os aspectos mais apreciados pelos estudantes sobre o jogo foram as cartas e as perguntas, apenas um aluno não respondeu o que mais o atraiu no jogo. Em relação às dificuldades encontradas durante a atividade, muitos estudantes relataram dificuldade em responder algumas perguntas ou lembrar determinados conteúdos.

Os resultados também mostram que o jogo despertou interesse e motivação. A maior parte dos alunos afirmou ter se sentido motivada durante a atividade, enquanto apenas um estudante declarou sentir-se indiferente e nenhum relatou desinteresse. Esse dado evidencia o potencial do jogo como estratégia metodológica capaz de promover maior participação dos alunos em sala de aula.

Na questão sobre a utilização de jogos educativos em outras aulas de Ciências, praticamente todos responderam “Sim”, havendo apenas uma resposta “Talvez”. Isso demonstra boa receptividade à utilização de metodologias lúdicas no ensino de conteúdos científicos.

Por fim, as notas atribuídas ao jogo reforçam essa avaliação positiva. A maioria dos estudantes deu nota máxima (5), enquanto dois atribuíram nota 3.

Nenhum participante avaliou negativamente a atividade. Dessa forma, os resultados indicam que o jogo foi bem aceito pelos alunos e apresentou potencial como ferramenta pedagógica para auxiliar no ensino de Astronomia, especialmente no estudo da evolução estelar, promovendo participação, motivação e maior aproximação dos estudantes com os conceitos científicos trabalhados.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Neste trabalho foi desenvolvido um jogo didático voltado ao ensino da evolução estelar. A proposta permitiu unir conceitos científicos, metodologias ativas e elementos lúdicos, promovendo maior participação dos alunos durante as atividades.

Durante a elaboração do jogo, algumas dificuldades foram encontradas, principalmente relacionadas ao equilíbrio entre a precisão científica e a simplicidade necessária para a adaptação do conteúdo ao formato de jogo, como por exemplo, a questão dos valores dos incrementos de massas solares disponíveis na primeira fase. Também houve desafios na organização das mecânicas, na definição das regras e na construção de uma dinâmica que fosse ao mesmo tempo educativa e divertida. Outra dificuldade importante encontrada foi a limitação de tempo para o desenvolvimento do projeto. Com um período maior para elaboração, seria possível planejar estratégias didáticas mais elaboradas, aperfeiçoar as mecânicas do jogo e desenvolver de maneira mais aprofundada alguns elementos da atividade, buscando proporcionar uma experiência ainda mais completa e significativa para os participantes.

Cabe destacar que a versão final do jogo apresentou diferenças em relação às expectativas iniciais do projeto, embora a proposta tenha alcançado seu objetivo de abordar conceitos relacionados à evolução estelar de forma lúdica. Uma das principais limitações foi o fato de o jogo não se mostrar totalmente autossuficiente para a aprendizagem dos conteúdos, pois a intenção inicial era que os jogadores pudessem aprender conforme iam jogando. No entanto, para que os estudantes compreendessem adequadamente os conceitos trabalhados e pudessem aproveitar plenamente a experiência proposta, foi necessária a realização de aulas prévias sobre evolução estelar.

O número de participantes suportado pela dinâmica do jogo também é um dos problemas identificado, visto que poucos podem jogar, quando comparado às demandas de espaços de educação não formal, como planetários, observatórios e centros de divulgação científica, que frequentemente recebem grupos numerosos.

Outro aspecto identificado foi o tempo necessário para a conclusão da

atividade, aproximadamente 1 hora e 30 min, que se mostrou superior ao inicialmente previsto, visto que ela pode representar um desafio em contextos que dispõem de tempo limitado para atividades educativas.

Mesmo diante dessas dificuldades, os resultados obtidos mostraram-se relevantes, especialmente pela receptividade dos participantes e pelo potencial do jogo em auxiliar na compreensão do ciclo de vida das estrelas. As respostas dos alunos indicaram que a atividade contribuiu para tornar o conteúdo mais compreensível e interessante, favorecendo a aprendizagem de conceitos relacionados à formação, evolução e morte estelar.

O material desenvolvido será disponibilizado para utilização em espaços de divulgação científica, como o Planetário da Unipampa e no Espaço Cosmos (LNA), bem como para professores, estudantes e demais interessados em aplicar a atividade em contextos educacionais. Embora na aplicação realizada nesta pesquisa, tenham sido utilizados componentes produzidos por impressão 3D, visando tornar o jogo mais personalizado e visualmente atrativo, esses elementos não são indispensáveis para sua utilização. Os participantes podem empregar peões convencionais ou quaisquer materiais disponíveis para representar os jogadores, sem que isso comprometa a dinâmica da atividade ou seus objetivos pedagógicos.

Como perspectiva futura, o jogo poderá ser ampliado e aperfeiçoado com a inclusão de novos eventos astronômicos, diferentes mecânicas e materiais complementares. Com maior disponibilidade de tempo para a criação do jogo, seria possível desenvolver versões mais compactas da dinâmica, reduzindo sua duração e tornando a atividade mais adequada para diferentes períodos de aula, sem comprometer os conteúdos abordados e os objetivos pedagógicos da proposta, desenvolver aplicações digitais de apoio e até criar uma versão híbrida entre o jogo físico e recursos tecnológicos interativos. Também seria interessante aplicar o jogo em diferentes contextos escolares e com um número maior de participantes, permitindo análises mais aprofundadas sobre seu impacto no processo de ensino e aprendizagem.

Em suma, o trabalho evidencia que estratégias lúdicas possuem grande potencial no ensino de ciências, contribuindo para aulas mais dinâmicas, participativas e significativas para os estudantes.

REFERÊNCIAS

- BRASIL. Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovação. **Laboratório Nacional de Astrofísica (LNA)**. Disponível em: <http://www.lna.br/>. Acesso em: 29 set. 2025.
- BRENELLI, R. P. **O jogo e a construção do conhecimento**. Campinas: Papirus, 2001.
- BRETONES, P. S. **Jogos para o Ensino de Astronomia**. 2ª ed. Campinas-SP: Editora Átomo, Campinas-SP, 2014.
- CARVALHO, V. C.; RAMOS, J. R. **Via Solare: um jogo didático para o ensino do Sistema Solar**. 2020. Trabalho de Conclusão de Curso (Licenciatura em Física) – Universidade Federal do Pampa, Bagé, 2020.
- COSTA, C. M. **O ensino de conteúdos sobre o sistema solar com aporte na aprendizagem baseada em equipes e em jogos pedagógicos**. Orientador: Prof. Dr. Guilherme Frederico Marranghello. Dissertação (Mestrado), Universidade Federal do Pampa, Campus Bagé, Bagé. 2018. 142 f.
- DAMIANI, Magda Floriana et al. **Discutindo pesquisas do tipo intervenção pedagógica**. Cadernos de Educação, Pelotas, n. 45, p. 57-67, 2013.
- GIL, Antonio Carlos. **Como Elaborar Projetos de Pesquisa**. 5ª. Ed. São Paulo: Atlas, 2010, 184p.
- GIL, Antonio Carlos. **Métodos e técnicas de pesquisa social**. 6. ed. São Paulo: Atlas, 2008.
- GUEDES, S. G. A. **O ensino de astronomia através de jogos e da aprendizagem baseada em equipes no 9º ano do ensino fundamental**. Orientador: Prof. Dr. Guilherme Frederico Marranghello. Dissertação (Mestrado), Universidade Federal do Pampa, Campus Bagé, Bagé. 2018. 243 f.
- GUIZZO, R. **Star's Rescuers: um jogo de tabuleiro colaborativo para o ensino da evolução estelar**. 2021. Dissertação (Mestrado em Ensino) – Universidade Federal do Pampa, Bagé, 2021.
- INPE – Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais. *Introdução à Astronomia e Astrofísica*. São José dos Campos: INPE, 2003. Disponível em: <http://www.inpe.br/crs/cre/curso/Astronomia/>. Acesso em: 25 set. 2025.
- KARTTUNEN, H. et al. **Fundamental Astronomy**. 6. ed. Springer, 2016.
- LABORATÓRIO NACIONAL DE ASTROFÍSICA (Brasil). **Observatório do Pico dos Dias**. Itajubá: LNA, [s.d.]. Disponível em: <http://www.lna.br/opd/>. Acesso em: 29 set. 2025.
- LEWGOY, A.; SCAVONI, V. **O diário de campo em pesquisa qualitativa**. São Paulo: Cortez, 2002.

LUCAS, W. **Jogos de Tabuleiro no Ensino de Astronomia**. 2023. Trabalho de Conclusão de Curso (Licenciatura em Física) – Universidade Federal do Pampa, Bagé, 2023.

MARRANGHELLO, G. F.; LINDEMANN, R. H. **Ensino de ciências na Região da Campanha** — Contribuições na formação acadêmico-profissional de professores em Astronomia. 1. ed. Itajaí: Casa Aberta, 2017.

MARRANGHELLO, G. F.; et. al. O planetário da Unipampa e a divulgação da ciência na região da campanha sulriograndense. **Pesquisa e Debate em Educação: Ensino de Ciências da Natureza e Matemática**, vol. 8, n. 2, p. 423 – 444, 2018.

MORAES, R. **Análise de conteúdo**. Educação, Porto Alegre, v. 22, n. 37, p. 7–32, 1999.

OLIVEIRA FILHO, K. S; SARAIVA, M. F. O. **Astronomia e astrofísica**. 2ª ed. São Paulo, SP: Livraria da Física, 2014.

SILVA, I. A. C.; KIMURA, R. K. A nova terra e astrocartas: jogos didáticos de Astronomia para a divulgação científica. In: Salão Internacional de Ensino, Pesquisa e Extensão, 2018, Santana do Livramento-RS. Anais [...], Santana do Livramento: Unipampa. v. 10, n. 3, 2018.

SILVA, M. **Ensino de Astronomia usando um jogo de trilha para o estudo da evolução estelar no Ensino Médio**. 2020. Dissertação (Mestrado em Ensino) – Universidade Federal do Pampa, Bagé, 2020.

APÊNDICE A: APOSTILA DE EVOLUÇÃO ESTELAR

Nuvem molecular - Berçário de estrelas

Tudo começa em gigantescas regiões do espaço chamadas nuvens moleculares. Essas nuvens são formadas principalmente por hidrogênio (H_2), hélio e pequenas quantidades de elementos mais pesados, chamados, na Astronomia, simplesmente de metais (como carbono, oxigênio, ferro e silício). São regiões frias e escuras, com temperaturas variando entre 10 K e 100 K (de $-263\text{ }^{\circ}\text{C}$ a $-173\text{ }^{\circ}\text{C}$), onde o gás e a poeira se acumulam lentamente ao longo de milhões de anos.

