

MNPEF Mestrado Nacional
Profissional em
Ensino de Física



ENSINO DE ASTRONOMIA USANDO UM JOGO DE TRILHA PARA O ESTUDO DA EVOLUÇÃO ESTELAR NO ENSINO MÉDIO

CLÁUDIO ROBERTO BARROZO DA SILVA

Dissertação de Mestrado apresentada ao Programa de Pós-Graduação da Universidade Federal Rural de Pernambuco (UFRPE) no Curso de Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física (MNPEF), como parte dos requisitos necessários parcial à obtenção do Título de Mestre em Ensino de Física.

Orientador: Prof. Dr. Antonio Carlos da Silva
Miranda

Recife – outubro de 2020.

**ENSINO DE ASTRONOMIA USANDO UM JOGO DE TRILHA PARA O
ESTUDO DA EVOLUÇÃO ESTELAR NO ENSINO MÉDIO.**

CLÁUDIO ROBERTO BARROZO DA SILVA

Orientador: Prof. Dr. Antonio Carlos da Silva Miranda

Dissertação de Mestrado apresentada ao Programa de Pós-Graduação da Universidade Federal Rural de Pernambuco – UFRPE no Curso de Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física – MNPEF, como requisito parcial à obtenção do Título de Mestre em Ensino de Física.

Banca Examinadora:

(Orientador): Dr. Antonio Carlos da Silva Miranda

(MNPEF/UFRPE): Dr. Michael Lee Sundheimer

(UFRPE): Dr. Pedro Hugo de Figueiredo

Recife – outubro de 2020.

FICHA CATALOGRÁFICA

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação

Universidade Federal Rural de Pernambuco

Sistema Integrado de Bibliotecas Gerada automaticamente, mediante os dados fornecidos pelo(a) autor(a)

S586e Silva, Cláudio Roberto Barrozo da
Ensino de Astronomia usando um jogo de trilha para o estudo da Evolução Estelar no Ensino Médio /
Cláudio Roberto Barrozo da Silva. - 2020.
163 f. : il.

Orientadora: Antonio Carlos da Silva Miranda.
Inclui referências, apêndice(s) e anexo(s).

Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal Rural de Pernambuco, Programa de Mestrado
Profissional em Ensino de Física (PROFIS), Recife, 2021.

1. Aprendizagem significativa. 2. Ensino de Astronomia. 3. Evolução Estelar. 4. Jogos Educativos. I.
Miranda, Antonio Carlos da Silva, orient. II. Título

CDD 530

DEDICATÓRIA

Dedico este trabalho a Deus, por sua infinita bondade, graças e dádivas em minha vida, a minha família, minha mãe (Ostimar Barrozo), meu pai (José Costa - In Memoriam), irmãos (Patrícia e João), a minha esposa (Elisângela), aos meus filhos (Giovanni e Letícia), amigos e colegas por todo incentivo e compreensão durante toda minha trajetória e contribuindo no tempo e no espaço, para o meu aprimoramento profissional e acadêmico.

AGRADECIMENTOS

Em primeiro lugar, agradeço a Deus, pelas dádivas recebidas na minha vida, assim como pelo seu imenso amor, graça e bondade. Agradeço também pela grande oportunidade que Ele me possibilitou cursar um mestrado tão importante para a minha vida profissional, numa instituição pública federal repleta de profissionais cuja competência e dedicação demonstradas, em todos os cursos que participei, superam quaisquer adjetivações.

Aos meus pais, Ostimar Barrozo Costa e José Costa da Silva (in memoriam) que apesar de não terem acesso aos estudos na juventude sempre orientaram e direcionaram os poucos recursos financeiros, dedicação e suor no acesso e desenvolvimento da educação de seus filhos. Especial atenção, dedico a minha mãe que até hoje, tem me incentivado com suas atitudes e orações.

A minha família, esposa (Elisângela Cândida), o meu filho Giovanni Roberto e a minha filha Letícia Isabelli que compreenderam e apoiaram-me nesse período tão intenso de atividades, estudos, congressos e seminários, onde estive afastado ou ainda pouco presente nos eventos sociais e viagens devido a minha dedicação ao curso.

Ao meu Orientador, Professor Dr. Antonio Carlos da Silva Miranda, primeiro que já conhecia a muitos anos pelas palestras em formação continuada, e assim tive essa honra, no curso, tê-lo como professor e orientador. O meu agradecimento e admiração pela sua simplicidade, sua brilhante competência e paciência, sendo o principal motivador deste trabalho. Sua orientação e prática docente promovem o incentivo do papel protagonista do discente. E antes da dissertação concluída, sob sua orientação, tive uma comunicação oral e um painel apresentados no Encontro Regional do Nordeste de Física do MNPEF realizado em Fortaleza (CE) nos dias 14 e 15 de junho de

2019. O meu sentimento é de gratidão, pois foi um evento muito intenso e sua colaboração foi muito importante na minha participação.

A Universidade Federal Rural de Pernambuco e o Departamento de Física, que coordena o Curso do Mestrado, por ofertar o acesso e realizar o curso, além de outras atividades, como os colóquios, por exemplo.

Aos professores do Curso de Pós-Graduação em Física da UFRPE. E, um especial, aos professores que passaram na minha turma: Pedro Hugo, Jairo Rocha, Aduino Souza, Francisco Nairon, Antônio Carlos Miranda e Sara Cristina, os quais contribuíram de forma significativa e profissional para o meu desenvolvimento e aprendizado.

A todos os meus amigos da minha turma, em especial, Adelmario Silva, Alecsandro Rodrigues, João Alexandre e Marcio Lima pela parceria e por todo incentivo a mim dedicado nestes anos. que sempre se fizeram presentes nos momentos de turbulência e nos momentos de alegria.

Aos Professores Aduino Souza e Michael Lee, Coordenadores do curso na UFRPE (Polo 58 do MNPEF) por incentivar e nos motivar fazendo atenção para o nosso desenvolvimento e conclusão do curso.

A Sociedade Brasileira de Física (SBF) pela iniciativa de criar o mestrado profissional para os professores de física em todo Brasil.

A Secretaria de Educação de Pernambuco, onde sou professor concursado desde 2004, pelo apoio para realizar o curso.

A Secretária Municipal de Educação de Vicência, onde sou professor concursado desde 2003, por todo apoio dado e possibilitando a realização do curso.

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

'O Poema da Kryptonita'

*Le silence éternel de ces espaces infinis
m'effraie...*

Dizem que em algum ponto do cosmos.

Um pedaço negro de rocha,

Do tamanho de uma cidade,

Voa em nossa direção,

Perdido em meio a muitos

milhares de asteroídes,

Impelido pelas curvaturas

do tempo e do espaço,

Extraviado entre órbitas

e campos magnéticos,

Voa em nossa direção,

e quaisquer que sejam

os desvios e extravios de seu curso

Deles resultará, matematicamente,

a inevitável colisão, não se sabe se

na quarta-feira próxima ou no ano

quatro bilhões e cinquenta e dois

da era cristã.

Ferreira Gullar

RESUMO

ENSINO DE ASTRONOMIA USANDO UM JOGO DE TRILHA PARA O ESTUDO DA EVOLUÇÃO ESTELAR NO ENSINO MÉDIO.

Cláudio Roberto Barrozo da Silva

Orientador: Dr. Antonio Carlos da Silva Miranda

Dissertação de Mestrado apresentada ao Programa de Pós-Graduação pela Universidade Federal Rural de Pernambuco (UFRPE) no Curso de Mestrado Profissional de Ensino de Física (MNPEF), como parte dos requisitos necessários à obtenção do título de Mestre em Ensino de Física.

Nessa dissertação é abordado o ensino de astronomia destacando o ciclo de vida de uma estrela. Para isso foi feita uma introdução ao estudo de temas como nebulosa, sistema solar e estrela. É apresentada a importância de inserir e escolher os materiais potencialmente significativos, onde o seu uso favorece o desenvolvimento do processo de ensino-aprendizagem nas atividades de ensino. O referencial teórico nas atividades pedagógicas foi baseado na aprendizagem significativa de David Ausubel. É descrito ainda, todas as etapas

do processo de ensino, aplicação e elaboração de testes de sondagem, levantando os conhecimentos prévios dos estudantes, assim como a análise e discussão dos resultados obtidos nos testes aplicados. Descreve a elaboração e aplicação de um produto educacional direcionado ao ensino da astronomia que consiste num jogo de tabuleiro, *Via Solare*, especificamente uma trilha, onde todo o seu trajeto é aplicado os tópicos astronômicos abordados nas atividades em sala de aula. Esse produto educacional foi aplicado na Escola de Referência em Ensino Médio (EREM) Padre Guedes, localizada na cidade de Vicência (PE). O público-alvo das atividades foi estudantes de segundo ano do ensino médio. Essa tomada de ações como o levantamento dos conhecimentos prévios dos estudantes, passando pelo uso de materiais potencialmente significativos e aplicação de produto educacional, mostram que os dados coletados nessa atividade proposta de ensino de astronomia com o uso da trilha, apresentam resultados que favorecem uma aprendizagem significativa dos estudantes.

Palavras chaves: Aprendizagem significativa, ensino de astronomia, evolução estelar, jogos educativos.

ABSTRACT

ASTRONOMY TEACHING USING A BOARD GAME OF TRAIL FOR THE STUDY OF STAR EVOLUTION IN HIGH SCHOOL

Cláudio Roberto Barrozo da Silva

Advisor: Dsc. Antonio Carlos da Silva Miranda

Master's Dissertation presented to the Post-Graduation Program by the Federal Rural University of Pernambuco (UFRPE) in the National Professional Masters in Physics Teaching (MNPEF), as part of the requisites required to obtain the Master's Degree in Physics Teaching.

In this dissertation, the teaching of astronomy is addressed, highlighting the life cycle of a star. For this, an introduction to the study of topics such as nebula, solar system and star was made. The importance of inserting and choosing

potentially significant materials is presented, where their use favors the development of the teaching-learning process in teaching activities. The theoretical framework in pedagogical activities was based on the significant learning of David Ausubel. It is also described, all the stages of the teaching process, application and elaboration of probing tests, raising the student's previous knowledge, as well as the analysis and discussion of the results obtained in the applied tests. It describes the elaboration and application of an educational product directed to the teaching of astronomy that consists of a board game, *Via Solare*, specifically a track board game, where all its path is applied to the astronomical topics covered in the classroom activities. This educational product was applied at the Padre Guedes High School Reference School (EREM), located in the city of Vicência (PE). The target audience for the activities was second year high school students. This taking of actions such as the survey of students' previous knowledge, passing through the use of potentially significant materials and the application of an educational product, show that the data collected in this proposed activity of teaching astronomy with the use of the trail, present results that favor learning significant of students.

Keywords: Meaningful learning, astronomy teaching, stellar evolution, educational games.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 –	Esquema dos tópicos estudados.....	21
Figura 2 –	Nebulosa de Orion (NGC 1976)	23
Figura 3 –	Nebulosa da Águia (NGC 6611)	24
Figura 4 –	O Sol	25
Figura 5 –	O Sol e os planetas do sistema solar e Plutão.....	26
Figura 6 –	O Sol e a estrela VY Canis Majoris	27
Figura 7 –	O Sol e Alfa Centauri (A e B) e Próxima Centauri	28
Figura 8 –	O Sol e Próxima Centauri	28
Figura 9 –	O Sol, Betelgeuse e outras estrelas	29
Figura 10 –	Ilustração das estruturas do Sol	30
Figura 11 –	Esquema da fusão nuclear no ciclo próton-próton.....	34
Figura 12 –	O ciclo CNO.....	36
Figura 13 –	Equilíbrio hidrostático	38
Figura 14-a –	A zona habitável no sistema solar	39
Figura 14-b –	A zona habitável no processo de gigante vermelha.....	40
Figura 15 –	O ciclo de vida do Sol	41
Figura 16 –	Nebulosa planetária NGC 3132	41
Figura 17 –	O Sol como uma estrela anã branca	42
Figura 18 –	Supernova Cassiopeia A	43
Figura 19 –	Ilustração de uma estrela de nêutrons	44
Figura 20 –	Ilustração de um pulsar.....	45
Figura 21 –	Buraco negro no centro da galáxia M87.....	46
Figura 22 –	Uma ilustração de um buraco negro.....	47
Figura 23 –	Quadro geral do ciclo de vida de uma estrela.....	50
Figura 24 –	Diagrama Hertzsprung-Russell (HR)	53
Figura 25 –	Diagrama HR e exemplos de estrelas	54
Figura 26 –	Diagrama massa-luminosidade na sequência principal.....	58

Figura 27 –	Trecho da Nebulosa	67
Figura 28 –	Trecho do Sol	67
Figura 29 –	Trecho da Gigante Vermelha	68
Figura 30 –	Trecho da Anã Branca	68
Figura 31 –	Cartão azul - Trecho da Nebulosa	69
Figura 32 –	Cartão amarelo - Trecho do Sol	70
Figura 33 –	Deslocamento do avatar.....	71
Figura 34 –	Momento de aplicação do jogo	73
Figura 35 –	O tabuleiro do jogo Via Solare	74
Figura 36 –	Quadro geral das etapas desenvolvidas	76
Figura 37 –	Estudantes usando o jogo Via Solare.....	79
Figura 38 –	Estudantes jogando o Via Solare	80
Figura 39 –	Estudantes respondendo os testes	81
Figura 40 –	Resultados dos testes dos testes aplicados.....	87

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 –	Resumo evolutivo das estrelas.....	50
Tabela 2 –	As estrelas em função decrescente de temperatura.....	51
Tabela 3 –	A classificação espectral: luminosidade e tipo de estrelas...	52
Tabela 4 –	Tempo de vida média na sequência principal.....	56
Tabela 5 –	O cronograma das etapas.....	77
Tabela 6 –	Os resultados do teste de sondagem	85
Tabela 7 –	Os resultados obtidos pelos estudantes nos dois testes	86

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	16
2	FUNDAMENTAÇÃO FÍSICA.....	21
2.1	Nebulosas	22
2.2	Estrelas	24
2.3	A fonte de energia do Sol.....	32
2.4	Evolução estelar	37
3	FUNDAMENTAÇÃO PEDAGÓGICA	59
3.1	Teoria da Aprendizagem Significativa de Ausubel.....	59
3.2	O uso de jogos educativos	63
4	PRODUTO EDUCACIONAL	66
4.1	O jogo de tabuleiro: Via Solare	66
5	APLICAÇÃO DO PRODUTO EDUCACIONAL.....	75
6	APRESENTAÇÃO E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS	82
7	CONSIDERAÇÕES FINAIS	89
8	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	90
	APÊNDICE A – TESTE DE SONDAGEM	94
	APÊNDICE B – OS CARTÕES E TABULEIRO DO JOGO	96
	APÊNDICE C – PRODUTO EDUCACIONAL.....	109

1. INTRODUÇÃO

A astronomia não está inserida num currículo escolar como uma disciplina e nem goza de um destaque na lista de conhecimentos abordados na educação básica. No currículo escolar os conteúdos desenvolvidos nas unidades de ensino são listados como temas essenciais para a emancipação de todo estudante como cidadão em sua ampla formação, seja ela cultural, social ou política. O currículo é mais que uma lista de conteúdo.

Segundo Perrenoud (2000) o processo pedagógico é norteado pelo currículo, e esse vai além das disciplinas, dos conteúdos e articula os diversos saberes. Ele é um elo que orienta a construção da aprendizagem e leitura crítica da realidade. E para se implementá-lo devemos avaliar e analisar os meios que favoreçam o desenvolvimento do processo de ensino-aprendizagem.

A astronomia desperta grande interesse e curiosidade da maioria dos estudantes, seja no ensino fundamental ou médio. Desde a antiguidade os conhecimentos da astronomia foram aplicados para diversos objetivos. E ao longo do tempo várias civilizações aplicaram a astronomia para orientações no globo terrestre, e em ações relacionadas a agricultura, assim como os Maias, por exemplo, usaram esses conhecimentos para determinar o período para realizar as plantações. Existe vários motivos que justificam a importância em se estudar a Astronomia.

A Astronomia está profundamente enraizada na história de quase todas as sociedades, como um resultado de suas aplicações práticas e suas implicações filosóficas. Ela ainda tem aplicações diárias na determinação do tempo, estações, navegação e clima, assim como para questões de períodos mais longos como mudança climática e evolução biológica. A Astronomia não apenas contribui para o desenvolvimento da Física e outras ciências, mas é uma ciência importante e excitante por si mesma. Ela lida com estrelas, planetas e a própria vida. Ela mostra nosso lugar no tempo e no espaço, e

nosso parentesco com outras espécies na Terra. (PERCY, 1998, p.2)

O ensino de astronomia apresenta algumas dificuldades, antes mesmo de chegar na escola, e elas estão relacionadas a formação do professor, seja ele, graduado em ciências, geografia, matemática ou física, por exemplo.

A formação inicial limitada em Astronomia - e muitas vezes inexistente – dos docentes parece levá-los a algumas situações gerais de despreparo: sensação de incapacidade e insegurança ao se trabalhar com o tema, respostas insatisfatórias para os alunos, falta de sugestões de contextualização, bibliografia e assessoria reduzida, e tempo reduzido para pesquisas adicionais a respeito de tópicos astronômicos. Tentando superar essas dificuldades, os docentes vão em busca das mais variadas fontes de consulta para as suas aulas. (LANGHI e NARDI, p. 94, 2013)

Os temas relacionados ao estudo da astronomia são abordados, basicamente, nos currículos de Geografia e Ciências no ensino fundamental. Já no ensino médio são apresentados nas aulas de Física. Então, esses temas são recomendados pelas diretrizes da educação básica para serem discutidos em sala de aula.

Além do que já foi apresentado em relação a sua importância, a Astronomia se faz presente também nas recomendações dos Parâmetros Curriculares Nacionais (PCN):

Confrontar-se e especular sobre os enigmas da vida e do universo é parte das preocupações frequentemente presentes entre jovens nessa faixa etária. Respondendo a esse interesse, é importante propiciar-lhes uma visão cosmológica das ciências que lhes permita situarem-se na escala de tempo do Universo, apresentando-lhes os instrumentos para acompanhar e admirar, por exemplo, as conquistas espaciais, as notícias sobre novas descobertas do telescópio espacial Hubble, indagar sobre a origem do Universo ou do mundo fascinante das estrelas e as condições para a existência da vida como a entendemos no planeta Terra. (BRASIL, 2002, p.75).

No que tange ao ensino de Física, com as orientações dos Parâmetros Curriculares Nacionais (PCN+), o objetivo do aprendizado de Física vai além

dos conteúdos programáticos dos currículos. Ou seja, o estudante deve aprender não só os conteúdos da mecânica clássica, termodinâmica, óptica, ondulatória, eletromagnetismo, física moderna, mas conteúdos que possibilitem o desenvolvimento de competências para a compreensão de fenômenos e situações do seu cotidiano. E o estudo da astronomia se enquadra nesse propósito. E nesse caso, temos vários exemplos que podem ser citados, os eclipses, a formação das marés.

Observando os Parâmetros Curriculares Nacionais (PCN+) apresentam seis temas estruturadores para compreensão e organização do ensino de Física.

- Tema 1: Movimento, variações e conservações (unidades temáticas: fenomenologia cotidiana, variação e conservação da quantidade de movimento, energia e potência associadas aos movimentos, equilíbrios e desequilíbrios).
- Tema 2: Calor, ambiente e usos de energia (unidades temáticas: fontes e trocas de calor, tecnologias que usam calor: motores e refrigeradores, o calor na vida e no ambiente, energia: produção para uso social).
- Tema 3: Som, imagem e informação (unidades temáticas: fontes sonoras, formação e detecção de imagens, gravação e reprodução de sons e imagens, transmissão de sons e imagens).
- Tema 4: Equipamentos elétricos e telecomunicações (unidades temáticas: aparelhos elétricos, motores elétricos, geradores, emissores e receptores).
- Tema 5: Matéria e radiação (unidades temáticas: matéria e suas propriedades, radiações e suas interações, energia nuclear e radioatividade, eletrônica e informática).
- Tema 6: Universo, Terra e vida (unidades temáticas: Terra e sistema solar, o universo e sua origem, compreensão humana do universo).

Falando no currículo escolar, alguns temas de astronomia são apresentados na quarta unidade do primeiro ano do ensino médio e indicada

no campo ou eixo: Universo, Terra e vida. Nesse campo podemos abordar os temas de astronomia com os seguintes conteúdos nas aulas de física:

- Confronto entre os sistemas geocêntrico e heliocêntrico;
- Lei de Newton da gravitação;
- Energia potencial gravitacional.

Podemos perceber que o mundo midiático, hoje em dia, é intenso (com uma infinidade de informações de todos os tipos), e instantâneo, pois os fatos e informações são quase em tempo real. E nos últimos anos, os temas relacionados ao estudo da astronomia foram divulgados e explorados com mais frequência pela imprensa televisiva, jornais, revistas e sites. Divulgando fenômenos ou de objetos astronômicos, como cometas, exoplanetas, estrelas e buracos negros. E nesse sentido, tem a divulgação, em abril de 2019, da fotografia do buraco negro repercutindo no mundo todo esse feito. Despertando uma curiosidade e interesse maior nos estudantes. Essa e outras informações nem sempre chegam no ambiente escolar. Apesar que existem dúvidas e perguntas sobre o tema, como por exemplo, o que é um buraco negro? Se existe algum buraco negro perto do nosso planeta? E oriundas de estudantes, comunidade escolar e professores.

Hoje temos diversos divulgadores científicos, como por exemplo, o brasileiro Marcelo Gleiser ou o americano Neil deGrasse Tyson, antes outros famosos cientistas se destacaram como Carl Sagan e o Richard Feynman, popularizando as ciências em vários países. Feynman era considerado um pop star do mundo científico, e muito didático nas suas palestras, sendo acunhado de o grande explicador. Durante a sua visita ao Brasil em 1952, Feynman rabiscou pra si mesmo: “primeiro descubra por que quer que os alunos aprendam o tema e o que quer que saibam...” Feynman (2017).

E descobri que queria que os estudantes aprendessem sobre astronomia e especificamente sobre evolução estelar. Estudando o ciclo de vida de uma estrela iríamos abordar, entre outros temas, o estágio final de uma

estrela, assim como o buraco negro por exemplo. Avaliando os conhecimentos dos estudantes, e elaborando um programa de estudos.

Nesta dissertação o objetivo é pesquisar e avaliar o ensino aprendizagem dos tópicos relacionados ao estudo do ciclo de vida de uma estrela através da aplicação de um jogo de tabuleiro, nomeado de *Via Solare*, numa turma de ensino médio. Para isso, o primeiro passo foi verificar, a partir de uma sondagem, os conhecimentos prévios apresentados pelos estudantes sobre conteúdos de astronomia. E com base nas informações obtidas desenvolver atividades para promover ensino e aprendizagem dos estudantes sobre as etapas do ciclo de vida de uma estrela. A próxima etapa foi elaborar uma trilha, jogo de tabuleiro, ou seja, um material didático pedagógico voltado para o conteúdo de astronomia na disciplina de física, tendo como base os resultados obtidos na análise dos subsunçores dos estudantes. E após as aplicações das atividades analisar a influência da trilha, *Via Solare*, no processo de ensino-aprendizagem dos conteúdos de astronomia abordados.

E no Capítulo 2 desta dissertação apresentamos a fundamentação física, ou seja, a fundamentação teórica que aborda tópicos de astronomia. No Capítulo 3 discutimos a fundamentação pedagógica baseada na aprendizagem significativa proposta David Paul Ausubel. O produto educacional é apresentado no Capítulo 4 e aborda um jogo de tabuleiro, precisamente um jogo de trilha, onde o percurso apresenta questionamentos sobre os temas de astronomia apresentados. No Capítulo 5 é apresentada a aplicação do produto educacional com os estudantes do ensino médio explorando a evolução estelar. No Capítulo 6 apresentamos a discussão dos resultados obtidos nas atividades aplicadas. No Capítulo 7 é apresentada as considerações finais desta dissertação. As referências bibliográficas consultadas estão listadas no Capítulo 8. Após as referências bibliográficas, apresentamos os apêndices que tratam do teste de sondagem, os cartões e tabuleiro do jogo aplicado e do produto educacional.

2. FUNDAMENTAÇÃO FÍSICA

Os tópicos de astronomia são poucos explorados nos livros didáticos do ensino médio, e através dos livros listados nas referências bibliográficas organizei um roteiro de estudo para introduzir os conceitos de astronomia, como por exemplo, nebulosa, as estrelas e evolução estelar em turmas do ensino médio. Neste estudo discutiremos o ciclo de vida de uma estrela, destacando a estrela do sistema solar, o Sol.

Os temas que serão estudados e motivo vai além de promover o ensino de astronomia nas aulas de física, pois a Base Nacional Curricular Comum (BNCC) aborda algumas habilidades específicas, como por exemplo, discussões históricas da origem da vida e do universo, assim como o estudo do Sistema Solar e evolução estelar.

Na figura 1 apresento os temas que serão abordados nesse trabalho com objetivo de promover o ensino e aprendizagem de astronomia nas aulas de física no ensino médio.

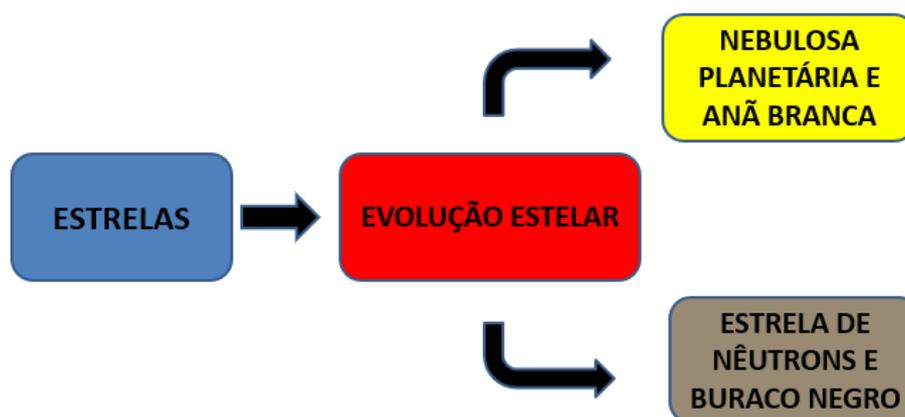


Figura 1 - Esquema dos tópicos estudados

Para o estudo de evolução estelar, os temas abordados estão relacionados com as nebulosas, o sistema solar, as estrelas e o ciclo de vida do Sol, assim como de outras estrelas. Esses temas são poucos abordados nos livros didáticos do ensino médio. A maioria desse material didático apresenta informações sobre, por exemplo, sistemas geocêntrico e heliocêntrico, eclipses e marés.

2.1 Nebulosa

A palavra nebulosa é de origem latina e significa nuvem. Segundo TYSON (2016) os principais constituintes dessas nuvens são hidrogênio, hélio, gases ionizados e poeira cósmica que são formadas através das moléculas maiores que contêm os elementos carbono e silício.

O nascimento de uma estrela ocorre quando as forças que tornam uma nuvem cada vez mais densa acabam por levá-la a seu colapso gravitacionalmente induzido, durante o qual cada parte da nuvem puxa todas as outras partes para mais perto. Como o gás quente resiste à compressão e ao colapso mais efetivamente que o gás frio, nós nos defrontamos com uma situação estranha. É preciso que a nuvem esfrie antes que possa se aquecer produzindo uma estrela. (TYSON e GOLDSMITH, 2017, p. 155).

A nuvem molecular é composta principalmente de hidrogênio, podendo conter também moléculas orgânicas a base de carbono. Segundo IVANISSEVICH et al (2010) o tamanho dessas nuvens varia de dezenas a centenas de anos-luz (1 ano-luz é aproximadamente igual a 9,5 trilhões de quilômetros). E podem apresentar massas entre 100 mil a vários milhões de massas solares.

O catálogo Messier identifica nebulosa e aglomerados de estrelas, ele foi publicado em 1784 pelo astrônomo francês Charles Messier (1730 – 1817). A nebulosa de Orion, por exemplo, é identificada por M42 (ARANY-PRADO, 2006).

O astrônomo alemão William Herschel (1738 – 1822) ampliou o catálogo Messier no final do século XVIII usando um telescópio mais potente e conseguiu identificar diversos tipos de nebulosas, assim criando um catálogo geral de nebulosas e aglomerados de estrelas (SPARROW, 2018).

William Herschel teve a contribuição de sua irmã Caroline Herschel (1750 - 1848) que identificou diversas nebulosas e um bom número de cometas. Ela teve bastante prestígio e sendo respeitada pelos astrônomos da

sua época, sendo a primeira mulher a receber salário de assistente de astrônomo, e através de seus méritos recebeu uma medalha de ouro da Royal Society (DÍAZ, LÓPEZ; SAAVEDRA, 2010).

O catálogo geral de nebulosas e aglomerado de estrelas foi elaborado por dados obtidos por William Herschel, o seu filho, John Herschel (1792 – 1871) e sua irmã Caroline Herschel. Essas informações serviram de base para um novo catálogo revisado, corrigido e ampliado, o Novo Catálogo Geral, ou seja, NGC (New General Catalogue) foi publicado em 1888 pelo astrônomo dinamarquês John Louis Emil Dreyer (1852 - 1926) (ARANY-PRADO, 2006).

A nebulosa de Orion (NGC 1976) é também conhecida como M42 (no catálogo Messier) foi descoberta no século XVII. A NGC 1976 é uma das nebulosas mais deslumbrantes visíveis da Terra. É também um dos berçários estelares mais próximos do nosso planeta, está cerca de 1500 anos-luz conforme informa ESA (2009).

Na figura 2 observamos a nebulosa de Orion com algumas estrelas identificadas, como por exemplo, as três Marias (Mintaka, Alnilam e Alnitak), Rigel, Bellatrix e Betelgeuse.

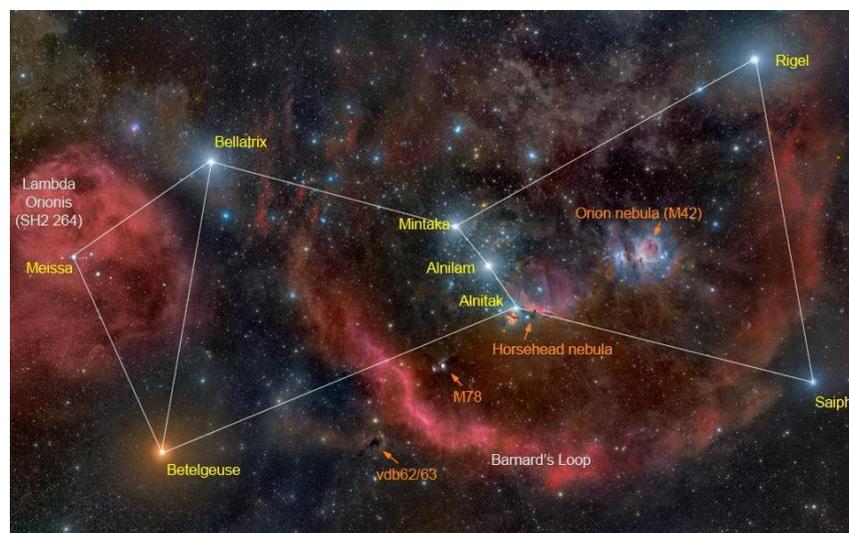


Figura 2 - A nebulosa de Orion (NGC 1976)

<http://mitosimbolol.blogspot.com/2018/10/a-maravilhosa-nebulosa-de-orion.html>

Na Nebulosa da Águia (NGC 6611), por exemplo, o telescópio Hubble fotografou a icônica imagem dos chamados Pilares da Criação, estudando com infravermelho onde as novas estrelas estavam em meio aos pilares de gás e poeira. Está a 7 mil anos-luz na constelação da Serpente.

Freedman e Kaufmann III (2008) relata que essa nebulosa tem um pouco mais que 800 mil anos, ela é um berçário estelar muito ativo. A formação de estrelas ainda está ocorrendo dentro glóbulos escuros e empoeirados. Os três pilares densos e frios de gás e poeira se estendem por cerca de 1 ano-luz da base à ponta, e cada um dos seus “dedos” são um pouco mais largos do que todo o nosso sistema solar.

Na figura 3 mostra uma das fotos mais famosas do Telescópio Espacial Hubble feita dos Pilares da Criação, parte da Nebulosa da Águia.



Figura 3 - A Nebulosa da Águia (NGC 6611)

<https://hubblesite.org/hubble-30th-anniversary/hubbles-exciting-universe/beholding-the-birth-and-death-of-stars>

2.2 Estrelas

O nascimento de uma estrela está associado a eventos externos às nuvens moleculares, ou seja, uma explosão de uma estrela nas vizinhanças de uma nuvem, ou ainda, oscilações em larga escala na região onde a nuvem se

encontra. A atração gravitacional passa a atrair a matéria circundante. E assim, a matéria irá se concentrar cada vez mais, fazendo a densidade aumentar consideravelmente (IVANISSEVICH et al, 2010).

Recebendo mais e mais matéria e se contraindo devido a atração gravitacional, a temperatura vai se elevando. Uma estrela nasce no momento em que o núcleo dessa matéria concentrada, ou seja, a protoestrela, atinge a temperatura de cerca 10 milhões de graus Kelvin. Esta temperatura aciona as reações nucleares de fusão de hidrogênio e depois o colapso gravitacional da protoestrela e o seu interior atinge uma estabilidade com energia térmica liberada pelas reações de fusão que mantém um equilíbrio entre a gravidade e a pressão (INGLIS, 2009).

Na figura 4 podemos ver a estrela do nosso sistema solar de grande importância para nós, habitantes do planeta Terra, por diversos motivos. A energia solar que é responsável pela manutenção da vida no planeta Terra. Essa luz é fonte primitiva de praticamente toda a energia de que dispomos. E a uma distância de 150 milhões de quilômetros, essa energia mantém uma temperatura média apropriada sobre a superfície da Terra. A Terra está numa posição perfeita, pois se estivesse mais próxima do Sol, os oceanos não existiriam e se fosse mais afastada do Sol, o planeta seria um deserto de gelo, ou seja, sem água líquida.

