



Pós-Graduação em **Astronomia**
MESTRADO PROFISSIONAL
UEFS



ANTONIO HENRIQUE DANTAS SILVA

**ENSINO DE ASTRONOMIA NA ESCOLA:
CONHECENDO AS ESTRELAS**

Orientador

Prof. Dr. Paulo César da Rocha Poppe

Feira de Santana – BA

Agosto de 2021

ANTONIO HENRIQUE DANTAS SILVA

**ENSINO DE ASTRONOMIA NA ESCOLA: CONHECENDO AS
ESTRELAS**

Dissertação apresentada ao Curso de Pós-Graduação em Astronomia – Mestrado Profissional em Astronomia do Departamento de Física da Universidade Estadual de Feira de Santana, como requisito parcial para a obtenção do título de Mestre em Ensino de Astronomia.

Orientador: Prof. Dr. Paulo César da Rocha Poppe

Feira de Santana – Ba

Agosto de 2021



ATA DE DEFESA DE DISSERTAÇÃO DE MESTRADO

CANDIDATO (A): ANTONIO HENRIQUE DANTAS SILVA
DATA DA DEFESA: 31 de Agosto de 2021 **LOCAL:** Via Google Meet
HORÁRIO DE INÍCIO: 17h:39m

MEMBROS DA BANCA		FUNÇÃO	TÍTULO	INSTITUIÇÃO DE ORIGEM
NOME COMPLETO	CPF			
PAULO CÉSAR DA ROCHA POPPE	926.229.257-00	Presidente	DR	DFIS - UEFS
MARILDO GERALDÊTE PEREIRA	793.153.647-91	Membro Interno	DR	DFIS - UEFS
MARIÂNGELA DE OLIVEIRA ABANS	943.245.578-53	Membro Externo	DR	LNA - MCTI

TÍTULO DEFINITIVO DA DISSERTAÇÃO*:

ENSINO DE ASTRONOMIA NA ESCOLA: CONHECENDO AS ESTRELAS.

*Anexo: produto(s) educacional(is) gerado(s) neste trabalho.

Em sessão pública, após exposição de 36 min, o(a) candidato(a) foi arguido(a) oralmente pelos membros da banca, durante o período de 1:25 minutos. A banca chegou ao seguinte resultado**:

- (x) APROVADO(A)
() INSUFICIENTE
() REPROVADO(A)

** Recomendações¹: Atender as solicitações apresentadas pela banca examinadora.

Na forma regulamentar, foi lavrada a presente ata, que é abaixo assinada pelos membros da banca, na ordem acima relacionada, pelo candidato e pelo coordenador do Programa de Pós-Graduação em Astronomia da Universidade Estadual de Feira de Santana.

Feira de Santana, 31 de Agosto de 2021

Presidente: Paulo César da Rocha Poppe
Membro 1: Marildo Geraldete Pereira
Membro 2: Mariângela de Oliveira Abans
Membro 3: Antonio Henrique Dantas Silva
Candidato (a): Antonio Henrique Dantas Silva
Coordenador do PGAstro: Carlos Alberto de Lima Ribeiro

¹ O aluno deverá encaminhar à Coordenação do PGAstro, no prazo máximo de 60 dias a contar da data da defesa, os exemplares definitivos da Dissertação, após realizadas as correções sugeridas pela banca.

FICHA CATALOGRÁFICA

AGRADECIMENTOS

À minha mãe (in memoriam) que me proporcionou as condições necessárias para que chegasse a esse resultado.

Ao meu orientador, Prof. Dr. Paulo César da Rocha Poppe, pela paciência na condução desta tarefa que por vezes pareceu infundável, orientando e encorajando a seguir em frente, corrigindo os erros me levando gradualmente à etapa final.

Agradeço com sinceridade a Prof^a. Dr^a. Vera Aparecida Fernandes Martin pelas imensas contribuições dadas ao longo da minha formação acadêmica no Mestrado Profissional em Astronomia.