As nuvens podem ter tamanhos enormes, chegando a centenas de anos-luz de diâmetro e com massas milhares de vezes maiores que a do Sol. Porém, algo precisa acontecer para “acordá-las”. Esse gatilho pode ser a explosão de uma supernova próxima, a colisão entre duas nuvens ou ondas de choque criadas por estrelas massivas vizinhas. Essas perturbações provocam o colapso gravitacional: partes da nuvem ficam mais densas e começam a atrair o material ao redor, formando regiões chamadas glóbulos, os embriões das futuras estrelas.



Fonte: <https://g1.globo.com/ciencia/noticia/2022/10/19/james-webb-pilares-da-criacao-nova-foto.ghml>

Protoestrela - nascimento de uma estrela

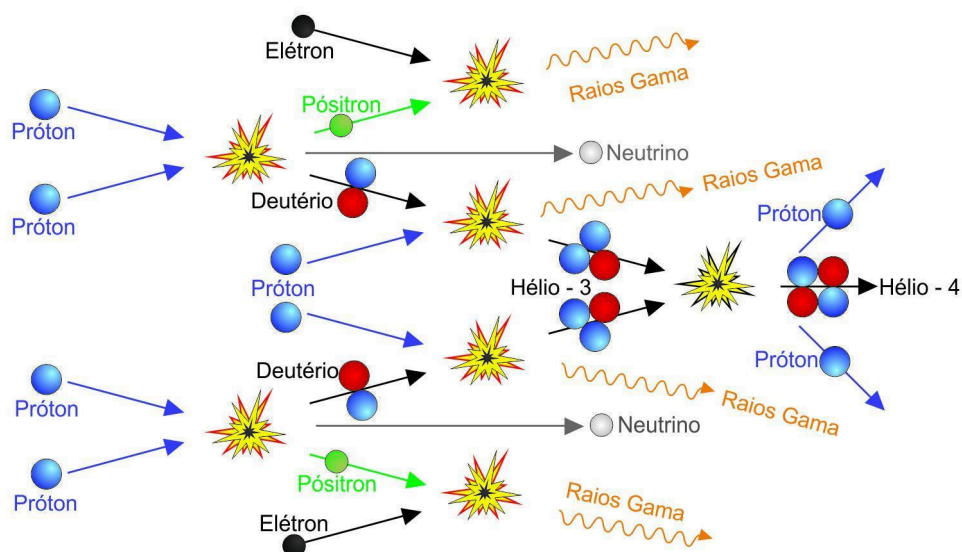
À medida que o colapso continua, o material da nuvem se concentra em um caroço central quente e denso, envolto por um disco de gás e poeira. Esse caroço é a protoestrela, uma estrela em formação.

Com o tempo, a gravidade faz o gás cair em direção ao centro, comprimindo ele e aumentando a temperatura. Quando o núcleo atinge aproximadamente 10 milhões de °C, ocorre a fusão nuclear. Nessa reação, os átomos de hidrogênio se fundem e formam hélio, liberando enormes quantidades de energia em forma de luz e calor.

Essa fusão é o “motor” que sustenta a estrela e o “combustível” seria o hidrogênio. A partir desse momento, ela entra na fase de equilíbrio entre a gravidade (que tenta contrair) e a pressão térmica (que tenta expandir).

Sequência Principal e Diagrama HR

A Sequência Principal é a fase mais longa e estável da vida de uma estrela. A principal característica é que nela ocorre a fusão de hidrogênio em hélio em seu núcleo, a fonte de toda a sua energia e brilho.



Fonte: https://opesquisasdequimica.wordpress.com/wp-content/uploads/2015/11/termo_nuclear.jpg

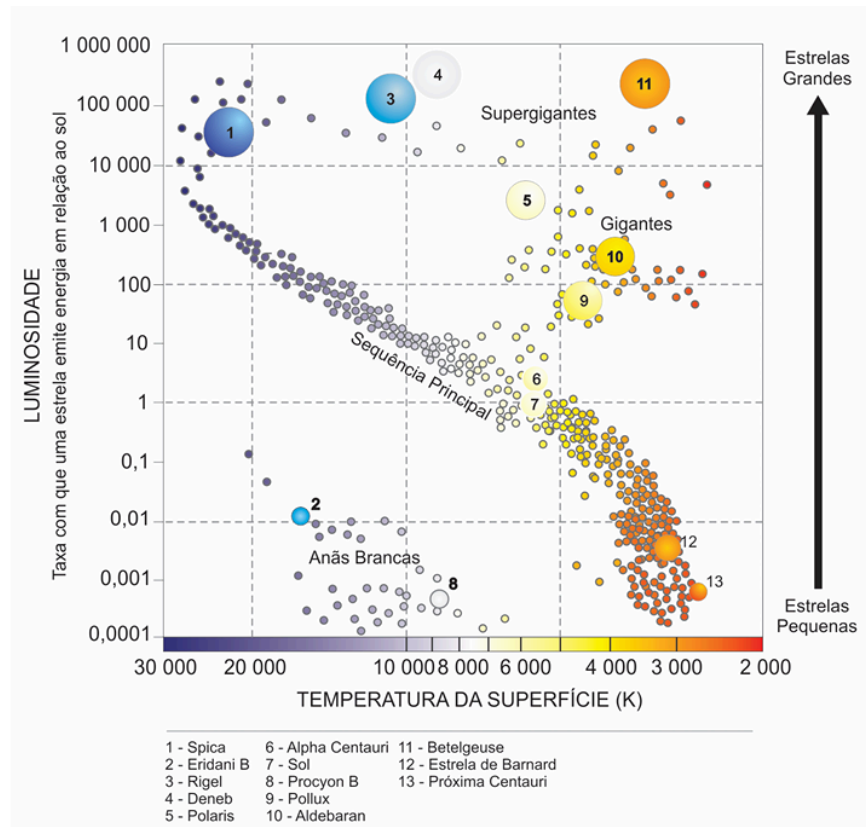
As estrelas da Sequência Principal se organizam no Diagrama de Hertzsprung-Russell (HR), criado pelos astrônomos Ejnar Hertzsprung e Henry Norris Russell no início do século XX. Esse diagrama relaciona a luminosidade (brilho) de uma estrela com sua temperatura superficial (ou cor).

No gráfico:

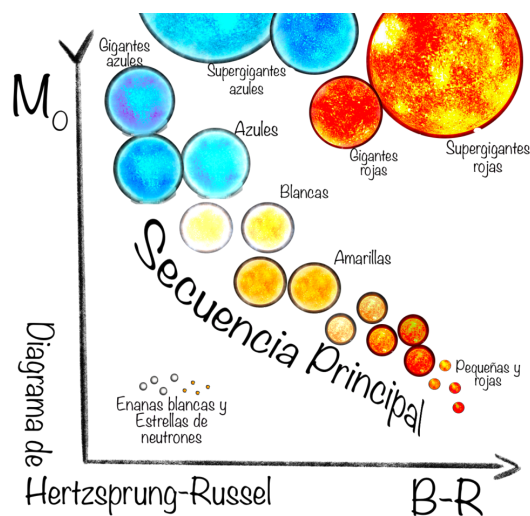
- A temperatura aumenta da direita para a esquerda;

- A luminosidade aumenta de baixo para cima.

A maioria das estrelas, incluindo o Sol, se encontra em uma faixa diagonal que vai do canto inferior direito (frio e pouco brilhante) ao canto superior esquerdo (quente e muito luminoso). Essa faixa é a Sequência Principal.



Fonte: <https://carlamcoelho.blogspot.com/2025/04/questoes-resolvidas-diagrama-hr-gabarito.html>



Fonte: <https://lasgafasdelhubble.com/diagrama-hertzsprung-russell-el-ciclo-vital-de-las-estrellas/>

Evolução final das estrelas

A massa é o fator mais importante na vida de uma estrela e percebe-se que ela determina sua cor, temperatura, luminosidade e tempo de vida. Veja a seguir como cada tipo de estrela se comporta na Sequência Principal:

Estrelas pequenas ($0,5 - 0,8 M_{\odot}$)

- **Cor:** Alaranjada
- **Temperatura:** 3 500 – 5 000 K
- **Tempo de vida:** Dezenas de bilhões de anos

OBS: Queimam o hidrogênio lentamente e podem existir por mais tempo do que a idade atual do Universo!

Exemplo: Epsilon Eridani.

Estrelas de massa intermediária ($2 - 8 M_{\odot}$)

- **Cor:** Branca ou azulada
- **Temperatura:** 8 000 – 20 000 K
- **Raio:** 2 – 10 vezes o raio solar
- **Tempo de vida:** Centenas de milhões de anos

OBS: Elas são mais quentes e luminosas que o Sol e acabam evoluindo para gigantes vermelhas.

Exemplo: Sirius A.

Estrelas muito massivas ($10 M_{\odot}$ ou mais)

- **Cor:** Azul-brilhante
- **Temperatura:** Acima de 30 000 K
- **Luminosidade:** Milhões de vezes a do Sol
- **Raio:** Dezenas de vezes maior que o solar
- **Tempo de vida:** Poucos milhões de anos
- **Composição:** Hidrogênio, hélio e muitos metais devido à intensa fusão

OBS: Essas estrelas vivem intensamente e morrem cedo, geralmente em explosões de supernova.

Exemplo: Rigel, na constelação de Órion.

Estrelas como o Sol ($\approx 1 M_{\odot}$)

- **Cor:** Amarela
- **Temperatura:** 5 800 K
- **Tempo de vida:** Aproximadamente 10 bilhões de anos
- **Composição:** 70% hidrogênio, 28% hélio, 2% metais

OBS: Nosso Sol está na metade de sua vida, vivendo um equilíbrio perfeito entre fusão e gravidade.

Classe	Massa	Destino
Pequenas e Intermediárias	$0,8 - 8 M_{\odot}$	Anã branca
Massivas	$8 - 24 M_{\odot}$	Estrela de nêutrons ou Buraco Negro
Muito massivas	$\geq 24 M_{\odot}$	Buraco negro

Fonte: Autor

Gigante vermelha e Supergigante vermelha

Quando o hidrogênio se esgota no centro de uma estrela ela sai da Sequência Principal. Essa fase ocorre com estrelas com massa até 10 vezes a do Sol. O hidrogênio começa a queimar uma casca ao redor do núcleo de hélio, a massa desse núcleo aumenta o que faz com que ocorra uma expansão da estrela. A estrela fica muito maior, mais luminosa e mais fria na superfície, por isso tem cor avermelhada e vira uma gigante vermelha.