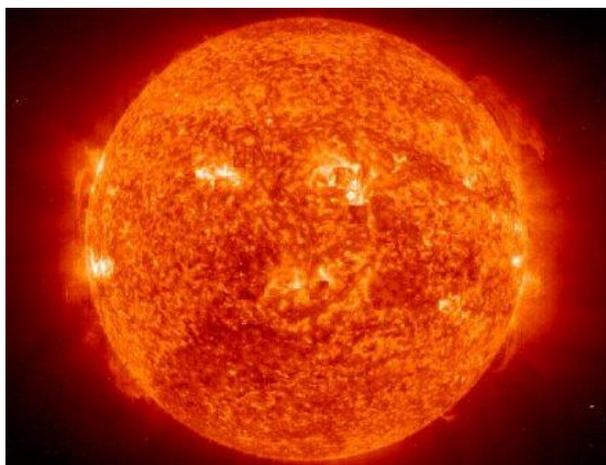


Figura 4 – O Sol

<https://o-universo-cosmico.blogspot.com/search?q=o+Sol>

A massa do Sol

O Sol tem 99,8% da massa total do sistema solar, sendo 70,9% de hidrogênio, 27% de hélio e 2,1% de outros elementos químicos. O seu diâmetro é, aproximadamente, de $1,4 \times 10^6$ km. O Sol não é apenas o objeto mais massivo do sistema solar, é também o maior e o mais quente. Para gerar energia por fusão nuclear uma estrela deve ter no mínimo cerca 8% da massa solar. A pressão extrema no seu núcleo converte hidrogênio em hélio liberando uma energia equivalente a 100 bilhões de toneladas de dinamite por segundo. Essa gigante ogiva termonuclear alimenta toda a vida em nosso planeta (DAMINELI et al, 2011).

Para DEGL'INNOCENTI (2008) as diversas pesquisas sobre o Sol contribuem para a nossa compreensão sobre alguns fenômenos e propriedades e servem de fundamentação em relação aos muitos estudos de outras estrelas, isso devido a determinação precisa de parâmetros do Sol, como por exemplo, a massa solar (M_{\odot}), raio solar (R_{\odot}) e luminosidade solar (L_{\odot}). Esses parâmetros apresentam os seguintes valores respectivamente:

- massa solar (M_{\odot}) = $(1,989 \pm 0,0012) \times 10^{30}$ kg,
- luminosidade solar (L_{\odot}) = $(3,845 \pm 0,006) \times 10^{26}$ W,
- Raio solar (R_{\odot}): = $(6,9626 \pm 0,0007) \times 10^8$ m.

Na figura 5 ilustra o tamanho do Sol, dos planetas e do planeta anão do sistema solar.

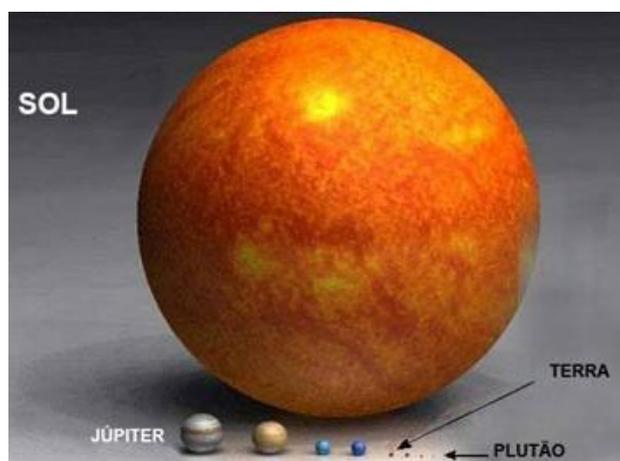


Figura 5 - Sol e os planetas do sistema solar e o planeta anão Plutão

https://www.apolo11.com/escala_planetas.php

O Sol e outras estrelas

Existem inúmeras estrelas dentro e fora da nossa galáxia com características peculiares, com diversos tamanho, massa, brilho e temperatura, por exemplo. Apresento informações de algumas estrelas profundado sobre o tema, mas listar algumas estrelas e relacioná-las com o Sol. Então teremos algumas comparações do Sol com outras estrelas. Usaremos como parâmetro de comparação: a massa, o brilho, a distância e o tamanho.

O Sol e estrela VY Canis Majoris

A estrela VY Canis Majoris está localizada na constelação do cão Maior a 5000 anos luz. Ela é a maior estrela de nossa galáxia e seu diâmetro é 2000 vezes maior que o diâmetro solar com massa estimada 30 a 40 vezes a massa solar. Outro detalhe interessante dessa estrela é que se ela fosse colocada no lugar do Sol, essa estrela hipergigante vermelha se estenderia até a órbita de Saturno (HERSCHEL TELESCOPE, 2009).

Na figura 6 ilustra o gigantesco tamanho da estrela VY Canis Majoris e o Sol.

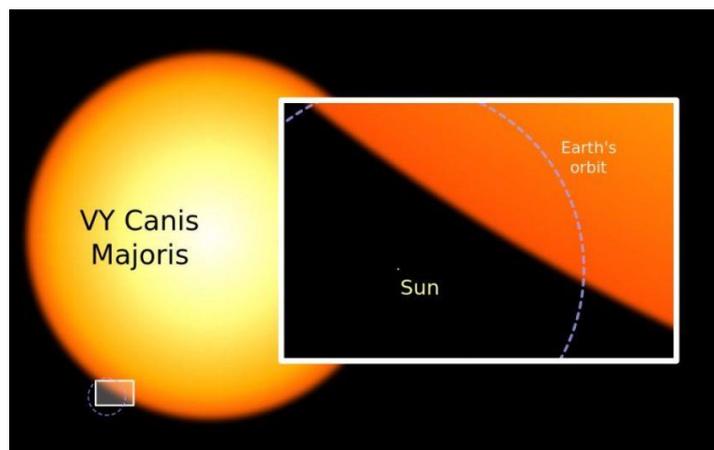


Figura 6 - O Sol e a estrela VY Canis Majoris

<http://www.astropt.org/2016/12/16/vy-canis-majoris/>

O Sol e estrela Próxima Centauri

A Alfa Centauri é a terceira estrela mais brilhante no céu, mas na realidade é um sistema de estrelas triplas. Consiste em um par binário, Alfa Centauri A e B, que se localiza a 4,37 anos-luz, e a terceira estrela é uma anã

vermelha, mais distante do sistema binário, chamada Próxima Centauri. Essa anã vermelha é a estrela mais próxima da Terra, depois do Sol, e está a 4,24 anos-luz, enquanto o Sol está a 8 minutos-luz. Ela está localizada na Constelação de Centauro (Sky and Telescope, 2014).

Na figura 7 ilustra as estrelas Alfa Centauri A, Alfa Centauri B, Próxima Centauri e o Sol.

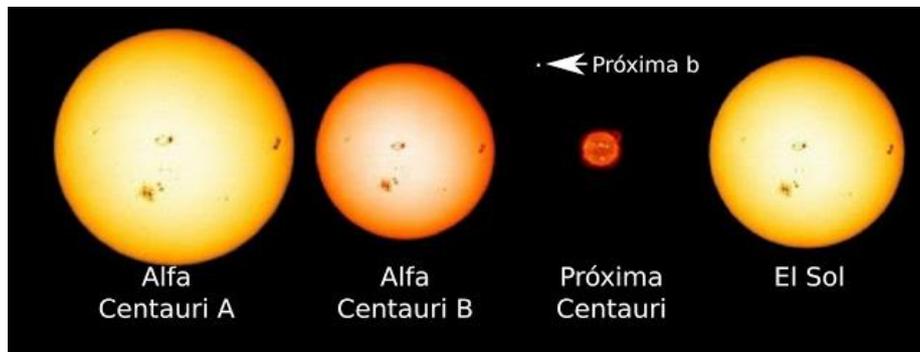


Figura 7 - O Sol e as estrelas Alfa Centauri A, Alfa Centauri B e a Próxima Centauri
<https://ramanujan25449.blogspot.com/2017/03/?view=classic>

Em um raio de mais de 4 anos-luz, não temos nenhuma estrela presente, além do Sol. Na figura 8 ilustra os primeiros vizinhos estelares do sistema solar, a estrela Próxima Centauri.

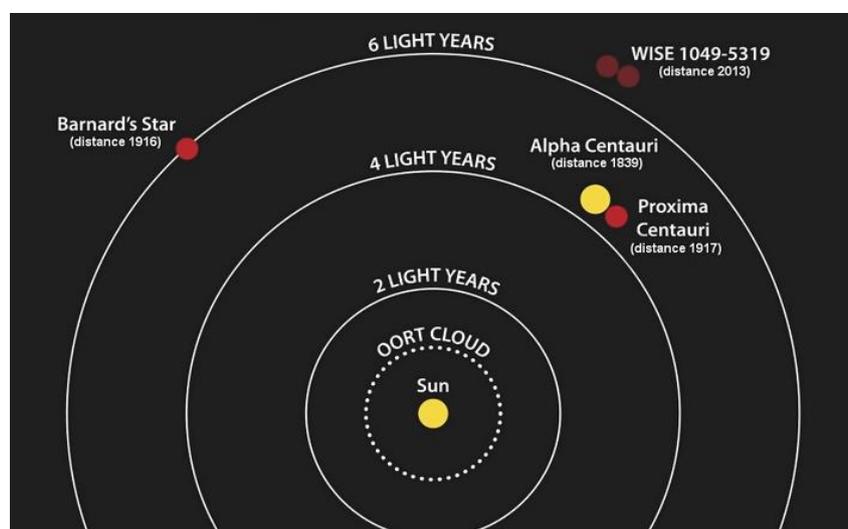


Figura 8 - O Sol e a estrela Próxima Centauri

<https://www.elmundo.com/portal/pagina.general.impresion.php?idx=281286>

O Sol e estrela Betelgeuse

Na constelação de Orion existe uma estrela chamada Betelgeuse. Essa supergigante vermelha é uma das maiores estrelas conhecidas após Antares e cerca de mil vezes o diâmetro do Sol e dez mil vezes o brilho solar. Ela é a segunda estrela mais brilhante da constelação de Orion, localizada a aproximadamente a 640 anos luz da Terra (ESA, 2013).

Nessa constelação temos as Três Marias, como são conhecidas no Brasil, localizadas no cinto de Órion, elas são denominadas de Alnilan, Mintaka e Alnitak. Na figura 9 ilustra o tamanho das estrelas Betelgeuse, Antares, Aldebaran, Rigel, Arcturus, Pollux, Sirius e o Sol.

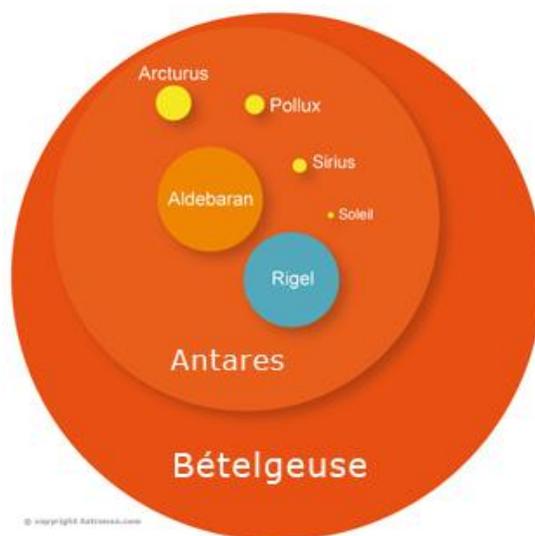


Figura 9 - Uma comparação do tamanho de outras estrelas com o Sol.

<http://www.astronoo.com/pt/artigos/tamANHOS-comparados-planetAS-estrelas.html>

Estudando as camadas do Sol

O Sol é uma estrela anã amarela e uma das mais de 100 mil milhões de estrelas na nossa galáxia. O Sol foi personagem em diversas culturas e mitologias, como por exemplo, os gregos o chamava de Helios, os romanos de Solis e os guaranis de Tupã. Atualmente o Sol contém 70% de hidrogénio e 28% de hélio na sua massa; tudo o resto ("metais") é menos de 2%. Estas quantidades mudam com o passar do tempo à medida que o Sol converte hidrogénio em hélio no seu núcleo.

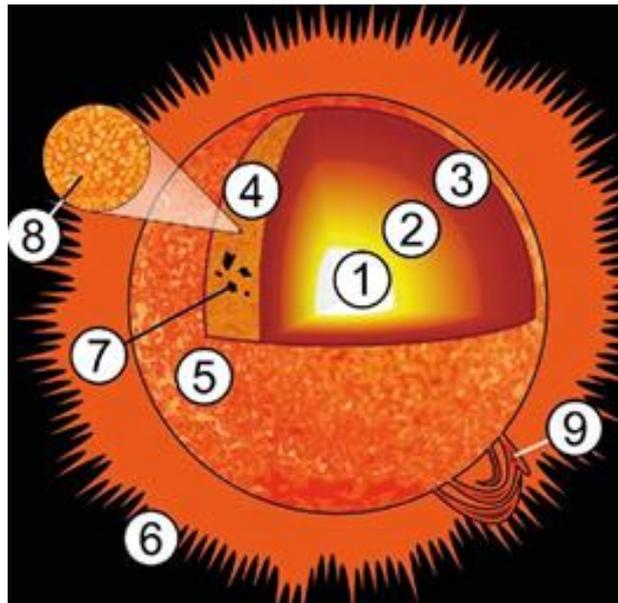


Figura 10 – Uma ilustração das estruturas do Sol

https://pt.wikipedia.org/wiki/Sol#/media/Ficheiro:Sun_diagram.svg

Na figura 10 ilustra as estruturas do Sol, do núcleo a cromosfera, cada parte foi numerada para entender, como a energia produzida no centro do Sol chega na superfície.

Para Freedman e Kaufmann III (2008) a energia flui do centro do Sol em direção à sua superfície depende da facilidade com que os fótons se movem através do gás. No núcleo ocorre a fusão do hidrogênio e depois os fótons passam pela zona radioativa sendo absorvidos e reemitidos por íons. É na zona de convecção, o meio mais eficiente de transporte de energia, pois os gases começam a se agitar, e assim o gás quente se move para cima e o gás mais frio desce.

Vejamos cada estrutura destacada na figura 10 segundo Freedman e Kaufmann III (2008):

1. O núcleo do Sol apresenta temperatura média de cerca de 15 milhões de Kelvin. É a região onde a energia é produzida por reações termonucleares e se estendendo por 0,25 raio solar.

2. A zona de radiação é onde a energia flui por radiação, isto é, não há movimento das parcelas de gás, só transporte de fótons. Essa região se estende de 0,3 a 0,71 raio solar.

3. A zona de convecção se estende por cerca de aproximadamente 0,3 raio solar. O transporte de energia é pelo movimento das parcelas de gás. Nessa região o gás se esquentava, e depois se expande, com isso ele ascende até a fotosfera solar.

4. A fotosfera tem cerca de 400 km de espessura e temperatura média de 5800 K, é também a camada visível do Sol. Ela é a mais baixa das três camadas que formam a atmosfera solar, acima dela estão a cromosfera e a coroa, ambos transparentes à luz visível.

5. A cromosfera é a segunda camada da atmosfera solar, ela tem apenas cerca de 10^{-4} da densidade da fotosfera ou 10^{-8} da atmosfera solar. Por isso que normalmente seja invisível. Ela se estende 2 mil km acima da fotosfera, podendo chegar a 10 mil km e a temperatura cresce da base para o topo, tendo um valor médio de 25 mil K.

6. A coroa solar é a camada mais externa da atmosfera solar e se estende por uma distância de vários milhões de quilômetros. Mesmo com essa extensão é apenas cerca de um milionésimo tão brilhante que a fotosfera. Ela pode ser vista se a luz da fotosfera for bloqueada e uso de materiais adequados na observação, como no eclipse total.

7. As manchas solares são regiões escuras de forma irregular na fotosfera. Às vezes, elas podem aparecer isoladas, mas frequentemente são encontradas em grupo. As manchas solares típicas medem algumas dezenas de milhares de quilômetros de largura. A parte escura da mancha solar é chamado de umbra, e uma borda mais brilhante chamada de penumbra. As temperaturas da umbra é cerca de 4300 K e a da penumbra é em torno de 5000 K.

8. Grânulos são oriundos da atividade dinâmica da fotosfera e pelo processo de convecção. Os grânulos formam-se e desaparecem em ciclos de apenas alguns minutos. Em cada instante a superfície solar está coberta por cerca de 4 milhões de grânulos.

9. Proeminências solares são filamentos de matéria solar, projetada sobre a sua superfície, que caracterizam a atividade do Sol. Trata-se de ejeções de

massa coronal. Elas podem se estendem por dezenas de milhares de quilômetros acima da fotosfera. Algumas proeminências duram apenas algumas horas, enquanto outras persistem por muitos meses.

2.3 A fonte da energia do Sol

A física clássica não conseguiu resolver sozinha, de modo satisfatório, como o Sol e outras estrelas geram luz e calor. A fonte da energia estelar era tema antigo na astronomia, mas os avanços científicos e principalmente a chegada da física nuclear no século XX puderam explicar o funcionamento das estrelas.

Segundo Tyson (2017) no século XIX os cientistas mediram a produção de energia de nosso Sol e mostraram seu efeito em nossas estações e clima, sem saber qual era o verdadeiro processo responsável por essa energia. Na época, as melhores ideias incluíam a sugestão da química da combustão, ou seja, o Sol como se fosse um pedaço de carvão em chamas. E nesse processo o Sol poderia queimar por uns 20 mil anos, mesmo levando em conta a eficiência da combustão. A sugestão da combustão foi descartada depois que o astrônomo escocês John James Waterston demonstrou em 1843 que esse processo não é o responsável pela geração de energia no Sol.

Outras pessoas apresentaram estudos objetivando explicar o processo que gerava a energia nas estrelas, como por exemplo, o físico britânico William Thomson, conhecido como Lord Kelvin (1824 - 1907) e pelo matemático alemão Hermann Ludwig Ferdinand von Helmholtz (1821 - 1894). Helmholtz propôs, em 1854, que as estrelas gerassem sua energia por um mecanismo através da contração gravitacional. Tempo depois, Lord kelvin fez contribuição nesse estudo que ficou conhecido por mecanismo de Kelvin – Helmholtz. A previsão da idade do Sol, nesse mecanismo, era cerca de 20 milhões de anos (SPARROW, 2018).

Mas a contração de Kelvin-Helmholtz não pode ser a principal fonte de energia do Sol hoje. Se fosse, o Sol teria que ser muito maior em um passado relativamente recente. Os próprios cálculos de Helmholtz mostraram que o Sol poderia ter

começado seu colapso inicial da nebulosa solar não mais que cerca de 25 milhões de anos atrás. Mas o registro geológico e fóssil mostra que a Terra é muito mais velha do que isso, e por isso o Sol deve também. Portanto, este modelo de Sol que brilha porque encolhe não pode ser correto. (FREEDMAN e KAUFMANN III, p. 405, 2008).

As ideias da relatividade de Albert Einstein (1905) e o desenvolvimento da física nuclear levou a uma compreensão de como o Sol brilha, ou seja, como a energia é irradiada pelas estrelas. A fusão nuclear é o processo responsável pela conversão de massa em energia, isso através da fusão do hidrogênio em hélio.

O modelo de fusão foi sendo elaborado e melhorado ao longo do tempo, tendo a colaboração de vários cientistas. Em 1928 o físico russo George Gamow (1904 – 1968) aplicou a mecânica quântica para explicar como os prótons poderiam superar a repulsão e realizar a fusão. Anos depois, em 1937, Gamow e seu colega o físico alemão Carl Friedrich von Weizsäcker (1912 – 2007) apresentaram um modelo fundamentado nas colisões dos núcleos dos átomos de hidrogênio se fundindo em hélio, em um processo chamado de cadeia PP (próton – próton). Esse modelo apresentou alguns problemas como a produção de isótopos altamente instáveis para formar átomos de hélio estável. Em 1939 o físico alemão Hans Bethe (1905 – 2005) apresentou dois artigos explicando a fusão do hidrogênio que ocorre em estrelas similares ao Sol e um processo de fusão para estrelas mais massivas, para esse modelo chamou de ciclo CNO. No ciclo CNO os núcleos dos átomos de hidrogênio se fundem com os núcleos de carbono para formar nitrogênio e depois em átomos de oxigênio (SPARROW, 2018), (FREEDMAN e KAUFMANN III, 2008).

A cadeia PP (Próton-Próton)

O processo de fusão do hidrogênio em hélio na cadeia PP (Próton-Próton) pode ser explicado em três momentos segundo Freedman e Kaufmann III (2008):

- 1) Primeiro ocorre a colisão de dois prótons (núcleos de hidrogênio) sendo um deles transformado num nêutron dando origem a um deutério (isótopo do hidrogênio). Nesse processo é liberado um neutrino (ν) e um pósitron. O neutrino interage muito pouco com a matéria e consegue escapar do Sol.

Quando o pósitron encontra um elétron ocorre uma aniquilação mútua das partículas, isso porque o pósitron é a antipartícula do elétron. E o resultado é a emissão de dois fótons de raios gama (γ).

- 2) Em seguida ocorre a colisão do deutério formado com um próton originando um átomo de hélio-3 (um isótopo do hélio com dois prótons e um nêutron). Essa reação nuclear emite outro fóton de raios gama. A energia dos fótons emitidos irá constituir a radiação solar.
- 3) Nesse momento, um hélio-3 irá colidir com hélio-3 produzido de três outros prótons. Depois os dois prótons e dois nêutrons dos dois núcleos de He-3 se reorganizam em um hélio-4 (isótopo do hélio com dois prótons e dois nêutrons). Os dois prótons restantes são liberados e a energia de seu movimento contribui para o calor interno do Sol. Seis núcleos de hidrogênio-1 entraram na produção dos dois núcleos de hélio-3, que se combinam para formar um núcleo de hélio-4. Uma vez que dois dos núcleos de hidrogênio-1 originais são retornados ao seu estado original.

Na figura 11 ilustra como ocorre o processo de fusão do hidrogênio em hélio na cadeia PP (Próton-Próton), onde temos a fusão de quatro núcleos de hidrogênio em um átomo de hélio e liberação de energia.

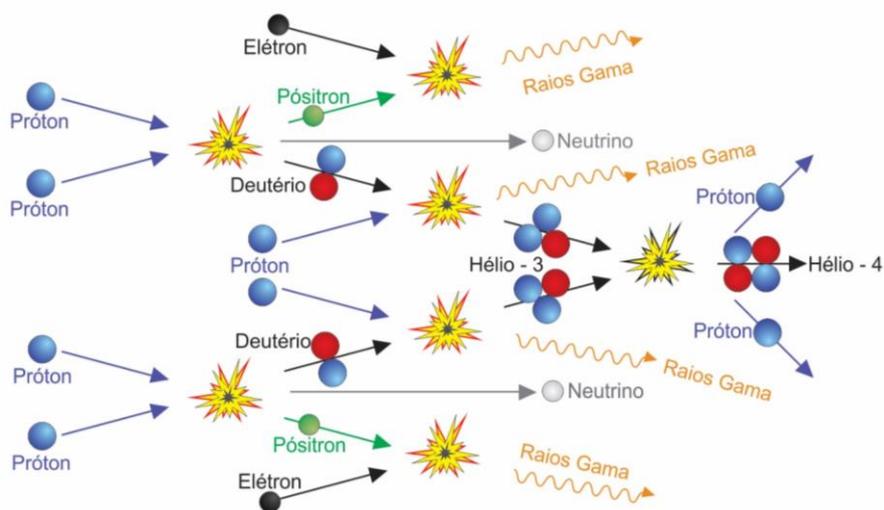


Figura 11 - Esquema da fusão nuclear no ciclo próton-próton

<http://astro.if.ufrgs.br/estrelas/node10.htm>

Vamos calcular a energia no processo de fusão do hidrogênio em hélio e o tempo de vida do Sol.

A fusão nuclear envolve queima de $4\text{H} \rightarrow \text{He}$

Calcular primeiro a diferença em massa que será convertida em energia e na sequência principal: 90% dos átomos da estrela de H.

massa atômica do próton = 1,0078 u.a.

$m_{\text{inicial}} = m(4\text{H}) = 4 (1,0078) = 4,0312 \text{ u.a.}$

$m(\text{He}) = 4,0026 \text{ u.a.}$

Assim teremos: $\Delta m = 4,0312 \text{ u.a} - 4,0026 \text{ u.a.} = 0,0286 \text{ u.a.}$

E como 1 u. a. = 1 unidade atômica = $1,67 \times 10^{-27} \text{ kg}$

$E = \Delta mc^2$

$E = 0,0286 (1,67 \times 10^{-27}) (3 \times 10^8)^2$

$E = 4,3 \times 10^{-12} \text{ J}$

Para cada quatro núcleos de hidrogênio convertidos em núcleos de hélio, são liberados $4,3 \times 10^{12}$ joules de energia. Isso pode parecer apenas uma pequena quantidade de energia, mas é cerca de 10^7 vezes maior do que a quantidade de energia liberada em uma reação química típica, como ocorre na queima comum. Assim, a fusão termonuclear pode explicar como o Sol poderia estar brilhando por bilhões de anos. Para produzir a luminosidade solar de $3,9 \times 10^{26}$ joules por segundo, $6 \times 10^{11} \text{ kg}$ (600 milhões de toneladas) de hidrogênio deve ser convertido em hélio a cada segundo. Essa taxa é prodigiosa, mas há uma quantidade literalmente astronômica de hidrogênio no sol. Em particular, o núcleo do Sol contém hidrogênio suficiente para está emitindo energia na taxa atual por tanto tempo desde a existência do sistema solar há cerca de 4,56 bilhões de anos, e continuará existindo por mais de 6 bilhões de anos no futuro. (FREEDMAN e KAUFMANN III, p. 408, 2008).

A fração de massa liberada na forma de energia (por reação) é equivalente a 0,7% da massa do hidrogênio é perdida quando é convertido em hélio e outro dado importante é que o Sol pode converter apenas cerca de 10% da sua massa inicial em hélio, ou seja, $0,1M_{\odot}$ (Degli'Innocenti, 2008).

A fração de massa é:

$$\frac{\Delta m}{m(4\text{H})} = \frac{0,0286}{4,0312} \quad \frac{\Delta m}{m(4\text{H})} = 0,0071$$

Assim a energia total liberada nesse processo de fusão de $4\text{H} \rightarrow \text{He}$ é:

$$E_{\text{total}} = (\Delta mc^2) \times 0,1 M_{\odot}$$

$$E_{\text{total}} = 0,0071 (3 \times 10^8)^2 \times 0,1 (2 \times 10^{30})$$

$$E_{\text{total}} = 1,28 \times 10^{44} \text{ J}$$

E como a luminosidade solar é $L_{\odot} = 1,28 \times 10^{26} \text{ J/s}$ essa energia se extinguirá em:

$$t = \frac{E_{\text{total}}}{L_{\odot}}$$

$$t = \frac{1,28 \times 10^{44} \text{ J}}{1,28 \times 10^{26} \text{ J/s}} \quad t = 1 \times 10^{10} \text{ anos}$$

Esse é tempo previsto para o Sol permanecer na sequência principal, aproximadamente por 10 bilhões de anos.

Ciclo CNO (Carbono – Nitrogênio – Oxigênio)

Para muitas estrelas, a cadeia próton-próton é o processo que fornece energia, mas para estrelas mais quentes, ou seja, com temperaturas muito mais altas do que o núcleo do Sol, a fusão de hidrogênio segue um outro processo de reações nucleares. Esse processo é chamado de ciclo CNO. Na figura 12 ilustra o ciclo CNO onde os núcleos de carbono, nitrogênio e oxigênio absorvem prótons para produzir núcleos de hélio.

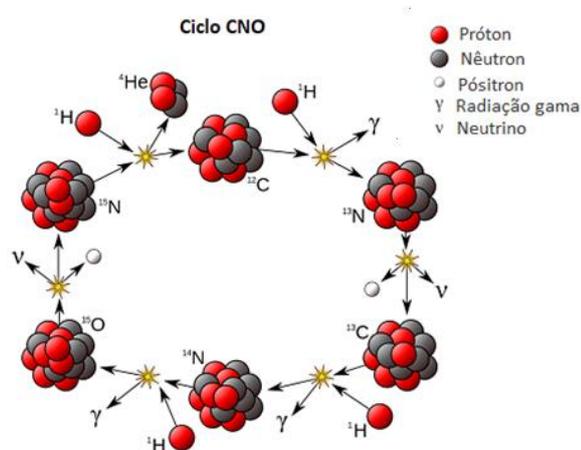


Figura 12 – O ciclo CNO

<https://www.saberatualizado.com.br/2015/11/como-sao-formados-os-elementos-quimicos.html>

Em condições mais quentes do que o núcleo do nosso Sol, o carbono pode funcionar como um catalizador, acelerando a velocidade com que o hidrogênio é fundido em hélio ao mesmo tempo em que se mantém inalterado. Núcleos de hidrogênio (prótons) se fundem com os núcleos de carbono para criar nitrogênio e depois oxigênio. Finalmente, quando um próton a mais tenta se fundir com o núcleo de oxigênio, ele se desintegra liberando um núcleo de hélio completamente formado e restaurando o carbono original. Mais uma vez, energia é liberada em todos os estágios do processo. O ciclo CNO se torna dominante em estrelas com mais de 1,3 massas solares, e é tão rápido e eficiente que sua presença ou ausência nas estrelas é um fator fundamental na determinação de seus períodos de vida. (SPARROW, p. 77, 2018).

2.4 Evolução estelar

O ciclo de vida de uma estrela como o Sol

A grande quantidade de hidrogênio no núcleo do Sol fornece energia, através da fusão nuclear, para brilhar e continuar fazendo isso por alguns bilhões de anos, mas isso não será para sempre, assim como a quantidade de hidrogênio também não é infinita. Essa realidade não é exclusiva para o Sol, mas para todas as outras estrelas que estão na sequência principal, ou seja, aquelas estrelas que estão em equilíbrio hidrostático. Portanto as estrelas têm um ciclo de vida, ou seja, um começo e um fim.

O Sol deve sua estabilidade à fusão controlada de hidrogênio em hélio em seu núcleo de 15 milhões de graus. A gravidade que quer colapsar a estrela é mantida em equilíbrio pela pressão de gás para fora que a fusão sustenta. Embora mais de 90 por cento dos átomos do Sol sejam de hidrogênio, aqueles que importam residem no núcleo do Sol. Quando o núcleo esgotar seu hidrogênio, tudo o que restará ali será uma bola de átomos de hélio que requerem uma temperatura ainda mais elevada do que o hidrogênio para se fundir em elementos mais pesados. Com seu motor central temporariamente desligado, o Sol vai se desequilibrar. A gravidade vai vencer, as regiões internas da estrela vão entrar em colapso, e a temperatura central vai se elevar além de 100 milhões de graus, desencadeando a fusão do hélio em carbono. (TYSON, p. 295, 2016).

As estrelas que apresentam em cada ponto a pressão interna igual a força de gravidade, elas estão em equilíbrio hidrostático. Isso significa que há um equilíbrio no balanço entre gravidade e pressão em cada camada

esfericamente simétrica da estrela, ou seja, a gravidade comprime e a pressão interna empurra para fora, como mostra a figura 13. Então, se a gravidade é maior, a casca colapsa, mas se a pressão é maior a casca se expande (ARANY-PRADO, 2006).

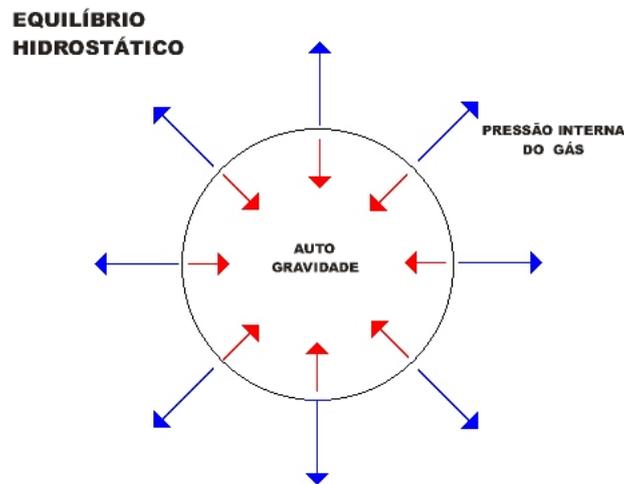


Figura 13 – Ilustração da gravidade e pressão numa estrela

https://www.if.ufrgs.br/oei/stars/struct/struct_st.htm#:~:text=equil%C3%ADbrio%20hidrost%C3%A1tico%2D%20A%20maioria%20das,%C3%A9%20um%20objeto%20auto%2Dgravitante.

Hoje o Sol é mais brilhante do que quando nasceu e à medida que envelhece fica mais brilhante e mais potente. Mas quando o Sol esgotar o seu hidrogênio ele perderá o equilíbrio, alterando a fusão e a gravidade. O hidrogênio restante irá aflorar para fora (camadas externas), enquanto no núcleo de hélio irá brilhar muito mais que o hidrogênio nunca brilhou. Pois sem hidrogênio, o Sol irá começar a se esfriar e encolher, aquecendo e expandindo as camadas externas solares num processo que se transformará numa estrela gigante vermelha.

Estrela gigante vermelha

O processo de gigante vermelha se dará em duas fases: primeiro nas camadas vai fundindo o hidrogênio em hélio. E a última fase acabará o hélio do núcleo e restará oxigênio e carbono. Assim, na camada, o hidrogênio vai se transformando em hélio e no núcleo transformará também por fusão, o hélio em

carbono e oxigênio, isso dará uma sobrevida para o Sol que está à beira da morte, isso por algumas dezenas de milhões de anos. E o diâmetro do Sol nessa fase de gigante vermelha será 100 vezes maior que o atual raio solar (cerca de $7,0 \times 10^5$ km), calcinando os planetas mais próximos dele.

A zona habitável é uma região em torno de uma estrela que reúne condições físicas e químicas para a existência para a vida como a conhecemos. Segundo IVANISSEVICH et al (2010) a busca por exoplanetas (planetas que orbitam outros sistemas estelares) está relacionada a identificar essa região que pode existir a água líquida e outros fatores que são levados em consideração como a distância do planeta para a estrela. Vejamos o exemplo do nosso planeta que está numa distância perfeita, mais próximo do Sol, os oceanos teriam evaporado. Por outro lado, se a Terra estivesse mais afastada, os oceanos teriam congelado (TYSON, 2017).

O nosso planeta Terra está posicionado numa região que favoreceu o desenvolvimento da vida como conhecemos. Está mais próximo ou mais afastado do Sol nessa região iria alterar algumas condições no nosso planeta, principalmente em termos de temperatura. A figura 14-a ilustra a zona habitável no sistema solar.