Agradeço também à Prof^a. Dr^a. Ana Carla Peixoto Bitencourt, ao Prof. Dr. Marildo Geraldête Pereira, aos demais professores e aos membros da Banca Avaliadora.

Agradecimento especial às duas amigas e colegas do Colégio Eraldo Tinoco de Melo, Prof^a. Maria José Pedreira Reis e a Prof^a. Inara Barbosa de Oliveira Araújo, pois o empenho dessas duas colegas me incentivou, antes e durante o desenvolvimento desse Mestrado, que agora concluo.

“Não é possível convencer um crente de coisa alguma, pois suas crenças não se baseiam em evidências; baseiam-se numa profunda necessidade de acreditar”.

Carl Sagan

RESUMO

O presente trabalho traz uma abordagem inicial sobre as estrelas, identificando nas mesmas um excelente motivador para o Ensino de Astronomia nas Escolas. Os Produtos Educacionais gerados durante o Mestrado Profissional em Astronomia são: (1) Sequência Didática: “Conhecendo as Estrelas”, (2) Guia para a Confecção e Montagem dos Modelos de Estrelas e (3) Modelo Espacial das Estrelas mais Próximas do Sol. Na Base Nacional Comum Curricular (BNCC), os Objetivos de Aprendizagem da Unidade Curricular “Terra e Universo” e a relação conceitual com os Eixos Formativos, trazem o estudo de estrelas em vários aspectos, o que respalda a temática escolhida neste trabalho. Embora não tenha sido possível materializar o projeto de construção dos modelos com os estudantes, por conta da presente pandemia, conseguimos, ainda assim, apresentar os Produtos Educacionais durante as aulas remotas aos estudantes do 1º ano do Ensino Médio Integral do Colégio Estadual Eraldo Tinoco de Melo. O resultado foi bastante positivo e criou uma excelente expectativa nos mesmos. Esperamos que estes materiais possam contribuir para a formação em Astronomia dos estudantes das redes de ensino público e particular.

Palavras-chave: Astronomia Estrelas, Sol, Produtos educacionais, Modelos em Escala.

ABSTRACT

The present work brings an initial approach to the stars, identifying in them an excellent motivator for the Teaching of Astronomy in Schools. The Educational Products generated during the Professional Master's Degree in Astronomy are: (1) Didactic Sequence: "Knowing the Stars", (2) Guide for the Confection and Assembly of Star Models and (3) Spatial Model of the Stars closest to the Sun. In the Common National Curriculum Base (BNCC), the Learning Objectives of the Curricular Unit "Earth and Universe" and the conceptual relationship with the Formative Axes, bring the study of stars in various aspects, which supports the theme chosen in this work. Although it was not possible to materialize the project to build the models with the students, due to the present pandemic, we were still able to present the Educational Products during remote classes to the students of the 1st year of Full High School at Colégio Estadual Eraldo Tinoco de Melo. The result was very positive and created an excellent expectation for them. We hope that these materials can contribute to the training in Astronomy of students from public and private schools.

Keywords: Astronomy, Stars, Sun, Educational Products, Scale Models.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Conceito de Esfera Celeste (fora de escala).....	25
Figura 2: Ilustração do movimento aparente do Sol (fora de escala)	26
Figura 3: P rojeção do céu ilustrando a estrela Aldebaran	27
Figura 4. Nebulosa da Águia.....	36
Figura 5. Ilustração da estrela em termos de camadas (fora de escala).....	38
Figura 6: Esquema evolutivo estelar.....	39
Figura 7. O diagrama de HR.....	40
Figura 8. Imagem do Sol no visível.....	43
Figura 9. Ciclo de vida do Sol.....	44
Figura 10. Um esquema representativo do Sol.....	45
Figura 11. Campo Ultra Profundo do Hubble observado pelo MUSE.....	47
Figura 12. Um recorte da Via Láctea.....	49
Figura 13. Ilustração do sistema binário.....	50
Figura 14. Exemplo de uma curva de luz para uma estrela do tipo Cefeída.....	51
Figura 15. Produtos educacionais 2 e 3 Modelos de estrelas.....	56