Depois da queima de hidrogênio começa, Hélio $\rightarrow$ Carbono $\rightarrow$ Neônio $\rightarrow$ Oxigênio $\rightarrow$ Silício $\rightarrow$ Ferro. Ao final da fase de gigante vermelha a casca de hélio alcança a casca de hidrogênio extinta, o que inicia a fase de pulsos térmicos com a queima entre as cascas de hidrogênio e hélio. Essa queima instável causa a mistura desses materiais e na ejeção, ou seja, ela expulsa suas camadas externas e acaba formando uma nebulosa planetária.

O que diferencia uma supergigante de uma gigante é que a supergigante realiza fusão até o ferro, enquanto a gigante funde apenas até o hélio. Além disso, a supergigante possui maior massa e luminosidade, sendo originada a partir de

estrelas com mais de 10 massas solares. Ao final de sua vida, ocorre a explosão de uma supernova, que pode resultar em dois caminhos: a formação de uma estrela de nêutrons ou de um buraco negro.

Nebulosas planetárias

A gigante vermelha apresenta instabilidades que fazem ela liberar lentamente suas camadas externas para o espaço, como se estivesse soltando seus últimos “suspiros”. Assim nasce uma nebulosa planetária.

A nebulosa planetária é então a nuvem de gás que a estrela expeliu e que é iluminada pela intensa radiação do núcleo da estrela original, que agora se transforma na chamada anã branca. Essa pequena e densa estrela continua emitindo energia suficiente para fazer o gás ao redor brilhar em muitas cores, dependendo dos elementos presentes. O nome desses objetos foi dado há muito tempo atrás e só é mantido por motivos históricos. Como vêem, elas não tem nada a ver com planetas, mas sim com estrelas!



Fonte:

<https://www.ufmg.br/espacodoconhecimento/james-webb-e-a-foto-mais-profunda-do-universo/nebulosa-planetaria-do-anel-sul-ngc-3132/>

Alguns dos elementos que compõem essa nuvem são o hidrogênio e o hélio, que constituem a maior parte da nebulosa, e outros elementos que correspondem a menos de 1 % da nuvem como o carbono, nitrogênio e oxigênio. Esse material, com o tempo, se mistura ao meio interestelar e são os mesmos que podem dar origem a

novas estrelas e planetas. É como se a estrela deixasse um último presente para o Universo, devolvendo a matéria que um dia a fez brilhar.

Anãs brancas

No centro de uma nebulosa planetária está o que restou da estrela que a formou e que agora se torna uma anã branca. Ela é uma espécie de caroço deixado pela gigante vermelha quando expulsa suas camadas externas para o espaço, criando uma bela nuvem colorida ao seu redor. Dentro de uma anã branca não ocorre nenhum processo de fusão nuclear, porém, ela continua brilhando por muito tempo.

Apesar de ter aproximadamente o tamanho da Terra, ela consegue ser incrivelmente densa, podendo ter até 1,4 vezes a massa do sol. Isso significa que uma colher de chá de seu material pesaria toneladas aqui na Terra. Com o passar de bilhões de anos, a anã branca vai esfriando lentamente, tornando-se cada vez menos brilhante.

Supernova

Uma supernova é uma explosão estelar extremamente poderosa que ocorre no final da vida de certas estrelas. Ela pode brilhar mais do que uma galáxia inteira por um curto período e liberar uma quantidade gigantesca de energia. No caso de estrelas com mais de aproximadamente 8 massas solares, elas queimam rapidamente seu hidrogênio e tornam-se supergigantes vermelhas. Com o tempo, o núcleo começa a fundir elementos cada vez mais pesados, até chegar ao ferro. Como a fusão do ferro não libera energia, o núcleo colapsa sob a ação da gravidade.

Esse colapso gera uma enorme explosão: a supernova, essa explosão lança as camadas externas da estrela no espaço. O que sobra pode se tornar uma estrela de nêutrons ou um buraco negro, dependendo da massa restante.

Estrela de Nêutrons

Quando uma estrela muito massiva chega ao fim de sua vida e explode como uma supernova, uma das coisas que pode sobrar dela é um caroço e esse caroço, dependendo da massa, tem dois destinos possíveis e um deles é uma estrela de

nêutrons. Importante ressaltar que o caroço precisa ter massa de aproximadamente 1,4 a 3 massas solares para virar uma estrela de nêutrons.

Elas são muito pequenas, com cerca de 20 km de diâmetro, porém, podem ter aproximadamente 2,4 massas solares. Imagine algo do tamanho de uma cidade e com uma massa gigantesca, comparável com a massa do nosso Sol.

Elas são compostas, em sua grande parte, de nêutrons, conforme o seu próprio nome diz. Durante o colapso da estrela original, a pressão é tão intensa que os elétrons são empurrados para dentro dos prótons, transformando-os em nêutrons.

Quando as estrelas de nêutrons começam a girar rapidamente, na ordem de 24% a velocidade da luz, elas produzem campos magnéticos intensos e criam jatos de radiação. Chamamos isso de pulsar, e conseguimos ver esses jatos nas ondas de rádio. Nem todos se transformam em pulsar, apenas os que giram muito rápido.

Buraco negro

É formado em um processo semelhante à criação de uma estrela de nêutrons, porém, o seu caroço precisa ter aproximadamente uma massa superior a 3 massas solares. É um objeto compacto que ultrapassa a massa máxima que pode suportar e que colapsa sob sua própria gravidade. Esse colapso é tão intenso que o campo gravitacional se torna extremamente forte, a ponto de nada conseguir escapar, nem mesmo a luz. Esse objeto é chamado de buraco negro.

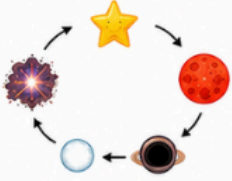
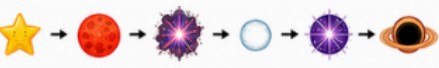
Um buraco negro é definido como uma região do espaço-tempo que não pode se comunicar com o universo externo. Isso significa que qualquer coisa que ultrapasse seu limite, chamado de horizonte de eventos, fica para sempre isolada do resto do universo. O horizonte de eventos é a "fronteira" do buraco negro: uma vez atravessado, não há mais retorno possível.

O buraco negro é, teoricamente, uma singularidade, uma região onde a densidade é infinita. Ao redor, o espaço e o tempo são tão distorcidos pela enorme massa. De acordo com a Teoria da Relatividade Geral, ao redor dessa enorme massa, o tempo parece passar mais devagar, um efeito conhecido como dilatação temporal. Embora não possamos observar diretamente um buraco negro, é possível detectá-lo indiretamente observando o comportamento da radiação, da matéria ou de objetos próximos. Se o buraco negro tiver uma ou mais estrelas companheiras de

onde ele sugue matéria, o gás e a poeira em sua volta formam um disco de acreção, que se aquece intensamente e brilha, sendo observável pela sua emissão de raios X. Além disso, estrelas próximas podem se mover de forma estranha, dando pistas de que há um buraco negro. Hoje em dia é possível observar alguns eventos através da detecção de ondas gravitacionais.

APÊNDICE B: QUESTIONÁRIO DE DIAGNÓSTICO

Nome: _____ data: ____/____/____

1 Você já estudou conteúdos de Astronomia em sala de aula?  ☐ A SIM  ☐ B NÃO  ☐ C NÃO SEI.	2 Onde você já ouviu falar sobre estrelas?  ☐ A NA ESCOLA ☐ B EM FILMES OU SÉRIES ☐ C EM VÍDEOS DA INTERNET ☐ D EM LIVROS OU REVISTAS ☐ E OUTRO: _____
3 Qual é uma estrela?  ☐ A Sol ☐ B Lua ☐ C Terra	4 Você sabe como as estrelas nascem?  ☐ A SIM  ☐ B NÃO 
5 Todas as estrelas são iguais?  ☐ A SIM  ☐ B NÃO 	6 O QUE ACONTECE COM UMA ESTRELA QUANDO ELA "MORRE"?  ☐ A ELA DESAPARECE COMPLETAMENTE ☐ B ELA VIRA UM PLANETA ☐ C ELA PODE SE TRANSFORMAR EM OUTROS TIPOS DE ASTROS ☐ D NÃO SEI.
7 Você já ouviu falar em "Anã Branca", "Estrela de Nêutrons" e "Buraco Negro"?  ☐ A SIM  ☐ B NÃO 	8 Você sabe o que é "evolução estelar"?  ☐ A SIM  ☐ B NÃO  ☐ C NÃO SEI.
9 Quando você observa o céu à noite, o que você acha que são as estrelas?  ☐ A PONTOS DE LUZ SEM IMPORTÂNCIA ☐ B PLANETAS REFLETINDO A LUZ DO SOL ☐ C CORPOS QUENTES QUE PRODUZEM SUA PRÓPRIA LUZ ☐ D NÃO SEI.	10 O que você acha que determina o final da estrela?  ☐ A Massa ☐ B Cor ☐ C Não sei

APÊNDICE C: QUESTIONÁRIO PÓS INTERVENÇÃO

Nome: _____ data: ____/____/____

1. Depois de jogar, você acha que entendeu melhor como nascem e morrem as estrelas?

☐ Sim ☐ Um pouco ☐ Não

2. Quais são as principais etapas do ciclo de vida de uma estrela que você lembra?
-
-

3. O jogo ajudou a tornar o conteúdo mais fácil de entender?

☐ Sim ☐ Parcialmente ☐ Não

4. Você conseguiu relacionar o que aprendeu no jogo com o que o professor explicou nas aulas?

☐ Sim ☐ Um pouco ☐ Não

5. O que você mais gostou no jogo?
-
-

6. O que você achou mais difícil durante o jogo?
-
-

7. O jogo ajudou você a aprender mais sobre o universo e as estrelas?

☐ Sim ☐ Parcialmente ☐ Não

8. Como você se sentiu participando dessa atividade?

☐ Motivado(a) ☐ Indiferente ☐ Desinteressado(a)

9. Você gostaria que outras aulas de Ciências também tivessem jogos educativos?

☐ Sim ☐ Talvez ☐ Não

10. Dê uma nota de 1 a 5 para o jogo como forma de aprender sobre Astronomia:

(1 = não gostei / 5 = gostei muito)

1 () 2 () 3 () 4 () 5 ()

APÊNDICE D: REGRAS DO JOGO

1. Objetivo do Jogo

Acumular massa e evoluir sua estrela ao longo do ciclo de vida, desde uma nuvem molecular até seu destino final, que pode ser:

- Anã branca
- Estrela de nêutrons
- Buraco negro

A massa adquirida ao longo do jogo será o fator determinante para definir esse destino.