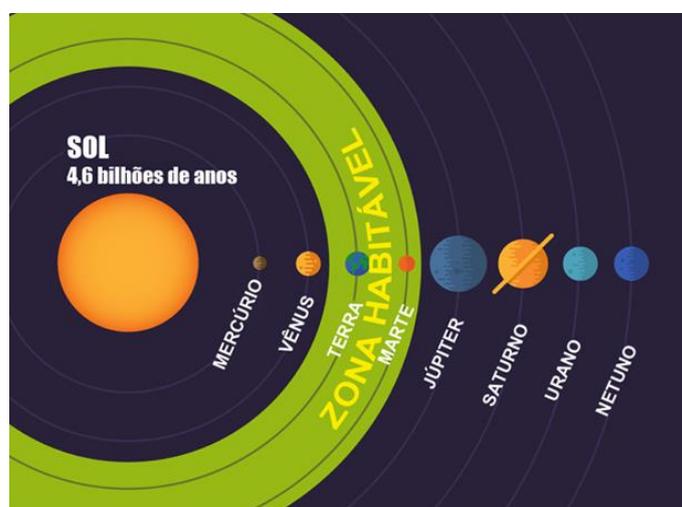


Figura 14-a – A zona habitável do sistema solar

<https://www.galeriadometeorito.com/2016/05/podemos-sobreviver-quando-o-sol-virar-gigante.html>

Na figura 14-b ilustra a expansão das camadas externas do Sol se transformando numa estrela gigante vermelha e o deslocamento da zona habitável que se afastará e ficará próximo a Júpiter até Saturno.

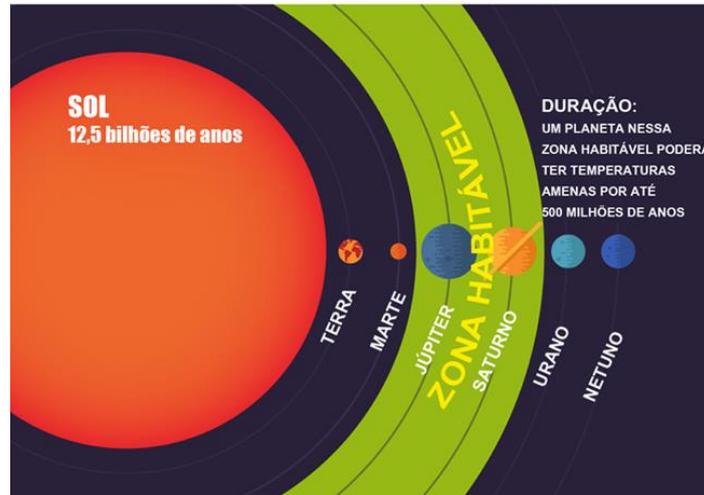


Figura 14-b - A zona habitável deslocada após o processo de gigante vermelha do Sol
<https://www.galeriadometeorito.com/2016/05/podemos-sobreviver-quando-o-sol-virar-gigante.html>

O ciclo de vida do Sol e das estrelas que têm massas menores que 10 vezes a massa do Sol passarão por fases de gigante vermelha, nebulosa planetária e depois se tornará uma estrela anã branca.

Isso significa que em seu ciclo de vida, uma estrela como Sol, de uma gigante vermelha se torna instável e se desintegra. A pressão nuclear interna irá expelir muitas das camadas externas da estrela para o espaço. E a gravidade ainda irá confinar um núcleo sólido, deixado no centro.

Na figura 15 mostra o ciclo de vida do Sol, observamos poucas mudanças na estrela até a idade de 10 bilhões de anos, esse período de equilíbrio é uma característica das estrelas que estão na sequência principal. O Sol depois passará por outros estágios, como gigante vermelha, nebulosa planetária e finalmente, se tornará uma estrela anã branca.

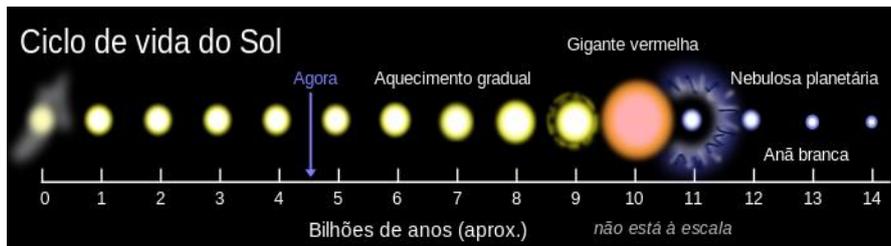


Figura 15 - O ciclo de vida do Sol

<http://o-universo-cosmico.blogspot.com/2011/11/ciclo-de-do-sol.html>

Nebulosa Planetária

O Sol sofrendo uma expansão de 100 vezes o seu raio, mesmo assim, ele não irá explodir, porque não terá massa suficiente, mas vai perdendo material, formando uma nuvem de gás em expansão formada pelas camadas exteriores serão expelidas na fase final da gigante vermelha.

Existem aproximadamente 10 000 nebulosas planetárias em nossa galáxia. A nebulosidade permanece visível por aproximadamente 10.000 anos após sua ejeção pela estrela, no ramo gigante assintótico. O termo, nebulosa planetária foi dado porque algumas se parecem com o planeta Urano, quando olhadas através de um telescópio pequeno. (OLIVEIRA FILHO e SARAIVA, p. 268, 2014)

A figura 16 mostra a imagem da Nebulosa Planetária NGC 3132 fotografada pelo Telescópio Espacial Hubble.

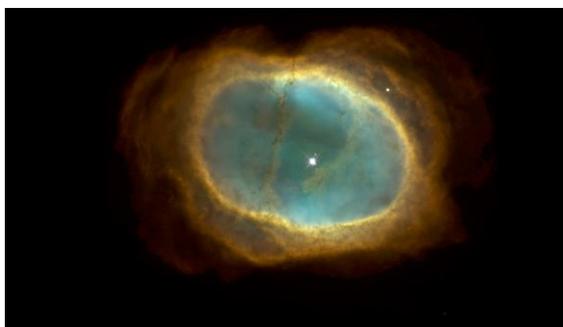


Figura 16 - A imagem da Nebulosa Planetária NGC 3132

<https://hubblesite.org/contents/media/images/1998/39/729-Image.html>

Estrela anã branca

Durante a expansão da nebulosa planetária, ela se torna cada vez mais difusa e fria. A nuvem composta pelo material expelido por ela é enriquecida

com hélio e carbono. A anã branca é remanescente estelar no centro da nebulosa planetária e formada principalmente de carbono e continua ainda visível por algum tempo graças ao calor armazenado, mas com pouco brilho por ser reduzida. Ela é muito quente e densa, tem um raio comparado como o raio da Terra, mas cerca da metade da massa do Sol.

Todos os remanescentes estelares são muito menores do que suas estrelas genitoras e, portanto, muito mais fracos e mais difíceis de detectar. Nenhuma anã branca é visível a olho nu, mas a primeira a ser registrada foi notada como um membro do sistema de estrelas múltiplas 40 Eridani, por William Herschel, ainda em 1783. Entretanto, a significância dessa estrela só foi percebida muito mais tarde e, como resultado, as primeiras anãs brancas a serem reconhecidas como uma classe de estrelas significativa e pouco comum foram as companheiras de duas das estrelas mais brilhantes do céu: Sirius e Prócion. (SPARROW, p. 126, 2018).

Na figura 17 ilustra o que tamanho do Sol como uma estrela anã branca pode ser comparada com o tamanho do planeta Terra, porém a anã branca tem uma densidade muito maior.



Figura 17 - A terra e o Sol como uma estrela anã branca

<http://www.astronoo.com/pt/artigos/tamANHos-comparados-planetAs-estrelas.html>

Supernova

Estrelas com massa a partir de 10 massas solares processa no seu núcleo a fusão de hidrogênio em hélio, hélio em carbono, carbono em oxigênio e assim por diante até chegar no ferro. A fusão de elementos mais pesados requer temperaturas cada vez mais elevadas para que os núcleos superem sua

repulsão natural. A cada etapa intermediária as regiões internas das estrelas entram em colapsos e a temperatura se eleva, e entra em cena a próxima trajetória da fusão. A estrela se sustenta contra a gravidade porque libera energia, mas quando chega na fusão do ferro, as reações absorvem energia. O colapso é imediato e a temperatura é elevada instantaneamente provocando uma violenta explosão. Essa grandiosa explosão é chamada de supernova.

A energia explosiva dissemina os elementos recém cunhados através da galáxia, formando buracos em sua distribuição do gás e enriquecendo as nuvens próximas com as matérias-primas para criar uma poeira própria. As ondas da explosão da supernova se movem supersonicamente através das nuvens, comprimindo o gás e a poeira, e possivelmente criando bolsões de densidade muito alta necessários para formar estrelas em primeiro lugar. A maior dádiva da supernova ao cosmos é enviar nuvens com os elementos pesados que formam planetas, protistas e pessoas, para que de novo, mais dotada pelo enriquecimento químico de uma geração anterior de estrelas de alta massa, nasça outra estrela. (TYSON, p. 212, 2016).

A explosão de uma estrela, em uma supernova, pode aumentar a sua luminosidade em um bilhão de vezes. A figura 18 mostra os muitos lados do remanescente da supernova Cassiopeia A. Essa fotografia é composta de imagens tiradas por três dos grandes observatórios da NASA (Telescópios espaciais: Spitzer, Hubble e Chandra).



Figura 18 - Supernova Cassiopeia A

<https://www.jpl.nasa.gov/spaceimages/details.php?id=PIA03519>

Com a energia dessa explosão são produzidos todos os elementos mais pesados que o ferro. Os gases liberados no espaço vão ser incorporados ao meio interestelar e a outras nebulosas, que poderão dar origem a novas estrelas.

Estrela de Nêutrons

O destino final da estrela, após uma supernova, está relacionado com a sua massa inicial, assim estrelas com massa a partir de 10 massas solares, será uma estrela de nêutron. Durante a explosão a energia é liberada devido a ruptura de toda a estrela e a ejeção de suas camadas externa. No denso núcleo, os prótons e elétrons se combinam para formar nêutrons, daí vem o nome da estrela. O núcleo finalmente consistirá quase inteiramente de nêutrons, que se degeneram devido à alta densidade.

Observamos na figura 19 a ilustração da estrela de nêutron que está localizada no centro da supernova de Cassiopeia A.

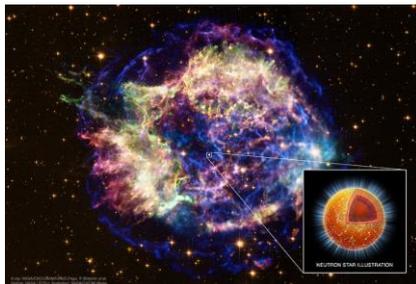


Figura 19 - Ilustração de uma estrela de nêutrons

<https://apod.nasa.gov/apod/ap170501.html>

Existem outras estrelas de nêutrons, os pulsares. A maioria dos pulsares conhecidos são visíveis apenas na região de rádio do espectro eletromagnético e são chamados de pulsares de rádio, mas há um pequeno número de pulsares que emitem em outros comprimentos de ondas, como por exemplo, ondas de raios X e gama. Tem ainda, os pulsares ópticos que formam um subconjunto muito pequeno de pulsares conhecidos. O pulsar óptico mais famoso é o pulsar que está localizado no centro da nebulosa de caranguejo, ela é o resíduo remanescente de uma supernova.

Antes de 1967, as estrelas de nêutrons eram consideradas especulação pura. Mas hoje sabemos de mais de 1300 dessas exóticas estrelas cadáveres, e centenas de milhares mais podem estar espalhados a Via Láctea. As estrelas de nêutrons têm campos magnéticos poderosos que são bilhões de vezes mais forte do que o campo do Sol. Conforme uma estrela de nêutrons gira, seu campo magnético varre feixes de radiação pelo céu. Nós detectamos esses feixes como sinais de rádio pulsantes. Ao contrário das estrelas normais, as estrelas de nêutrons têm, na verdade, superfícies sólidas que podem se deslocar e provocar um "terremoto". Quando tal terremoto ocorre na superfície de uma estrela de nêutrons com um incomum forte campo magnético, ele libera uma explosão verdadeiramente colossal de radiação que por uma fração de segundo ofusca uma galáxia inteira das estrelas. (FREEDMAN e KAUFMANN III, p. 555, 2008).

O primeiro pulsar de rádio foi descoberto em 1967 pela astrofísica britânica Susan Jocelyn Bell Burnell (1943 -), quando era uma estudante de graduação e era orientada pelo astrofísico britânico Antony Hewish (1924 -) no observatório em Cambridge. Esse estudo rendeu o Prêmio Nobel de Física de 1974, pela descoberta dos pulsares. Esse prêmio foi dividido com o astrônomo britânico Martin Ryle (1918 - 1984). O prêmio de 1974 foi o primeiro Nobel de Física concedido em reconhecimento às pesquisas astronômicas.

A figura 20 ilustra uma estrela de nêutrons com um intenso campo magnético que canaliza a radiação em dois feixes.

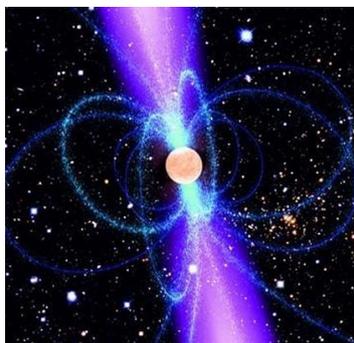


Figura 20 – Uma ilustração de um Pulsar

https://cosmonovas.blogspot.com/2018/10/descoberto-o-pulsar-mais-lento-conhecido_29.html

Desde a Radioastrônomos de 1968 descobriram mais de 1.600 pulsares espalhados pelo céu, e estima-se que talvez mais 105 estejam espalhados ao redor do disco da Via Láctea Galáxia. Cada um é presumido ser o cadáver da estrela de nêutrons de uma estrela massiva extinta. Radiotelescópios detectaram pulsares com uma grande variedade de períodos de pulso, a partir de 8,51 s relativamente lentos a um incrivelmente rápido 0,001396 s. Em cada caso, o período de pulso é considerado o mesmo que o período de rotação da estrela de nêutrons. (FREEDMAN e KAUFMANN III, p. 560, 2008).

Buraco Negro

Se a massa que sobra após a explosão de supernova for maior do que 3 massas solares, o que pode acontecer se a estrela inicialmente tinha uma massa muito grande (maior do que 25 massas solares), então ela dará origem a um buraco negro.

Quando o colapso da estrela leva à formação de um buraco negro a singularidade que se forma fica 'envolta' por uma fronteira chamada 'horizonte de eventos'. Trata-se de uma superfície imaginária – não material – que envolve a região de onde nada escapa. (MATSAS; VANZELLA, 2003, p. 60)

A figura 21 mostra a primeira fotografia de um buraco negro que foi divulgada em abril de 2019 na mídia internacional. Essa fotografia foi feita pelo Event Horizon Telescope (EHT). Esse buraco negro supermassivo está localizado no coração de uma galáxia chamada M87, localizada a cerca de 55 milhões de anos-luz de distância, e pesa 6,5 bilhões de massas solares. Para ter uma ideia do seu tamanho, o seu horizonte de eventos se estende tanto que pode abranger grande parte de nosso sistema solar bem além dos planetas.

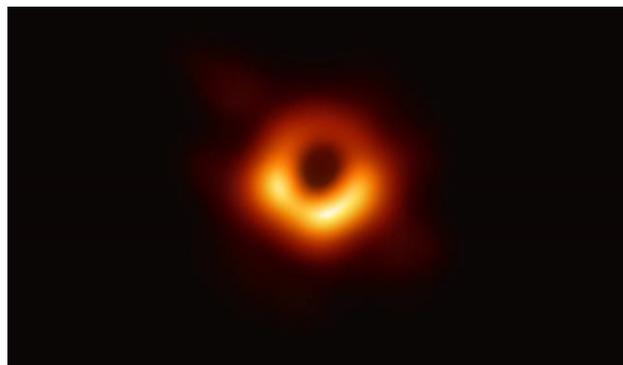


Figura 21 – A fotografia do Buraco negro do centro da galáxia M87

https://www.nasa.gov/vision/universe/starsgalaxies/black_hole_description.html

Os buracos negros são regiões do espaço em que a gravidade é tão elevada que o tecido do espaço e tempo se dobra sobre si mesmo, apresentando apenas a porta de entrada. A velocidade necessária para escapar de um buraco negro é maior que a velocidade da luz, ou seja, superior a $3,0 \times 10^5$ km/s (valor aproximado). Einstein postulou que nada se move mais rápido no vácuo que a luz. Logo nada escapa, nem mesmo a luz. Todos os objetos têm velocidades de escape, e a velocidade de escape da Terra é de 11 km/s., por isso a luz escapa facilmente, como faria qualquer coisa lançada com velocidade maior que 11 quilômetros por segundo. Por favor, avisem a todas essas pessoas que gostam de proclamar que “Tudo o que sobe tem que descer!” que elas estão mal informadas (TYSON, 2016).

Os maiores buracos negros conhecidos consistem geralmente em 1 bilhão de massas solares, como o que está oculto dentro da galáxia elíptica M87, a maior no aglomerado de galáxias de Virgem. No centro da galáxia de Andrômeda tem um buraco negro com 30 milhões de massas. E no centro da nossa galáxia tem um buraco negro com 4 milhões de massas solares. Seja qual for a massa do buraco negro o seu ofício é morte e destruição (TYSON, 2016).

Na figura 22 ilustra um buraco negro destacando os seus elementos.

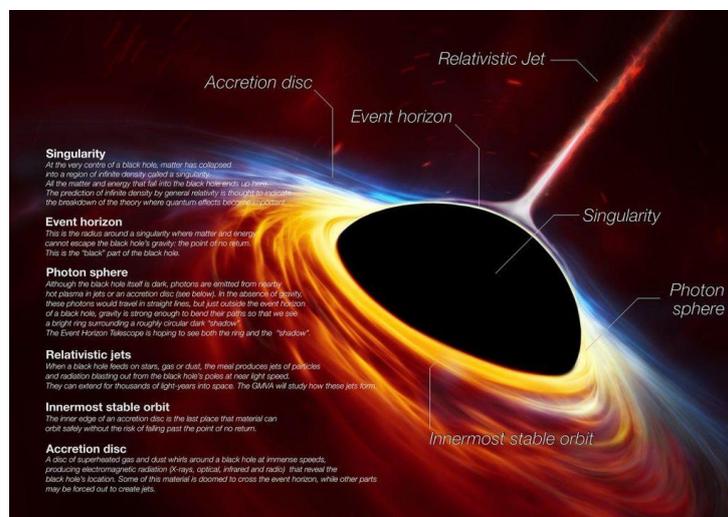


Figura 22 - Uma ilustração de um buraco negro e seus elementos

<https://canaltech.com.br/espaco/a-primeira-foto-real-de-um-buraco-negro-pode-ser-divulgada-na-proxima-semana-136335/>

Os elementos de um buraco negro, como por exemplo, a singularidade, horizontes de eventos e o disco de acreção segundo Inglis (2008):

- A singularidade é a região central do buraco negro onde toda a matéria e energia caem nessa região de densidade infinita.
- O horizonte de eventos é a fronteira entre nosso universo e a região de extrema curvatura espaço-tempo, isolado para sempre, que é precisamente um buraco negro. Este é o raio em torno de uma singularidade onde matéria e energia não podem escapar da gravidade do buraco negro: o ponto sem retorno. Esta é a parte negra do buraco negro.
- O disco de acreção é um disco de gás superaquecido e poeira gira em torno de buracos negros em velocidades imensas, produzindo radiação eletromagnética (raios-X, óptica, infravermelho e rádio) que revelam a localização do buraco negro.

Segundo Oliveira Filho e Saraiva (2014) o raio de Schwarzschild (R_s) é a distância do centro de um buraco negro não giratório ao seu horizonte de eventos. É o tamanho da região, em volta da singularidade, da qual nada escapa. O raio de Schwarzschild está relacionado à massa M do buraco negro por:

$$R_s = \frac{2 GM}{c^2}$$

Onde temos:

R_s = o raio de Schwarzschild de um buraco negro (o raio em metro)

G = a constante universal da gravitação ($G = 6,67 \times 10^{-11} \text{ Nm}^2 / \text{kg}^2$)

M = a massa do buraco negro (a massa em quilograma)

c = a velocidade da luz ($c = 3,00 \times 10^8 \text{ m / s}$)

E o Sol fosse compactado e se tornasse um buraco negro. Qual seria o valor do raio de Schwarzschild do Sol?

Para isso vamos adotar uma massa solar igual a $2 \times 10^{30} \text{ kg}$

$$R_s = \frac{2 GM}{c^2}$$

$$R_s = \frac{2 \times (6,67 \times 10^{-11}) \times (2 \times 10^{30})}{(3 \times 10^8)^2}$$

$$R_s = \frac{26,68 \times 10^{19}}{9 \times 10^{16}}$$

$$R_s = 2,96 \times 10^3 \text{ m}$$

$$R_s \cong 3 \times 10^3 \text{ m} \quad R_s \cong 3 \text{ km}$$

E se a estrela tivesse 10 vezes a massa do Sol e se tornasse um buraco negro, qual seria o valor para o raio de Schwarzschild dessa estrela? Efetuando os cálculos iremos obter um valor 10 vezes maior que o valor calculado para o Sol. Nesse caso teremos 30 km (10 x 3 km).

Resumindo, o objeto formado depende da massa inicial e da massa final. Desse modo objetos:

- a) com massa inicial até 10 massas do Sol não se transformarão numa supernova porque não tem massa suficiente e se transformará numa estrela anã branca cuja massa final é inferior a 1,4 massas do Sol.
- b) Já os objetos que têm massas de 10 a 25 vezes a massa do Sol se transformarão numa estrela de nêutrons apresentando uma massa final de 1,4 massa do Sol.
- c) Os objetos com massa acima de 25 vezes a massa do Sol se transformarão em um buraco negro cuja massa final está compreendida entre 5 a 13 vezes a massa do Sol.

Como mostra a tabela 1, o ciclo de vida de uma estrela está relacionado com a sua massa inicial e o seu destino final será determinado pela sua evolução, pois para fundir elementos mais pesados que o hidrogênio, ocorre liberação de energia. Mas quando chega na fusão do ferro, a estrela absorve energia, isso provoca um grande colapso e uma elevação de temperatura instantânea, ocorrendo a supernova, o fim da estrela.

MASSA INICIAL	OBJETO COMPACTO	MASSA FINAL
até 10 M \odot	anã branca	menor que 1,4 M \odot
10 a 25 M \odot	estrela de nêutrons	1,4 M \odot
acima de 25 M \odot	buraco negro	5 a 13 M \odot
MASSA	EVOLUÇÃO	FINAL
até 0,08 M \odot	não funde H	anã-marrom
0,08 a 0,5 M \odot	fundes H	anã-branca de He
0,5 a 10 M \odot	fundes H e He	anã-branca de C e O
11 a 100 M \odot	fundes H, He, C, Ne, O, Si	estrela de nêutrons ou buraco negro
acima de 100 M \odot	criação de pares, SN	desintegração total ou buraco negro

Tabela 1 – Resumo evolutivo das estrelas
DAMINELI et al (2011)

Estrelas como o nosso Sol terão um final como uma estrela anã branca. Outras estrelas com massa superior a 10 massas solares poderão, após a supergigante vermelha, passar por uma supernova e dependendo da massa dos restos dessa explosão, a estrela pode se transformar numa estrela de nêutrons ou num buraco negro como ilustra a figura 23.

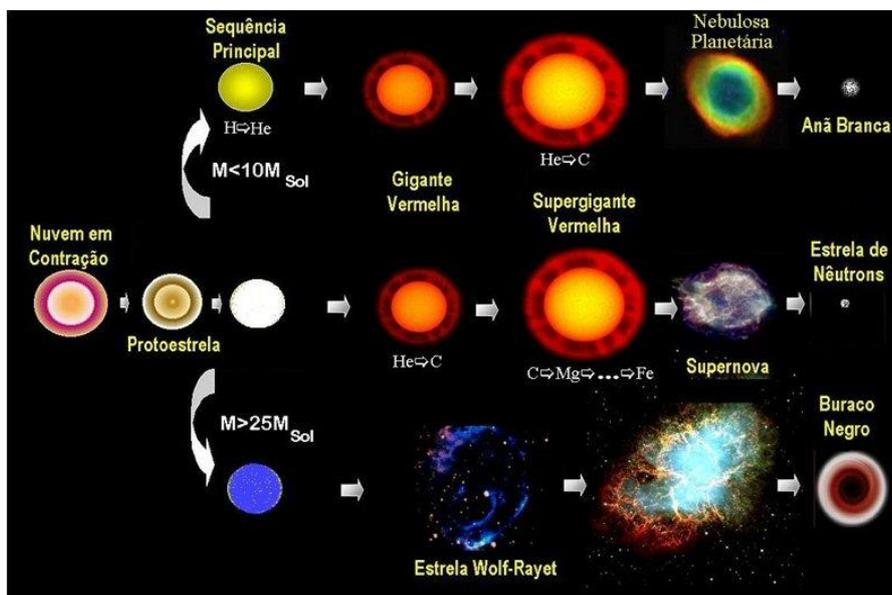


Figura 23 - Quadro geral sobre o ciclo de uma estrela

<http://www.if.ufrgs.br/~fatima/ead/estrelas.htm>

Classificação das Estrelas

A cor de uma estrela está relacionada diretamente à sua temperatura da superfície. A intensidade da luz de uma estrela relativamente fria apresenta os comprimentos de onda longos, fazendo a estrela parecer vermelha. Já a cor de uma estrela quente apresenta comprimentos de onda mais curtos, e mais azul é a radiação, ou seja, a estrela parece azul. Para uma estrela com uma temperatura intermediária, como o Sol, o pico de intensidade é próximo ao meio do espectro visível, ou seja, a estrela apresenta uma cor amarela. O que nos leva a uma observação importante sobre a cor das estrelas e a temperatura da superfície, ou seja, as estrelas vermelhas são relativamente frias, com baixas temperaturas de superfície e as estrelas azuis são relativamente quentes, com altas temperaturas de superfície (FREEDMAN e KAUFMANN III, 2008).

As estrelas são agrupadas em faixas de temperatura (ou tipos espectrais) que vão desde as estrelas quentes e azuis, conhecidas como estrelas O, até estrelas vermelhas e frias, as chamadas estrelas M. Observamos na tabela 2 as estrelas em função decrescente da temperatura, cor e classe espectral.

Classe	Cor da estrela	Temperatura efetiva (Kelvin)	Exemplo
O	Azul	20.000 a 40.000	Mintaka
B	Branca-azulada	15.000	Rigel
A	Branca	9.000	Sirius
F	Branca-amarelada	7.000	Procyon
G	Amarela	5.500	Sol
K	Alaranjada	4.000	Aldebaran
M	Vermelha	3.000	Betelgeuse

Tabela 2 - As estrelas em função decrescente da temperatura

<http://www.sbfisica.org.br/fne/Vol12/Num1/cores-estrelas>

Segundo Oliveira Filho e Saraiva (2014) o astrônomo estadunidense Edward Charles Pickering (1846-1919) reconheceu que eram necessários muitos espectros para desenvolver uma classificação e começou a coletar espectros em fotografias. A classificação dos espectros foi feita por Annie Jump Cannon (1863-1941), classificando 225 000 estrelas. Ela notou que as estrelas iam de azuis-esbranquiçadas a avermelhadas e classificou seus espectros de acordo com as linhas de hidrogênio, sendo A, a mais forte, B a seguinte, C e assim por diante. Atualmente as estrelas são classificadas em função decrescente da temperatura, como O, B, A, F, G, K e M como podemos ver na tabela 6.

A classificação espectral de Harvard só leva em consideração a temperatura, em 1943, os astrônomos estadunidenses, William Wilson Morgan (1906 - 1994), Philip Childs Keenan (1908 - 2000) e Edith Marie Kellman (1911 - 2007) introduziram as seis diferentes classes de luminosidade, baseados nas larguras das linhas espectrais. E desenvolveram o sistema de Yerkes, um influente sistema de classificação estelar conhecido também pelo sistema MKK (Morgan – Kellman – Keenan). Como mostra na tabela 3 as seis diferentes classes de luminosidade, tipos das estrelas baseados informações das larguras das linhas espectrais das estrelas (OLIVEIRA FILHO e SARAIVA, 2014).

Classe	Tipo	Exemplo	Luminosidade
Ia	Supergigantes superluminosas	Rigel (B8Ia)	L= 40.550 L _☉
Ib	Supergigantes.	Betelgeuse (M2Iab)	L= 12.246 L _☉
II	Gigantes luminosas	Antares (MII)	L= 48.75 L _☉
III	Gigantes	Aldebarã (K5III)	L= 100 L _☉
IV	Subgigantes	Acrux (Crucis - B1IV)	L= 3.076 L _☉
V	Anãs	Sol (G2V)	L= 1 L _☉

Tabela 3 - A classificação espectral: luminosidade e tipo das estrelas

<http://ciencias-geologia.blogspot.com/2013/07/espectroscopia.html>

O diagrama esquemático Hertzsprung-Russell ou diagrama HR

Segundo Damineli et al (2011) o diagrama Hertzsprung-Russell relaciona a luminosidade e a temperatura das estrelas. Pode apresentar também informações sobre a magnitude absolutas e as classes espectrais das estrelas. Ele foi publicado independentemente pelo astrônomo dinamarquês Ejnar Hertzsprung (1873-1967), em 1911, e em 193 pelo astrônomo estadunidense Henry Norris Russell (1877-1957). Na figura 24 temos um exemplo do diagrama HR destacando as estrelas que estão acima e abaixo da sequência principal.

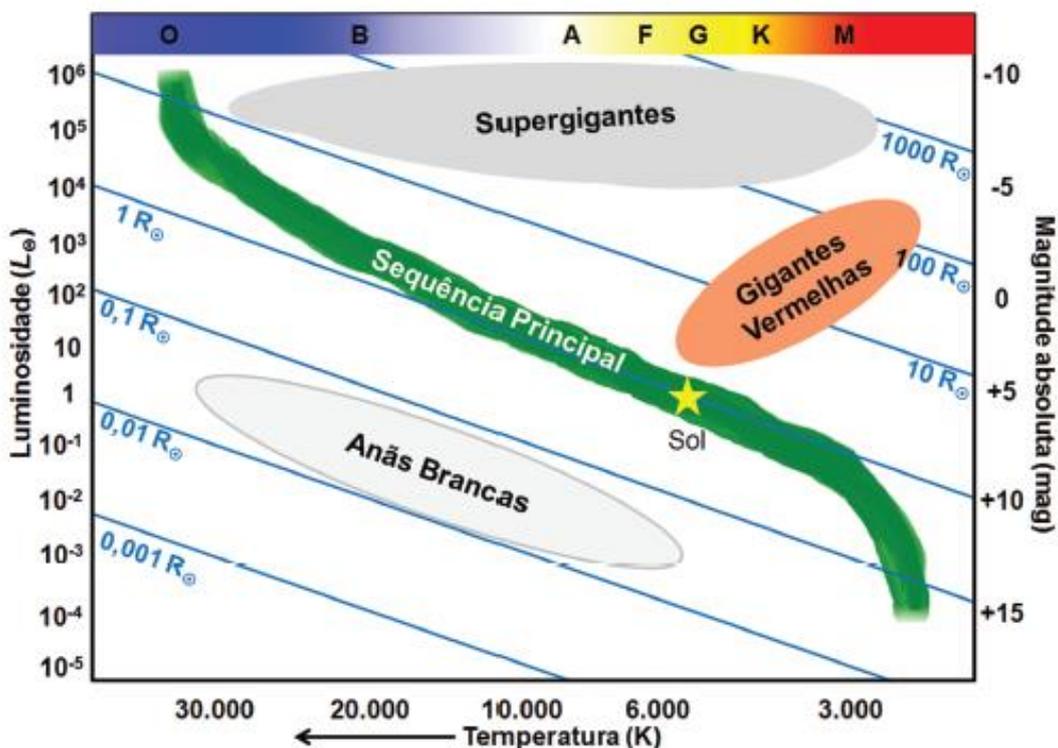


Figura 24 - Diagrama Hertzsprung – Russel (HR)
Damineli et al (2011)

Na figura 25 apresenta um diagrama HR com diversas estrelas numeradas. Lembrando que a Sequência Principal (SP) é onde as estrelas passam a maior parte do tempo de sua vida, fundindo o hidrogênio nos seus núcleos. Podemos observar as estrelas com diversas temperaturas e luminosidades, assim como a classificação.

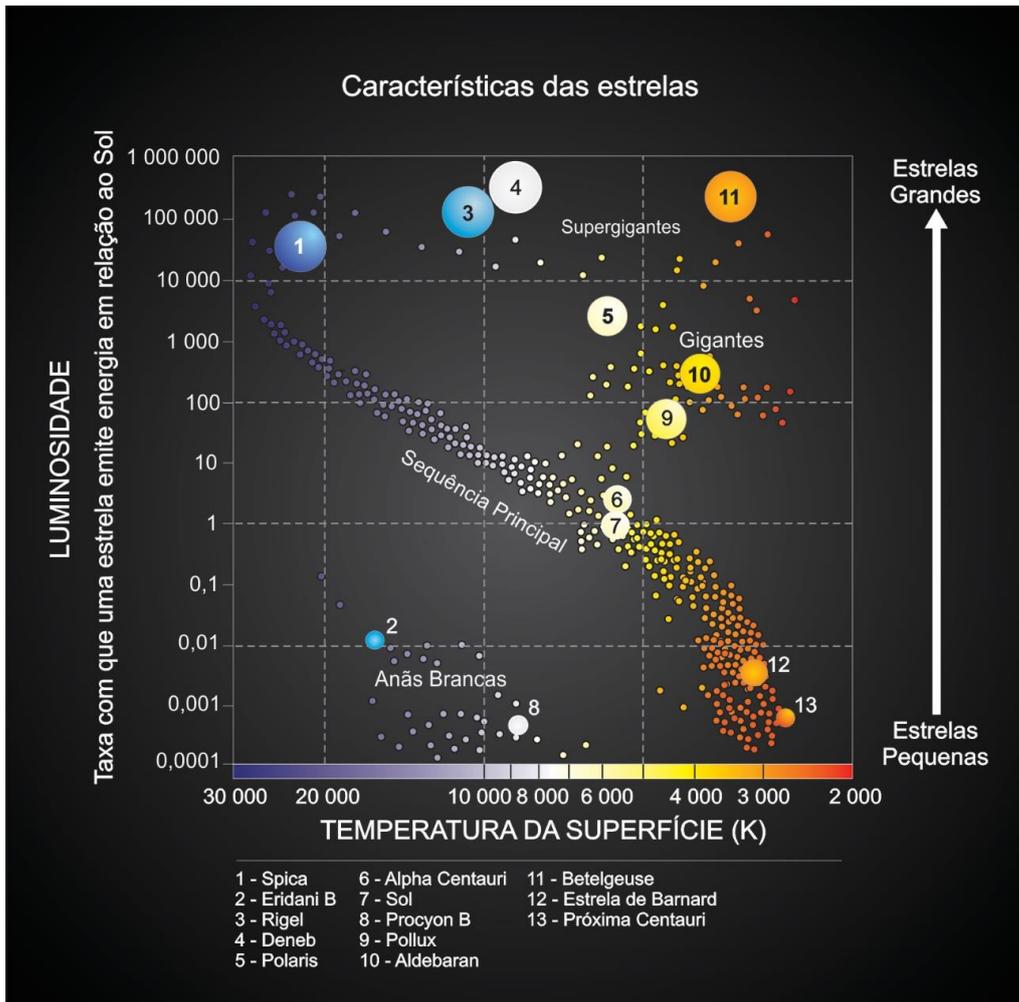


Figura 25 – Destacando algumas estrelas no diagrama HR

<http://astro.if.ufrgs.br/estrelas/node2.htm>

Utilizando as informações da figura 25 podemos observar algumas informações das estrelas do diagrama HR, como por exemplo, a luminosidade, a temperatura da superfície e o tamanho. E outras informações como temperatura, classe espectral, temperatura, distância em anos-luz de acordo com Freedman e Kaufmann III (2008) apresentamos as seguintes estrelas do diagrama HR:

- A estrela de número 1 é Spica (Espiga). Ela está a uma distância de 262 anos-luz e de classe espectral B1, estrelas nessa classificação apresentam temperatura num intervalo de $1,1 \times 10^4$ K a $3,0 \times 10^4$ K. Analisando o diagrama podemos ver que é uma estrela supergigante e a sua

temperatura é superior a $2,0 \times 10^4$ K e sua luminosidade é superior a 10 mil vezes a luminosidade solar.