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 Brilho de algumas estrelas brilhantes como vistas da Terra.....	28
Tabela 2 Magnitudes.....	29
Tabela 3. Classe espectral, cor e temperatura efetiva de algumas estrelas.....	35

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

BNCC	Base Nacional Comum Curricular
ESA	European Space Agency (Agência Espacial Europeia)
ESO	European Southern Observatory (Observatório europeu do Sul)
LDB	Lei de Diretrizes e Bases da Educação Brasileira
MEC	Ministério da Educação e Cultura
MUSE	Multi Unit Spectroscopic Explorer (Explorador espectroscópico de múltiplas unidades)
NASA	National Aeronautics and Space Administration (Administração Nacional da Aeronáutica e Espaço)
PCN	Parâmetros Curriculares Nacionais
PNE	Plano Nacional de Educação
Var.	Variável – Usado para designar estrelas variáveis

SUMÁRIO

AGRADECIMENTOS.....	6
RESUMO.....	8
ABSTRACT.....	9
LISTA DE FIGURAS.....	10
LISTA DE TABELAS.....	11
LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS.....	12
CAPÍTULO 1: INTRODUÇÃO.....	15
1.1 MOTIVAÇÃO DO TRABALHO.....	16
1.2 OBJETIVOS PROPOSTOS.....	17
1.3 JUSTIFICATIVAS.....	18
1.4 ORGANIZAÇÃO DO TRABALHO.....	20
CAPÍTULO 2: REFERENCIAL TEÓRICO.....	21
CAPÍTULO 3: ESTRELAS: UMA VISÃO GERAL.....	24
3.1 A Escala de Magnitudes	26
3.2 Distâncias.....	30
3.3 Tamanhos.....	31
3.4 Cor e Evolução Estelar	33
CAPÍTULO 4: COMO NASCEM AS ESTRELAS.....	36
CAPÍTULO 5: UM ESTUDO SISTEMATIZADO.....	40
CAPÍTULO 6: O SOL.....	42
CAPÍTULO 7: AS DEMAIS ESTRELAS.....	56
CAPÍTULO 8: METODOLOGIA.....	51
CAPÍTULO 9: CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	55
REFERÊNCIAS.....	58
GLOSSÁRIO.....	65
TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO (MODELO).....	67

1: INTRODUÇÃO

O meu fascínio pelas estrelas surgiu ainda na minha infância. Por volta dos cinco anos de idade, já olhava para o céu e me perguntava “onde ficava aquele lugar”. A noite aquelas luzinhas que pareciam piscar me deixavam imóvel por horas, imaginando que o céu fosse um lençol furadinho por onde a luz do Sol era deixada passar. O tempo foi passando e não encontrava explicação para aquele fenômeno noturno, mas já sabia que eram estrelas. Mas o que seriam essas estrelas?