2. Número de Jogadores

- De 2 a 6 jogadores (adaptável conforme necessário)
-

3. Estrutura do Jogo

O jogo é dividido em duas fases principais:

- **Fase 1: Nuvem Molecular** (formação da estrela)
 - **Fase 2: Evolução Estelar** (sequência principal até o fim da estrela)
-

FASE 1 — NUVEM MOLECULAR

Objetivo

Acumular massa solar ($M_{\odot}$) para formar sua estrela. As massas são obtidas através de perguntas e respostas ou roubo de massa de outros jogadores

Turnos

- O jogo ocorre em **4 turnos**
 - Cada jogador possui **4 ações por turno**
 - Após o fim de cada turno o jogador, o jogador à esquerda, do que jogou primeiro, irá começar
-

Ações Possíveis

Cada uma dessas abaixo representa uma ação, os jogadores tem o total de 4 ações por turno

- Andar de uma casa para outra
- Responder uma pergunta
- Atacar outro jogador (se movendo para a mesma casa que ele está)

Sistema de Perguntas

As perguntas são diferenciadas pela cor no tabuleiro e pela quantidade de pontos que ela vale. Existe também um indicativo na própria carta se a pergunta é fácil, média ou difícil além de ter a coloração no verso para diferenciar.

Dificuldade	Cor	Massa Ganha
Fácil	Verde	+0,5 M $\odot$
Média	Amarelo	+1,5 M $\odot$
Difícil	Vermelho	+3 M $\odot$
Centro	—	+10 M $\odot$

- O jogador responde à pergunta da casa onde parar
- Caso não responda nenhuma pergunta durante o turno:
→ **deve responder obrigatoriamente ao final do turno a última que parou, se errar perde a massa correspondente.**

Sistema de Batalha (Roubo de Massa)

- O jogador atacante escolhe quantas massas deseja roubar, os valores possíveis de roubo são:

→ **0,5** $M_{\odot}$

→ **1** $M_{\odot}$

→ **3** $M_{\odot}$

Os jogadores que estiverem atacando deverão decidir quantas massas desejam roubar. Para conquistar essa quantidade de massa, ocorrerá a seguinte dinâmica:

O jogador atacante e o jogador defensor receberão cartas com perguntas correspondentes ao nível de dificuldade relacionado à quantidade de massa escolhida. Por exemplo, caso o atacante deseje roubar uma massa de nível 3, ambos deverão responder perguntas diferentes, porém referentes à dificuldade 3.

A mecânica ocorrerá da seguinte forma:

- Se o atacante errar a pergunta, nada acontece, e ele deverá retornar ao ponto inicial onde começou o jogo.

Se o atacante acertar, o defensor terá a oportunidade de se defender respondendo corretamente à sua própria pergunta, nesse caso ocorre:

- Se o defensor errar, o atacante ganhará a quantidade de massa estipulada, enquanto o defensor retornará ao ponto inicial do jogo.
- Se o defensor acertar, ocorrerá um critério de desempate decidido por meio da rolagem de um dado, representando o fator sorte.

Empate:

- Se ambos acertarem → rola-se um dado
- Maior valor, do dado, vence e fica com a massa

Massa Especial (Centro do Tabuleiro)

O primeiro jogador que chegar à massa central deverá defendê-la dos demais jogadores. Caso outro participante tente conquistar essa massa, ocorrerá uma mecânica semelhante à de roubo de massas, porém com algumas diferenças.

Nessa disputa, serão realizadas três perguntas: uma fácil, uma média e uma difícil. Tanto o atacante quanto o defensor deverão responder às perguntas, e o jogador que acertar a maior quantidade permanecerá com a massa central.

Ao final do turno, o jogador que estiver em posse da massa central receberá 10 massas solares como recompensa, e todos os participantes retornarão ao ponto inicial do tabuleiro.

Os jogadores também poderão utilizar suas ações para ir diretamente até a casa roxa, localizada no centro do jogo. Entretanto, assim como nas outras fases, haverá um risco associado a essa escolha. Caso o jogador avance sem responder perguntas ao longo do percurso, ele deverá responder, ao chegar ao centro, três perguntas consecutivas: uma fácil, uma média e uma difícil.

Se o jogador errar duas das três perguntas, ele retornará ao ponto inicial e não receberá as 10 massas solares da massa central. Caso obtenha sucesso, conquistará normalmente a recompensa da região central.

Em suma:

- O primeiro jogador a chegar ao centro deverá defender a massa central dos demais jogadores.
- Para conquistar a massa central, os jogadores disputarão perguntas de níveis fácil, médio e difícil; quem acertar mais ficará com a massa.
- O jogador que permanecer na massa central ao final do turno receberá 10 massas solares.
- Todos os jogadores retornarão ao início após o encerramento do turno.
- Jogadores podem ir diretamente ao centro, mas deverão responder três perguntas (fácil, média e difícil).
- Caso errem duas perguntas, voltarão ao início e perderão a recompensa.

Fim da Fase 1

Ao final dos quatro turnos, os jogadores deverão somar a quantidade de massas obtidas e, em seguida, avançar para o próximo tabuleiro.

- Soma-se a massa total de cada jogador
- Essa massa será utilizada na fase 2

FASE 2 — EVOLUÇÃO ESTELAR

Objetivo

O objetivo dessa etapa é evoluir a estrela até sua fase final de evolução, de acordo com a quantidade de massa acumulada ao longo do jogo.

Classificação das Estrelas

Dependendo da quantidade de massa acumulada, será informado ou entregue aos jogadores qual caminho deverão seguir no tabuleiro, podendo ser o caminho superior ou o inferior.

Tipo de Estrela	Massa	Destino Final
Pequena/Intermediária	$0,8 - 8 M_{\odot}$	Anã branca
Massiva	$8 - 24 M_{\odot}$	Estrela de nêutrons ou Buraco negro
Muito massiva	$\geq 24 M_{\odot}$	Buraco negro

Turnos e Ações:

Nesse novo tabuleiro os jogadores terão duas ações por turno, essas ações podem ser:

- Comprar carta (ataque ou defesa)
- Jogar o dado
- Pegar carta de evento
- Atacar

Limite: máximo de **2 cartas na mão**

Caminhos no Tabuleiro

Com base no quadro ou nas informações fornecidas aos jogadores, aqueles que possuírem massa inferior a 8 massas solares deverão seguir o caminho inferior do tabuleiro,

enquanto os jogadores com massa superior a 8 massas solares seguirão o caminho superior.

- Estrelas leves $\rightarrow 0,8 - 8 M_{\odot} \rightarrow$ caminho inferior
- Estrelas massivas $\rightarrow > 8 \rightarrow$ caminho superior

Isso representa diferentes trajetórias evolutivas.

Cartas

Existem três tipos de cartas:

- Ataque
 - Defesa
 - Evento
-

Eventos Astronômicos

As cartas de evento são eventos que podem ocorrer realmente na astronomia, esses eventos aconteceram quando os jogadores passarem por:

- Gigante vermelha
- Supergigante vermelha
- Supernova
- Nebulosa planetária

Efeitos possíveis:

Esses eventos podem ser bons ou ruins:

- Ganho de massa
 - Perda de massa
-

Dados Especiais

Na segunda fase do jogo, o jogador poderá lançar um dado para avançar pelas casas do tabuleiro. O tipo de dado utilizado dependerá da quantidade de massa obtida na etapa anterior. A seguir, estão especificados os dados correspondentes a cada faixa de massa:

Massa	Dado
$0,8 - 8 M_{\odot}$	d6
$8 - 24 M_{\odot}$	d8
$\geq 24 M_{\odot}$	d16

Representam o tempo de vida e a evolução da estrela.

Supernova, Limite de Tolman Oppenheimer e Volkov (estrelas com $21-24 M_{\odot}$)

Durante essa fase, caso o jogador possua a quantidade de massa adequada para esse acontecimento, ele poderá gastar uma ação para determinar o destino do núcleo remanescente.

Se optar por não realizar a ação, o destino final será a formação de uma estrela de nêutrons. Caso escolha arriscar, deverá contar com a sorte para definir se o núcleo remanescente dará origem a um buraco negro ou a uma estrela de nêutrons.

- Resultado 1–3 → Buraco negro
 - Resultado 4–6 → Estrela de nêutrons
-

Fim do Jogo

O jogo termina quando todos os jogadores atingirem o estágio final da evolução estelar correspondente às suas respectivas massas no jogo.

RESPOSTAS DAS CARTAS

Gabarito questões fáceis:

Pergunta	Resposta	Pergunta	Resposta	Pergunta	Resposta
----------	----------	----------	----------	----------	----------

F1	A	F17	A	F33	A
F2	B	F18	B	F34	B
F3	A	F19	A	F35	A
F4	B	F20	B	F36	B
F5	A	F21	A	F37	A
F6	B	F22	B	F38	B
F7	A	F23	A	F39	B
F8	B	F24	B	F40	B
F9	A	F25	A	F41	A
F10	B	F26	B	F42	A
F11	A	F27	A	F43	A
F12	B	F28	B	F44	A
F13	A	F29	A	F45	A
F14	B	F30	B	F46	A
F15	A	F31	A	F47	A
F16	B	F32	B	F48	B

Gabarito questões médias:

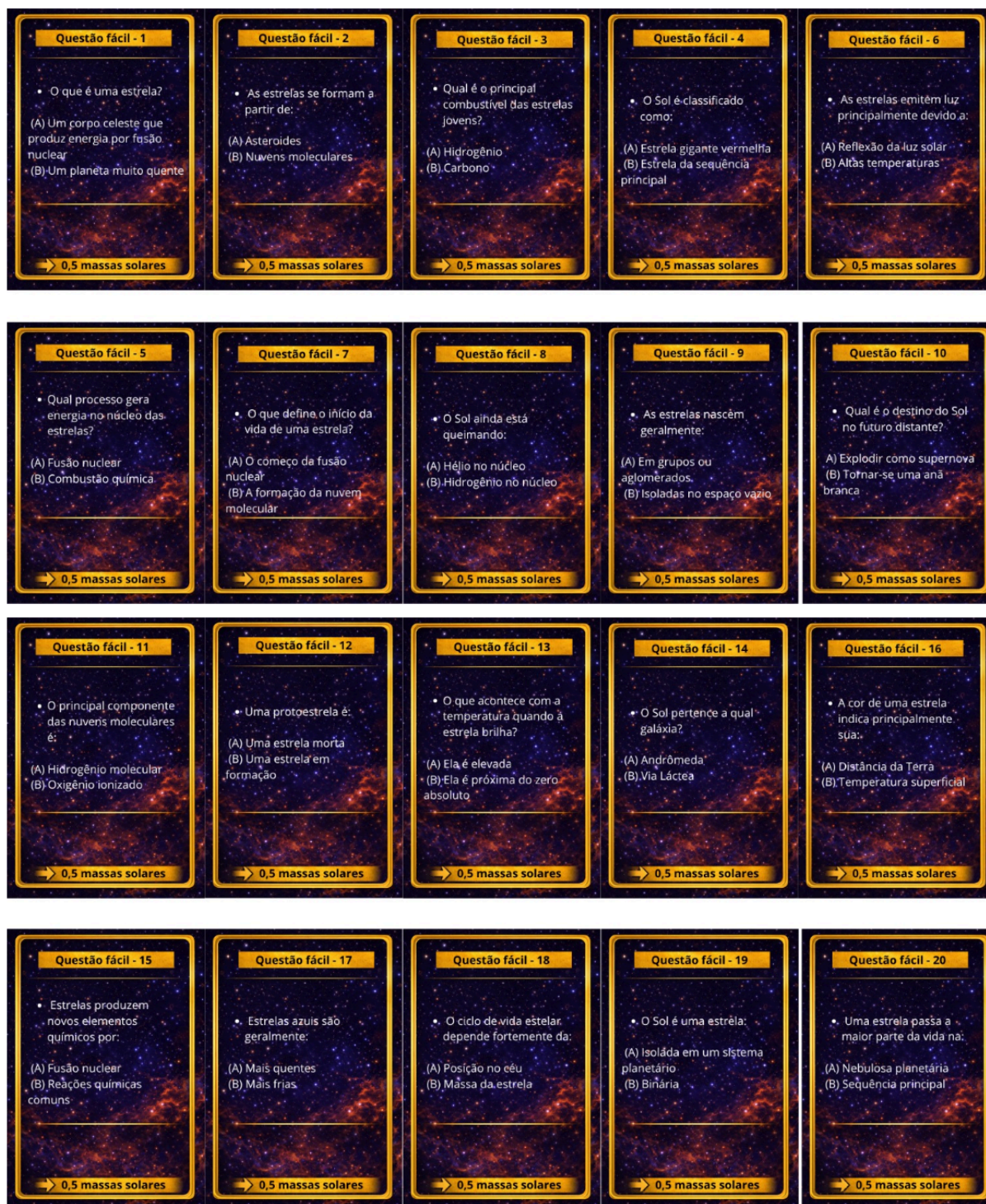
Pergunta	Resposta	Pergunta	Resposta	Pergunta	Resposta
M1	C	M9	A	M17	A
M2	B	M10	B	M18	B
M3	C	M11	B	M19	A
M4	C	M12	B	M20	C
M5	B	M13	A	M21	A
M6	A	M14	B	M22	C
M7	C	M15	A	M23	A
M8	B	M16	B		

Gabarito questões difíceis:

Pergunta	Resposta	Pergunta	Resposta
D1	B	D7	A
D2	C	D8	C
D3	D	D9	A
D4	A	D10	D
D5	C	D11	A
D6	D	D12	D

APÊNDICE E: CARTAS DO JOGO

Cartas fáceis



Questão fácil - 21 • As estrelas surgem quando o gás: (A) Colapsa gravitacionalmente (B) Se expande indefinidamente → 0,5 massas solares	Questão fácil - 23 • Uma estrela deixa a sequência principal quando: (A) O hidrogênio do núcleo acaba (B) Ela esfria completamente → 0,5 massas solares	Questão fácil - 25 • A luminosidade de uma estrela é: (A) A energia total que ela emite por segundo (B) Apenas o brilho visto da Terra → 0,5 massas solares	Questão fácil - 26 • O Sol tem aproximadamente: (A) 100 milhões de anos (B) 4,6 bilhões de anos → 0,5 massas solares	Questão fácil - 27 • O que mantém uma estrela estável? (A) Equilíbrio entre gravidade e pressão interna (B) Rotação rápida → 0,5 massas solares
---	--	--	---	--

Questão fácil - 22 • A energia das estrelas é transportada até a superfície por: (A) Vento solar apenas (B) Radiação e convecção → 0,5 massas solares	Questão fácil - 24 • As estrelas mais comuns da galáxia são: (A) Supergigantes azuis (B) Anãs vermelhas → 0,5 massas solares	Questão fácil - 28 • Estrelas produzem energia por: (A) Fissão nuclear (B) Fusão nuclear → 0,5 massas solares	Questão fácil - 29 • As estrelas são compostas principalmente por: (A) Gás ionizado (plasma) (B) Rocha sólida → 0,5 massas solares	Questão fácil - 30 • O Sol é uma: (A) Gigante vermelha (B) Estrela → 0,5 massas solares
--	---	--	---	--

Questão fácil - 31 • Uma nebulosa planetária está associada a: (A) Estrelas que terminam como anãs brancas (B) Estrelas que terminam como estrelas de nêutrons → 0,5 massas solares	Questão fácil - 33 • Estrelas massivas têm vida: (A) Mais curta (B) Mais longa → 0,5 massas solares	Questão fácil - 35 • O brilho de uma estrela depende de: (A) Tamanho e temperatura (B) Apenas distância → 0,5 massas solares	Questão fácil - 37 • As estrelas surgem em regiões chamadas: (A) Nuvens moleculares (B) Buracos negros → 0,5 massas solares	Questão fácil - 39 • O Sol não pode virar: (A) Buraco Negro (B) Anã Branca → 0,5 massas solares
--	--	---	--	--

Questão fácil - 32 • A fusão nuclear transforma hidrogênio em: (A) Oxigênio (B) Hélio → 0,5 massas solares	Questão fácil - 34 • A pressão que sustenta uma estrela vem de: (A) Campo magnético apenas (B) Reações nucleares → 0,5 massas solares	Questão fácil - 36 • Uma estrela de baixa massa pode terminar como: (A) Cometa (B) Anã branca → 0,5 massas solares	Questão fácil - 38 • A cor avermelhada de uma estrela indica que ela é: (A) Mais quente (B) Mais fria → 0,5 massas solares	Questão fácil - 40 • O combustível inicial de toda estrela é: (A) Ferro (B) Hidrogênio → 0,5 massas solares
---	--	---	---	--

Questão fácil - 41 • O equilíbrio hidrostático é alcançado quando: (A) Gravidade e pressão se equilibram (B) A estrela gira rápido → 0,5 massas solares	Questão fácil - 43 • A sequência principal é definida por: (A) Fusão de hidrogênio no núcleo (B) Fusão de hélio → 0,5 massas solares	Questão fácil - 45 • O Sol não sofrerá: (A) Supernova (B) Expansão em gigante vermelha → 0,5 massas solares	Questão fácil - 46 • A fase mais longa da vida estelar é: (A) Sequência principal (B) Supernova → 0,5 massas solares	Questão fácil - 48 • A evolução estelar é estudada principalmente pela: (A) Geologia (B) Astrofísica → 0,5 massas solares
--	---	--	---	--

Questão fácil - 42

• Uma estrela de baixa massa termina como:

(A) Anã branca
(B) Buraco negro

→ 0,5 massas solares

Questão fácil - 44

• As estrelas formam elementos até:

(A) Ferro (em estrelas massivas)
(B) Urânio apenas

→ 0,5 massas solares

Questão fácil - 47

• A formação de Estrelas é:

(A) Um processo de formação gradual
(B) Uma formação instantânea

→ 0,5 massas solares

Cartas médias

Questão média - 1

• O principal parâmetro que controla a evolução estelar é:

(A) Temperatura superficial
(B) Distância da Terra
(C) Massa inicial

→ 1 massa solar

Questão média - 2

• No núcleo do Sol ocorre:

(A) Fissão do hélio
(B) Fusão de hidrogênio em hélio
(C) Fusão de carbono

→ 1 massa solar

Questão média - 3

• Estrelas mais massivas são:

(A) Menos luminosas
(B) Sempre vermelhas
(C) Mais luminosas e mais quentes

→ 1 massa solar

Questão média - 4

• Após a sequência principal, o Sol se tornará:

(A) Supernova
(B) Buraco negro
(C) Gigante vermelha

→ 1 massa solar

Questão média - 5

• O Diagrama HR relaciona:

(A) Massa e raio
(B) Luminosidade e temperatura
(C) Idade e distância

→ 1 massa solar

Questão média - 6

• O que os ventos estelares "fazem":

(A) Removem massa da estrela
(B) Criam planetas diretamente
(C) Impedem fusão nuclear

→ 1 massa solar

Questão média - 7

• Estrelas massivas produzem elementos pesados:

(A) Apenas até hélio
(B) Apenas após morrer
(C) Até ferro no núcleo

→ 1 massa solar

Questão média - 8

• Uma nebulosa planetária é formada quando:

(A) Estrela massiva explode
(B) Estrela de baixa massa ejeta camadas externas
(C) Um planeta é destruído

→ 1 massa solar

Questão média - 9

• O tempo de vida de uma estrela é inversamente proporcional à sua:

(A) Massa
(B) Distância
(C) Rotação

→ 1 massa solar

Questão média - 10

• Uma estrela entra na fase de gigante vermelha quando:

(A) Inicia fusão de hidrogênio
(B) Esgota o hidrogênio no núcleo
(C) Formam planetas