- A estrela de número 3 é Rigel está a uma distância de 773 anos-luz e de classe espectral B8, estrelas nessa classificação apresentam temperatura num intervalo de $1,1 \times 10^4$ K a $3,0 \times 10^4$ K. Analisando o diagrama podemos ver que ela é uma supergigante e tem uma luminosidade superior a 100 mil vezes a luminosidade do Sol.
- As estrelas 6 e 7 são, respectivamente, a Alfa Centauri e o Sol, elas apresentam temperaturas iguais (cerca de $6,0 \times 10^3$ K) e classe espectral (G2), mas a Alfa Centauri é um pouco mais luminosa que o Sol, além de estar a uma distância de 4,36 anos-luz.
- A estrela 8 é Procyon B está a uma distância de 11,4 anos-luz e de classe espectral F5, estrelas nessa classificação apresentam temperatura num intervalo de $5,2 \times 10^3$ K a $5,9 \times 10^3$ K. Analisando o diagrama observamos que é uma estrela anã branca e tem uma baixa luminosidade comparada com a do Sol, porém tem temperatura próxima de $8,0 \times 10^3$ K superior a temperatura do Sol.
- A estrela 10 é Aldebaran está a uma distância de 65,1 anos-luz e de classe espectral K e temperatura de 4×10^3 K. Analisando o diagrama observamos que é uma estrela gigante e sua luminosidade é 100 vezes maior que a luminosidade do Sol.
- As estrelas 11 (Betelgeuse) e 12 (Barnard) parecem ter a mesma temperatura (aproximadamente $3,5 \times 10^3$ K). Observamos que Betelgeuse é uma supergigante e, enquanto a outra é uma anã vermelha. A luminosidade de Betelgeuse é 1×10^5 vezes maior que a luminosidade do Sol, enquanto a luminosidade de Barnard é 10^3 vezes menor que a do Sol.

Na tabela 4 podemos observar algumas informações sobre estrelas menores e maiores que o Sol, a classe espectral, a luminosidade, a massa, a temperatura e o tempo de vida média das estrelas na sequência principal e observamos que quanto mais massiva uma estrela, mais rápido ela viaja por todas as suas estrelas fases evolutivas. A Sequência Principal é a fase mais

longa na vida de uma estrela. É fácil estimar a vida média de uma estrela se soubermos sua massa (INGLIS, 2009).

Massa (M _⊙)	Temperatura (K)	Tipo Espectral	Luminosidade (L _⊙)	Vida média (bilhões de anos)
25	35.000	O	80.000	0,003
15	30.000	B	10.000	0,011
3	11.000	A	60	0,64
1,5	7.000	F	5	3,6
1	6.000	G	1	10
0,75	5.000	K	0,5	20
0,5	4.000	M	0,03	57

Tabela 4 - Tempo de vida média na sequência principal
INGLIS (2009)

Para Inglis (2009) calcular o tempo de vida média de uma estrela na sequência principal é calcular quanto tempo ela irá realizar a fusão de hidrogênio. O cálculo de vida média da estrela utiliza a sua massa expressa em massas solares (M_⊙) na seguinte relação:

$$t = 10M^{-2,5}$$

$$t = \frac{10}{M^{2,5}} \quad \text{ou} \quad t = \frac{10}{M^2 \sqrt{M}} \quad \text{bilhões de anos}$$

Uma estrela tem 3 vezes a massa do Sol, então ela terá estar na sequência principal por aproximadamente

$$t = \frac{10}{3^{2,5}} \quad t = \frac{10}{3^2 \sqrt{3}}$$

t = 0,64 vezes o tempo de vida da sequência principal do Sol

Essa estrela (3 M_⊙) fundirá hidrogênio em seu núcleo por cerca de 0,64 x 10¹⁰ anos, ou seja, 6,4 x 10⁹ anos na sequência principal.

Já para uma estrela com a metade da massa do Sol estará na sequência principal por aproximadamente

$$t = \frac{10}{0,5^{2,5}} \quad t = \frac{10}{0,5^2 \sqrt{0,5}}$$

$t = 57$ vezes o tempo de vida da sequência principal do Sol

Essa estrela (0,5 M_{\odot}) fundirá hidrogênio em seu núcleo por cerca de 57×10^{10} anos, ou seja, 57 bilhões de anos na sequência principal.

Segundo Freedman e Kaufmann III (2008) podemos relacionar a massa e a luminosidade das estrelas que estão na sequência principal. E como a energia da fusão do hidrogênio é liberada gradualmente ao longo de milhões ou bilhões de anos. E assim podemos dizer que a luminosidade de uma estrela é aproximadamente proporcional à potência de 3,5 de sua massa :

$$L \propto M^{3,5}$$

E podemos também relacionar essa energia como a luminosidade, vale destacar que essa relação é apenas uma aproximação, pois a luminosidade de uma estrela não é muito constante ao longo de todo o seu tempo de vida na sequência principal. Assim podemos escrever:

$$E = L t$$

E que o tempo de vida (t) de uma estrela na sequência principal é proporcional à sua massa (M) dividida por sua luminosidade (L), ou seja, podemos escrever a seguinte relação:

$$t \propto \frac{M}{L}$$

Na figura 26 um diagrama de massa-luminosidade e observamos que as massas das estrelas (todas na sequência principal) variam entre 0,1 e 50 massas solares, enquanto as luminosidades das estrelas variam entre 10^{-4} e 10^6 vezes a luminosidade do sol

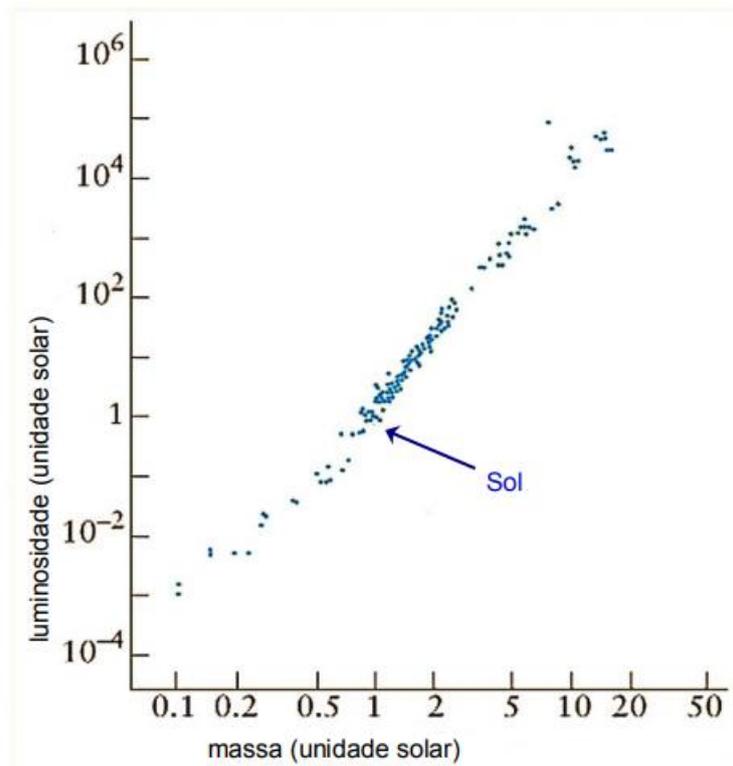


Figura 26 – Diagrama massa-luminosidade na sequência principal
<http://lilith.fisica.ufmg.br/~querrero/notas-fis004/08-evolucao-02.pdf>

Observamos que a luminosidade da estrela é tanto maior quanto maior é a sua massa, resulta que o tempo de vida é controlado pela massa da estrela, ou seja, quanto mais massiva a estrela, mais rapidamente ela gasta sua energia, e menos tempo ela dura. Assim, como uma estrela azul emite muito mais que o Sol, ou seja, a sua luminosidade é muito superior a luminosidade solar, ela deverá viver muito menos que o Sol, a menos que o reservatório de energia seja muito maior e compense esse fator. Na prática, a diferença em energia é pequena, e a taxa de emissão da energia é o que determina o tempo de vida. Por outro lado, estrelas com luminosidade inferior que o Sol, devem brilhar por muito mais tempo, continuando por mais tempo na sequência principal que o próprio Sol (FREEDMAN e KAUFMANN III, 2008).

3 FUNDAMENTAÇÃO PEDAGÓGICA

3.1 Fundamentação na teoria da aprendizagem segundo Ausubel

A teoria cognitiva de aprendizagem proposta pelo psicólogo americano David Paul Ausubel (1918 - 2008) apresenta a aprendizagem significativa como conceito mais importante da sua teoria, onde o conhecimento prévio do aprendiz é um fator motor desse processo.

Segundo Moreira (2016) A aprendizagem é dita significativa quando um processo pelo qual um novo conteúdo se relaciona com um aspecto relevante da estrutura cognitiva do aprendiz, a qual Ausubel define como conceito subsunçor. Assim, a interação do novo conteúdo não deve ocorrer com qualquer aspecto da estrutura cognitiva e sim com conhecimentos relevantes do aprendiz. Portanto na sua teoria a aprendizagem significativa ocorre quando o novo conteúdo (dado, informação) ancora-se em subsunçores, os conhecimentos relevantes que já existem na estrutura de conhecimento de quem aprende.

A aprendizagem significativa processa-se quando o material novo, ideias e informações que se apresentam uma estrutura lógica, interage com conceitos relevantes e inclusivos, claros e disponíveis na estrutura cognitiva, sendo por eles assimilados, contribuindo para sua diferenciação, elaboração e estabilidade. (MOREIRA, 2016, p. 14)

Segundo Moreira et al. (2016) ver o armazenamento da informação na mente do aprendiz como sendo altamente organizado, estruturado por uma hierarquia conceitual na qual aspectos mais específicos de informações são relacionados, e assimilados a conceitos gerais, mais inclusivos. Essas estruturas cognitivas são estruturas hierárquicas de subsunçores que estão relacionados a experiências do aprendiz.

Nas atividades propostas no ensino de astronomia, onde o aprendiz tem conceitos de nebulosa e estrela, estes podem ser utilizados de subsunçores para novas informações referentes a ciclo de uma estrela, gigante vermelha,

supernova etc. Uma vez que essas novas informações são aprendidas de forma significativa, em interação com os conceitos gerais preexistentes de nebulosa e estrela, estes se tornarão mais elaborados, podendo ancorar novos conceitos relacionados ao tema estudado. No conhecimento de conceito estrela, por exemplo, serão incorporados os conceitos de estrelas gigantes, supergigantes, anãs, e ficarão, portanto, mais diferenciado.

Sabemos da importância dos conceitos relevantes na estrutura cognitiva do estudante, porque eles auxiliam na organização, incorporação, compreensão e fixação das novas informações, desempenhando assim, uma ancoragem com os subsunçores já existentes. Para os novos conceitos, eles serão incorporados, aprendidos à medida que haja outros conceitos relevantes, adequadamente claro e disponível na estrutura cognitiva do estudante, e estes subsunçores relevantes funcionarão como pontos de ancoragem para os novos conceitos.

Na aprendizagem mecânica ocorre quando o novo conteúdo é memorizado pelo estudante de forma arbitrária e conseqüentemente não consegue ancorar ao conhecimento prévio, e assim, a aprendizagem não será significativa, pois a aprendizagem de novas informações não apresentará com pouca ou nenhuma interação com os conceitos relevantes já existentes na estrutura de conhecimentos do estudante. Essa aprendizagem não possui significado para o estudante, e os conteúdos aprendidos de forma mecânica não irão ancorar aos conteúdos prévios relevantes, e até por isso os novos conhecimentos são decorados por um curto período e rapidamente são esquecidos.

A aprendizagem mecânica é necessária em situações em que a aprendizagem de novos conceitos apresenta nenhuma, ou ainda, pouca interação com os conceitos relevantes existentes na estrutura de conhecimentos dos estudantes. A princípio, essa aprendizagem será realizada através de memorização sem interação com a informação existente. A aprendizagem mecânica acontecerá até que alguns conceitos sejam

incorporados de forma relevantes na estrutura cognitiva dos estudantes e sirvam de subsunçores para novos conceitos.

Os organizadores prévios

Os organizadores prévios são instrumentos que são aplicados com o objetivo de facilitar ou permitir a integração dos novos conhecimentos que serão aprendidos. Um organizador prévio é um material de introdução de conceitos ausentes no conhecimento prévio do estudante. O conceito de nebulosa, por exemplo, não fazia parte do conhecimento prévio dos estudantes, então, para introduzir essa informação nova, o uso de vídeos (documentários e filmes), apresentações de computador (slides e textos) sobre o tema, são considerados como organizadores prévios (MOREIRA, 1999).

A aprendizagem, numa perspectiva significativa, recomenda o uso dos organizadores prévios, pois esses são os facilitadores na construção dos conceitos que serão a base que irá ancorar os novos conceitos.

O uso de organizadores prévios é uma estratégia proposta por Ausubel para, deliberadamente, manipular a estrutura cognitiva, a fim de facilitar a aprendizagem significativa. Organizadores prévios são materiais introdutórios apresentados antes do material a ser aprendido em si. Contrariamente a sumários, que são, em geral, apresentados ao mesmo nível de abstração, generalidade e inclusividade, simplesmente destacando certos aspectos do assunto... Organizadores são apresentados em um nível mais alto de abstração, generalidade e inclusividade. Segundo o próprio Ausubel, no entanto, a principal função do organizador prévio é a de servir de ponte entre o que o aprendiz já sabe e o que ele deve saber, a fim de que o material possa ser aprendido de forma significativa, ou seja, organizadores prévios são úteis em facilitar a aprendizagem significativa na medida em que funcionam como “pontes cognitivas”. (MOREIRA, 1999, p.155)

Uma condição para ocorrência da aprendizagem significativa está relacionada ao uso de material potencialmente significativo, e isso porque incorpora o conceito aprendido na estrutura cognitiva do estudante. basicamente aos conhecimentos prévios dos estudantes.

Outra condição é que o estudante manifeste uma disposição para participar desse processo de ensino-aprendizagem, ou seja, incorporar o conceito apresentado a sua estrutura cognitiva, independentemente o quanto o material apresentado seja potencialmente significativo. Pois a forma como o estudante atuará no processo de aprendizagem, assim como o seu produto, indicará se a aprendizagem será mecânica ou significativa.

Orientações legais

Podemos encontrar objetivos e uma lista de competências e habilidades nos Parâmetros Curriculares Nacionais (PCNs) e norteando o planejamento das aulas de Física. E especificamente na seção Conhecimentos de Física, destaca-se a importância da Física na formação do cidadão enfatizando o processo histórico. Projetando uma estruturação dos conteúdos através de eixos temáticos que possibilitam uma maior flexibilidade tanto na escolha de conteúdos quanto na abordagem metodológica, possibilitando ao educando desenvolver uma visão global do mundo e de suas tecnologias. E encontramos alguns dos objetivos de Física nos PCNs:

Espera-se que o ensino de Física, na escola média, contribua para a formação de uma cultura científica efetiva, que permita ao indivíduo a interpretação dos fatos, fenômenos e processos naturais, situando e dimensionando a interação do ser humano com a natureza como parte da própria natureza em transformação. Portanto, é essencial que o conhecimento físico seja explicado como um processo histórico, objeto de contínua transformação e associado às outras formas de expressão e produção humanas. É necessário que essa cultura em Física inclua a compreensão do conjunto de equipamentos e procedimentos técnicos ou tecnológicos, do cotidiano doméstico, social e profissional. (BRASIL, 2002, p. 229).

A Base Nacional Comum Curricular (BNCC) propõe que a componente curricular de Física seja organizada em seis unidades curriculares que contemplam os campos de conhecimento da Física respectivamente, Movimentos de Objetos e Sistemas, Energias e suas Transformações; Processos de Comunicação e Informação; Eletromagnetismo – Materiais e Equipamentos; Matéria e Radiações – Constituição e Interações; e Terra e Universo – Formação e Evolução.

3.2 O uso de jogos educativos

Pensando nas atividades em sala de aula foi elaborado um jogo com o objetivo de proporcionar o ensino e a aprendizagem dos estudantes. A aplicação do jogo vai além do momento lúdico do jogar, tem o objetivo pedagógico promover o processo de ensino-aprendizagem sobre evolução estelar.

O jogo não é só um momento lúdico, ele é elaborado analisando quais conhecimentos podem ser explorados, conectados, e contextualizados com a realidade dos estudantes. Ele deve promover uma situação lúdica, mas num contexto de um conjunto de orientações, regras com objetivos bem definidos, favorecendo a aprendizagem de temas planejados na sua aplicação. E sobre o jogo educativo observamos a seguinte citação:

Umam definem as origens e fundamento do jogo em termos de descarga da energia vital superabundante, outras como satisfação de um certo "instinto de imitação", ou ainda simplesmente como uma "necessidade" de distensão. Segundo uma teoria, o jogo constitui uma preparação do jovem para as tarefas sérias que mais tarde a vida dele exigirá, segundo outra, trata-se de um exercício de autocontrole indispensável ao indivíduo. Outras veem o princípio do jogo como um impulso inato para exercer uma certa faculdade, ou como desejo de dominar ou competir. Teorias há, ainda, que o consideram uma "ab-reação", um escape para impulsos prejudiciais, um restaurador da energia dispendida por uma atividade unilateral, ou "realização do desejo", ou uma ficção destinada a preservar o sentimento do valor pessoal. (HUIZINGA, 2000, p. 5)

Na elaboração de um jogo educativo é importante saber quais são os objetivos, temas, além da sua dinâmica. O seu uso promove o desenvolvimento de habilidades, como por exemplo, a tomada de decisão, atenção, análise, concentração e que são importantes no jogo e na aprendizagem. O uso de um jogo educativo visa favorecer o desenvolvimento do ensino aprendizagem nas aulas de física, por exemplo, e seja qual for o tema, mas no caso em questão, serão tópicos de astronomia.

A ação do jogo educativo será pautada não só no momento lúdico, mas como meio facilitador na construção da aprendizagem dos estudantes. Nem

será casual e aleatório, mas aplicado no momento e etapa planejada nas atividades de ensino. Potencializando o poder do jogo no aprendizado.

O jogo é uma atividade ou ocupação voluntária, exercida dentro de certos e determinados limites de tempo e de espaço, segundo regras livremente consentidas, mas absolutamente obrigatórias, dotado de um fim em si mesmo, acompanhado de um sentimento de tensão e de alegria e de uma consciência de ser diferente da "vida quotidiana". (HUIZINGA, 2000, p.24)

Para introduzir um jogo educativo no ambiente escolar é extremamente importante planejar a atividade para não ficar o jogo pelo jogo, pois deve considerar que o uso dele é uma oportunidade de explorar a dinâmica de sua aplicação com os conceitos que os estudantes estejam com dificuldade. É conjunto de ações estratégicas que podem influenciar no aprendizado do estudante. Mesmo com o jogo já existente, esse uso deve ser planejado para incorporar os temas de ensino com a prática do jogo. Nesse sentido, aplicar o xadrez numa aula de física, por exemplo, já sabemos qual é a dinâmica do xadrez e suas regras, falta analisar se o tema que será estudado pode ser explorado numa partida de xadrez. Caso, isso não aconteça, será apenas uma partida de xadrez.

No caso anterior, o xadrez poderia ser explorado no deslocamento das peças, observando as suas posições e localizar as mesmas no tabuleiro usando as coordenadas, como é orientado na anotação dos lances numa partida de xadrez. Se o tema da aula for posição, deslocamento, por exemplo, fará sentido a prática do jogo e os conceitos abordados.

O jogo, como promotor da aprendizagem e do desenvolvimento, passa a ser considerado nas práticas escolares como importante aliado para o ensino, já que colocar o aluno diante de situações de jogo pode ser uma boa estratégia para aproximá-lo dos conteúdos culturais a serem veiculados na escola, além de poder estar promovendo o desenvolvimento de novas estruturas cognitivas. (KISHIMOTO, 2017, p.102)

O uso dos jogos educativos numa atividade de ensino aprendizagem são instrumentos facilitadores de aprendizagem. É necessário escolher o jogo a ser

aplicado, planejar as atividades e conceitos abordados, alinhando a uma fundamentação de teoria de aprendizagem. Inicialmente, são os três pontos a definir:

1. Qual jogo?
2. Quais conceitos serão abordados?
3. Qual teoria de aprendizagem será fundamentada?

O que é importante nesse conjunto são os elementos dele, e não a ordem dos elementos, pois eles estão relacionados entre si. Não é um processo linear, necessita analisar todos os componentes nessa ação de introduzir um jogo, como recurso didático, abordando tópicos de estudos selecionados previamente.

4 PRODUTO EDUCACIONAL

4.1 O jogo de tabuleiro: *Via Solare*

Saber quais são os conceitos que serão abordados e os motivos, já é um ponto de partida para elaborar a atividade de ensino. O passo seguinte é pesquisar um jogo que atenda às necessidades no processo de ensino aprendizagem, e essa etapa não será uma tarefa tão simples de realizar, pois o tipo de jogo será relacionado com os conteúdos. E nesse caso, pode até ser jogos adaptados, ou ainda, criar o seu próprio jogo.

A minha opção foi criar um jogo que atendesse as necessidades da minha atividade proposta no ensino de tópicos de astronomia baseados numa perspectiva da aprendizagem significativa de Ausubel.

O enredo do jogo é baseado no ensino de astronomia, e os conceitos utilizados foram: nebulosas, sistema solar, estrelas e evolução estelar. Tendo em consideração as orientações que os parâmetros curriculares nacionais (PCN) e a Base Nacional Curricular Comum (BNCC) informam sobre o ensino da astronomia.

Elaboração do jogo

O jogo criado foi nomeado *Via Solare*, uma tradução do italiano para o português é Caminho Solar. E nessa construção foi pensado uma maneira de unir o lúdico com o ensino da astronomia.

O *Via Solare* é um jogo de tabuleiro, especificamente, um jogo de trilha, e possui todos os elementos que caracterizam o tipo de jogo. Então, nesse jogo temos uma trilha com início e fim, as regras para praticar o jogo, assim como o tabuleiro e o jogo físico.

A trilha é realizada num único percurso, e esse trajeto foi desenhado para todos os participantes do jogo. Não apresenta ramificações, apenas os trechos são divididos em quatro cores. Então o jogo tem uma trilha com quatro

trechos coloridos que é percorrida sobre o tabuleiro, onde apresenta um ponto de partida e outro de chegada.

Cada trecho da trilha é composto por oito quadrinhos. Eles são de quatro cores: verde, cinza, rosa e laranja, se repetindo nessa ordem ao do trecho da trilha. E em cada trecho tem inserido um quadradinho preto. Esses quadrinhos representam as posições que os participantes podem ocupar ao longo do jogo. E assim, a trilha está estruturada num único percurso com quatro trechos destacados por cores distintas.

Os trechos da trilha

Vamos conhecer cada trecho da trilha e sua cor de destaque. A trilha é iniciada no trecho azul, nomeado trecho da Nebulosa como mostra a figura 27, é composta por uma seta indicando a posição inicial dos jogadores.



Figura 27 - Trecho da Nebulosa

O trecho amarelo ou trecho do Sol é o segundo trecho da trilha, e apresenta a mesma estrutura, com 8 quadrinhos coloridos do trecho azul como mostra a figura 28. Essa estrutura será observada nos demais trechos da trilha. Apenas o quadradinho preto que não guarda posição fixa nos trechos, ou seja, a sua posição no trecho não tem ordem definida.

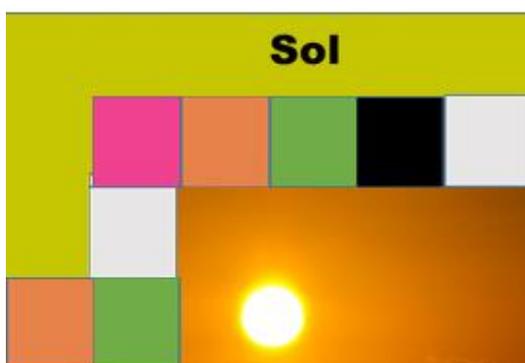


Figura 28 - Trecho do Sol

O trecho vermelho ou trecho da Gigante Vermelha é o terceiro trecho do jogo, a figura 29 mostra os quadrinhos coloridos, seguindo a mesma estrutura, dos trechos anteriores e com o quadrado preto sem posição fixa, além disso podemos notar o Sol ilustrado no tabuleiro do jogo.



Figura 29 - Trecho da Gigante Vermelha

O último trecho do jogo é o trecho branco ou trecho da Anã Branca, e como nos trechos anteriores apresenta a mesma quantidade de quadrinhos coloridos, e o quadrado preto sem posição fixa no percurso como ilustra a figura 30.



Figura 30 - Trecho da Anã Branca

Os cartões do jogo

Cada trecho tem o seu conjunto de cartões com perguntas e na frente e as respectivas respostas no verso do cartão. Cada posição da trilha, ou seja, cada quadrinho tem perguntas. E se o participante acerta a pergunta avança na trilha, caso contrário, permanece na mesma posição que se localiza antes da pergunta.

Cada trecho apresenta uma cor característica, e assim teremos também perguntas específicas para cada trecho. Então teremos no trecho azul perguntas relacionadas a nebulosas, já no segundo trecho, o azul, serão principalmente perguntas sobre o Sol e o seu sistema. No trecho vermelho teremos perguntas relacionadas principalmente sobre a fase de gigante vermelha do Sol. E finalizando o jogo, o último trecho, teremos perguntas relacionadas principalmente sobre o estágio final do ciclo de vida do Sol.

O jogo foi elaborado levando em consideração os conhecimentos prévios dos estudantes, e cada trecho do jogo busca relacionar os conceitos abordados em toda a trilha, ou seja, facilitando ancorar um novo conceito com aquele que já existia na estrutura cognitiva do estudante.

Os cartões do jogo *Via Solare* apresentam perguntas e resposta em cada lado do cartão. Na figura 31 mostra um exemplo do cartão que será usado no trecho azul da trilha. E na figura 32 mostra o cartão que será aplicado no trecho amarelo.

PERGUNTAS	RESPOSTAS
 Como é chamado popularmente o berçário de estrelas? Buraco negro, galáxia? ou nebulosa?	 Nebulosa.
 As nuvens moleculares de hidrogênio, poeira, plasma e outros gases ionizado são chamadas de supernova, nebulosa ou buraco negro?	 Nebulosa.
 A nebulosa de Helix lembra que figura, um cavalo, um olho ou carangueijo?	 Olho.
 As estrelas se formam nas nebulosas. Verdadeiro ou Falso?	 Verdadeiro.

Figura 31 – cartão do trecho da Nebulosa

PERGUNTAS	RESPOSTAS
<p>O Sol na fase final da sua vida dará origem a:</p> <p>a) um buraco negro b) Uma Anã branca e a uma nebulosa planetária c) uma supernova</p>	<p>b) Uma Anã branca e a uma nebulosa planetária.</p>
<p>Qual é estrela mais próxima da Terra: Sol, próxima Centauri ou Sirius?</p>	<p>Sol.</p>
<p>Qual é estrela mais próxima da Terra depois do Sol: Rigel, próxima Centauri ou Sirius?</p>	<p>Proxima Centauri</p>
<p>Na faixa da região habitável estão inseridos os planetas: Vênus e Terra ou Terra e Marte?</p>	<p>Terra e Marte;</p>

Figura 32 - cartão do trecho do Sol

Os componentes do jogo

O jogo educativo Via Solare, elaborado e aplicado na sala de aula apresenta os seguintes componentes:

- Um tabuleiro (modelo anexo);
- Um dado;
- 4 peças de cor diferente para cada jogador (botão, tampinhas, entre outros);
- 24 cartões com perguntas sobre nebulosas, sistema solar, sol e ciclo de uma estrela.

Nessa versão que foi aplicada, utilizei 24 cartões, onde cada trecho tinha um conjunto de seis cartões na sua cor. E cada lado do cartão tem quatro perguntas e suas respectivas respostas, que são indicadas pela posição do participante na trilha.

O jogo pode ser disputado por dois a quatro estudantes, mas pode ser disputado também em grupos, estabelecendo uma quantidade de dois a quatro grupos. Esses grupos podem ser em duplas, trios ou quartetos.

Modo de jogar:

Então vem agora as regras, ou seja, o modo de jogar, e toda a informação referente o jogo. Lembrando que temos um tabuleiro, um dado, quatro conjuntos de cartões nas cores: azul, amarela, vermelha e branca. Totalizando 24 cartões. E quatro objetos representando os participantes, ou seja, o avatar de cada participante ou grupo. Pode usar diversos objetos, mas com cores distintas, tampas de garrafas de água, ou suco, por exemplo. Eu usei quatro Pokémon diferentes, ambos da coleção do meu filho, mas pode usar qualquer outro objeto para representar o participante percorrendo a trilha.

Para iniciar o jogo devemos selecionar a ordem de cada participante ou grupo para jogar. Nesse sentido, os participantes ou representantes dos grupos lançarão o dado, aquele que obteve o maior número será o primeiro a jogar, e assim por diante, sempre mantendo a ordem obtida no jogo todo.

Nesse momento que todos têm a ordem definida de jogar e seu avatar no tabuleiro, o jogo é iniciado na ordem definida, e o participante lançará o dado, rolando-o sobre uma mesa, por exemplo, e verifica qual a face do dado está voltada para cima. O número indica a quantidade de quadrinhos que serão percorridos a partir da posição anterior ocupada pelo participante.

Vamos considerar que o participante esteja numa posição, como indica a figura 33, e no lançamento de dado o participante obteve o número cinco, por exemplo, então, ele irá percorrer cinco quadrinhos a partir da posição ocupada por ele.

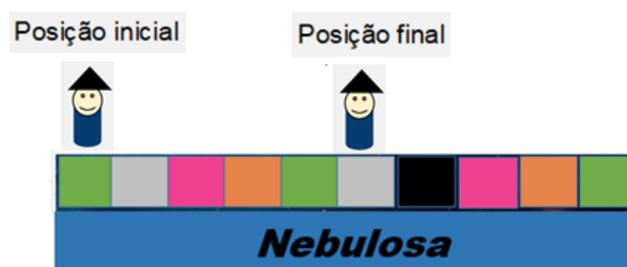


Figura 33 – Deslocamento do avatar no jogo

Usando, ainda o exemplo anterior, ilustrado na figura 33, o participante irá responder uma pergunta do cartão azul, pois está no trecho da Nebulosa, mas no quadrinho cinza, observando que a posição dele é num quadrinho dessa cor. Se ele acertar a resposta, conquista a posição, mas caso ele não acertar, ele retornará para a posição inicial, ou seja, a posição anterior que ele ocupava antes da pergunta. Mesmo se acertar, só é permitido jogar um lance de cada vez. E o próximo participante repetirá todos os passos anteriores, ou seja, lançará o dado, verificará qual o número obtido e assim realizará o deslocamento do seu avatar no tabuleiro. E se acertar conquista a nova posição, senão retorna para a posição que ocupava antes da pergunta. E assim por diante, todos participam na sua ordem de jogada.

A pergunta está relacionada ao trecho e a cor do quadrinho onde estará avatar do participante, assim podemos ter uma situação em que todos os participantes ocupem a mesma posição, isso não terá problema na prática do jogo, pois cada trecho tem diversos cartões com perguntas e respostas.

Na evolução estelar algumas estrelas massivas podem atingir no seu ciclo final de vida, como um buraco negro, mas isso vai depender da sua massa inicial. Pois bem, no Via Solare, abordei, principalmente o ciclo de vida do Sol, e como sabemos não irá se transformar numa supernova, porque ele não tem massa suficiente para explodir, portanto não será transformado num buraco negro. No jogo temos um quadrado preto em cada trecho. Mas não se trata de um buraco negro ou de uma eliminação do participante, a sua ocupação indica que o avatar voltará imediatamente a posição anterior, passando a vez para o próximo participante.

Na figura 34 observamos os estudantes participando do jogo Via Solare num ambiente escolar.



Figura 34 - Momento de aplicação do jogo

Resultado da partida

O vencedor será o participante que chegar na posição final primeiro. Ou ainda aquele que estiver mais próximo da chegada, ou seja, o participante que está numa posição mais perto do fim do jogo, isso pode acontecer quando não tiver tempo suficiente para concluir o jogo., ou seja, não termos nenhum avatar na última posição. Os participantes serão informados antes, das regras do jogo, assim como do critério da menor distância da posição do participante para a posição final do jogo. Portanto o jogo pode ser aplicado em qualquer intervalo de tempo. E como o jogo promove o debate e a discussão das perguntas, as questões podem ser discutidas após o participante responder, podendo isso levar mais tempo para concluir o jogo, mas vale lembrar que o objetivo desse jogo também é pedagógico, e não deixando de considerar o seu envolvimento lúdico.

O tabuleiro do jogo composto por todos os trechos e sinalizado pelas cores informadas e os seus respectivos nomes é mostrado na figura 35.