Como elas só eram vistas à noite, creio que meus questionamentos eram semelhantes aos dos seres humanos que no princípio observavam a Esfera Celeste nos seus momentos de contemplação da natureza. Por volta dos oito anos, já lia desde os seis anos, e nessa época minha mãe comprava semanalmente uma enciclopédia distribuída em fascículos. Então, chegou o fascículo em que havia um capítulo que tratava das estrelas e tinha o Sol como referência. No Colégio Dom Bosco, em Petrolina-PE, onde eu estudava, não havia professores com conhecimentos suficientes para me explicarem o que eram as estrelas e como elas produziam aquela luz mágica. Mas, com esse novo fascículo sobre a mesa, foi como se eu tivesse encontrado a iluminação. Na capa, havia uma ilustração mostrando uma estrela com uma vista do interior da mesma, era o Sol. Naquele momento, larguei os livros sobre a cama e mesmo ainda fardado me pus a ler avidamente aquelas informações preciosas. Nos fascículos seguintes, vieram outras informações que complementariam meus primeiros conhecimentos sobre o Universo. Também foi nesse momento que surgiram meus questionamentos sobre Deus, mas nunca de forma radical. A partir de então, meus interesses se voltaram para a Astronomia e os questionamentos sobre o tamanho do Universo, como ele se formou, o que são as outras estrelas, de que matéria são constituídas, etc., me envolveram de tal forma que mesmo a vida me direcionando para outro caminho, a Astronomia continuava nos meus sonhos, de forma que ao cursar Geografia percebi o quanto essas duas ciências estavam conectadas. Desde o princípio, as duas coexistiam num diálogo infinito. Então eis-me novamente no caminho dos astros.

Essas indagações fundamentais reverberavam em minha mente e as minhas

indagações eram as mesmas que haviam instigado outras civilizações antigas, desde a Grécia até a China, na América pré-colombiana, na África e aonde quer que houvesse comunidades humanas, havia alguém a olhar para o céu e fazer as mesmas perguntas daquelas que a minha inocência infantil fazia.

A fim de responder tais indagações, foram feitos esforços e investimentos em tecnologia; foram inventados instrumentos de pesquisa astronômica, os telescópios e os detectores foram melhorados e, por fim, chegamos aos satélites artificiais. Depois dos gregos que contribuíram para que a Astronomia saísse do campo da mitologia e fosse tratado usando a razão, passamos pelos Caldeus e tantas outras civilizações. Na Idade Média, a Igreja tomou a direção e a Ciência retorna ao terreno divino. Chegamos a Galileu Galilei, que construiu e apontou a sua pequena e grandiosa luneta para o céu. De lá até os nossos dias, a Astronomia experimentou um avanço considerável.

O interesse pelas estrelas surge ao mesmo tempo que a adoração pelo Sol nas civilizações antigas. No antigo Egito, por exemplo, o Sol era a personificação do Deus Ra (RONAN, 1987). Além de ser a estrela mais próxima da Terra, o Sol foi a candidata ideal para os estudos. Passamos a observá-la como nenhuma outra, em parte por estar relativamente próxima, no centro do Sistema Solar e nos prover as condições necessárias à vida na Terra. Compreender a gênese estelar, implica em entender o seu nascimento a partir de um intrincado e complexo processo. A Sequência Principal, na qual o Sol se encontra, sua evolução, a produção de energia a partir da fusão de núcleos leves de Hidrogênio chegando aos estágios finais da sua evolução, representam um fascinante desenvolvimento científico alcançado. O caminho que leva do nascimento à morte das estrelas é definido pela massa estelar. Estrelas de alta massa tipicamente explodem, num fenômeno conhecido como supernovas (chamadas de tipo II), e espalham no meio interestelar todos os elementos químicos formados através da fusão nuclear nos seus núcleos. Após a explosão, resta apenas uma concha de gás e, em seu centro, uma estrela constituída principalmente de nêutrons com uma massa maior que 1,4 massa solar e um raio entre 10 e 80 km (CARROL e OSTLIE, 2017).

Essas estrelas de nêutrons giram a altíssimas velocidades de rotação e possuem intensos campos magnéticos. Os campos intensos e a rotação geram um

campo elétrico enorme na superfície da estrela, retirando elétrons e prótons que, então, se movem rapidamente ao longo das linhas do campo magnético, formando um jato de radiação. Muitas dessas estrelas são conhecidas como pulsares, pois o eixo do campo magnético não é alinhado com o eixo de rotação do pulsar, o que faz com que o jato cruze nossa linha de visada uma vez em cada período de rotação (parecendo a um farol que guia os barcos à noite).