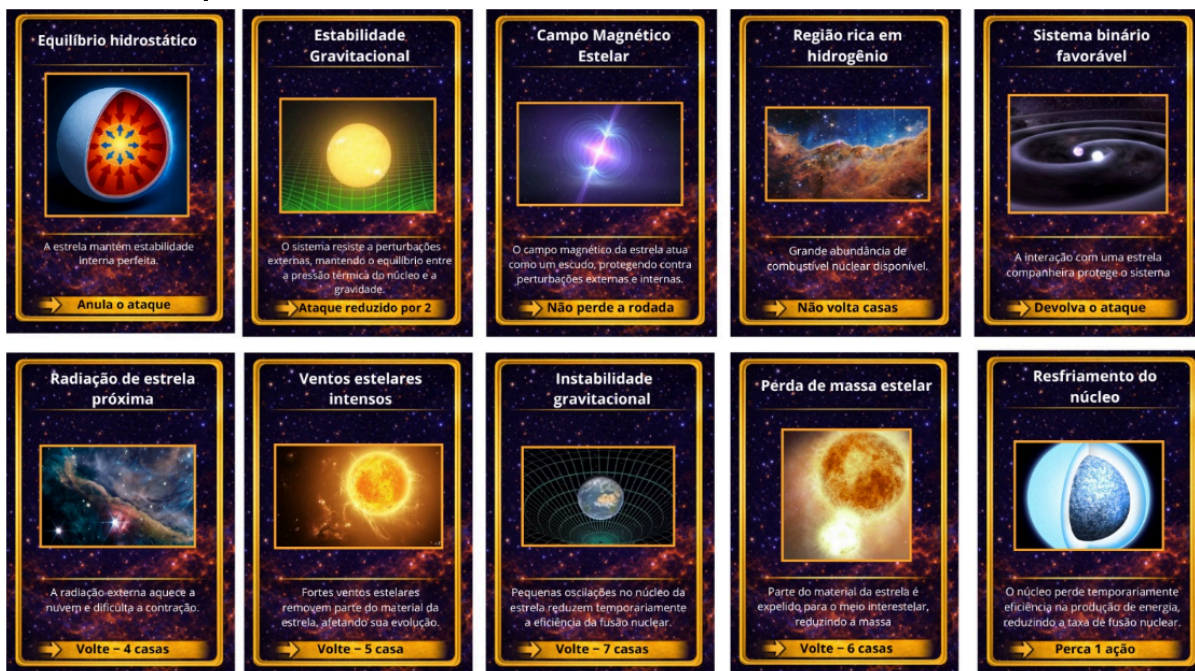
→ 1 massa solar

Questão média - 11 • O ferro não gera energia por fusão porque: (A) É instável (B) Consome energia ao fundir (C) É muito leve ➔ 1 massa solar	Questão média - 12 • Estrelas muito quentes aparecem no diagrama HR como: (A) Vermelhas e fracas (B) Azuis e luminosas (C) Brancas e frias ➔ 1 massa solar	Questão média - 13 • O colapso do núcleo em estrelas massivas ocorre quando: (A) O ferro se acumula no núcleo (B) O hidrogênio acaba (C) A estrela esfria ➔ 1 massa solar	Questão média - 14 • Uma estrela de 1 massa solar terminará como: (A) Estrela de nêutrons (B) Anã branca (C) Buraco negro ➔ 1 massa solar	Questão média - 15 • O brilho aparente depende de: (A) Luminosidade e distância (B) Apenas massa (C) Apenas temperatura ➔ 1 massa solar
Questão média - 16 • Estrelas da população I são: (A) Pobres em metais (B) Ricas em metais (C) Exclusivas do halo ➔ 1 massa solar	Questão média - 17 • O núcleo estelar é sustentado por: (A) Pressão térmica da fusão nuclear (B) Campo magnético (C) Radiação externa ➔ 1 massa solar	Questão média - 18 • O ciclo CNO ocorre principalmente em: (A) Estrelas de baixa massa (B) Estrelas mais massivas que o Sol (C) Anãs brancas ➔ 1 massa solar	Questão média - 19 • O diagrama HR mostra a evolução estelar como: (A) Trajetórias no diagrama (B) Órbitas estelares (C) Mapas do céu ➔ 1 massa solar	Questão média - 20 • Supernovas enriquecem o meio interestelar com: (A) Hidrogênio apenas (B) Energia escura (C) Elementos pesados ➔ 1 massa solar
Questão média - 21 • Uma estrela deixa de existir quando: (A) Para a fusão nuclear no núcleo (B) Esfria totalmente (C) Para de girar ➔ 1 massa solar	Questão média - 22 • As estrelas mais antigas da galáxia são encontradas no: (A) Disco fino (B) Braços espirais (C) Halo galáctico ➔ 1 massa solar	Questão média - 23 • A massa do remanescente estelar determina se ele será: (A) Anã branca, estrela de nêutrons ou buraco negro (B) Anã branca dependendo da temperatura (C) Sempre um buraco negro dependendo da composição química ➔ 1 massa solar		

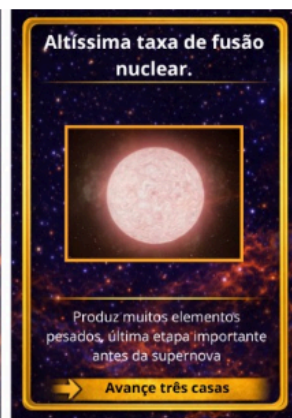
Cartas difíceis

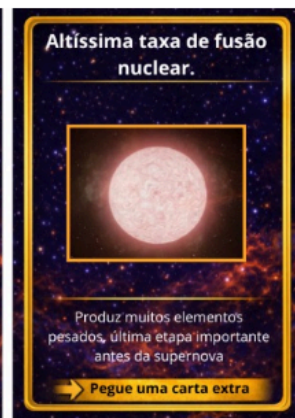
Questão difícil - 1 • Por que estrelas massivas têm vida curta? (A) São menos quentes (B) Consomem combustível nuclear rapidamente (C) Têm menos hidrogênio (D) Perdem massa lentamente → 3 massas solares	Questão difícil - 2 • O colapso do núcleo em uma supernova ocorre devido à: (A) Perda de luminosidade (B) Expansão da estrela (C) Formação de ferro no núcleo (D) Rotação diferencial → 3 massas solares	Questão difícil - 3 • Após uma supernova, o remanescente pode ser: (A) Anã branca (B) Protoestrela (C) Nebulosa planetária (D) Estrela de nêutrons ou buraco negro → 3 massas solares	Questão difícil - 4 • No Diagrama HR, a posição das estrelas da sequência principal é principalmente determinada por: (A) Sua massa (B) Sua cor (C) Sua idade (D) Sua composição química → 3 massas solares	Questão difícil - 5 • A queima de hélio produz principalmente: (A) Hidrogênio (B) Ferro (C) Carbono e oxigênio (D) Nitrogênio → 3 massas solares
Questão difícil - 6 • O processo triplo-alfa ocorre quando: (A) Hidrogênio está na metade (B) A estrela explode (C) O núcleo esfria (D) Hélio começa a fundir → 3 massas solares	Questão difícil - 7 • O limite de Chandrasekhar está associado a: (A) Anãs brancas (B) Estrelas de nêutrons (C) Buracos negros (D) Gigantes vermelhas → 3 massas solares	Questão difícil - 8 • A pressão que sustenta uma estrela de nêutrons é devida a: (A) Pressão térmica (B) Fusão nuclear (C) Pressão de degenerescência dos nêutrons (D) Radiação externa → 3 massas solares	Questão difícil - 9 • Buracos negros estelares se formam quando: (A) A massa do núcleo excede certos limites (B) A estrela é pequena (C) O núcleo esfria (D) O campo magnético cresce → 3 massas solares	Questão difícil - 10 • A nucleossíntese dos elementos mais pesados que o ferro ocorre: (A) Na sequência principal (B) Em anãs brancas (C) Em estrelas frias (D) Em supernovas → 3 massas solares
Questão difícil - 11 • O equilíbrio hidrostático falha quando: (A) A pressão nuclear não sustenta mais a gravidade (B) A estrela gira rápido (C) O campo magnético aumenta (D) A luminosidade diminui → 3 massas solares	Questão difícil - 12 • A evolução estelar pode ser vista como uma competição entre: (A) Temperatura e brilho (B) Massa e rotação (C) Campo magnético e vento estelar (D) Gravidade e pressão interna → 3 massas solares			

Cartas de ataque/defesa



Cartas Evento





APÊNDICE F: SLIDES PARA A AULA



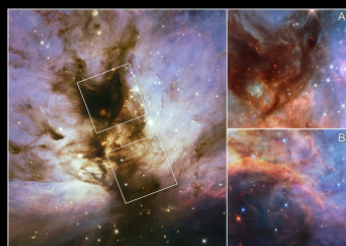
A como as estrelas nascem?

- A** A partir da união de poeira e gases presentes nas nebulosas.
- B** As estrelas surgem quando planetas muito quentes começam a brilhar.
- C** Aparecem após explosões de vulcões espaciais.
- D** São criadas pela luz emitida pela Lua.

Nascimento Estelar: Nebulosas

Estrelas nascem de *nuvens moleculares* de gás e poeira. O **colapso gravitacional**, iniciado por perturbações, forma glóbulos densos de matéria que aquecem e dão origem às protoestrelas.

Nebulosas, Aglomerados, Muvem molecular ou Bercario de estrelas



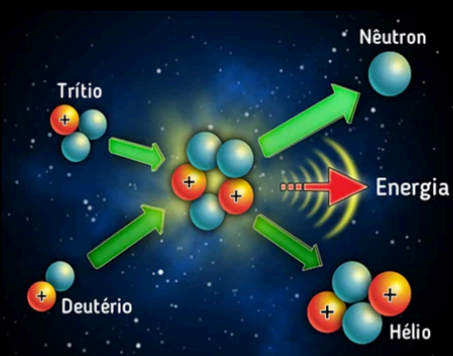
FORMAÇÃO DE ESTRELAS



Em resumo: da nebulosa ao colapso, da protoestrela ao aquecimento, até se tornar uma estrela que brilha por milhões ou bilhões de anos.

Como as estrelas brilham e produzem calor?

- A Porque queimam oxigênio como uma fogueira.
- B Porque realizam fissão nucleares em seu núcleo, liberando energia.
- C Porque realizam fusão nucleares em seu núcleo, liberando energia.
- D Porque possuem lava em sua superfície.



Fusão Nuclear Estelar

Hidrogênio em Hélio: No núcleo, hidrogênio se funde, criando hélio.

Luz e Calor: Inicia a emissão de luz e calor intensos da estrela.

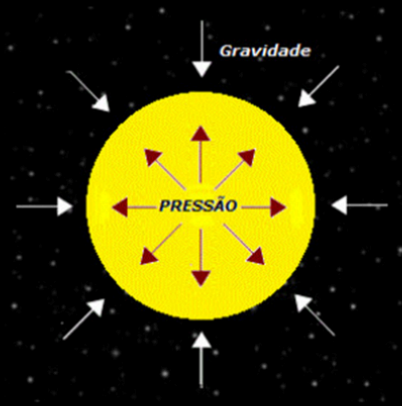
"Combustível" das estrelas é o Hidrogenio

Forças Atuantes

A **gravidade** comprime a estrela para dentro. A *pressão de radiação* (energia da fusão nuclear) atua para fora.

Equilíbrio Estelar

Essas forças opostas se **equilibram**. Resulta na *estabilidade estrutural* da estrela, prevenindo o colapso.



Qual estrela é mais quente?