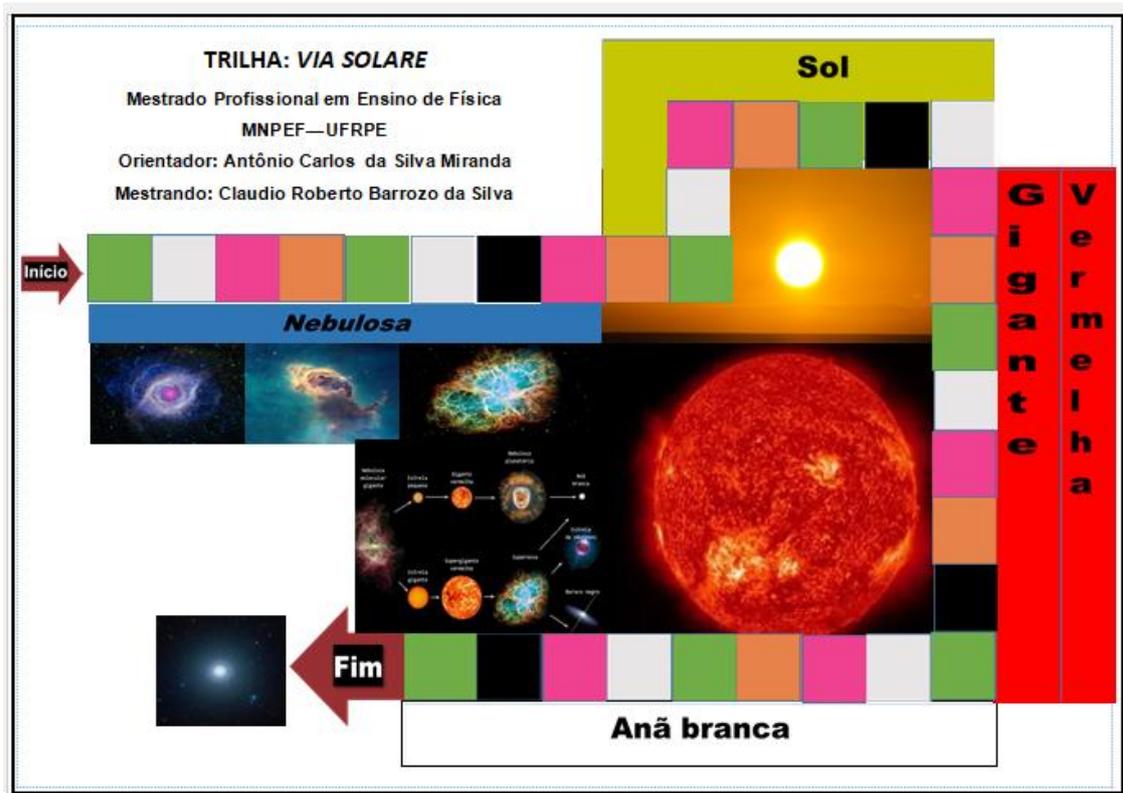


Figura 35 - O jogo de tabuleiro, Via Solare

5 APLICAÇÃO DO PRODUTO EDUCACIONAL

O estudo foi desenvolvido em uma escola da rede pública do município de Vicência - PE, numa classe composta por 40 alunos do 2º ano do Ensino Médio. Entende-se que a abordagem metodológica mais adequada para responder a problemática em questão, é a abordagem quantitativa. Este trabalho utiliza estratégias de aprendizagem, propiciando uma maior contextualização e significado para o tema de evolução estelar, e nesse propósito foram realizadas diversas atividades para explorar o ciclo de vida de uma estrela. Sendo assim, por se entender que esse tema atende aos critérios citados nas Orientações Educacionais Complementares aos Parâmetros Curriculares Nacionais (PCN+),

a experimentação deve ser uma constante no espaço escolar. Durante todo o desenvolvimento das habilidades e competências dos alunos essas atividades devem servir como fonte de construção de conhecimento pelo próprio aluno, pois é através do manusear, do fazer, do agir em diferentes formas e níveis que o conhecimento contemplado em sala de aula é construído espontaneamente. (BRASIL-MEC, 2002, p. 82).

A experimentação possibilita o estabelecimento de conexões e relações entre os diversos conhecimentos, tecnologias e cotidiano como forma de auxiliar os estudantes na compreensão do mundo contemporâneo.

Foi desenvolvida uma unidade de aprendizagem, e foram selecionadas atividades que motivassem e despertassem nos alunos o interesse de aprender sobre o ciclo de vida de uma estrela. A unidade de aprendizagem foi constituída de seis etapas realizadas conforme descrição a seguir:

Etapa 1 – problematização do conhecimento inicial dos estudantes por meio da aplicação de um teste de sondagem que era constituído de treze questões, seguido de discussão para identificar concepções prévias e interesses nos tópicos de astronomia;

Etapa 2 – uso de organizador prévio: apresentação de slides sobre nebulosas e estrelas, com vistas à compreensão e estruturação de subsunçores relevantes sobre o Sol e o ciclo de vida de uma estrela;

Etapa 3 – uso de organizador prévio: Documentário sobre o universo (Discovery Channel). Apresentação do tema gerador o “como funciona uma estrela, para que os estudantes, ao tentar buscar respostas, reconstruam seu conhecimento sobre o ciclo de vida de uma estrela;

Etapa 4 – uso de aula prática: a atividade foi realizada através um jogo de tabuleiro, especificamente uma trilha. Durante a atividade foi explorado as regras e objetivos do jogo com perguntas sobre os tópicos abordados.

Etapa 5 – debate sobre os trabalhos com identificação e discussão de dúvidas sobre o assunto. Foi reaplicado o questionário e realizar as comparações dos resultados obtidos pelos estudantes.

Etapa 6 – Análise e crítica dos dados obtidos nas duas situações, ou seja, antes e depois do uso dos organizadores prévios e, sobretudo a aplicação do jogo *Via Solare*. E entre outras ações, analisar as comparações dos resultados obtidos pelos estudantes.

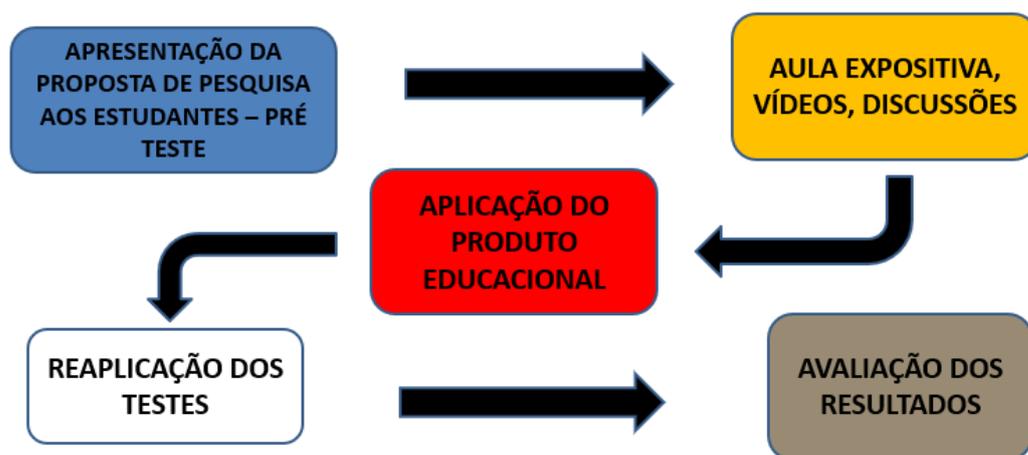


Figura 36 - Quadro geral das etapas desenvolvidas

Na figura 36 apresenta o quadro geral das atividades planejadas, do início ao término das atividades. Começando pela apresentação e aplicação dos testes de sondagem e a avaliação dos dados obtidos.

Na tabela 6 observamos o cronograma das etapas realizadas, apresentação e aplicação do teste de sondagem, as aulas sobre evolução estelar, aplicação do produto educacional, a reaplicação do teste inicial e a avaliação.

DESCRIÇÃO	DATA
APRESENTAÇÃO E APLICAÇÃO DO TESTE DE SONDAÇÃO	07/10/2019
USO DE VÍDEOS SOBRE O UNIVERSO	21/10/2019
USO DE SLIDES SOBRE EVOLUÇÃO ESTELAR	04/11/2019
APLICAÇÃO DO PRODUTO EDUCACIONAL	11/11/2019
REAPLICAÇÃO DO TESTE INICIAL	18/11/2019
AVALIAÇÃO	09/12/2019

Tabela 5 - O cronograma das etapas

O uso do teste de sondagem

A teoria da aprendizagem significativa mostra a importância dos subsunçores, existentes na estrutura cognitiva dos estudantes, para ancorar as novas informações num processo ativo e criando uma ponte significativa entre esses dois conhecimentos. E a falta desses subsunçores, podemos usar os organizadores prévios para promover uma aprendizagem onde o conteúdo seja incorporado na estrutura cognitiva dos estudantes, e depois, já existente possa ancorar os novos conteúdos com significados relevantes.

Para identificar os conhecimentos prévios dos estudantes foi aplicado um teste de sondagem objetivando identificar quais conhecimentos prévios, os estudantes tinham sobre os temas que iriam ser abordados, ou seja, saber

deles sobre conceitos de astronomia, e principalmente os tópicos relacionados para o estudo de evolução estelar.

A etapa seguinte foi analisar os resultados do teste de sondagem e com esses dados elaborar um planejamento, aproveitando os conhecimentos já existentes dos estudantes, e outros foram apresentados a eles. Levando em consideração que para que uma aprendizagem seja significativa, a internalização dos novos conceitos deveria estar relacionada aos conteúdos prévios dos estudantes.

A seleção de materiais facilitadores nesse processo com a perspectiva de Ausubel, trata dos organizadores prévios, que funcionam como pontes cognitivas, pois eles servirão para aproximar os conhecimentos já existentes com os novos que deverão ser incorporados na estrutura cognitiva do estudante.

Então nessas etapas foram utilizados diversos recursos, como slides e vídeos sobre o tema. É necessário fazer a leitura da realidade, planejar, replanejar, avaliar o processo de ensino aprendizagem. Assim explorar bem a capacidade de aprender e potencializar o seu rendimento dos estudantes.

A nossa capacidade de aprender, de que decorre a de ensinar, sugere ou, mais do que isso, implica a nossa habilidade de *apreender* a substantividade do objeto aprendido. A memorização mecânica do perfil do objeto não é aprendizado verdadeiro do objeto ou do conteúdo. Neste caso, o aprendiz funciona muito mais como *paciente* da transferência do objeto ou do conteúdo do que como sujeito crítico, epistemologicamente curioso, que constrói o conhecimento do objeto ou participa de sua construção. (FREIRE, 1996, p. 45)

E assim evitar a situação de passividade do estudante, deixando de ser um expectador, ou ainda um ouvinte, na exposição de conhecimento apresentada na sala de aula. Não promover o modelo de educação bancária. E explorar a grande capacidade do ser humano em aprender.

A segunda atividade foi o acesso a alguns vídeos da série: O universo (*The Universe*) produzido pelo canal americano History Channel. Essa série científica foi lançada em 2007 e esses vídeos podem ser acessados na internet. Além dos vídeos, foram usados slides tratando dos temas apresentados nos documentários.

Após os debates e vídeos, tivemos um outro momento importante nesse estudo, que foi a aplicação do produto educativo, ou seja, o uso do jogo. Foi apresentado aos estudantes o jogo de um modo geral, as regras e demais informações importantes para jogar. Na figura 37 mostra os estudantes jogando o Via Solare.



Figura 37 - Os estudantes usando o jogo *Via Solare*

Após detalhar as informações sobre o jogo, selecionamos as duplas de jogadores, cada dupla tinha um avatar para colocar sobre o tabuleiro, na sala de aula eu usei quatro Pokémon do meu filho, mas poderia ser cones, bonecos, pinos, objeto com cores diferentes e que podem ser apoiados na trilha. Depois foi selecionada a ordem de cada dupla para iniciar o jogo.

Como já tinha citado, após a pergunta realizada, aguardamos a resposta do participante, para todas as perguntas feitas, as respostas certas serão

informadas para os jogadores, promovendo a atenção dos estudantes, mas também aproveitamos o momento para debater as perguntas.

E durante as duas aulas de 50 minutos, o tempo foi suficiente para termos uma dupla vencedora, após várias rodadas, conhecemos os vencedores. Caso nenhuma dupla finalizasse o percurso, usaríamos a regra do jogo, e nesse caso, a dupla vencedora seria aquela que estivesse mais próxima da chegada final.

Na figura 38 observamos os estudantes em um momento de atenção, durante uma pergunta realizada.



Figura 38 - Os estudantes jogando o *Via Solare*.

Após o término do jogo, tivemos um momento para debater sobre a atividade, sobre o jogo. Falamos sobre física, evolução estelar e jogo Via Solare. Os estudantes fizeram diversos comentários, como por exemplo:

- O jogo é bom;
- Foi a primeira vez que jogaram esse tipo de jogo;
- O jogo ajudou a entender o assunto;
- Se poderia jogar em outras aulas;
- Se poderia fazer com outros temas;
- Se poderia aplicar em outras disciplinas como biologia e química

- Onde poderiam comprar ou baixar o jogo?

Os estudantes pensaram que tinha comprado o jogo, demonstraram interesse nessa prática, e até me perguntaram se poderia aplicar para outros conteúdos e disciplinas (citaram duas disciplinas: química e biologia). E no final falei que tinha elaborado o jogo, para surpresa deles que queriam comprar e saber qual sítio eletrônico poderiam adquirir o jogo.

Na figura 39 podemos observar a etapa onde ocorreu a reaplicação do teste inicial, com objetivo de comparar os dados obtidos com os primeiros resultados. Fornecendo dados para analisar e avaliar os resultados. E nesse encontro final tivemos um debate sobre as atividades desenvolvidas, os temas abordados e o jogo aplicado. E relataram sobre a satisfação que tiveram nas atividades desenvolvidas e do jogo aplicado na sala de aula.



Figura 39 - Estudantes respondendo os testes aplicados

6 APRESENTAÇÃO E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

O teste de sondagem foi aplicado com a finalidade de analisar as dificuldades e os conhecimentos dos estudantes, para que assim fosse possível uma posterior interação entre os conhecimentos prévios dos estudantes e os conhecimentos novos abordados sobre o conteúdo, favorecendo assim, a aprendizagem significativa.

1. Como é chamado popularmente berçário de estrelas?

- a) buraco negro
- b) galáxia
- c) **nebulosa**
- d) pulsar

2. Os astrônomos utilizam a unidade ano-luz nas suas atividades de pesquisa.

Essa unidade é utilizada para medir:

- a) Velocidade
- b) **distância**
- c) quasar
- d) massa

3. Qual é estrela mais próxima da Terra?

- a) **Sol**
- b) Próxima Centauri
- c) Rigel
- d) Sirius

4. O que representa Unidade astronômica?

- a) **é a distância da Terra para o Sol**
- b) é a distância da Terra para a Lua
- c) é a distância da Terra para a Marte
- d) é a distância da Terra para Júpiter

5. Como é chamada a explosão muito violenta que ocorre na fase final da evolução estelar de estrelas de grande massa?

- a) gigante vermelha
- b) anã branca
- c) **supernova**
- d) buraco negro

6. Como é chamada a nuvem de matéria estelar expelida na fase final da evolução de uma estrela de pequena massa?

- a) **nebulosa planetária**
- b) supernova
- c) buraco negro
- d) estrela de nêutrons

7. O Sol na fase final da sua vida dará origem a:

- a) um buraco negro
- b) **uma Anã branca e a uma nebulosa planetária**
- c) uma supernova
- d) uma estrela de nêutrons

8. Quanto tempo, aproximadamente, a luz solar completa o trajeto Sol -Terra?

- a) 15 minutos
- b) 10 minutos
- c) 9 minutos
- d) **8 minutos**

9. As estrelas passam a maior parte da sua vida na:

- a) **sequência principal**
- b) gigante vermelha
- c) supernova
- d) anã branca

10. Considere o Sol como uma bola de basquete. Nesse caso a Terra seria uma:

- a) **pequena bola de gude**
- b) bola de tênis
- c) bola futebol de campo
- d) bola de sinuca

11. Como é denominado o objeto extremamente denso e com gravidade tão intensa que nem a própria luz consegue escapar?

- a) nebulosa planetária
- b) supernova
- c) **buraco negro**
- d) estrela de nêutrons

12. As estrelas produzem a sua energia através de reações químicas:

- a) fissão nuclear
- b) **fusão nuclear**
- c) combustão
- d) irradiação

13. Dependendo da quantidade de matéria, uma estrela na fase de supernova, irá se transformar em uma estrela de nêutrons ou em um buraco negro.

- a) **Verdadeiro**
- b) Falso

Análise das respostas do teste de sondagem

A primeira questão do pré-teste questionava os conhecimentos dos estudantes sobre nebulosa. Apenas 20% dos estudantes acertaram essa questão.

A segunda questão estava relacionada a unidade ano-luz. E foi questionado o que essa unidade é utilizada para medir. Nessa questão teve um bom rendimento, pois 90% dos estudantes acertaram essa questão.

A terceira questão foi perguntado qual seria a estrela mais do planeta Terra. E apresentaram um bom rendimento, pois 80% dos estudantes acertaram essa questão.

A quarta questão estava relacionada a unidade astronômica. E foi questionado o que essa unidade representa para medir. Nessa questão teve um bom rendimento, pois 90% dos estudantes acertaram essa questão.

Na quinta questão estava relacionada a supernova. E foi questionado como é chamada a explosão violenta que ocorre na fase final da evolução de uma estrela de grande massa. E essa questão não teve um bom rendimento, pois 40% dos estudantes acertaram essa questão.

A sexta questão estava relacionada a nebulosa planetária. E foi questionado como é chamada a nuvem de matéria estelar é expelida fase final da evolução de uma estrela de pequena massa. Nessa questão não teve um bom rendimento, pois 30% dos estudantes acertaram essa questão.

A sétima questão estava relacionada a nebulosa planetária e anã branca como estágio final no ciclo de vida do Sol. E foi a única questão que não teve acerto, ou seja, nenhum estudante acertou essa questão.

A oitava questão foi perguntado sobre o tempo que a luz do Sol leva para chegar na Terra. O resultado observado foi que 60% dos estudantes acertaram essa questão.

A nona questão estava relacionada a sequência principal. E foi questionado onde as estrelas passam a maior parte da sua vida. Nessa questão não teve um bom rendimento, pois 40% dos estudantes acertaram essa questão.

A décima questão estava relacionada a comparação do Sol e a Terra em termos de tamanho. E foi questionado qual bola (gude, tênis, futebol de campo

ou sinuca) a Terra seria comparada ao tamanho do Sol, considerando o mesmo como uma bola de basquete. E, ao contrário da sétima questão, todos os estudantes acertaram essa questão.

A décima primeira questão estava relacionada a um buraco negro. E foi questionado qual é o objeto extremamente denso e com gravidade tão intensa que nem a própria luz consegue escapar. E apresentou um bom rendimento, pois 80 % dos estudantes acertaram essa questão.

A décima segunda questão estava relacionada a fusão nuclear. E foi questionado qual processo as estrelas produzem a sua energia. E não apresentou um bom rendimento, pois 30 % dos estudantes acertaram essa questão.

A décima terceira questão estava relacionada a massa inicial de uma estrela e seu estado final de vida. E foi questionado, se era verdadeiro ou falso, que uma estrela na fase de supernova se transforma em uma estrela de nêutrons ou um buraco negro, dependendo da massa inicial da estrela. E não apresentou um bom rendimento, pois 30 % dos estudantes acertaram essa questão.

A tabela 6 apresenta o percentual dos estudantes em relação ao número de acertos das questões.

Número de acertos	Percentual dos estudantes
9	20
8	30
6	30
5	20

Tabela 6 – Resultados do teste de sondagem

Fazendo uma análise, a partir dos dados da tabela, observamos que metade da turma acertou menos de 7 questões num conjunto de treze questões.

Os resultados da reaplicação dos testes após a aplicação do produto

No segundo teste, ou seja, a reaplicação do teste inicial, os resultados obtidos foram bem melhores do que os resultados observados no primeiro teste que tinha sido aplicado no momento inicial das atividades em estudo para identificar os conhecimentos prévios dos estudantes.

Nessa etapa tivemos resultados, no mínimo, igual ao superior a 8 acertos num conjunto de treze questões aplicadas. Fazendo uma análise nos dados obtidos, observamos que tivemos estudantes que acertaram 8 ou 9 questões, isso representa 43% dos participantes. Foi observado também que alguns estudantes acertaram 10 ou 11 questões, e outros estudantes, representando 14% dos participantes, conseguiram acertar todas as treze questões do teste aplicados.

Podemos observar os resultados dos dois testes aplicados na tabela 7.

QUESTÃO	TESTE 1	TESTE 2
Questão 1	20%	80%
Questão 2	50%	90%
Questão 3	60%	90%
Questão 4	50%	90%
Questão 5	40%	100%
Questão 6	30%	80%
Questão 7	0%	80%
Questão 8	30%	80%
Questão 9	40%	90%
Questão 10	60%	100%
Questão 11	60%	100%
Questão 12	30%	90%
Questão 13	30%	80%

Tabela 7 - Os resultados obtidos pelos estudantes nos dois testes.

A tabela 7 mostra que os rendimentos das duas situações, ou seja, antes e depois das atividades aplicadas em sala de aula. Esses resultados obtidos fornecem dados importantes para concluir que o uso do jogo aplicado, Via Solare promoveu uma aprendizagem, potencialmente significativa.

A figura 40 apresenta os acertos dos estudantes, por questão, nos dois testes aplicados. No gráfico a cor azul representa os acertos no teste 1 (teste de sondagem) e a cor vermelha os acertos no teste 2 (reaplicação do teste de sondagem)

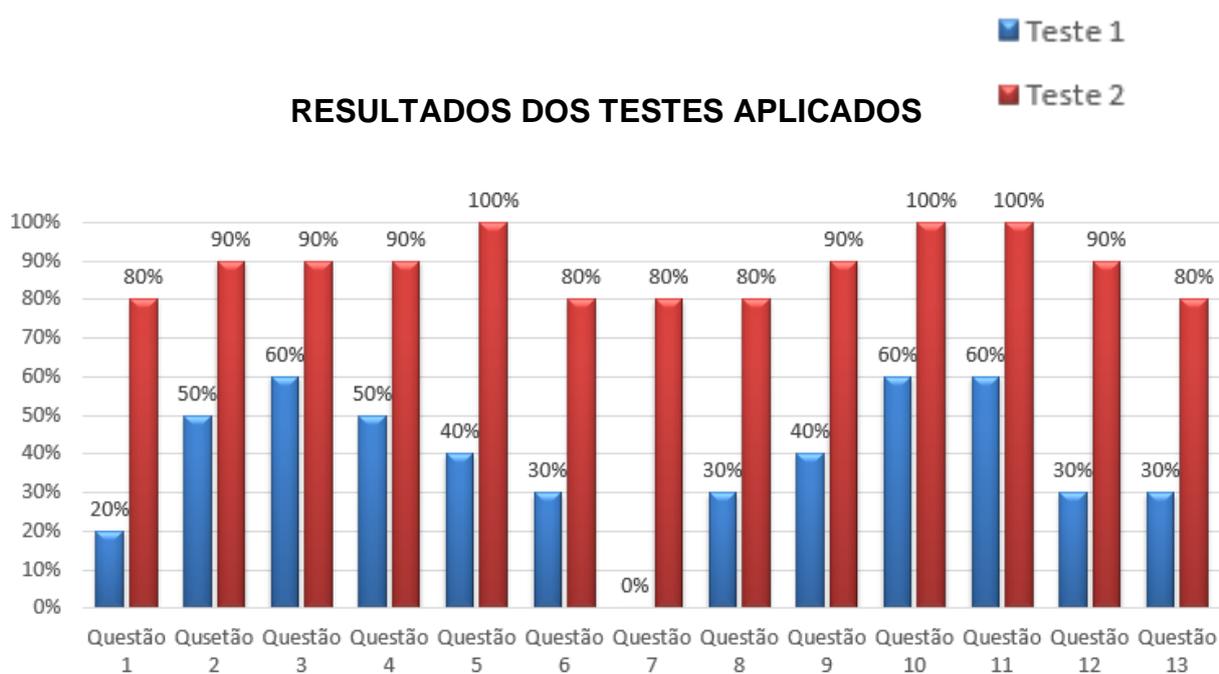


Figura 40 – Resultados dos testes aplicados

O primeiro passo foi identificar os conhecimentos prévios dos estudantes sobre evolução estelar. E comparando os resultados nos dois testes aplicados, observamos que os resultados do segundo teste, apresentou um rendimento melhor. Observei que a aplicação do produto educacional promoveu a interação dos conhecimentos de evolução estelar com os conhecimentos apresentados nos encontros. Os debates realizados no início tiveram um desenvolvimento progressivo, pois os estudantes, passaram comentar os temas abordados, relacionando com outros já estudados. Assim, temos uma

interação entre esses conhecimentos, de forma significativa, ou seja, uma associação dos conhecimentos novos com os conhecimentos previamente existentes na estrutura cognitiva dos estudantes.

7 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O presente trabalho busca apontar as possibilidades para a inclusão de tópicos da astronomia no ensino médio, particularmente temas relacionados a evolução estelar. Ele traz essa abordagem considerando as orientações sob os aspectos legais segundo os documentos oficiais da educação básica (PCNEM; PCN+), e a necessidade do atual ensino médio na inserção destes assuntos no currículo escolar da educação básica.

As atividades desenvolvidas foram fundamentadas pela teoria de aprendizagem significativa de Ausubel, que relaciona os conhecimentos novos como os conhecimentos prévios relevantes do estudante. Para promover uma aprendizagem significativa a informação nova deve ancorar num subsunçor específico existente na estrutura cognitiva do estudante. A identificação desses conhecimentos prévios é importante e norteador para as ações do professor referente ao planejamento e as atividades de ensino-aprendizagem da sua turma.

Estas atividades vivenciadas tiveram uma grande contribuição na construção do conhecimento dos estudantes do ensino médio, pois foi possível relacionar os conceitos da física das estrelas com os conhecimentos já existentes, ou ainda, recentemente incorporados nas atividades realizadas em sala de aula. O uso do Via Solare oportunizou aos estudantes uma visão da astronomia, a evolução estelar relacionando ao universo que nos cerca.

O bom rendimento obtido pelos estudantes no segundo teste, o seu empenho e participação ativa na aplicação do produto educacional validam o trabalho apresentado nesta dissertação. Assim como os comentários dos estudantes relatando a satisfação na prática do jogo, estimulando o debate, o questionamento. Isso evitar a memorização de respostas prontas, porque promove uma internalização com atribuição de significados, e o produto disso é fruto de uma aprendizagem significativa.

8 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ARANY-PRADO, I. L. **À luz das estrelas**. Rio de Janeiro DP&A Editora, 2006.

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

AUSEBEL, D. P.; NOVAK, J. D.; HANESIAN, H. **Educational psychology: a cognitive view**. 2a ed. Nova York, Holt Rinehart and Winston, 1978.

BRASIL. **Base Nacional Comum Curricular (BNCC)**. Brasília: Ministério da Educação, 2018.

_____. **Nacionais (PCN+). Ciências da Natureza e Matemática e suas tecnologias**. Brasília: Ministério da Educação, 2006.

_____. **Lei de diretrizes e Bases da educação (LDB) - Lei nº. 9.394/96**. Brasília: Ministério da Educação, 1996.

DAMINELI, Augusto et al. **O céu que nos envolve: Introdução à astronomia para educadores e iniciantes**. São Paulo: Editora Odysseus, 2011.

DAMINELI, Augusto e STEINER, João. **O fascínio do universo**. São Paulo: Editora Odysseus, 2010.

DEGL'INNOCENTI, E. Landi. **Fisica Solare - Collana di Fisica e Astronomia**. Milano: Springer, 2008

ESA. **Nascido na beleza: discos protoplanetários na nebulosa de Orion**. 2009. Disponível em:

<http://www.esa.int/Science_Exploration/Space_Science/Born_in_beauty_propl_yds_in_the_Orion_Nebula>. Acesso em: 22 ago. 2019.

_____. **Estertores de morte de borboleta**. 2014. Disponível em: <<http://www.esa.int/eseach?q=NGC+6302>>. Acesso em: 22 ago. 2019.

ESO. **A Nebulosa da Águia.** 2009. Disponível em: <<https://www.eso.org/public/brazil/images/eso0926a/>>. Acesso em 22 ago. 2019

FEYNMAN, Richard Phillips. **Física em 12 lições: Fáceis e não fáceis.** 2ª ed. Rio de Janeiro: Nova Fronteira, 2017

FREEDMAN, R. and KAUFMANN III, W. J. **Universe 8th Edition.** New York: W. H. Freeman and Company, 2008.

FREIRE, Paulo. **Pedagogia da autonomia: saberes necessários à prática educativa.** 3ª ed. São Paulo: Paz e Terra, 1996

HUIZINGA, Johan. **Homo Ludens: o jogo como elemento da cultura.** 4ª edição – reimpressão, São Paulo: Editora Perspectiva, 2000.

INGLIS, Mike. **L'astrofísica è facile!** Italia: Springer-Verlag, 2009

IVANISSEVICH, Alicia et al. **Astronomia hoje.** Rio de Janeiro: Instituto Ciência hoje, 2010.

KISHIMOTO, Tizuko Morchida (org). **Jogo, brinquedo, brincadeira e a educação.** 14ª ed. São Paulo: Editora Cortez, 2017.

SKY AND TELESCOPE. **Qual é a distância da estrela mais próxima?** 2014, disponível em < <https://skyandtelescope.org/astronomy-resources/far-closest-star/>> Acesso em 18 set. 2019.

LANGHI, R. & NARDI, R. **Educação em Astronomia.** São Paulo, Escrituras, 2012.

MATSAS, G.; VANZELLA, D. **Buracos negros: uma viagem aos abismos do universo.** In: NATALE, A. A.; VIEIRA, C. L. (Org). O universo sem mistérios:

uma visão descomplicada da física contemporânea: do Big Bang às partículas. Rio de Janeiro: Vieira e Lent, 2003.

_____. **Buracos negros: rompendo os limites da ficção**. Rio de Janeiro: Vieira e Lent, 2008.

MOREIRA M. A.; MASINI, E. A. F. S. **A teoria da aprendizagem significativa segundo Ausubel**. São Paulo: Centauro Editora, 2016.

_____. **Aprendizagem significativa: a teoria e textos complementares**. São Paulo: Livraria da Física, 2011.

_____. **Teorias da Aprendizagem**. São Paulo: Pedagogia e Universitária L.T.D.A., 1999.

NASA. **A Nebulosa da Hélice: Desvendando-se nas costuras**. 2012. Disponível em: <<https://www.jpl.nasa.gov/spaceimages/details.php?id=PIA15817>>. Acesso em: 20 ago. 2019.

_____. **WISE captura a nebulosa da lagoa no centro de ação**. 2011. Disponível em: <<https://www.jpl.nasa.gov/spaceimages/details.php?id=PIA13453>>. Acesso em: 20 ago. 2019.

_____. **Hubble vê uma cabeça de cavalo de cor diferente**. 2013. Disponível em: <<https://www.jpl.nasa.gov/spaceimages/details.php?id=PIA16008>>. Acesso em: 22 ago. 2019

_____. **Nebulosa de Caranguejo de Cinco Observatórios**. 2017. Disponível em: <<https://www.jpl.nasa.gov/spaceimages/details.php?id=PIA21474>>. Acesso em: 22 ago. 2019.

OLIVEIRA FILHO, K. S. e SARAIVA, M. F. O. **Astronomia e Astrofísica**. 3. ed. São Paulo: Editora Livraria da Física, 2014.

PERCY, J. R. **News Trends in Astronomy Teaching**. Cambridge: Cambridge University Press, 1998.

PERRENOUD, P. **Pedagogia diferenciada: das intenções à ação**. Porto Alegre: Artes Médicas, 2000.

SPARROW, Gilles. **50 ideias de astronomia**. São Paulo: Editora Planeta, 2018.

TYSON, Neil deGrasse. **Astrofísica para apressados**. 1ª ed. São Paulo: Editora Planeta, 2017.

_____ **Morte no Buraco Negro**. 2ª ed. São Paulo: Editora Planeta, 2016

.

TYSON, Neil deGrasse e GOLDSMITH, Donald. **Origens: catorze bilhões de anos de evolução**. 11ª ed. São Paulo: Editora Planeta, 2017.

APÊNDICE A - TESTE DE SONDAGEM



Nome:

Professor: Cláudio Roberto Barrozo da Silva

Leia com atenção e responda cada questão indicando a alternativa correta

1. Como é chamado popularmente berçário de estrelas?

- a) buraco negro
- b) galáxia
- c) nebulosa
- d) pulsar

2. Os astrônomos utilizam a unidade ano-luz nas suas atividades de pesquisa. Essa unidade é utilizada para medir:

- a) Velocidade
- b) distância
- c) quasar
- d) massa

3. Qual é estrela mais próxima da Terra?

- a) Sol
- b) Próxima Centauri
- c) Rigel
- d) Sirius

4. O que representa Unidade astronômica?

- a) é a distância da Terra para o Sol
- b) é a distância da Terra para a Lua
- c) é a distância da Terra para a Marte
- d) é a distância da Terra para Júpiter

5. Como é chamada a explosão muito violenta que ocorre na fase final da evolução estelar de estrelas de grande massa?

- a) gigante vermelha
- b) anã branca
- c) supernova
- d) buraco negro

6. Como é chamada a nuvem de matéria estelar expelida na fase final da evolução de uma estrela de pequena massa?

- a) nebulosa planetária
- b) supernova
- c) buraco negro
- d) estrela de nêutrons

7. O Sol na fase final da sua vida dará origem a:

- a) um buraco negro
- b) uma Anã branca e a uma nebulosa planetária
- c) uma supernova
- d) uma estrela de nêutrons

8. Quanto tempo, aproximadamente, a luz solar completa o trajeto Sol -Terra?

- a) 15 minutos
- b) 10 minutos
- c) 9 minutos
- d) 8 minutos

9. As estrelas passam a maior parte da sua vida na:

- a) sequência principal
- b) gigante vermelha
- c) supernova
- d) anã branca

10. Considere o Sol como uma bola de basquete. Nesse caso a Terra seria uma:

- a) pequena bola de gude
- b) bola de tênis
- c) bola futebol de campo
- d) bola de sinuca

11. Como é denominado o objeto extremamente denso e com gravidade tão intensa que nem a própria luz consegue escapar?

- a) nebulosa planetária
- b) supernova
- c) buraco negro
- d) estrela de nêutrons

12. As estrelas produzem a sua energia através de reações nucleares:

- a) fissão nuclear
- b) fusão nuclear
- c) combustão
- d) irradiação

13. Dependendo da quantidade de matéria, uma estrela na fase de supernova irá se transformar em uma estrela de nêutrons ou em um buraco negro.

- a) Verdadeiro
- b) Falso

APÊNDICE B - OS CARTÕES E O TABULEIRO DO JOGO VIA SOLARE

Os cartões do trecho da Nebulosa:

PERGUNTAS	RESPOSTAS
<p> Como é chamado popularmente berçário de estrelas, buraco negro, galáxia ou nebulosa?</p>	<p> Nebulosa.</p>
<p> As nuvens moleculares de hidrogênio, poeira, plasma e outros gases ionizado são chamadas de supernova, nebulosa ou buraco negro?</p>	<p> Nebulosa.</p>
<p> A nebulosa de Helix lembra que figura, um cavalo, um olho ou carangueijo?</p>	<p> Olho.</p>
<p> As estrelas se formam nas nebulosas. Verdadeiro ou Falso?</p>	<p> Verdadeiro.</p>

PERGUNTAS	RESPOSTAS
<p> Quantos planetas constituem o Sistema Solar, 7, 8 ou 9?</p>	<p> Oito.</p>
<p> Qual o quinto planeta do Sistema Solar a contar a partir do Sol? Marte, Júpiter ou Saturno?</p>	<p> Júpiter.</p>
<p> Qual é oitavo planeta do Sistema Solar a contar a partir do Sol? Saturno, Urano ou Netuno?</p>	<p> Netuno.</p>
<p> A Via Láctea é uma galáxia em forma de disco em espiral onde o Sol se encontra no centro. Verdadeiro ou falso?</p>	<p> Falso.</p>

PERGUNTAS	RESPOSTAS
<p>Os astrônomos utilizam a unidade ano-luz nas suas atividades de pesquisa. Essa unidade é utilizada para medir velocidade, distância ou tempo?</p>	Distância
<p>Qual é o elemento com aproximadamente com 90% de abundância cósmica? Oxigênio, hidrogênio ou Hélio?</p>	Hidrogênio
<p>Qual o nome da Galáxia onde podemos encontrar o Sistema Solar? Andrômeda, Via Láctea ou Nuvem de Magalhães?</p>	Via Láctea
<p>Qual o sistema planetário a que pertence o planeta Terra é Via Láctea, Sistema Solar ou Andrômeda?</p>	Sistema Solar

PERGUNTAS	RESPOSTAS
<p>Qual é o chamado o objeto originado após a morte de uma estrela de dimensões gigantescas? Gigante vermelha, anã branca ou buraco negro?</p>	Buraco negro.
<p>O que o Sol na fase final da sua vida dará origem? Nebulosa planetária ou supernova?</p>	Nebulosa planetária
<p>Uma estrela de nêutrons é originada pela morte de uma estrela com massa superior a 8 massas solares, mas menos que 25 massas solares. Verdadeiro ou falso?</p>	Verdadeiro.
<p>As estrelas passam a maior parte da sua vida na Sequência principal, Gigante vermelha ou Supernova?</p>	Sequência principal.

PERGUNTAS

- Como é chamada a nuvem de matéria estelar expelida na fase final da evolução de uma estrela de pequena massa? Nebulosa planetária ou supernova?
- Como é denominado o objeto extremamente denso e com gravidade tão intensa que nem a própria luz consegue escapar, supernova ou buraco negro?
- Uma supernova é uma explosão muito violenta que ocorre nas estrelas de grande massa no final da sua evolução. Verdadeiro ou falso?
- Como são chamadas as aglomerações de gases ionizados, hidrogênio, hélio, poeira cósmica e plasma nebulosa ou anã branca?

RESPOSTAS

- Nebulosa planetária.
- Buraco negro.
- Verdadeiro.
- Nebulosa.

PERGUNTAS

- As estrelas até oito massas solares na fase final da sua vida serão supernovas ou gigantes vermelhas?
- Qual é a cor das estrelas de maior massa do que o Sol na fase de sequência principal vermelha, azul ou branca?
- Como é chamada a explosão muito violenta que ocorre na fase final da evolução estelar de estrelas de grande massa? Gigante vermelha, anã branca ou supernova?
- As estrelas formam-se a partir da contração dos gases e poeiras existentes nas gigantes vermelhas ou nebulosas?

RESPOSTAS

- Gigantes vermelhas
- Azul.
- Supernova.
- Nebulosas.

Os cartões do trecho do Sol:

PERGUNTAS	RESPOSTAS
<p> O Sol na fase final da sua vida dará origem a:</p> <p>a) um buraco negro b) Uma Anã branca e a uma nebulosa planetária c) uma supernova</p>	<p> b) Uma Anã branca e a uma nebulosa planetária.</p>
<p> Qual é estrela mais próxima da Terra: Sol, próxima Centauri ou Sirius?</p>	<p> Sol.</p>
<p> Qual é estrela mais próxima da Terra depois do Sol: Rigel, próxima Centauri ou Sirius?</p>	<p> Proxima Centauri</p>
<p> Na faixa da região habitável estão inseridos os planetas: Vênus e Terra ou Terra e Marte?</p>	<p> Terra e Marte;</p>

PERGUNTAS	RESPOSTAS
<p> O que representa Unidade Astronômica? É a distância da Terra para o Sol ou a distância da Terra a Lua?</p>	<p> É a distância da Terra para o Sol.</p>
<p> Qual é o valor aproximado da distância da Terra para o Sol em quilômetros? 150 mil ou 150 milhões?</p>	<p> 150 milhões.</p>
<p> Quantos planetas igual a Terra caberiam dentro do Sol? 100 mil ou um milhão?</p>	<p> Um milhão.</p>
<p> Quantos planetas igual a Júpiter caberiam dentro do Sol? 10, 100 ou 1000?</p>	<p> 1000.</p>

PERGUNTAS	RESPOSTAS
<p>■ Considere o Sol como uma bola de basquete. Nesse caso a Terra seria como uma pequena bola de gude, tênis ou futebol de campo?</p>	<p>■ Uma pequena bola de gude.</p>
<p>■ Considere o Sol como uma bola de basquete. Nesse caso Júpiter seria como uma pequena bola de gude, tênis ou futebol de campo?</p>	<p>■ Uma bola de tênis.</p>
<p>■ Qual é a distância da Terra para a estrela Próxima Centauri, aproximadamente em anos-luz, menos de 4 anos ou mais de 4 anos?</p>	<p>■ Mais de 4 anos-luz. (4,2 anos-luz).</p>
<p>■ Aproximadamente, Quanto tempo a luz solar completa o trajeto Sol -Terra, 8, 10 ou 15 minutos?</p>	<p>■ 8 minutos.</p>

PERGUNTAS	RESPOSTAS
<p>■ Quanto tempo, a luz da estrela Próxima Centauri completa o trajeto Próxima Centauri Terra? 3,4 ou 4,2 anos?</p>	<p>■ 4,2 anos.</p>
<p>■ Se VY Canis Majoris ocupasse o lugar do nosso Sol no Sistema Solar, esta estrela gigante, tomaria o lugar de todos os planetas juntos com Marte, Júpiter ou Saturno?</p>	<p>■ Saturno.</p>
<p>■ Qual é temperatura, aproximada, do núcleo solar, 10, 12 ou 15 milhões de Kelvin?</p>	<p>■ 15 milhões de Kelvin.</p>
<p>■ As estrelas produzem a sua energia através de reações químicas, de fissão nuclear ou de fusão nuclear?</p>	<p>■ Fusão nuclear</p>

PERGUNTAS	RESPOSTAS
<p>Qual é a região do Sol onde a energia é produzida, por reações termonucleares, núcleo ou fotosfera?</p>	Núcleo.
<p>Qual é a temperatura, aproximada, da fotosfera solar, 4000, 5000 ou 6000 Kelvin?</p>	6000 Kelvin.
<p>Qual é a camada visível do Sol, Cromosfera, fotosfera ou zona convectiva?</p>	Fotosfera.
<p>Em estrelas como o Sol a fusão nuclear ocorre mediante o chamado ciclo pp (próton-próton) ou ciclo CNO (carbono, nitrogênio e oxigênio)?</p>	Ciclo pp (próton-próton)

PERGUNTAS	RESPOSTAS
<p>No ciclo próton-próton ocorre a fusão do hidrogênio em hélio ou hélio em carbono?</p>	A fusão do hidrogênio em hélio.
<p>Qual é o tempo de vida estimado para o Sol 8, 10 ou 12 bilhões de anos?</p>	12 bilhões de anos.
<p>A radiação solar é o fluxo de energia emitida pelo Sol, ela é transmitida sob a forma de convecção ou radiação eletromagnética?</p>	Radiação eletromagnética.
<p>As estrelas mais quentes são de cor azul, amarela ou vermelha?</p>	Azul.

Os cartões do trecho da Gigante Vermelha:

PERGUNTAS	RESPOSTAS
<p> O Sol após consumir todo o seu hidrogênio se transformará numa estrela gigante azul, laranja ou vermelha?</p>	<p> Vermelha.</p>
<p> O Sol na fase final da sua vida dará origem a um buraco negro, verdadeiro ou falso?</p>	<p> Falso.</p>
<p> As estrelas de massa superior a oito vezes a massa do Sol morrem em grandes explosões chamadas de: Big Bang, supernovas ou nebulosas?</p>	<p> Supernovas.</p>
<p> No processo de gigante vermelha a zona habitável sofrerá alguma alteração? Sim ou não?</p>	<p> Sim.</p>

PERGUNTAS	RESPOSTAS
<p> A gigante vermelha irá incinera o planeta Mercúrio. Verdadeiro ou falso?</p>	<p> Verdadeiro.</p>
<p> A sequência principal é etapa mais longa ou mais curta da vida da estrela?</p>	<p> Mais longa.</p>
<p> Quanto maior a massa, mais quente, mais azul e mais luminosa será a estrela, e menor será o seu tempo de vida. Verdadeiro ou falso?</p>	<p> Verdadeiro.</p>
<p> Uma estrela vermelha é mais fria que uma estrela azul. Verdadeiro ou Falso?</p>	<p> Verdadeiro.</p>

PERGUNTAS	RESPOSTAS
<p>As estrelas são agrupadas em faixas de temperatura que vão desde as estrelas quentes e azuis até estrelas vermelhas e frias. Verdadeiro ou falso?</p>	Verdadeiro.
<p>Quando o Sol se tornar uma gigante vermelha seu raio irá incorporar as orbitas de Mercúrio e Marte. Verdadeiro ou falso?</p>	Falso.
<p>As estrelas são agrupadas em faixas de temperatura que vão desde as estrelas quentes e vermelhas até estrelas azuis e frias, Verdadeiro ou falso?</p>	Falso.
<p>Com a expansão das camadas externas do Sol a zona habitável se afastará e ficará próximo a Júpiter até Saturno. Verdadeiro ou falso?</p>	Verdadeiro.

PERGUNTAS	RESPOSTAS
<p>A temperatura superficial de uma gigante vermelha é relativamente baixa, geralmente não passando dos 5.000 K. Verdadeiro ou falso?</p>	Verdadeiro.
<p>Uma estrela que tem uma massa maior e tem maior quantidade de hidrogênio vive mais tempo. Verdadeiro ou falso?</p>	Verdadeiro.
<p>A temperatura superficial de uma gigante vermelha é relativamente alta, geralmente passando dos 5.000 K. Verdadeiro ou falso?</p>	Falso.
<p>Quando o Sol se tornar uma gigante vermelha seu raio irá incorporar as orbitas de Mercúrio e Vênus.</p>	Verdadeiro.

PERGUNTAS	RESPOSTAS
<p> Durante a primeira fase de estrela gigante vermelha, o Sol vai ter esgotado no seu núcleo hidrogênio ou hélio?</p>	<p> Hidrogênio.</p>
<p> O Sol passará cerca de 10 bilhões de anos consumindo seu hidrogênio é o que chamamos supernova ou sequência principal?</p>	<p> Sequência principal.</p>
<p> O Sol passará cerca de 10 bilhões de anos na sequência principal através da fusão termonuclear transformando hidrogênio em hélio. Verdadeiro ou falso?</p>	<p> Verdadeiro.</p>
<p> A medida que consome o hidrogênio, o Sol nesse estágio cresce em luminosidade. Verdadeiro ou falso?</p>	<p> Verdadeiro.</p>

PERGUNTAS	RESPOSTAS
<p> As estrelas gigante vermelhas são estrelas muito grandes e não muito quentes na sua superfície. Elas resultam da expansão de estrelas quando as reações nucleares começam a ocorrer mais próximo à superfície dessas estrelas. Verdadeiro ou falso?</p>	<p> Verdadeiro.</p>
<p> Uma estrela que tem uma luminosidade maior, perde mais energia e vive menos tempo. Verdadeiro ou falso?</p>	<p> Verdadeiro.</p>
<p> Em relação ao Sol o que é que aparece primeiro: gigante vermelha, anã branca ou supernova?</p>	<p> Gigante vermelha</p>
<p> O Sol poderá se transformar numa supernova. Verdadeiro ou falso?</p>	<p> Falso.</p>

Os cartões do trecho da Anã Branca:

PERGUNTAS	RESPOSTAS
<p> Quando o Sol se transformará numa estrela gigante vermelha após esgotar a fusão do hidrogênio em hélio. Verdadeiro ou falso?</p>	<p> Verdadeiro.</p>
<p> O Sol está mais ou menos a metade de sua sequência principal. Verdadeiro ou falso?</p>	<p> Verdadeiro.</p>
<p> O Sol se tornará uma gigante vermelha, crescendo absurdamente e queimando os planetas mercúrio, Vênus e a Terra. Verdadeiro ou falso?</p>	<p> Verdadeiro.</p>
<p> O tempo gasto por uma estrela como uma gigante vermelha deve ser mais curto ou mais longo do que o período que ela gasta na sequência principal?</p>	<p> Mais curto.</p>

PERGUNTAS	RESPOSTAS
<p> As estrelas com mais de 8 massa do Sol encerram seus ciclos com espetaculares explosões. Verdadeiro ou falso?</p>	<p> Verdadeiro.</p>
<p> O Sol, após a fase de gigante vermelha se transformará em uma nebulosa planetária e uma anã branca. Verdadeiro ou falso?</p>	<p> Verdadeiro.</p>
<p> Uma imensa nuvem difusa e fria é chamada de supernova, nebulosa planetária ou anã branca?</p>	<p> Nebulosa planetária.</p>
<p> um pequeno corpo celeste composto por um núcleo de carbono e ainda algum hélio e hidrogênio em fusão na crosta é a chamada de estrela de Nêutrons, anã branca ou buraco negro?</p>	<p> Anã branca.</p>

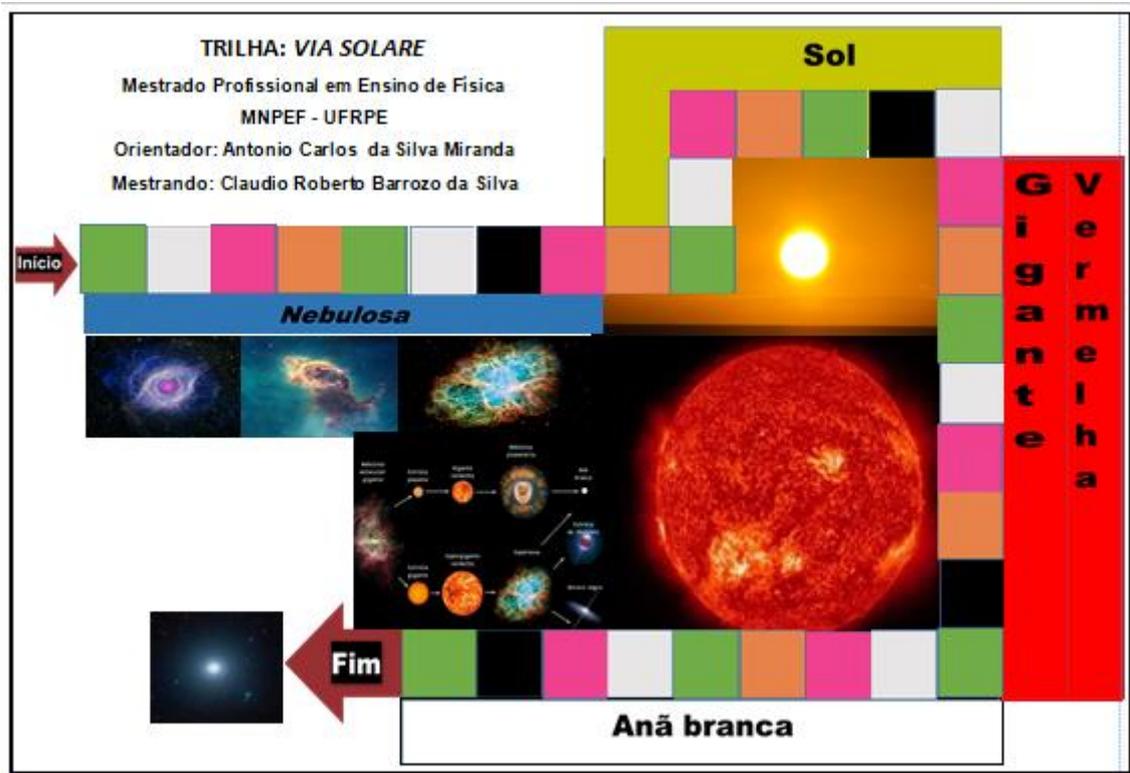
PERGUNTAS	RESPOSTAS
<p> As estrelas de massa inicial menor do que 8 massas solares produzem nebulosas planetárias. Verdadeiro ou falso?</p>	<p> Verdadeiro.</p>
<p> Estrelas com massa de massa inicial maior do que 8 massas solares produzem supernovas. Verdadeiro ou falso?</p>	<p> Verdadeiro.</p>
<p> Nas nebulosas planetárias e supernovas, os elementos químicos gerados nas estrelas são expulsos para o espaço; enriquecem a próxima geração de estrelas. Verdadeiro ou falso?</p>	<p> Verdadeiro.</p>
<p> O produto final de uma estrela depende de sua massa inicial, assim com massa inicial inferior a 8 massa do Sol se transformará numa anã branca. Verdadeiro ou falso?</p>	<p> Verdadeiro.</p>

PERGUNTAS	RESPOSTAS
<p> O produto final de uma estrela depende de sua massa inicial, assim com massa entre 8 e 20 massas solares se transformará numa estrela de nêutrons. Verdadeiro ou falso?</p>	<p> Verdadeiro.</p>
<p> O produto final de uma estrela depende de sua massa inicial, assim com massa inicial inferior a 20 massas solares se transformará num buraco negro. Verdadeiro ou falso?</p>	<p> Falso.</p>
<p> Uma estrela gigante vermelha é de baixa temperatura e alta luminosidade. Verdadeiro ou Falso?</p>	<p> Verdadeiro.</p>
<p> Uma estrela gigante vermelha é de baixa temperatura e baixa luminosidade. Verdadeiro ou Falso?</p>	<p> Falso.</p>

PERGUNTAS	RESPOSTAS
<p> Dependendo da quantidade de matéria, uma estrela na fase de supernova, originada de uma gigante vermelha, transforma-se em uma estrela de nêutrons ou em um buraco negro. Verdadeiro ou Falso?</p>	<p> Verdadeiro.</p>
<p> A estrela de nêutrons e o buraco negro são sobra após a explosão de uma supernova. Verdadeiro ou Falso?</p>	<p> Verdadeiro.</p>
<p> Uma anã branca é uma estrela que se encontra numa fase inicial da evolução estelar. Verdadeiro ou Falso?</p>	<p> Falso.</p>
<p> Quanto menor a frequência do espectro visível maior é o comprimento de onda. Verdadeiro ou Falso?</p>	<p> Verdadeiro.</p>

PERGUNTAS	RESPOSTAS
<p> A densidade de uma anã branca é muito elevada, uma anã branca de uma massa solar tem um raio de aproximadamente a da Terra. Verdadeiro ou Falso?</p>	<p> Verdadeiro.</p>
<p> Massa de uma anã branca jamais ultrapassa 1,4 massas solares. Verdadeiro ou Falso?</p>	<p> Verdadeiro.</p>
<p> Uma gigante vermelha é uma estrela que se encontra numa fase inicial da evolução estelar. Verdadeiro ou Falso?</p>	<p> Falso.</p>
<p> Se a massa que sobra após a explosão de supernova for maior do que 3 massas solares, o que pode acontecer se a estrela inicialmente tinha uma maior do que 25 massas solares, então ela dará origem a um buraco negro, anã branca ou a uma estrela de nêutrons?</p>	<p> Buraco negro.</p>

O tabuleiro do jogo Via Solare:



APÊNDICE C - PRODUTO EDUCACIONAL



ENSINO DE ASTRONOMIA USANDO UM JOGO DE TRILHA PARA O ESTUDO DA EVOLUÇÃO ESTELAR NO ENSINO MÉDIO.

CLÁUDIO ROBERTO BARROZO DA SILVA

Produto educacional apresentado ao Programa de Pós-Graduação da Universidade Federal Rural de Pernambuco (UFRPE) no Curso de Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física (MNPEF), como parte dos requisitos necessários parcial à obtenção do Título de Mestre em Ensino de Física.

Orientador: Prof. Dr. Antonio Carlos da Silva Miranda

Recife
2020.

Aprender é única coisa que a mente não se cansa, nunca tem medo e nunca se arrepende.

Leonardo da Vinci

Toda criança começa como um cientista nato... mas, apenas alguns mantêm a sua admiração e entusiasmo pela ciência intacto.

Carl Sagan

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 –	Esquema dos tópicos estudados.....	6
Figura 2 –	O ciclo de vida do Sol	8
Figura 3 –	Nebulosa planetária NGC 3132	8
Figura 4 –	O Sol como uma estrela anã branca	9
Figura 5 –	Supernova Cassiopeia A	10
Figura 6 –	Quadro geral do ciclo de vida de uma estrela.....	11
Figura 7 –	Diagrama Hertzsprung-Russell (HR)	12
Figura 8 –	Trecho da Nebulosa	18
Figura 9 –	Trecho do Sol	18
Figura 10 –	Trecho da Gigante Vermelha	19
Figura 11 –	Trecho da Anã Branca	19
Figura 12 –	Cartão azul - Trecho da Nebulosa	20
Figura 13 –	Cartão amarelo - Trecho do Sol	21
Figura 14 –	Deslocamento do avatar.....	23
Figura 15 –	Momento de aplicação do jogo	24
Figura 16 –	O tabuleiro do jogo Via Solare	25
Figura 17 –	Quadro geral das etapas desenvolvidas	27
Figura 18 –	Estudantes usando o jogo Via Solare.....	30
Figura 19 –	Estudantes jogando o Via Solare	31
Figura 20 –	Estudantes respondendo os testes	32
Figura 21 –	Resultados dos testes dos testes aplicados.....	36

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	4
2	FUNDAMENTAÇÃO FÍSICA.....	6
2.1	Evolução estelar	6
3	O USO DE JOGOS EDUCATIVOS	14
4	PRODUTO EDUCACIONAL	17
4.1	O jogo de tabuleiro: Via Solare	17
5	APLICAÇÃO DO PRODUTO EDUCACIONAL.....	26
6	APRESENTAÇÃO E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS	33
7	CONSIDERAÇÕES FINAIS	37
8	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	38
	APÊNDICE A – TESTE DE SONDAÇÃO	40
	APÊNDICE B – OS CARTÕES E TABULEIRO DO JOGO	42

1. INTRODUÇÃO

A astronomia desperta grande interesse e curiosidade da maioria dos estudantes, seja no ensino fundamental ou médio. Desde a antiguidade os conhecimentos da astronomia foram aplicados para diversos objetivos. E ao longo do tempo várias civilizações aplicaram a astronomia para orientações no globo terrestre, e em ações relacionadas a agricultura, assim como os Maias, por exemplo, usaram esses conhecimentos para determinar o período para realizar as plantações. Existe vários motivos que justificam a importância em se estudar a Astronomia.

A Astronomia está profundamente enraizada na história de quase todas as sociedades, como um resultado de suas aplicações práticas e suas implicações filosóficas. Ela ainda tem aplicações diárias na determinação do tempo, estações, navegação e clima, assim como para questões de períodos mais longos como mudança climática e evolução biológica. A Astronomia não apenas contribui para o desenvolvimento da Física e outras ciências, mas é uma ciência importante e excitante por si mesma. Ela lida com estrelas, planetas e a própria vida. Ela mostra nosso lugar no tempo e no espaço, e nosso parentesco com outras espécies na Terra. (PERCY, 1998, p.2)

Os temas de evolução estelar serão levados para a sala de aula, na disciplina de física. Mas é importante relacionar esses temas com os conhecimentos prévios dos estudantes, de modo que exista uma conexão significativa. Pesquisar os conhecimentos prévios dos estudantes é importante para o professor refletir o seu planejamento com essas informações. No meu caso, usei um teste de sondagem e conversei com eles sobre diversos temas de astronomia, mas o foco era o ciclo de vida de uma estrela.

Elaborei um jogo de tabuleiro, especificamente, um jogo de trilha, onde o percurso é composto por perguntas sobre o ciclo de vida de uma estrela. Então, projetei um jogo de trilha com um percurso dividido em quatro trechos, e aos poucos foi melhorando as estruturas físicas, mas o que me preocupava era o banco de dados das questões para construir os cartões. Até porque o jogo será aplicado numa turma, onde teremos dezenas de participantes.

O objetivo foi pesquisar e avaliar o ensino e aprendizagem dos tópicos relacionados ao estudo do ciclo de vida de uma estrela através da aplicação de um jogo de tabuleiro, nomeado de *Via Solare*, numa turma de ensino médio. Para isso, o primeiro passo foi verificar, a partir de uma sondagem, os conhecimentos prévios apresentados pelos estudantes sobre conteúdos de astronomia. E com base nas informações obtidas desenvolver atividades para promover ensino e aprendizagem dos estudantes sobre as etapas do ciclo de vida de uma estrela. A próxima etapa foi elaborar uma trilha, jogo de tabuleiro, ou seja, um material didático pedagógico voltado para o conteúdo de astronomia na disciplina de física, tendo como base os resultados obtidos na análise dos subsunçores dos estudantes. E após as aplicações das atividades analisar a influência da trilha, *Via Solare*, no processo de ensino-aprendizagem dos conteúdos de astronomia abordados.

O teste de sondagem serviu para saber quais são os conhecimentos prévios dos estudantes e assim, planejar as atividades e jogo levando em consideração essa informação. Elaborar um jogo de trilha, onde geralmente, precisa de uma grande quantidade de perguntas, deve-se ter em mente o nível de escolaridade dos participantes. Não verificar os conhecimentos prévios dos estudantes, pode-se elaborar um jogo com perguntas de temas que não faz parte da sua estrutura cognitiva. Falar de quasar, blazar, ou ainda, sobre estrelas de nêutrons pode não fazer sentido para o estudante que está iniciando o seu estudo em astronomia.

A aprendizagem significativa proposta por Ausubel está relacionada com a conexão dos conhecimentos do aprendiz com os conhecimentos novos, ou seja, a interação do conhecimento já existente com o novo. E nesse modelo de aprendizagem a construção deve ser realizada de forma que o resultado do aprender seja significativo. A internalização de novos conhecimentos seja através de atribuição de significados, e não de forma mecânica, apenas uma repetição sem atribuir algum significado, ou seja, construir uma ponte frágil entre esses conhecimentos (os novos e os já existentes).

2. FUNDAMENTAÇÃO FÍSICA

Os temas que serão estudados e motivo vai além de promover o ensino de astronomia nas aulas de física, pois a Base Nacional Curricular Comum (BNCC) aborda algumas habilidades específicas, como por exemplo, discussões históricas da origem da vida e do universo, assim como o estudo do Sistema Solar e evolução estelar.

Na figura 1 apresento os temas que serão abordados nesse trabalho com objetivo de promover o ensino e aprendizagem de astronomia nas aulas de física no ensino médio.



Figura 1 - Esquema dos tópicos estudados

Para o estudo de evolução estelar, os temas abordados estão relacionados com as nebulosas, o sistema solar, as estrelas e o ciclo de vida do Sol, assim como de outras estrelas. Esses temas são poucos abordados nos livros didáticos do ensino médio. A maioria desse material didático apresenta informações sobre, por exemplo, sistemas geocêntrico e heliocêntrico, eclipses e marés.

2.1 Evolução estelar

O ciclo de vida de uma estrela como o Sol

A grande quantidade de hidrogênio no núcleo do Sol fornece energia, através da fusão nuclear, para brilhar e continuar fazendo isso por alguns bilhões de anos, mas isso não será para sempre, assim como a quantidade de

hidrogênio também não é infinita. Essa realidade não é exclusiva para o Sol, mas para todas as outras estrelas que estão na sequência principal, ou seja, aquelas estrelas que estão em equilíbrio hidrostático. Portanto as estrelas têm um ciclo de vida, ou seja, um começo e um fim.

O Sol deve sua estabilidade à fusão controlada de hidrogênio em hélio em seu núcleo de 15 milhões de graus. A gravidade que quer colapsar a estrela é mantida em equilíbrio pela pressão de gás para fora que a fusão sustenta. Embora mais de 90 por cento dos átomos do Sol sejam de hidrogênio, aqueles que importam residem no núcleo do Sol. Quando o núcleo esgotar seu hidrogênio, tudo o que restará ali será uma bola de átomos de hélio que requerem uma temperatura ainda mais elevada do que o hidrogênio para se fundir em elementos mais pesados. Com seu motor central temporariamente desligado, o Sol vai se desequilibrar. A gravidade vai vencer, as regiões internas da estrela vão entrar em colapso, e a temperatura central vai se elevar além de 100 milhões de graus, desencadeando a fusão do hélio em carbono. (TYSON, p. 295, 2016).

Estrela gigante vermelha

O processo de gigante vermelha se dará em duas fases: primeiro nas camadas vai fundindo o hidrogênio em hélio. E a última fase acabará o hélio do núcleo e restará oxigênio e carbono. Assim, na camada, o hidrogênio vai se transformando em hélio e no núcleo transformará também por fusão, o hélio em carbono e oxigênio, isso dará uma sobrevida para o Sol que está à beira da morte, isso por algumas dezenas de milhões de anos. E o diâmetro do Sol nessa fase de gigante vermelha será 100 vezes maior que o atual raio solar (cerca de $7,0 \times 10^5$ km), calcinando os planetas mais próximos dele.

O ciclo de vida do Sol e das estrelas que têm massas menores que 10 vezes a massa do Sol passarão por fases de gigante vermelha, nebulosa planetária e depois se tornará uma estrela anã branca.

Isso significa que em seu ciclo de vida, uma estrela como Sol, de uma gigante vermelha se torna instável e se desintegra. A pressão nuclear interna irá expelir muitas das camadas externas da estrela para o espaço. E a gravidade ainda irá confinar um núcleo sólido, deixado no centro.

Na figura 2 mostra o ciclo de vida do Sol, observamos poucas mudanças na estrela até a idade de 10 bilhões de anos, esse período de equilíbrio é uma característica das estrelas que estão na sequência principal. O Sol depois passará por outros estágios, como gigante vermelha, nebulosa planetária e finalmente, se tornará uma estrela anã branca.



Figura 2 - O ciclo de vida do Sol

<http://o-universo-cosmico.blogspot.com/2011/11/ciclo-de-do-sol.html>

Nebulosa Planetária

O Sol sofrendo uma expansão de 100 vezes o seu raio, mesmo assim, ele não irá explodir, porque não terá massa suficiente, mas vai perdendo material, formando uma nuvem de gás em expansão formada pelas camadas exteriores serão expelidas na fase final da gigante vermelha.

Existem aproximadamente 10 000 nebulosas planetárias em nossa galáxia. A nebulosidade permanece visível por aproximadamente 10.000 anos após sua ejeção pela estrela, no ramo gigante assintótico. O termo, nebulosa planetária foi dado porque algumas se parecem com o planeta Urano, quando olhadas através de um telescópio pequeno. (OLIVEIRA FILHO e SARAIVA, p. 268, 2014)

A figura 3 mostra a imagem da Nebulosa Planetária NGC 3132 fotografada pelo Telescópio Espacial Hubble.

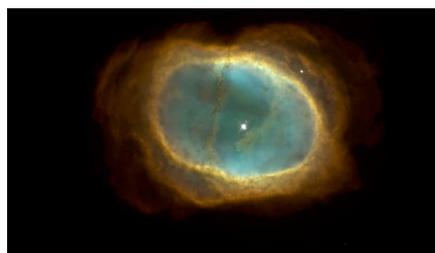


Figura 3 - A imagem da Nebulosa Planetária NGC 3132

<https://hubblesite.org/contents/media/images/1998/39/729-Image.html>

Estrela anã branca

Durante a expansão da nebulosa planetária, ela se torna cada vez mais difusa e fria. A nuvem composta pelo material expelido por ela é enriquecida com hélio e carbono. A anã branca é remanescente estelar no centro da nebulosa planetária e formada principalmente de carbono e continua ainda visível por algum tempo graças ao calor armazenado, mas com pouco brilho por ser reduzida. Ela é muito quente e densa, tem um raio comparado como o raio da Terra, mas cerca da metade da massa do Sol.

Todos os remanescentes estelares são muito menores do que suas estrelas genitoras e, portanto, muito mais fracos e mais difíceis de detectar. Nenhuma anã branca é visível a olho nu, mas a primeira a ser registrada foi notada como um membro do sistema de estrelas múltiplas 40 Eridani, por William Herschel, ainda em 1783. Entretanto, a significância dessa estrela só foi percebida muito mais tarde e, como resultado, as primeiras anãs brancas a serem reconhecidas como uma classe de estrelas significativa e pouco comum foram as companheiras de duas das estrelas mais brilhantes do céu: Sirius e Prócion. (SPARROW, p. 126, 2018).

Na figura 4 ilustra o que tamanho do Sol como uma estrela anã branca pode ser comparada com o tamanho do planeta Terra, porém a anã branca tem uma densidade muito maior.



Figura 4 - A terra e o Sol como uma estrela anã branca

<http://www.astronoo.com/pt/artigos/tamANHOS-comparados-planetAs-estrelas.html>

Supernova

Estrelas com massa a partir de 10 massas solares processa no seu núcleo a fusão de hidrogênio em hélio, hélio em carbono, carbono em oxigênio e assim por diante até chegar no ferro. A fusão de elementos mais pesados

requer temperaturas cada vez mais elevadas para que os núcleos superem sua repulsão natural. A cada etapa intermediária as regiões internas das estrelas entram em colapsos e a temperatura se eleva, e entra em cena a próxima trajetória da fusão. A estrela se sustenta contra a gravidade porque libera energia, mas quando chega na fusão do ferro, as reações absorvem energia. O colapso é imediato e a temperatura é elevada instantaneamente provocando uma violenta explosão. Essa grandiosa explosão é chamada de supernova.