A Azul

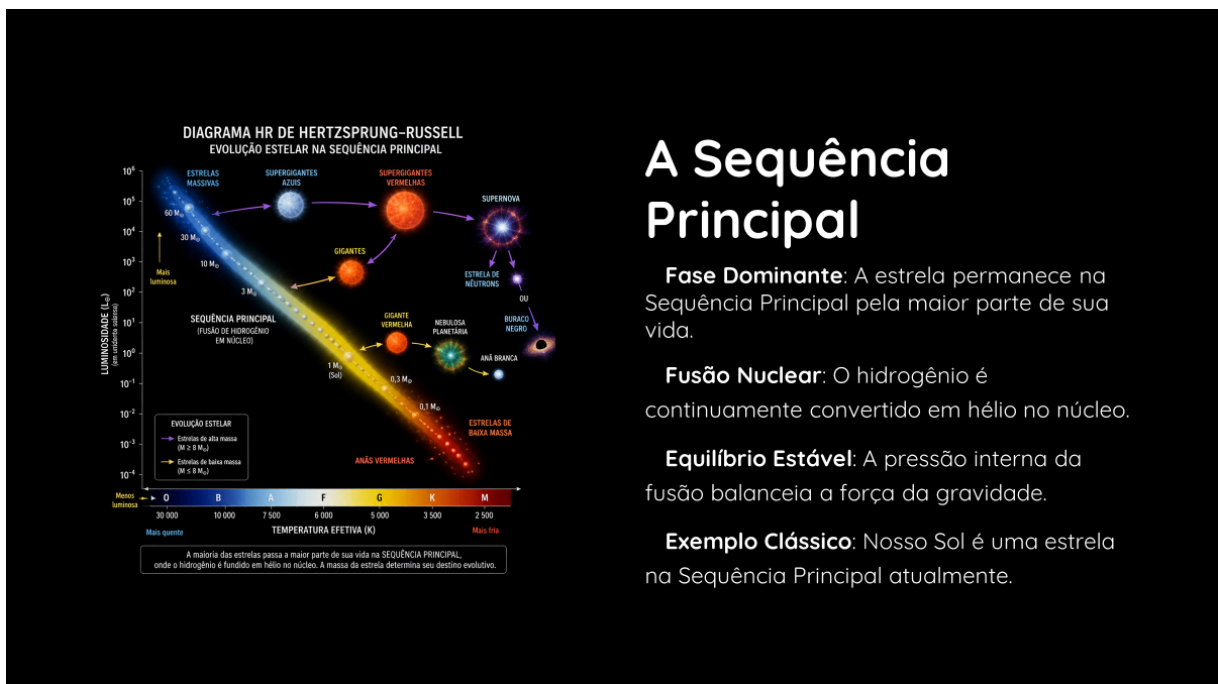
B Amarela

C Vermelha

D Branca

Onde as estrelas passam a maior parte da sua vida?

- A Na fase de nebulosa
- B Na fase de supernova
- C Na sequência principal
- D Na fase de anã branca



Qual será o destino do Sol?

- A Tornar-se um buraco negro
- B Explodir como supernova
- C Transformar-se em uma nebulosa planetária e depois em anã branca
- D Desaparecer completamente no espaço

Massa Estelar e Destino Final



Baixa/Média Massa

Evolução lenta: Milhões a bilhões de anos. Termina em uma **Anã Branca** (núcleo remanescente) após ejetar suas camadas externas como uma *nebulosa planetária*.

Menor que cerca de 8 massas solares



Alta Massa

Evolução rápida: Milhões de anos. Termina em uma **Supernova** (explosão violenta), deixando uma **Estrela de Nêutrons** ou **Buraco Negro**.

Maior que cerca de 8 massas solares

Quando uma estrela como o Sol para de queimar hidrogênio, o que acontece primeiro?

A Ela explode imediatamente como uma supernova.

B Ela se transforma em uma gigante vermelha.

C Ela desaparece no espaço

D Ela vira um buraco negro.

O Futuro do Nosso Sol

1

Presente

O Sol na **Sequência Principal**, fundindo hidrogênio em hélio em seu núcleo.

2

Bilhões de Anos

Expansão para **Gigante Vermelha**, engolindo Mercúrio e Vênus. A Terra será inabitável.

3

Fim do Ciclo

Ejeção das camadas externas formando uma *Nebulosa Planetária*, deixando um núcleo remanescente: a **Anã Branca**.

A Gigante Vermelha

Após o esgotamento do hidrogênio no núcleo, a estrela expande suas camadas externas e resfria, tornando-se uma gigante vermelha. O hélio no núcleo começa a se fundir em elementos mais pesados.



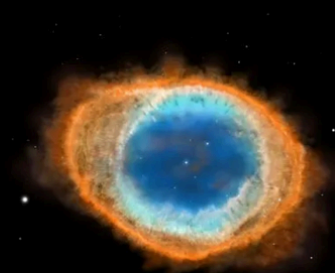
Morte de Estrelas de Média Massa

Formação de Nebulosa

Ejeção das camadas externas da estrela em fim de vida.

Resfriamento Contínuo

Objeto quente que se resfria lentamente ao longo de bilhões de anos.





Anã Branca

Anã Branca

Núcleo estelar denso remanescente, com tamanho similar ao da Terra.

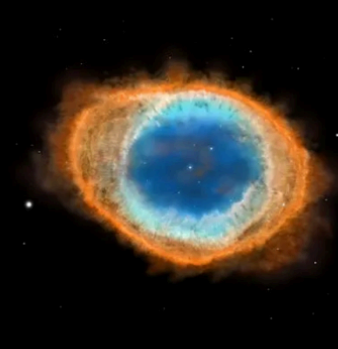
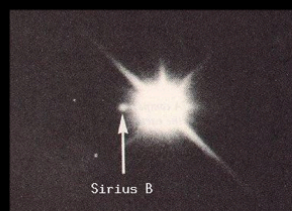
Dados:

Temperatura: pode ultrapassar **100.000 °C** quando recém-formada.

Tamanho: aproximadamente o tamanho da Terra.

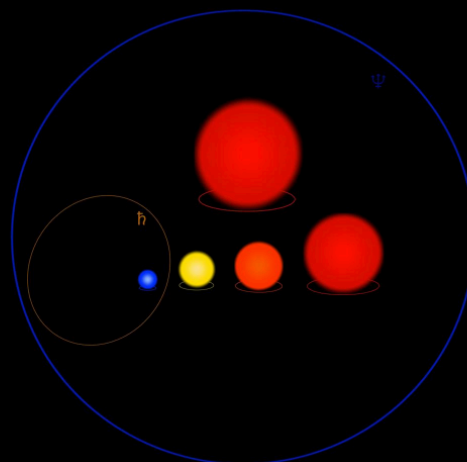
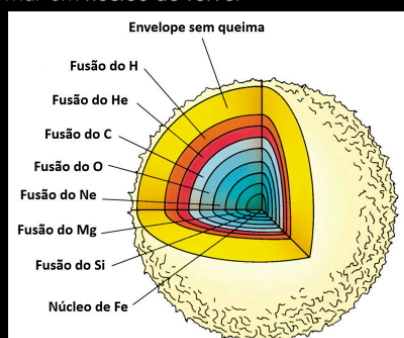
Massa: semelhante à do Sol.

Densidade: extremamente alta; uma colher do material de uma anã branca teria toneladas de massa na Terra.



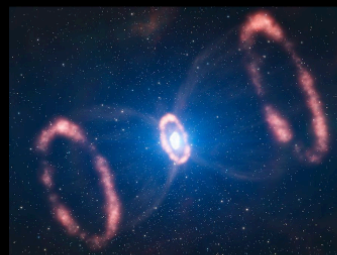
Supergigantes e Fusão de Elementos

Estrelas supergigantes, com mais de 8 massas solares, prosseguem na fusão nuclear após o hélio, consumindo sequencialmente carbono, neônio, magnésio e silício, até formar um **núcleo de ferro**.



O Evento Supernova

Ocorre um colapso catastrófico do núcleo de **ferro**. A explosão resultante brilha mais que uma galáxia inteira, dispersando elementos pesados pelo cosmos.



O que pode acontecer depois da explosão de uma Supernova?

A Pode surgir uma estrela de nêutrons ou um buraco negro.

B A estrela volta ao início de sua vida.

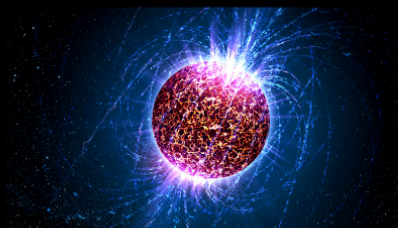
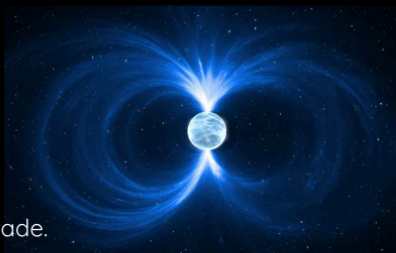
C A estrela se transforma em um planeta.

D Ela vira um buraco negro.

Estrela de Nêutrons

Núcleo colapsado de alta massa.
Densidade extrema: massa solar em cidade.

Tamanho: 20 km de diâmetro.
Massa: pode ter mais massa que o Sol concentrada em um corpo muito pequeno.
Densidade: extremamente alta; uma colher de material de estrela de nêutrons teria bilhões de toneladas na Terra.



Buraco Negro

Colapso de núcleos maiores. Campo gravitacional intenso, nem a luz escapa.

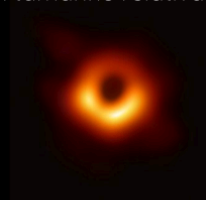


Gravidade: tão intensa que nem a luz consegue escapar.

Horizonte de eventos: região que marca o “limite” do buraco negro; após ultrapassá-lo, nada consegue sair.

Massa: pode variar desde algumas massas solares até milhões ou bilhões de vezes a massa do Sol.

Tamanho: apesar da enorme massa, pode possuir um tamanho relativamente pequeno.



APÊNDICE G: ROTEIRO DA SESSÃO DO PLANETÁRIO

Universidade Federal do Pampa - Campus Bagé
Planetário da Unipampa

Evolução Estelar

Roteiro de Rafael Kimura e Rafael Silva

“O Ciclo de Vida das Estrelas”

Cena 1

BIZU: Tcharããã! Cheguei, camarada! Você chamou e eu vim correndo mais rápido que um cometa interestelar!

ZIKA: Em “velocidade de cometa” você não veio, não. Deve ter vindo na velocidade de uma lesma com preguiça.

BIZU: Pode ser... Mas uma lesma cósmica, por favor! Então, quer dizer que você pensou em mais uma música para a gente colocar no nosso sarau astronômico?

ZIKA: Sim! É uma música do Lenine. Vou mostrar um trequinho pra você.

“Somos feitos de restos de estrelas...”

“Como o corvo, o carvalho e o carvão.

“As sementes nasceram das cinzas”.

“De uma delas depois da explosão”.

ZIKA: Veja, do ponto de vista da Astronomia, esse verso é literalmente verdadeiro.

BIZU: Como assim “restos de estrelas”? Eu não sou mais quente que churrasqueira, não sou feito de gás ionizado, não faço fusão nuclear, no máximo faço umas músicas luminosas, né pessoal?

ZIKA: Então... com as devidas licenças poéticas, podemos dizer sim que você é feito de poeira estelar! No trecho, ele fala “Como o corvo, o carvalho, o carvão”, ou seja, o reino animal, vegetal e mineral, todos nós somos feitos de átomos, como o carbono e o oxigênio, que foram forjados dentro de estrelas que viveram antes do Sol existir.