A energia explosiva dissemina os elementos recém cunhados através da galáxia, formando buracos em sua distribuição do gás e enriquecendo as nuvens próximas com as matérias-primas para criar uma poeira própria. As ondas da explosão da supernova se movem supersonicamente através das nuvens, comprimindo o gás e a poeira, e possivelmente criando bolsões de densidade muito alta necessários para formar estrelas em primeiro lugar. A maior dádiva da supernova ao cosmos é enviar nuvens com os elementos pesados que formam planetas, protistas e pessoas, para que de novo, mais dotada pelo enriquecimento químico de uma geração anterior de estrelas de alta massa, nasça outra estrela. (TYSON, p. 212, 2016).

A explosão de uma estrela, em uma supernova, pode aumentar a sua luminosidade em um bilhão de vezes. A figura 5 mostra os muitos lados do remanescente da supernova Cassiopeia A. Essa fotografia é composta de imagens tiradas por três dos grandes observatórios da NASA (Telescópios espaciais: Spitzer, Hubble e Chandra)



Figura 5 - Supernova Cassiopeia A

<https://www.jpl.nasa.gov/spaceimages/details.php?id=PIA03519>

Como mostra a tabela 1, o ciclo de vida de uma estrela está relacionado com a sua massa inicial e o seu destino final será determinado pela sua evolução, pois para fundir elementos mais pesados que o hidrogênio, ocorre liberação de energia. Mas quando chega na fusão do ferro, a estrela absorve

energia, isso provoca um grande colapso e uma elevação de temperatura instantânea, ocorrendo a supernova, o fim da estrela.

MASSA INICIAL	OBJETO COMPACTO	MASSA FINAL
até 10 M \odot	anã branca	menor que 1,4 M \odot
10 a 25 M \odot	estrela de nêutrons	1,4 M \odot
acima de 25 M \odot	buraco negro	5 a 13 M \odot

MASSA	EVOLUÇÃO	FINAL
até 0,08 M \odot	não funde H	anã-marrom
0,08 a 0,5 M \odot	fundes H	anã-branca de He
0,5 a 10 M \odot	fundes H e He	anã-branca de C e O
11 a 100 M \odot	fundes H, He, C, Ne, O, Si	estrela de nêutrons ou buraco negro
acima de 100 M \odot	criação de pares, SN	desintegração total ou buraco negro

Tabela 1 – Resumo evolutivo das estrelas
DAMINELI et al (2011)

Estrelas como o nosso Sol terão um final como uma estrela anã branca. Outras estrelas com massa superior a 10 massas solares poderão, após a supergigante vermelha, passar por uma supernova e dependendo da massa dos restos dessa explosão, a estrela pode se transformar numa estrela de nêutrons ou num buraco negro como ilustra a figura 6.

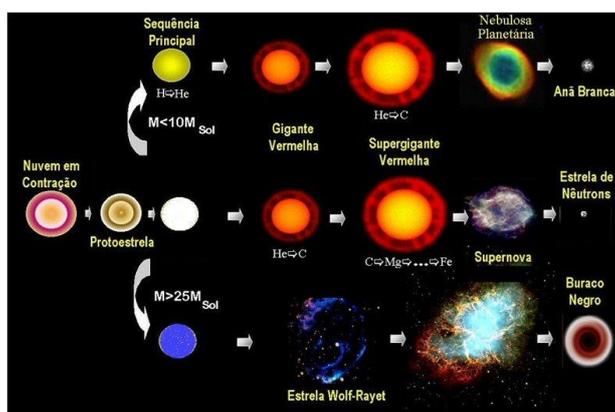


Figura 6 - Quadro geral sobre o ciclo de uma estrela

<http://www.if.ufrgs.br/~fatima/ead/estrelas.htm>

O diagrama esquemático Hertzsprung-Russell ou diagrama HR

Segundo Damineli et al (2011) o diagrama Hertzsprung-Russell relaciona a luminosidade e a temperatura das estrelas. Pode apresentar também informações sobre a magnitude absolutas e as classes espectrais das estrelas. Ele foi publicado independentemente pelo astrônomo dinamarquês Ejnar Hertzsprung (1873-1967), em 1911, e em 193 pelo astrônomo estadunidense Henry Norris Russell (1877-1957). Na figura 7 temos um exemplo do diagrama HR destacando as estrelas que estão acima e abaixo da sequência principal.

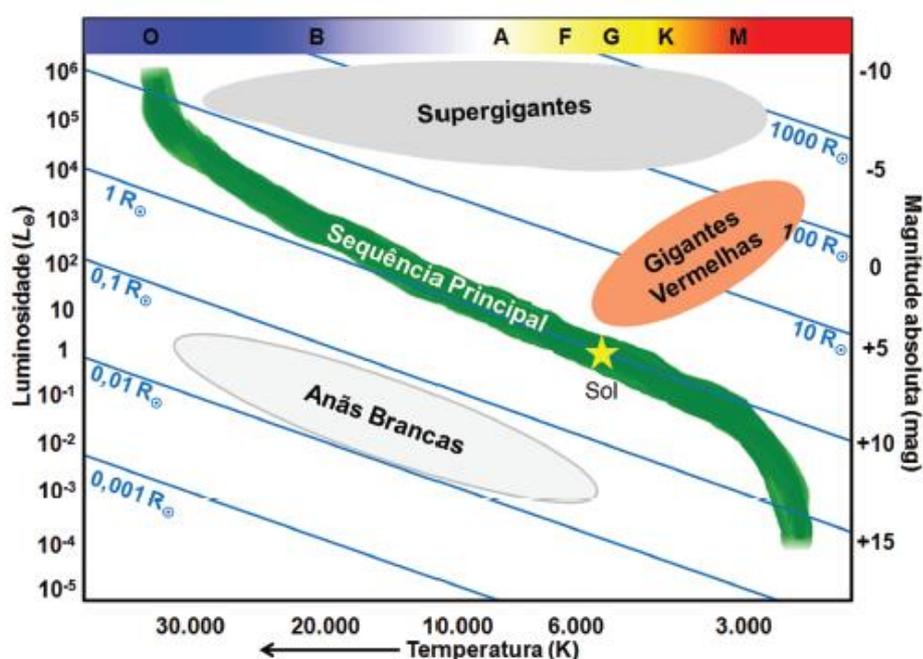


Figura 7 - Diagrama Hertzsprung – Russel (HR)

Damineli et al (2011)

Na tabela 2 podemos observar algumas informações sobre estrelas menores e maiores que o Sol, a classe espectral, a luminosidade, a massa, a temperatura e o tempo de vida média das estrelas na sequência principal e observamos que quanto mais massiva uma estrela, mais rápido ela viaja por todas as suas estrelas fases evolutivas. A Sequência Principal é a fase mais longa na vida de uma estrela. É fácil estimar a vida média de uma estrela se soubermos sua massa (INGLIS, 2009).

Massa (M_☉)	Temperatura (K)	Tipo Espectral	Luminosidade (L_☉)	Vida média (bilhões de anos)
25	35.000	O	80.000	0,003
15	30.000	B	10.000	0,011
3	11.000	A	60	0,64
1,5	7.000	F	5	3,6
1	6.000	G	1	10
0,75	5.000	K	0,5	20
0,5	4.000	M	0,03	57

Tabela 2 - Tempo de vida média na sequência principal
INGLIS (2009)

Observamos que a luminosidade da estrela é tanto maior quanto maior é a sua massa, resulta que o tempo de vida é controlado pela massa da estrela, ou seja, quanto mais massiva a estrela, mais rapidamente ela gasta sua energia, e menos tempo ela dura. Assim, como uma estrela azul emite muito mais que o Sol, ou seja, a sua luminosidade é muito superior a luminosidade solar, ela deverá viver muito menos que o Sol, a menos que o reservatório de energia seja muito maior e compense esse fator. Na prática, a diferença em energia é pequena, e a taxa de emissão da energia é o que determina o tempo de vida. Por outro lado, estrelas com luminosidade inferior que o Sol, devem brilhar por muito mais tempo, continuando por mais tempo na sequência principal que o próprio Sol (FREEDMAN e KAUFMANN III, 2008).

3. O USO DE JOGOS EDUCATIVOS

Pensando nas atividades em sala de aula foi elaborado um jogo com o objetivo de proporcionar o ensino e a aprendizagem dos estudantes. A aplicação do jogo vai além do momento lúdico do jogar, tem o objetivo pedagógico promover o processo de ensino-aprendizagem sobre evolução estelar.

O jogo não é só um momento lúdico, ele é elaborado analisando quais conhecimentos podem ser explorados, conectados, e contextualizados com a realidade dos estudantes. Ele deve promover uma situação lúdica, mas num contexto de um conjunto de orientações, regras com objetivos bem definidos, favorecendo a aprendizagem de temas planejados na sua aplicação. E sobre o jogo educativo observamos a seguinte citação:

Umam definem as origens e fundamento do jogo em termos de descarga da energia vital superabundante, outras como satisfação de um certo "instinto de imitação", ou ainda simplesmente como uma "necessidade" de distensão. Segundo uma teoria, o jogo constitui uma preparação do jovem para as tarefas sérias que mais tarde a vida dele exigirá, segundo outra, trata-se de um exercício de autocontrole indispensável ao indivíduo. Outras veem o princípio do jogo como um impulso inato para exercer uma certa faculdade, ou como desejo de dominar ou competir. Teorias há, ainda, que o consideram uma "ab-reação", um escape para impulsos prejudiciais, um restaurador da energia dispendida por uma atividade unilateral, ou "realização do desejo", ou uma ficção destinada a preservar o sentimento do valor pessoal. (HUIZINGA, 2000, p. 5)

Na elaboração de um jogo educativo é importante saber quais são os objetivos, temas, além da sua dinâmica. O seu uso promove o desenvolvimento de habilidades, como por exemplo, a tomada de decisão, atenção, análise, concentração e que são importantes no jogo e na aprendizagem. O uso de um jogo educativo visa favorecer o desenvolvimento do ensino aprendizagem nas aulas de física, por exemplo, e seja qual for o tema, mas no caso em questão, serão tópicos de astronomia.

A ação do jogo educativo será pautada não só no momento lúdico, mas como meio facilitador na construção da aprendizagem dos estudantes. Nem

será casual e aleatório, mas aplicado no momento e etapa planejada nas atividades de ensino. Potencializando o poder do jogo no aprendizado.

O jogo é uma atividade ou ocupação voluntária, exercida dentro de certos e determinados limites de tempo e de espaço, segundo regras livremente consentidas, mas absolutamente obrigatórias, dotado de um fim em si mesmo, acompanhado de um sentimento de tensão e de alegria e de uma consciência de ser diferente da "vida quotidiana". (HUIZINGA, 2000, p.24)

Para introduzir um jogo educativo no ambiente escolar é extremamente importante planejar a atividade para não ficar o jogo pelo jogo, pois deve considerar que o uso dele é uma oportunidade de explorar a dinâmica de sua aplicação com os conceitos que os estudantes estejam com dificuldade. É conjunto de ações estratégicas que podem influenciar no aprendizado do estudante. Mesmo com o jogo já existente, esse uso deve ser planejado para incorporar os temas de ensino com a prática do jogo. Nesse sentido, aplicar o xadrez numa aula de física, por exemplo, já sabemos qual é a dinâmica do xadrez e suas regras, falta analisar se o tema que será estudado pode ser explorado numa partida de xadrez. Caso, isso não aconteça, será apenas uma partida de xadrez.

No caso anterior, o xadrez poderia ser explorado no deslocamento das peças, observando as suas posições e localizar as mesmas no tabuleiro usando as coordenadas, como é orientado na anotação dos lances numa partida de xadrez. Se o tema da aula for posição, deslocamento, por exemplo, fará sentido a prática do jogo e os conceitos abordados.

O jogo, como promotor da aprendizagem e do desenvolvimento, passa a ser considerado nas práticas escolares como importante aliado para o ensino, já que colocar o aluno diante de situações de jogo pode ser uma boa estratégia para aproximá-lo dos conteúdos culturais a serem veiculados na escola, além de poder estar promovendo o desenvolvimento de novas estruturas cognitivas. (KISHIMOTO, 2017, p.102)

O uso dos jogos educativos numa atividade de ensino aprendizagem são instrumentos facilitadores de aprendizagem. É necessário escolher o jogo a ser

aplicado, planejar as atividades e conceitos abordados, alinhando a uma fundamentação de teoria de aprendizagem. Inicialmente, são os três pontos a definir:

4. Qual jogo?
5. Quais conceitos serão abordados?
6. Qual teoria de aprendizagem será fundamentada?

O que é importante nesse conjunto são os elementos dele, e não a ordem dos elementos, pois eles estão relacionados entre si. Não é um processo linear, necessita analisar todos os componentes nessa ação de introduzir um jogo, como recurso didático, abordando tópicos de estudos selecionados previamente.

4. PRODUTO EDUCACIONAL

4.1 O jogo de tabuleiro: *Via Solare*

Saber quais são os conceitos que serão abordados e os motivos, já é um ponto de partida para elaborar a atividade de ensino. O passo seguinte é pesquisar um jogo que atenda às necessidades no processo de ensino aprendizagem, e essa etapa não será uma tarefa tão simples de realizar, pois o tipo de jogo será relacionado com os conteúdos. E nesse caso, pode até ser jogos adaptados, ou ainda, criar o seu próprio jogo.

A minha opção foi criar um jogo que atendesse as necessidades da minha atividade proposta no ensino de tópicos de astronomia baseados numa perspectiva da aprendizagem significativa de Ausubel.

O enredo do jogo é baseado no ensino de astronomia, e os conceitos utilizados foram: nebulosas, sistema solar, estrelas e evolução estelar. Tendo em consideração as orientações que os parâmetros curriculares nacionais (PCN) e a Base Nacional Curricular Comum (BNCC) informam sobre o ensino da astronomia.

Elaboração do jogo

O jogo criado foi nomeado *Via Solare*, uma tradução do italiano para o português é Caminho Solar. E nessa construção foi pensado uma maneira de unir o lúdico com o ensino da astronomia.

O *Via Solare* é um jogo de tabuleiro, especificamente, um jogo de trilha, e possui todos os elementos que caracterizam o tipo de jogo. Então, nesse jogo temos uma trilha com início e fim, as regras para praticar o jogo, assim como o tabuleiro e o jogo físico.

A trilha é realizada num único percurso, e esse trajeto foi desenhado para todos os participantes do jogo. Não apresenta ramificações, apenas os

trechos são divididos em quatro cores. Então o jogo tem uma trilha com quatro trechos coloridos que é percorrida sobre o tabuleiro, onde apresenta um ponto de partida e outro de chegada.

Cada trecho da trilha é composto por oito quadrinhos. Eles são de quatro cores: verde, cinza, rosa e laranja, se repetindo nessa ordem ao do trecho da trilha. E em cada trecho tem inserido um quadradinho preto. Esses quadrinhos representam as posições que os participantes podem ocupar ao longo do jogo. E assim, a trilha está estruturada num único percurso com quatro trechos destacados por cores distintas.

Os trechos da trilha

Vamos conhecer cada trecho da trilha e sua cor de destaque. A trilha é iniciada no trecho azul, nomeado trecho da Nebulosa como mostra a figura 8 é composta por uma seta indicando a posição inicial dos jogadores.



Figura 8 - Trecho da Nebulosa

O trecho amarelo ou trecho do Sol é o segundo trecho da trilha, e apresenta a mesma estrutura, com 8 quadrinhos coloridos do trecho azul como mostra a figura 9. Essa estrutura será observada nos demais trechos da trilha. Apenas o quadradinho preto que não guarda posição fixa nos trechos, ou seja, a sua posição no trecho não tem ordem definida.

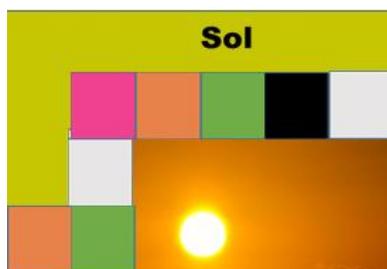


Figura 9 - Trecho do Sol

O trecho vermelho ou trecho da Gigante Vermelha é o terceiro trecho do jogo, a figura 10 mostra os quadrinhos coloridos, seguindo a mesma estrutura, dos trechos anteriores e com o quadrado preto sem posição fixa, além disso podemos notar o Sol ilustrado no tabuleiro do jogo.



Figura 10 - Trecho da Gigante Vermelha

O último trecho do jogo é o trecho branco ou trecho da Anã Branca, e como nos trechos anteriores apresenta a mesma quantidade de quadrinhos coloridos, e o quadrado preto sem posição fixa no percurso como ilustra a figura 11.



Figura 11 - Trecho da Anã Branca

Os cartões do jogo

Cada trecho tem o seu conjunto de cartões com perguntas e na frente e as respectivas respostas no verso do cartão. Cada posição da trilha, ou seja, cada quadrinho tem perguntas. E se o participante acerta a pergunta avança na

trilha, caso contrário, permanece na mesma posição que se localiza antes da pergunta.

Cada trecho apresenta uma cor característica, e assim teremos também perguntas específicas para cada trecho. Então teremos no trecho azul perguntas relacionadas a nebulosas, já no segundo trecho, o azul, serão principalmente perguntas sobre o Sol e o seu sistema. No trecho vermelho teremos perguntas relacionadas principalmente sobre a fase de gigante vermelha do Sol. E finalizando o jogo, o último trecho, teremos perguntas relacionadas principalmente sobre o estágio final do ciclo de vida do Sol.

O jogo foi elaborado levando em consideração os conhecimentos prévios dos estudantes, e cada trecho do jogo busca relacionar os conceitos abordados em toda a trilha, ou seja, facilitando ancorar um novo conceito com aquele que já existia na estrutura cognitiva do estudante.

Os cartões do jogo *Via Solare* apresentam perguntas e resposta em cada lado do cartão. Na figura 12 mostra um exemplo do cartão que será usado no trecho azul da trilha. E na figura 13 mostra o cartão que será aplicado no trecho amarelo.

PERGUNTAS	RESPOSTAS
 Como é chamado popularmente o berçário de estrelas? Buraco negro, galáxia? ou nebulosa?	 Nebulosa.
 As nuvens moleculares de hidrogênio, poeira, plasma e outros gases ionizado são chamadas de supernova, nebulosa ou buraco negro?	 Nebulosa.
 A nebulosa de Helix lembra que figura, um cavalo, um olho ou carangueijo?	 Olho.
 As estrelas se formam nas nebulosas. Verdadeiro ou Falso?	 Verdadeiro.

Figura 12 – cartão do trecho da Nebulosa

PERGUNTAS	RESPOSTAS
<p> O Sol na fase final da sua vida dará origem a: a) um buraco negro b) Uma Anã branca e a uma nebulosa planetária c) uma supernova</p>	<p> b) Uma Anã branca e a uma nebulosa planetária.</p>
<p> Qual é estrela mais próxima da Terra: Sol, próxima Centauri ou Sirius?</p>	<p> Sol.</p>
<p> Qual é estrela mais próxima da Terra depois do Sol: Rigel, próxima Centauri ou Sirius?</p>	<p> Proxima Centauri</p>
<p> Na faixa da região habitável estão inseridos os planetas: Vênus e Terra ou Terra e Marte?</p>	<p> Terra e Marte;</p>

Figura 13 - cartão do trecho do Sol

Os componentes do jogo

O jogo educativo Via Solare, elaborado e aplicado na sala de aula apresenta os seguintes componentes:

- Um tabuleiro (modelo anexo);
- Um dado;
- 4 peças de cor diferente para cada jogador (botão, tampinhas, entre outros);
- 24 cartões com perguntas sobre nebulosas, sistema solar, sol e ciclo de uma estrela.

Nessa versão que foi aplicada, utilizei 24 cartões, onde cada trecho tinha um conjunto de seis cartões na sua cor. E cada lado do cartão tem quatro perguntas e suas respectivas respostas, que são indicadas pela posição do participante na trilha.

O jogo pode ser disputado por dois a quatro estudantes, mas pode ser disputado também em grupos, estabelecendo uma quantidade de dois a quatro grupos. Esses grupos podem ser em duplas, trios ou quartetos.

Modo de jogar:

Então vem agora as regras, ou seja, o modo de jogar, e toda a informação referente ao jogo. Lembrando que temos um tabuleiro, um dado, quatro conjuntos de cartões nas cores: azul, amarela, vermelha e branca. Totalizando 24 cartões. E quatro objetos representando os participantes, ou seja, o avatar de cada participante ou grupo. Pode usar diversos objetos, mas com cores distintas, tampas de garrafas de água, ou suco, por exemplo. Eu usei quatro Pokémon diferentes, ambos da coleção do meu filho, mas pode usar qualquer outro objeto para representar o participante percorrendo a trilha.

Para iniciar o jogo devemos selecionar a ordem de cada participante ou grupo para jogar. Nesse sentido, os participantes ou representantes dos grupos lançarão o dado, aquele que obteve o maior número será o primeiro a jogar, e assim por diante, sempre mantendo a ordem obtida no jogo todo.

Nesse momento que todos têm a ordem definida de jogar e seu avatar no tabuleiro, o jogo é iniciado na ordem definida, e o participante lançará o dado, rolando-o sobre uma mesa, por exemplo, e verifica qual a face do dado está voltada para cima. O número indica a quantidade de quadrinhos que serão percorridos a partir da posição anterior ocupada pelo participante.

Vamos considerar que o participante esteja numa posição, como indica a figura 14, e no lançamento de dado o participante obteve o número cinco, por exemplo, então, ele irá percorrer cinco quadrinhos a partir da posição ocupada por ele.



Figura 14 – Deslocamento do avatar no jogo

Usando, ainda o exemplo anterior, ilustrado na figura 33, o participante irá responder uma pergunta do cartão azul, pois está no trecho da Nebulosa, mas no quadrinho cinza, observando que a posição dele é num quadrinho dessa cor. Se ele acertar a resposta, conquista a posição, mas caso ele não acertar, ele retornará para a posição inicial, ou seja, a posição anterior que ele ocupava antes da pergunta. Mesmo se acertar, só é permitido jogar um lance de cada vez. E o próximo participante repetirá todos os passos anteriores, ou seja, lançará o dado, verificará qual o número obtido e assim realizará o deslocamento do seu avatar no tabuleiro. E se acertar conquista a nova posição, senão retorna para a posição que ocupava antes da pergunta. E assim por diante, todos participam na sua ordem de jogada.

A pergunta está relacionada ao trecho e a cor do quadrinho onde estará avatar do participante, assim podemos ter uma situação em que todos os participantes ocupem a mesma posição, isso não terá problema na prática do jogo, pois cada trecho tem diversos cartões com perguntas e respostas.

Na evolução estelar algumas estrelas massivas podem atingir no seu ciclo final de vida, como um buraco negro, mas isso vai depender da sua massa inicial. Pois bem, no Via Solare, abordei, principalmente o ciclo de vida do Sol, e como sabemos não irá se transformar numa supernova, porque ele não tem massa suficiente para explodir, portanto não será transformado num buraco negro. No jogo temos um quadrado preto em cada trecho. Mas não se trata de um buraco negro ou de uma eliminação do participante, a sua

ocupação indica que o avatar voltará imediatamente a posição anterior, passando a vez para o próximo participante.

Na figura 15 observamos os estudantes participando do jogo Via Solare num ambiente escolar.



Figura 15 - Momento de aplicação do jogo

Resultado da partida

O vencedor será o participante que chegar na posição final primeiro. Ou ainda aquele que estiver mais próximo da chegada, ou seja, o participante que está numa posição mais perto do fim do jogo, isso pode acontecer quando não tiver tempo suficiente para concluir o jogo., ou seja, não termos nenhum avatar na última posição. Os participantes serão informados antes, das regras do jogo, assim como do critério da menor distância da posição do participante para a posição final do jogo. Portanto o jogo pode ser aplicado em qualquer intervalo de tempo. E como o jogo promove o debate e a discussão das perguntas, as questões podem ser discutidas após o participante responder, podendo isso levar mais tempo para concluir o jogo, mas vale lembrar que o objetivo desse jogo também é pedagógico, e não deixando de considerar o seu envolvimento lúdico.

O tabuleiro do jogo composto por todos os trechos e sinalizado pelas cores informadas e os seus respectivos nomes é mostrado na figura 16.

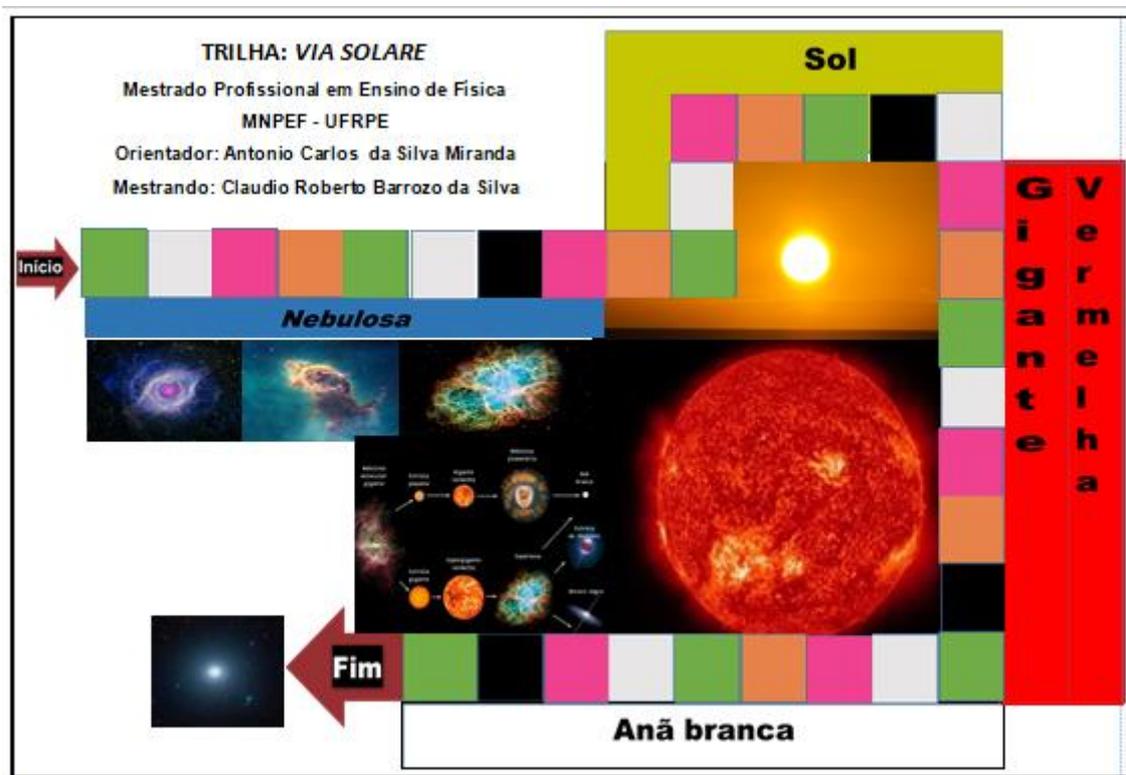


Figura 16 - O jogo de tabuleiro, Via Solare

5. APLICAÇÃO DO PRODUTO EDUCACIONAL

O estudo foi desenvolvido em uma escola da rede pública do município de Vicência - PE, numa classe composta por 40 alunos do 2º ano do Ensino Médio. Entende-se que a abordagem metodológica mais adequada para responder a problemática em questão, é a abordagem quantitativa. Este trabalho utiliza estratégias de aprendizagem, propiciando uma maior contextualização e significado para o tema de evolução estelar, e nesse propósito foram realizadas diversas atividades para explorar o ciclo de vida de uma estrela. Sendo assim, por se entender que esse tema atende aos critérios citados nas Orientações Educacionais Complementares aos Parâmetros Curriculares Nacionais (PCN+),

“a experimentação deve ser uma constante no espaço escolar. Durante todo o desenvolvimento das habilidades e competências dos alunos essas atividades devem servir como fonte de construção de conhecimento pelo próprio aluno, pois é através do manusear, do fazer, do agir em diferentes formas e níveis que o conhecimento contemplado em sala de aula é construído espontaneamente.” (BRASIL-MEC, 2002, p. 82).

A experimentação possibilita o estabelecimento de conexões e relações entre os diversos conhecimentos, tecnologias e cotidiano como forma de auxiliar os estudantes na compreensão do mundo contemporâneo.

Foi desenvolvida uma unidade de aprendizagem, e foram selecionadas atividades que motivassem e despertassem nos alunos o interesse de aprender sobre o ciclo de vida de uma estrela. A unidade de aprendizagem foi constituída de seis etapas realizadas conforme descrição a seguir:

Etapa 1 – problematização do conhecimento inicial dos estudantes por meio da aplicação de um teste de sondagem que era constituído de treze questões, seguido de discussão para identificar concepções prévias e interesses nos tópicos de astronomia;

Etapa 2 – uso de organizador prévio: apresentação de slides sobre nebulosas e estrelas, com vistas à compreensão e estruturação de subsunçores relevantes sobre o Sol e o ciclo de vida de uma estrela;

Etapa 3 – uso de organizador prévio: Documentário sobre o universo (Discovery Channel). Apresentação do tema gerador o “como funciona uma estrela, para que os estudantes, ao tentar buscar respostas, reconstruam seu conhecimento sobre o ciclo de vida de uma estrela;

Etapa 4 – uso de aula prática: a atividade foi realizada através um jogo de tabuleiro, especificamente uma trilha. Durante a atividade foi explorado as regras e objetivos do jogo com perguntas sobre os tópicos abordados.

Etapa 5 – debate sobre os trabalhos com identificação e discussão de dúvidas sobre o assunto. Foi reaplicado o questionário e realizar as comparações dos resultados obtidos pelos estudantes.

Etapa 6 – Análise e crítica dos dados obtidos nas duas situações, ou seja, antes e depois do uso dos organizadores prévios e, sobretudo a aplicação do jogo *Via Solare*. E entre outras ações, analisar as comparações dos resultados obtidos pelos estudantes.

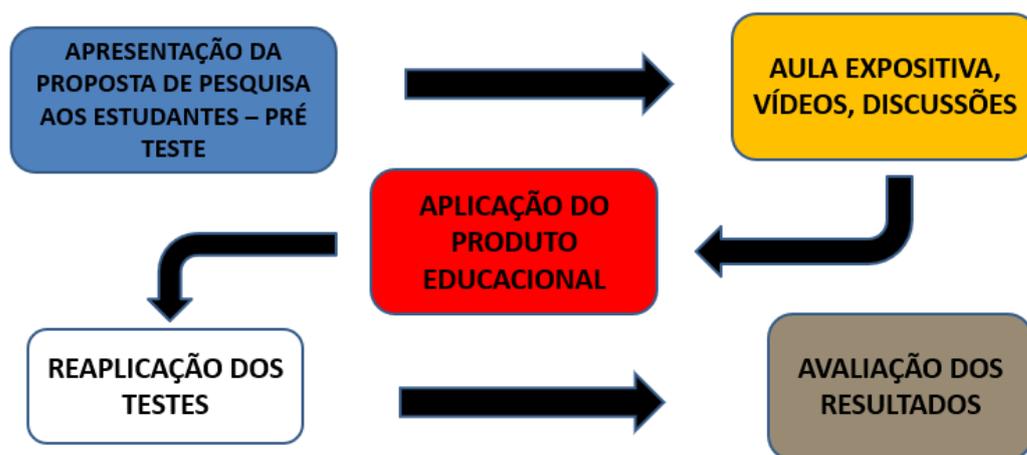


Figura 17 - Quadro geral das etapas desenvolvidas

Na figura 17 apresenta o quadro geral das atividades planejadas, do início ao término das atividades. Começando pela apresentação e aplicação dos testes de sondagem e a avaliação dos dados obtidos.

Na tabela 3 observamos o cronograma das etapas realizadas, apresentação e aplicação do teste de sondagem, as aulas sobre evolução estelar, aplicação do produto educacional, a reaplicação do teste inicial e a avaliação.

DESCRIÇÃO	DATA
APRESENTAÇÃO E APLICAÇÃO DO TESTE DE SONDA GEM	07/10/2019
USO DE VÍDEOS SOBRE O UNIVERSO	21/10/2019
USO DE SLIDES SOBRE EVOLUÇÃO ESTELAR	04/11/2019
APLICAÇÃO DO PRODUTO EDUCACIONAL	11/11/2019
REAPLICAÇÃO DO TESTE INICIAL	18/11/2019
AVALIAÇÃO	09/12/2019

Tabela 3 - O cronograma das etapas

O uso do teste de sondagem

A teoria da aprendizagem significativa mostra a importância dos subsunçores, existentes na estrutura cognitiva dos estudantes, para ancorar as novas informações num processo ativo e criando uma ponte significativa entre esses dois conhecimentos. E a falta desses subsunçores, podemos usar os organizadores prévios para promover uma aprendizagem onde o conteúdo seja incorporado na estrutura cognitiva dos estudantes, e depois, já existente possa ancorar os novos conteúdos com significados relevantes.

Para identificar os conhecimentos prévios dos estudantes foi aplicado um teste de sondagem objetivando identificar quais conhecimentos prévios, os estudantes tinham sobre os temas que iriam ser abordados, ou seja, saber

deles sobre conceitos de astronomia, e principalmente os tópicos relacionados para o estudo de evolução estelar.

A etapa seguinte foi analisar os resultados do teste de sondagem e com esses dados elaborar um planejamento, aproveitando os conhecimentos já existentes dos estudantes, e outros foram apresentados a eles. Levando em consideração que para que uma aprendizagem seja significativa, a internalização dos novos conceitos deveria estar relacionada aos conteúdos prévios dos estudantes.

A seleção de materiais facilitadores nesse processo com a perspectiva de Ausubel, trata dos organizadores prévios, que funcionam como pontes cognitivas, pois eles servirão para aproximar os conhecimentos já existentes com os novos que deverão ser incorporados na estrutura cognitiva do estudante.

Então nessas etapas foram utilizados diversos recursos, como slides e vídeos sobre o tema. É necessário fazer a leitura da realidade, planejar, replanejar, avaliar o processo de ensino aprendizagem. Assim explorar bem a capacidade de aprender e potencializar o seu rendimento dos estudantes.

A nossa capacidade de aprender, de que decorre a de ensinar, sugere ou, mais do que isso, implica a nossa habilidade de *apreender* a substantividade do objeto aprendido. A memorização mecânica do perfil do objeto não é aprendizado verdadeiro do objeto ou do conteúdo. Neste caso, o aprendiz funciona muito mais como *paciente* da transferência do objeto ou do conteúdo do que como sujeito crítico, epistemologicamente curioso, que constrói o conhecimento do objeto ou participa de sua construção. (FREIRE, 1996, p. 45)

E assim evitar a situação de passividade do estudante, deixando de ser um expectador, ou ainda um ouvinte, na exposição de conhecimento apresentada na sala de aula. Não promover o modelo de educação bancária. E explorar a grande capacidade do ser humano em aprender.

A segunda atividade foi o acesso a alguns vídeos da série: O universo (*The Universe*) produzido pelo canal americano History Channel. Essa série científica foi lançada em 2007 e esses vídeos podem ser acessados na internet. Além dos vídeos, foram usados slides tratando dos temas apresentados nos documentários.

Após os debates e vídeos, tivemos um outro momento importante nesse estudo, que foi a aplicação do produto educativo, ou seja, o uso do jogo. Foi apresentado aos estudantes o jogo de um modo geral, as regras e demais informações importantes para jogar. Na figura 18 mostra os estudantes jogando o Via Solare.



Figura 18 - Os estudantes usando o jogo *Via Solare*

Após detalhar as informações sobre o jogo, selecionamos as duplas de jogadores, cada dupla tinha um avatar para colocar sobre o tabuleiro, na sala de aula eu usei quatro Pokémon do meu filho, mas poderia ser cones, bonecos, pinos, objeto com cores diferentes e que podem ser apoiados na trilha. Depois foi selecionada a ordem de cada dupla para iniciar o jogo.

Como já tinha citado, após a pergunta realizada, aguardamos a resposta do participante, para todas as perguntas feitas, as respostas certas serão

informadas para os jogadores, promovendo a atenção dos estudantes, mas também aproveitamos o momento para debater as perguntas.

E durante as duas aulas de 50 minutos, o tempo foi suficiente para termos uma dupla vencedora, após várias rodadas, conhecemos os vencedores. Caso nenhuma dupla finalizasse o percurso, usaríamos a regra do jogo, e nesse caso, a dupla vencedora seria aquela que estivesse mais próxima da chegada final.

Na figura 19 observamos os estudantes em um momento de atenção, durante uma pergunta realizada.



Figura 19 - Os estudantes jogando o *Via Solare*.

Após o término do jogo, tivemos um momento para debater sobre a atividade, sobre o jogo. Falamos sobre física, evolução estelar e jogo *Via Solare*. Os estudantes fizeram diversos comentários, como por exemplo:

- O jogo é bom;
- Foi a primeira vez que jogaram esse tipo de jogo;
- O jogo ajudou a entender o assunto;
- Se poderia jogar em outras aulas;
- Se poderia fazer com outros temas;
- Se poderia aplicar em outras disciplinas como biologia e química

- Onde poderiam comprar ou baixar o jogo?

Os estudantes pensaram que tinha comprado o jogo, demonstraram interesse nessa prática, e até me perguntaram se poderia aplicar para outros conteúdos e disciplinas (citaram duas disciplinas: química e biologia). E no final falei que tinha elaborado o jogo, para surpresa deles que queriam comprar e saber qual sítio eletrônico poderiam adquirir o jogo.

Na figura 20 podemos observar a etapa onde ocorreu a reaplicação do teste inicial, com objetivo de comparar os dados obtidos com os primeiros resultados. Fornecendo dados para analisar e avaliar os resultados. E nesse encontro final tivemos um debate sobre as atividades desenvolvidas, os temas abordados e o jogo aplicado. E relataram sobre a satisfação que tiveram nas atividades desenvolvidas e do jogo aplicado na sala de aula.



Figura 20 - Estudantes respondendo os testes aplicados

6. APRESENTAÇÃO E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

O teste de sondagem foi aplicado com a finalidade de analisar as dificuldades e os conhecimentos dos estudantes, para que assim fosse possível uma posterior interação entre os conhecimentos prévios dos estudantes e os conhecimentos novos abordados sobre o conteúdo, favorecendo assim, a aprendizagem significativa.

1. Como é chamado popularmente berçário de estrelas?

- a) buraco negro
- b) galáxia
- c) **nebulosa**
- d) pulsar

2. Os astrônomos utilizam a unidade ano-luz nas suas atividades de pesquisa.

Essa unidade é utilizada para medir:

- a) Velocidade
- b) **distância**
- c) quasar
- d) massa

3. Qual é estrela mais próxima da Terra?

- a) **Sol**
- b) Próxima Centauri
- c) Rigel
- d) Sirius

4. O que representa Unidade astronômica?

- a) **é a distância da Terra para o Sol**
- b) é a distância da Terra para a Lua
- c) é a distância da Terra para a Marte
- d) é a distância da Terra para Júpiter

5. Como é chamada a explosão muito violenta que ocorre na fase final da evolução estelar de estrelas de grande massa?

- a) gigante vermelha
- b) anã branca
- c) **supernova**
- d) buraco negro

6. Como é chamada a nuvem de matéria estelar expelida na fase final da evolução de uma estrela de pequena massa?

- a) **nebulosa planetária**
- c) buraco negro

b) supernova

d) estrela de nêutrons

7. O Sol na fase final da sua vida dará origem a:

a) um buraco negro

c) uma supernova

b) uma Anã branca e a uma nebulosa planetária d) uma estrela de nêutrons

8. Quanto tempo, aproximadamente, a luz solar completa o trajeto Sol -Terra?

a) 15 minutos

c) 9 minutos

b) 10 minutos

d) 8 minutos

9. As estrelas passam a maior parte da sua vida na:

a) sequência principal

c) supernova

b) gigante vermelha

d) anã branca

10. Considere o Sol como uma bola de basquete. Nesse caso a Terra seria uma:

a) pequena bola de gude

c) bola futebol de campo

b) bola de tênis

d) bola de sinuca

11. Como é denominado o objeto extremamente denso e com gravidade tão intensa que nem a própria luz consegue escapar?

a) nebulosa planetária

c) buraco negro

b) supernova

d) estrela de nêutrons

12. As estrelas produzem a sua energia através de reações químicas:

a) fissão nuclear

c) combustão

b) fusão nuclear

d) irradiação

13. Dependendo da quantidade de matéria, uma estrela na fase de supernova, irá se transformar em uma estrela de nêutrons ou em um buraco negro.

a) Verdadeiro

b) Falso

Análise das respostas do teste de sondagem

A tabela 4 apresenta o percentual dos estudantes em relação ao número de acertos das questões.

Número de acertos	Percentual dos estudantes
9	20
8	30
6	30
5	20

Tabela 4 – Resultados do teste de sondagem

Fazendo uma análise, a partir dos dados da tabela, observamos que metade da turma acertou menos de 7 questões num conjunto de treze questões.

Os resultados da reaplicação dos testes após a aplicação do produto

No segundo teste, ou seja, a reaplicação do teste inicial, os resultados obtidos foram bem melhores do que os resultados observados no primeiro teste que tinha sido aplicado no momento inicial das atividades em estudo para identificar os conhecimentos prévios dos estudantes.

Nessa etapa tivemos resultados, no mínimo, igual ao superior a 8 acertos num conjunto de treze questões aplicadas. Fazendo uma análise nos dados obtidos, observamos que tivemos estudantes que acertaram 8 ou 9 questões, isso representa 43% dos participantes. Foi observado também que alguns estudantes acertaram 10 ou 11 questões, e outros estudantes, representando 14% dos participantes, conseguiram acertar todas as treze questões do teste aplicados.

A figura 21 apresenta os acertos dos estudantes, por questão, nos dois testes aplicados. No gráfico a cor azul representa os acertos no teste 1 (teste de sondagem) e a cor vermelha os acertos no teste 2 (reaplicação do teste de sondagem)

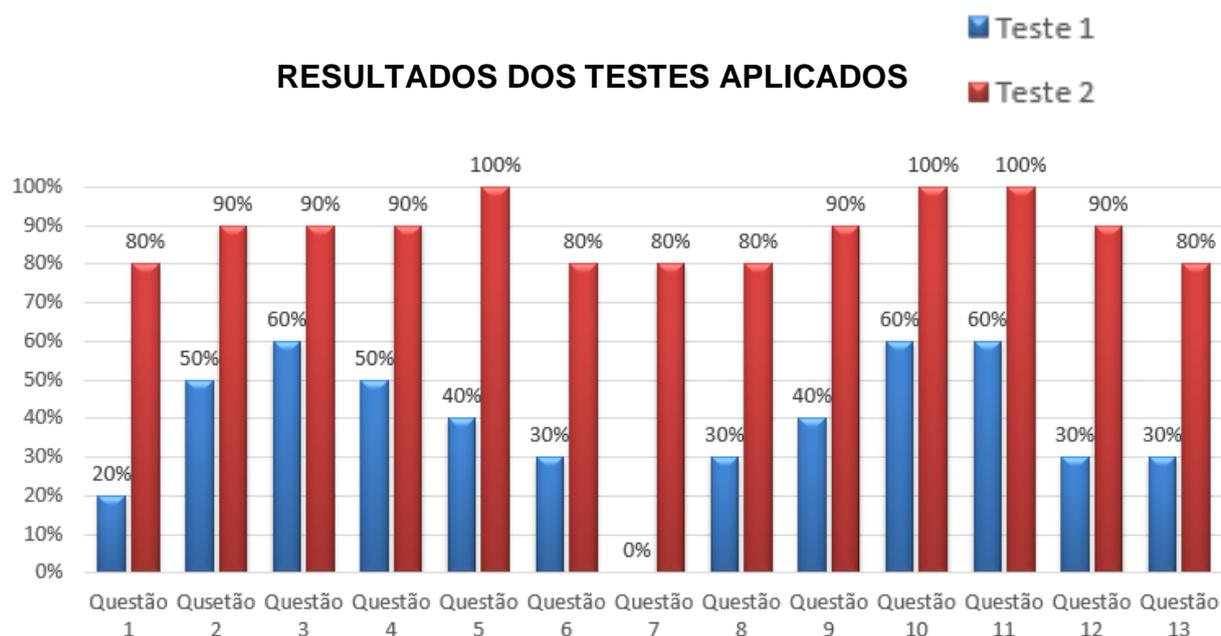


Figura 21 – Resultados dos testes aplicados

O primeiro passo foi identificar os conhecimentos prévios dos estudantes sobre evolução estelar. E comparando os resultados nos dois testes aplicados, observamos que os resultados do segundo teste, apresentou um rendimento melhor. Observei que a aplicação do produto educacional promoveu a interação dos conhecimentos de evolução estelar com os conhecimentos apresentados nos encontros. Os debates realizados no início tiveram um desenvolvimento progressivo, pois os estudantes, passaram comentar os temas abordados, relacionando com outros já estudados. Assim, temos uma interação entre esses conhecimentos, de forma significativa, ou seja, uma associação dos conhecimentos novos com os conhecimentos previamente existentes na estrutura cognitiva dos estudantes.

7. CONSIDERAÇÕES FINAIS

O presente trabalho busca apontar as possibilidades para a inclusão de tópicos da astronomia no ensino médio, particularmente temas relacionados a evolução estelar. Ele traz essa abordagem considerando as orientações sob os aspectos legais segundo os documentos oficiais da educação básica (PCNEM; PCN+), e a necessidade do atual ensino médio na inserção destes assuntos no currículo escolar da educação básica.

As atividades desenvolvidas foram fundamentadas pela teoria de aprendizagem significativa de Ausubel, que relaciona os conhecimentos novos como os conhecimentos prévios relevantes do estudante. Para promover uma aprendizagem significativa a informação nova deve ancorar num subsunçor específico existente na estrutura cognitiva do estudante. A identificação desses conhecimentos prévios é importante e norteador para as ações do professor referente ao planejamento e as atividades de ensino-aprendizagem da sua turma.

Estas atividades vivenciadas tiveram uma grande contribuição na construção do conhecimento dos estudantes do ensino médio, pois foi possível relacionar os conceitos da física das estrelas com os conhecimentos já existentes, ou ainda, recentemente incorporados nas atividades realizadas em sala de aula. O uso do Via Solare oportunizou aos estudantes uma visão da astronomia, a evolução estelar relacionando ao universo que nos cerca.

O bom rendimento obtido pelos estudantes no segundo teste, o seu empenho e participação ativa na aplicação do produto educacional validam o trabalho apresentado nesta dissertação. Assim como os comentários dos estudantes relatando a satisfação na prática do jogo, estimulando o debate, o questionamento. Isso evitar a memorização de respostas prontas, porque promove uma internalização com atribuição de significados, e o produto disso é fruto de uma aprendizagem significativa.

8. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

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

AUSEBEL, D. P.; NOVAK, J. D.; HANESIAN, H. **Educational psychology: a cognitive view.** 2a ed. Nova York, Holt Rinehart and Winston, 1978.

BRASIL. **Base Nacional Comum Curricular (BNCC).** Brasília: Ministério da Educação, 2018.

_____. **Nacionais (PCN+). Ciências da Natureza e Matemática e suas tecnologias.** Brasília: Ministério da Educação, 2006.

_____. **Lei de diretrizes e Bases da educação (LDB) - Lei nº. 9.394/96.** Brasília: Ministério da Educação, 1996.

DAMINELI, Augusto et al. **O céu que nos envolve: Introdução à astronomia para educadores e iniciantes.** São Paulo: Editora Odysseus, 2011.

FREEDMAN, R. and KAUFMANN III, W. J. **Universe.** 8th Edition. New York: W. H. Freeman and Company, 2008.

FREIRE, Paulo. **Pedagogia da autonomia: saberes necessários à prática educativa.** 3ª ed. São Paulo: Paz e Terra, 1996

HUIZINGA, Johan. **Homo Ludens: o jogo como elemento da cultura.** 4ª edição – reimpressão, São Paulo: Editora Perspectiva, 2000.

INGLIS, Mike. **L'astrofisica è facile!** Italia: Springer-Verlag, 2009

KISHIMOTO, Tizuko Morchida (org). **Jogo, brinquedo, brincadeira e a educação.** 14ª ed. São Paulo: Editora Cortez, 2017.

MOREIRA M. A.; MASINI, E. A. F. S. **A teoria da aprendizagem significativa segundo Ausubel**. São Paulo: Centauro Editora, 2016.

_____. **Aprendizagem significativa: a teoria e textos complementares**. São Paulo: Livraria da Física, 2011.

_____. **Teorias da Aprendizagem**. São Paulo: Pedagogia e Universitária L.T.D.A., 1999.

OLIVEIRA FILHO, K. S. e SARAIVA, M. F. O. **Astronomia e Astrofísica**. 3. ed. São Paulo: Editora Livraria da Física, 2014.

PERCY, J. R. **News Trends in Astronomy Teaching**. Cambridge: Cambridge University Press, 1998.

SPARROW, Gilles. **50 ideias de astronomia**. São Paulo: Editora Planeta, 2018.

TYSON, Neil deGrasse. **Astrofísica para apressados**. 1ª ed. São Paulo: Editora Planeta, 2017.

_____. **Morte no Buraco Negro**. 2ª ed. São Paulo: Editora Planeta, 2016

.

TYSON, Neil deGrasse e GOLDSMITH, Donald. **Origens: catorze bilhões de anos de evolução**. 11ª ed. São Paulo: Editora Planeta, 2017.

APÊNDICE A - TESTE DE SONDAAGEM



Nome:

Professor: Cláudio Roberto Barrozo da Silva

Leia com atenção e responda cada questão indicando a alternativa correta

1. Como é chamado popularmente berçário de estrelas?

- a) buraco negro
- b) galáxia
- c) nebulosa
- d) pulsar

2. Os astrônomos utilizam a unidade ano-luz nas suas atividades de pesquisa. Essa unidade é utilizada para medir:

- a) Velocidade
- b) distância
- c) quasar
- d) massa

3. Qual é estrela mais próxima da Terra?

- a) Sol
- b) Próxima Centauri
- c) Rigel
- d) Sirius

4. O que representa Unidade astronômica?

- a) é a distância da Terra para o Sol
- b) é a distância da Terra para a Lua
- c) é a distância da Terra para a Marte
- d) é a distância da Terra para Júpiter

5. Como é chamada a explosão muito violenta que ocorre na fase final da evolução estelar de estrelas de grande massa?

- a) gigante vermelha
- b) anã branca
- c) supernova
- d) buraco negro

6. Como é chamada a nuvem de matéria estelar expelida na fase final da evolução de uma estrela de pequena massa?

- a) nebulosa planetária
- c) buraco negro

- b) supernova
d) estrela de nêutrons
7. O Sol na fase final da sua vida dará origem a:
a) um buraco negro
c) uma supernova
b) uma Anã branca e a uma nebulosa planetária
d) uma estrela de nêutrons
8. Quanto tempo, aproximadamente, a luz solar completa o trajeto Sol -Terra?
a) 15 minutos
c) 9 minutos
b) 10 minutos
d) 8 minutos
9. As estrelas passam a maior parte da sua vida na:
a) sequência principal
c) supernova
b) gigante vermelha
d) anã branca
10. Considere o Sol como uma bola de basquete. Nesse caso a Terra seria uma:
a) pequena bola de gude
c) bola futebol de campo
b) bola de tênis
d) bola de sinuca
11. Como é denominado o objeto extremamente denso e com gravidade tão intensa que nem a própria luz consegue escapar?
a) nebulosa planetária
c) buraco negro
b) supernova
d) estrela de nêutrons
12. As estrelas produzem a sua energia através de reações nucleares:
a) fissão nuclear
c) combustão
b) fusão nuclear
d) irradiação
13. Dependendo da quantidade de matéria, uma estrela na fase de supernova irá se transformar em uma estrela de nêutrons ou em um buraco negro.
a) Verdadeiro
b) Falso

APÊNDICE B - OS CARTÕES E O TABULEIRO DO JOGO VIA SOLARE

Os cartões do trecho da Nebulosa:

PERGUNTAS	RESPOSTAS
<p> Como é chamado popularmente berçário de estrelas, buraco negro, galáxia ou nebulosa?</p>	<p> Nebulosa.</p>
<p> As nuvens moleculares de hidrogênio, poeira, plasma e outros gases ionizado são chamadas de supernova, nebulosa ou buraco negro?</p>	<p> Nebulosa.</p>
<p> A nebulosa de Helix lembra que figura, um cavalo, um olho ou carangueijo?</p>	<p> Olho.</p>
<p> As estrelas se formam nas nebulosas. Verdadeiro ou Falso?</p>	<p> Verdadeiro.</p>

PERGUNTAS	RESPOSTAS
<p> Quantos planetas constituem o Sistema Solar, 7, 8 ou 9?</p>	<p> Oito.</p>
<p> Qual o quinto planeta do Sistema Solar a contar a partir do Sol? Marte, Júpiter ou Saturno?</p>	<p> Júpiter.</p>
<p> Qual é oitavo planeta do Sistema Solar a contar a partir do Sol? Saturno, Urano ou Netuno?</p>	<p> Netuno.</p>
<p> A Via Láctea é uma galáxia em forma de disco em espiral onde o Sol se encontra no centro. Verdadeiro ou falso?</p>	<p> Falso.</p>

PERGUNTAS	RESPOSTAS
<p>Os astrônomos utilizam a unidade ano-luz nas suas atividades de pesquisa. Essa unidade é utilizada para medir velocidade, distância ou tempo?</p>	Distância
<p>Qual é o elemento com aproximadamente 90% de abundância cósmica? Oxigênio, hidrogênio ou Hélio?</p>	Hidrogênio
<p>Qual o nome da Galáxia onde podemos encontrar o Sistema Solar? Andrômeda, Via Láctea ou Nuvem de Magalhães?</p>	Via Láctea
<p>Qual o sistema planetário a que pertence o planeta Terra é Via Láctea, Sistema Solar ou Andrômeda?</p>	Sistema Solar

PERGUNTAS	RESPOSTAS
<p>Qual é o chamado objeto originado após a morte de uma estrela de dimensões gigantescas? Gigante vermelha, anã branca ou buraco negro?</p>	Buraco negro.
<p>O que o Sol na fase final da sua vida dará origem? Nebulosa planetária ou supernova?</p>	Nebulosa planetária
<p>Uma estrela de nêutrons é originada pela morte de uma estrela com massa superior a 8 massas solares, mas menos que 25 massas solares. Verdadeiro ou falso?</p>	Verdadeiro.
<p>As estrelas passam a maior parte da sua vida na Sequência principal, Gigante vermelha ou Supernova?</p>	Sequência principal.

PERGUNTAS

- Como é chamada a nuvem de matéria estelar expelida na fase final da evolução de uma estrela de pequena massa? Nebulosa planetária ou supernova?
- Como é denominado o objeto extremamente denso e com gravidade tão intensa que nem a própria luz consegue escapar, supernova ou buraco negro?
- Uma supernova é uma explosão muito violenta que ocorre nas estrelas de grande massa no final da sua evolução. Verdadeiro ou falso?
- Como são chamadas as aglomerações de gases ionizados, hidrogênio, hélio, poeira cósmica e plasma nebulosa ou anã branca?

RESPOSTAS

- Nebulosa planetária.
- Buraco negro.
- Verdadeiro.
- Nebulosa.

PERGUNTAS

- As estrelas até oito massas solares na fase final da sua vida serão supernovas ou gigantes vermelhas?
- Qual é a cor das estrelas de maior massa do que o Sol na fase de sequência principal vermelha, azul ou branca?
- Como é chamada a explosão muito violenta que ocorre na fase final da evolução estelar de estrelas de grande massa? Gigante vermelha, anã branca ou supernova?
- As estrelas formam-se a partir da contração dos gases e poeiras existentes nas gigantes vermelhas ou nebulosas?

RESPOSTAS

- Gigantes vermelhas
- Azul.
- Supernova.
- Nebulosas.

Os cartões do trecho do Sol:

PERGUNTAS	RESPOSTAS
<p> O Sol na fase final da sua vida dará origem a:</p> <p>a) um buraco negro b) Uma Anã branca e a uma nebulosa planetária c) uma supernova</p>	<p> b) Uma Anã branca e a uma nebulosa planetária.</p>
<p> Qual é estrela mais próxima da Terra: Sol, próxima Centauri ou Sirius?</p>	<p> Sol.</p>
<p> Qual é estrela mais próxima da Terra depois do Sol: Rigel, próxima Centauri ou Sirius?</p>	<p> Proxima Centauri</p>
<p> Na faixa da região habitável estão inseridos os planetas: Vênus e Terra ou Terra e Marte?</p>	<p> Terra e Marte;</p>

PERGUNTAS	RESPOSTAS
<p> O que representa Unidade Astronômica? É a distância da Terra para o Sol ou a distância da Terra a Lua?</p>	<p> É a distância da Terra para o Sol.</p>
<p> Qual é o valor aproximado da distância da Terra para o Sol em quilômetros? 150 mil ou 150 milhões?</p>	<p> 150 milhões.</p>
<p> Quantos planetas igual a Terra caberiam dentro do Sol? 100 mil ou um milhão?</p>	<p> Um milhão.</p>
<p> Quantos planetas igual a Júpiter caberiam dentro do Sol? 10, 100 ou 1000?</p>	<p> 1000.</p>

PERGUNTAS	RESPOSTAS
<p>■ Considere o Sol como uma bola de basquete. Nesse caso a Terra seria como uma pequena bola de gude, tênis ou futebol de campo?</p>	<p>■ Uma pequena bola de gude.</p>
<p>■ Considere o Sol como uma bola de basquete. Nesse caso Júpiter seria como uma pequena bola de gude, tênis ou futebol de campo?</p>	<p>■ Uma bola de tênis.</p>
<p>■ Qual é a distância da Terra para a estrela Próxima Centauri, aproximadamente em anos-luz, menos de 4 anos ou mais de 4 anos?</p>	<p>■ Mais de 4 anos-luz. (4,2 anos-luz).</p>
<p>■ Aproximadamente, Quanto tempo a luz solar completa o trajeto Sol -Terra, 8, 10 ou 15 minutos?</p>	<p>■ 8 minutos.</p>

PERGUNTAS	RESPOSTAS
<p>■ Quanto tempo, a luz da estrela Próxima Centauri completa o trajeto Próxima Centauri Terra? 3,4 ou 4,2 anos?</p>	<p>■ 4,2 anos.</p>
<p>■ Se VY Canis Majoris ocupasse o lugar do nosso Sol no Sistema Solar, esta estrela gigante, tomaria o lugar de todos os planetas juntos com Marte, Júpiter ou Saturno?</p>	<p>■ Saturno.</p>
<p>■ Qual é temperatura, aproximada, do núcleo solar, 10, 12 ou 15 milhões de Kelvin?</p>	<p>■ 15 milhões de Kelvin.</p>
<p>■ As estrelas produzem a sua energia através de reações químicas, de fissão nuclear ou de fusão nuclear?</p>	<p>■ Fusão nuclear</p>

PERGUNTAS	RESPOSTAS
<p>Qual é a região do Sol onde a energia é produzida, por reações termonucleares, núcleo ou fotosfera?</p>	Núcleo.
<p>Qual é a temperatura, aproximada, da fotosfera solar, 4000, 5000 ou 6000 Kelvin?</p>	6000 Kelvin.
<p>Qual é a camada visível do Sol, Cromosfera, fotosfera ou zona convectiva?</p>	Fotosfera.
<p>Em estrelas como o Sol a fusão nuclear ocorre mediante o chamado ciclo pp (próton-próton) ou ciclo CNO (carbono, nitrogênio e oxigênio)?</p>	Ciclo pp (próton-próton)

PERGUNTAS	RESPOSTAS
<p>No ciclo próton-próton ocorre a fusão do hidrogênio em hélio ou hélio em carbono?</p>	A fusão do hidrogênio em hélio.
<p>Qual é o tempo de vida estimado para o Sol 8, 10 ou 12 bilhões de anos?</p>	12 bilhões de anos.
<p>A radiação solar é o fluxo de energia emitida pelo Sol, ela é transmitida sob a forma de convecção ou radiação eletromagnética?</p>	Radiação eletromagnética.
<p>As estrelas mais quentes são de cor azul, amarela ou vermelha?</p>	Azul.

Os cartões do trecho da Gigante Vermelha:

PERGUNTAS	RESPOSTAS
<p> O Sol após consumir todo o seu hidrogênio se transformará numa estrela gigante azul, laranja ou vermelha?</p>	<p> Vermelha.</p>
<p> O Sol na fase final da sua vida dará origem a um buraco negro, verdadeiro ou falso?</p>	<p> Falso.</p>
<p> As estrelas de massa superior a oito vezes a massa do Sol morrem em grandes explosões chamadas de: Big Bang, supernovas ou nebulosas?</p>	<p> Supernovas.</p>
<p> No processo de gigante vermelha a zona habitável sofrerá alguma alteração? Sim ou não?</p>	<p> Sim.</p>

PERGUNTAS	RESPOSTAS
<p> A gigante vermelha irá incinerar o planeta Mercúrio. Verdadeiro ou falso?</p>	<p> Verdadeiro.</p>
<p> A sequência principal é etapa mais longa ou mais curta da vida da estrela?</p>	<p> Mais longa.</p>
<p> Quanto maior a massa, mais quente, mais azul e mais luminosa será a estrela, e menor será o seu tempo de vida. Verdadeiro ou falso?</p>	<p> Verdadeiro.</p>
<p> Uma estrela vermelha é mais fria que uma estrela azul. Verdadeiro ou Falso?</p>	<p> Verdadeiro.</p>

PERGUNTAS	RESPOSTAS
<p>As estrelas são agrupadas em faixas de temperatura que vão desde as estrelas quentes e azuis até estrelas vermelhas e frias. Verdadeiro ou falso?</p>	Verdadeiro.
<p>Quando o Sol se tornar uma gigante vermelha seu raio irá incorporar as orbitas de Mercúrio e Marte. Verdadeiro ou falso?</p>	Falso.
<p>As estrelas são agrupadas em faixas de temperatura que vão desde as estrelas quentes e vermelhas até estrelas azuis e frias, Verdadeiro ou falso?</p>	Falso.
<p>Com a expansão das camadas externas do Sol a zona habitável se afastará e ficará próximo a Júpiter até Saturno. Verdadeiro ou falso?</p>	Verdadeiro.

PERGUNTAS	RESPOSTAS
<p>A temperatura superficial de uma gigante vermelha é relativamente baixa, geralmente não passando dos 5.000 K. Verdadeiro ou falso?</p>	Verdadeiro.
<p>Uma estrela que tem uma massa maior e tem maior quantidade de hidrogênio vive mais tempo. Verdadeiro ou falso?</p>	Verdadeiro.
<p>A temperatura superficial de uma gigante vermelha é relativamente alta, geralmente passando dos 5.000 K. Verdadeiro ou falso?</p>	Falso.
<p>Quando o Sol se tornar uma gigante vermelha seu raio irá incorporar as orbitas de Mercúrio e Vênus.</p>	Verdadeiro.

PERGUNTAS	RESPOSTAS
<p> Durante a primeira fase de estrela gigante vermelha, o Sol vai ter esgotado no seu núcleo hidrogênio ou hélio?</p>	<p> Hidrogênio.</p>
<p> O Sol passará cerca de 10 bilhões de anos consumindo seu hidrogênio é o que chamamos supernova ou sequência principal?</p>	<p> Sequência principal.</p>
<p> O Sol passará cerca de 10 bilhões de anos na sequência principal através da fusão termonuclear transformando hidrogênio em hélio. Verdadeiro ou falso?</p>	<p> Verdadeiro.</p>
<p> A medida que consome o hidrogênio, o Sol nesse estágio cresce em luminosidade. Verdadeiro ou falso?</p>	<p> Verdadeiro.</p>

PERGUNTAS	RESPOSTAS
<p> As estrelas gigante vermelhas são estrelas muito grandes e não muito quentes na sua superfície. Elas resultam da expansão de estrelas quando as reações nucleares começam a ocorrer mais próximo à superfície dessas estrelas. Verdadeiro ou falso?</p>	<p> Verdadeiro.</p>
<p> Uma estrela que tem uma luminosidade maior, perde mais energia e vive menos tempo. Verdadeiro ou falso?</p>	<p> Verdadeiro.</p>
<p> Em relação ao Sol o que é que aparece primeiro: gigante vermelha, anã branca ou supernova?</p>	<p> Gigante vermelha</p>
<p> O Sol poderá se transformar numa supernova. Verdadeiro ou falso?</p>	<p> Falso.</p>

Os cartões do trecho da Anã Branca:

PERGUNTAS	RESPOSTAS
<p> Quando o Sol se transformará numa estrela gigante vermelha após esgotar a fusão do hidrogênio em hélio. Verdadeiro ou falso?</p>	<p> Verdadeiro.</p>
<p> O Sol está mais ou menos a metade de sua sequência principal. Verdadeiro ou falso?</p>	<p> Verdadeiro.</p>
<p> O Sol se tornará uma gigante vermelha, crescendo absurdamente e queimando os planetas mercúrio, Vênus e a Terra. Verdadeiro ou falso?</p>	<p> Verdadeiro.</p>
<p> O tempo gasto por uma estrela como uma gigante vermelha deve ser mais curto ou mais longo do que o período que ela gasta na sequência principal?</p>	<p> Mais curto.</p>

PERGUNTAS	RESPOSTAS
<p> As estrelas com mais de 8 massa do Sol encerram seus ciclos com espetaculares explosões. Verdadeiro ou falso?</p>	<p> Verdadeiro.</p>
<p> O Sol, após a fase de gigante vermelha se transformará em uma nebulosa planetária e uma anã branca. Verdadeiro ou falso?</p>	<p> Verdadeiro.</p>
<p> Uma imensa nuvem difusa e fria é chamada de supernova, nebulosa planetária ou anã branca?</p>	<p> Nebulosa planetária.</p>
<p> um pequeno corpo celeste composto por um núcleo de carbono e ainda algum hélio e hidrogênio em fusão na crosta é a chamada de estrela de Nêutrons, anã branca ou buraco negro?</p>	<p> Anã branca.</p>

PERGUNTAS	RESPOSTAS
<p> As estrelas de massa inicial menor do que 8 massas solares produzem nebulosas planetárias. Verdadeiro ou falso?</p>	<p> Verdadeiro.</p>
<p> Estrelas com massa de massa inicial maior do que 8 massas solares produzem supernovas. Verdadeiro ou falso?</p>	<p> Verdadeiro.</p>
<p> Nas nebulosas planetárias e supernovas, os elementos químicos gerados nas estrelas são expulsos para o espaço; enriquecem a próxima geração de estrelas. Verdadeiro ou falso?</p>	<p> Verdadeiro.</p>
<p> O produto final de uma estrela depende de sua massa inicial, assim com massa inicial inferior a 8 massa do Sol se transformará numa anã branca. Verdadeiro ou falso?</p>	<p> Verdadeiro.</p>

PERGUNTAS	RESPOSTAS
<p> O produto final de uma estrela depende de sua massa inicial, assim com massa entre 8 e 20 massas solares se transformará numa estrela de nêutrons. Verdadeiro ou falso?</p>	<p> Verdadeiro.</p>
<p> O produto final de uma estrela depende de sua massa inicial, assim com massa inicial inferior a 20 massas solares se transformará num buraco negro. Verdadeiro ou falso?</p>	<p> Falso.</p>
<p> Uma estrela gigante vermelha é de baixa temperatura e alta luminosidade. Verdadeiro ou Falso?</p>	<p> Verdadeiro.</p>
<p> Uma estrela gigante vermelha é de baixa temperatura e baixa luminosidade. Verdadeiro ou Falso?</p>	<p> Falso.</p>

PERGUNTAS	RESPOSTAS
<p> Dependendo da quantidade de matéria, uma estrela na fase de supernova, originada de uma gigante vermelha, transforma-se em uma estrela de nêutrons ou em um buraco negro. Verdadeiro ou Falso?</p>	<p> Verdadeiro.</p>
<p> A estrela de nêutrons e o buraco negro são sobra após a explosão de uma supernova. Verdadeiro ou Falso?</p>	<p> Verdadeiro.</p>
<p> Uma anã branca é uma estrela que se encontra numa fase inicial da evolução estelar. Verdadeiro ou Falso?</p>	<p> Falso.</p>
<p> Quanto menor a frequência do espectro visível maior é o comprimento de onda. Verdadeiro ou Falso?</p>	<p> Verdadeiro.</p>

PERGUNTAS	RESPOSTAS
<p> A densidade de uma anã branca é muito elevada, uma anã branca de uma massa solar tem um raio de aproximadamente a da Terra. Verdadeiro ou Falso?</p>	<p> Verdadeiro.</p>
<p> Massa de uma anã branca jamais ultrapassa 1,4 massas solares. Verdadeiro ou Falso?</p>	<p> Verdadeiro.</p>
<p> Uma gigante vermelha é uma estrela que se encontra numa fase inicial da evolução estelar. Verdadeiro ou Falso?</p>	<p> Falso.</p>
<p> Se a massa que sobra após a explosão de supernova for maior do que 3 massas solares, o que pode acontecer se a estrela inicialmente tinha uma maior do que 25 massas solares, então ela dará origem a um buraco negro, anã branca ou a uma estrela de nêutrons?</p>	<p> Buraco negro.</p>

O tabuleiro do jogo Via Solare