BIZU: AHÁ! Eu sabia! Eu sempre me senti poderoso! Eu devo ter nascido com uma etiqueta “100% poeira estelar premium”.

ZIKA: Me diga, Bizu, você sabe como as estrelas nascem?

BIZU: Hmmm... O papai estrela planta uma sementinha na mam...

Zika gesticula acintosamente indicando para Bizu parar de falar.

ZIKA: Não! Não! Esse assunto é delicado... deixe esse pepino pra professora de Biologia. As estrelas nascem de um jeito bem diferente, tudo começa em uma enorme e fria nebulosa de gás. Essas nuvens são gigantescas, bilhões de vezes o tamanho do Sistema Solar e inicialmente muito frias, entre -350°C e -270°C .

<Imagem de uma nebulosa é exibida>

BIZU: Jezuis... Mas estrelas não são quentes? Como é que elas nascem em um lugar tão frio como esse?

ZIKA: Você já ouviu falar que massa atrai massa?

BIZU: Tipo promoção de pizzaria? Tu pede uma de calabresa e vem uma de muçarela junto?

ZIKA: Bem, massa no sentido da Física, como quantidade de matéria. Quando alguém diz que tem 60 kg, ela está dizendo quanto de massa ela tem. E, de acordo com a Física, massa atrai massa.

BIZU: Então, eu posso dizer que quanto mais massa um corpo tem, mais atraente ele vai ser?

ZIKA: Do ponto de vista da Física, sim.

Bizu levanta e mostra a pancinha.

BIZU: Ahááá! Então a ciência concorda comigo quando digo: “isso não é uma pança, é excesso de gostosura!”

ZIKA: Bem... não é desse tipo de atração que estamos falando. Estou falando da força de atração gravitacional. É porque massa atrai massa que existe a gravidade que nos prende no chão, o planeta Terra nos atrai para si, da mesma forma que um

ímã atrai uma agulha de ferro. Eu não me sinto atraído por você, apesar dessa sua pancinha charmosa, porque a intensidade da força gravitacional é muito pequena. Veja, a Terra tem trilhões vezes trilhões de quilos e é preciso essa quantidade imensa de massa para sentirmos a força da gravidade que nos prende no chão. De qualquer forma, voltando ao nascimento das estrelas, quando a matéria da grande nebulosa começa a se juntar por causa da gravidade...

<a projeção mostra uma nebulosa girando>

... a nuvem vai ficando mais densa e quente, mais densa e quente, mais densa e quente...

(ZIKA mostra a nebulosa ficando mais brilhante)

... até que o núcleo estelar atinge uma temperatura altíssima, uma pressão enorme e se inicia a fusão do hidrogênio em Hélio. E é assim que uma estrela nasce, quando a fusão nuclear passa a ser a sua principal fonte de energia!

BIZU: Que lindo isso... uma estrela bebê! Será que ela usa fralda de plasma? Mas me diga, você me falou uma vez que existem estrelas azuis, brancas e vermelhas; umas muitíssimo maiores do que o nosso Sol e outras bem menores; algumas extremamente brilhantes e outras pálidas; e umas são quentes e outras mais frias. Todas elas nascem do mesmo jeito?

ZIKA: Sim, todas nascem dessa forma! Aliás, se é o acúmulo de massa o pontapé inicial da formação de uma estrela, podemos também dizer que a massa é a grande responsável por todas essas características variadas que você citou. A massa é como se fosse o DNA de uma estrela. Assim como o seu DNA determina a cor dos seus olhos e o tipo do seu cabelo, a massa vai dizer que estrelas mais massivas vão ser grandes, quentes, azuladas e ter uma vida mais breve enquanto as de baixa massa vão ser mais frias, avermelhadas, pequenas e viver muito tempo.

BIZU: Peraí... quanto mais massa menos tempo a estrela vive?

ZIKA: Exato.

<BIZU olhando de novo pra pancinha>

BIZU: Bem que o meu médico disse que isso não é excesso de gostosura é um risco pra minha saúde.

ZIKA: Claro que estamos falando em escala cósmica, já que as estrelas de alta massa vivem alguns milhões de anos. Já as estrelas com massa mais baixa, como o

nosso Sol, vivem bem mais. O nosso Sol deve viver em torno de 10 bilhões de anos.

BIZU: Bah! Imagina o tamanho do bolo de aniversário pra caber tanta vela. Mas não entendo por que a massa seria o DNA de uma estrela. Seria como dizer que a cor azul dos olhos azuis de uma pessoa é determinada por quanto ela pesa! E isso não faz muito sentido pra mim...

ZIKA: Verdade. Temos que ir com calma com essas analogias. O que acontece é que a massa exerce um papel fundamental na dinâmica da estrela. Por causa da força gravitacional, toda a massa da estrela é forçada na direção do centro dela. Para contrabalancear essa força, a estrela sustenta um núcleo de alta temperatura e pressão, nutrida justamente pela fusão nuclear. Ou seja, quanto mais massa a estrela têm, mais quente e pressionado precisava estar o seu núcleo e mais energia por fusão nuclear ela precisa gerar.

BIZU: Ah, então uma estrela de alta massa vive menos porque queima muito rápido as suas energias. Assim, como um corredor de 100 metros rasos que se cansa muito mais rápido do que um maratonista.

ZIKA: Exato! Essa analogia foi boa. E outra coisa importante: estrelas com alta massa conseguem fazer a fusão de elementos mais pesados. A consequência direta disso é que estrelas de baixa massa passam por estágios finais de evolução distintos das estrelas de alta massa.

ZIKA: Vamos começar pelas estrelas de baixa massa, como o nosso Sol. Depois de bilhões de anos transformando hidrogênio em hélio, chega uma hora em que o hidrogênio do núcleo começa a acabar.

BIZU: Acabou o combustível? Tipo carro entrando na reserva?

ZIKA: Exatamente. Sem hidrogênio suficiente no núcleo, a fusão ali diminui. A gravidade então começa a comprimir o centro da estrela novamente.

<A projeção mostra o núcleo contraindo.>

ZIKA: O núcleo fica mais quente e mais denso, enquanto as camadas externas se expandem. A estrela incha...

BIZU: Incha quanto? Tipo eu depois do rodízio de pizza?

ZIKA: Muito mais! Ela vira uma **gigante vermelha**. Pode ficar centenas de vezes maior que o tamanho original. O nosso Sol, quando se expandir, vai engolir Mercúrio, Vênus e talvez até a Terra.

BIZU: Meu Deus! Corram! Eu pensando em rodízio de pizza, enquanto o Sol está querendo ir em um rodízio de planetas!

ZIKA: Calma! Isso vai acontecer só daqui a uns 5 bilhões de anos.

BIZU: Ufa... Ainda dá tempo de pagar os boletos.

ZIKA: No interior dessa gigante vermelha, a temperatura fica alta o suficiente para começar a fusão do hélio, formando carbono e oxigênio. Mas estrelas como o Sol não conseguem ir muito além disso.

BIZU: Então ela para por aí?

ZIKA: Sim. As gigantes vermelhas são bastante instáveis e vão expulsando as camadas externas para o espaço. Ao longo do tempo, essa matéria expelida formam uma nebulosa em torno do núcleo quente que fica exposto, formando uma nebulosa planetária, um casulo colorido de gás brilhante.

<A projeção mostra uma bela nebulosa planetária.>

BIZU: Uau! Uma obra de arte cósmica!

ZIKA: Bonita, né? No centro sobra apenas o núcleo quente da estrela: uma **anã branca**.

BIZU: Anã? Depois de ter sido gigante?

ZIKA: Pequena no tamanho, mas extremamente densa. Um pedacinho do tamanho da Terra com quase a massa do Sol inteiro.

BIZU: Ou seja... compacta e poderosa. Igual um comprimido efervescente estelar.

ZIKA: (rindo) Algo assim. E ela vai esfriando lentamente... por bilhões e bilhões de anos.

ZIKA: Agora, quando falamos de estrelas com massa intermediária e alta... a história muda bastante.

BIZU: Lá vem confusão, né?

ZIKA: Lá vem espetáculo! Essas estrelas já nascem muito quentes e luminosas. Vivem rápido, queimam combustível em ritmo acelerado, produzem elementos mais pesados — carbono, oxigênio, cálcio... até o ferro. O problema é que fundir ferro não produz energia. Ao contrário: consome energia.

BIZU: É agora! Eu adoro essa parte!

ZIKA: A matéria cai para dentro violentamente e...

BIZU + ZIKA (juntos): BOOOOOOM!

<A projeção mostra uma supernova espetacular.>

ZIKA: Nessa explosão são formados elementos ainda mais pesados que o ferro — ouro, urânio...

BIZU: Então o ouro das alianças veio de uma supernova?

ZIKA: Exatamente. E dependendo da massa que restar no núcleo...

<A projeção mostra dois possíveis finais.>

ZIKA: ...ele pode se tornar uma **estrela de nêutrons**, extremamente densa...

BIZU: Aquela que uma colher pesa bilhões de toneladas?

ZIKA: Isso mesmo. Ou, se for ainda mais massiva...

<A imagem escurece, formando um disco brilhante.>

ZIKA: ...forma um **buraco negro**!

BIZU: Ou seja... algumas estrelas não terminam a vida. Viram lenda.

ZIKA: Viram extremos da Física. E mais, nessa grande explosão todos os elementos são espalhados pelo espaço.

BIZU: Tipo confete de Carnaval cósmico!

ZIKA: Isso! E esses “confetes” vão formar novas nuvens... novas estrelas... novos planetas... e...

BIZU: ...Zikas e Bizus!

ZIKA: Exatamente. E é isso que Lenine queria dizer:

“Somos restos de estrelas” porque literalmente somos formados por esse material reciclado do universo.

BIZU: Então quer dizer que cada átomo do meu corpo já passou por dentro de uma estrela?

ZIKA: A grande maioria sim. No começo do universo, praticamente só tinha H, He e um pouco de Li. A maioria dos elementos mais pesados, como o C e o O, foram sintetizados em estrelas.

BIZU: Então o fim de uma estrela não é exatamente um fim...

ZIKA: É um recomeço. Cada explosão, cada sopro estelar, prepara o palco para novas histórias com personagens únicos e especiais.

BIZU: Inclusive eu, que sou 70% água e 30% poeira estelar premium!

ZIKA: Ai, meu Deus... Vamos encerrar antes que ele invente outro slogan.

BIZU: Tchau, pessoal! Continuem brilhando... mas não explodam, por favor.

ZIKA: Um dia de cada vez... um dia de cada vez.

FIM