Já estrelas como o nosso Sol ou de massa semelhante não passam por processos explosivos. Logo, sua existência é mais longa, cerca de 10 bilhões de anos ou mais. Mas, elas também contribuem para o enriquecimento químico do meio interestelar durante a fase de nebulosa planetária, quando elas ejetam as camadas externas. O núcleo de uma nebulosa é uma estrela relativamente fraca, uma anã branca, que ilumina o gás ejetado produzindo imagens magníficas que os astrônomos costumam interpretar como “Olho de Deus”, “Roda da Carruagem”, etc., devido à sua forma e aparência. Isso tudo nos tem causado admiração desde tempos imemoriais.

1.1 MOTIVAÇÃO DO TRABALHO

A Ciência no país vem sofrendo com o sucessivos cortes de verbas. Não apenas as Universidades, Institutos e Centros de Pesquisas sofrem, mas as Escolas também, onde as condições para o Ensino de Ciências vem sendo agravadas a cada ano, sem a presença de laboratórios, bibliotecas atualizadas, internet, etc.

A partir desta real constatação, a construção desse estudo dissertativo foi motivada pela necessidade de oferecer aos estudantes da escola pública onde eu leciono, Colégio Estadual Eraldo Tinoco de Melo, em Feira de Santana-BA, elementos que possam minimamente superar esse problema através da oferta de conteúdos específicos de Astronomia que permitam uma primeira compreensão sobre o funcionamento do Universo, de como ele surgiu e evoluiu para o atual “povoamento” que conhecemos. A partir deste contexto, a estratégia adotada foi a introdução de assuntos sobre as estrelas nas aulas de Geografia, uma vez que o conteúdo abordado nos livros didáticos é muito pobre, superficial e que ainda trazem alguns erros conceituais. Em adição, aproveitando que também leciono, como parte da minha carga horária, na disciplina Iniciação Científica, ficou mais fácil adicionar o conteúdo de Astronomia, que aos poucos foi se adaptando às necessidades da

escola, do ponto de vista didático, porque está em consonância como estabelece o Ministério da Educação (MEC).

1.2 OBJETIVOS PROPOSTOS

O objetivo principal desta dissertação é fornecer aos estudantes do Colégio Estadual Eraldo Tinoco de Melo, Feira de Santana-BA, uma primeira abordagem sobre a ciência astronômica através de atividades relacionadas às estrelas. Como proposta direta, a apropriação de conhecimentos básicos que possibilitem a realização das atividades presentes nos produtos educacionais construídos, a saber: (i) Guia para a Confecção e Montagem dos Modelos de Estrelas; (ii) Modelo Espacial das Estrelas mais Próximas do Sol e (iii) Sequência Didática: Conhecendo as Estrelas.

No que concerne aos objetivos secundários, podemos destacar:

- a) Despertar o interesse em observar o céu a olho nu e também através de um instrumento óptico (binóculo, luneta ou telescópio);
- b) Saber identificar algumas estrelas brilhantes e as respectivas constelações a que pertencem, fazendo uso, por exemplo, de uma carta celeste;
- c) Perceber que as estrelas apresentam brilhos e cores diferentes;
- d) Saber orientar durante o dia e a noite, respectivamente, pelo Sol e pelas estrelas, quer seja em terra ou no mar;
- e) Incentivar a leitura de textos e a visualização de vídeos de divulgação científica;
- f) Provocar a realização de pequenas atividades práticas em sala de aula pelo professor(a);
- g) Organizar reuniões que possam promover a instalação de um Clube de Astronomia Amadora na Escola;
- h) Incentivar a participação dos estudantes na OBA (Olimpíada Brasileira de Astronomia e Astronáutica).

1.3 JUSTIFICATIVA

Para além dos compromissos firmados no Ensino Fundamental e Médio, a BNCC Base Nacional Comum Curricular) da área de Ciências da Natureza e suas

Tecnologias propõe um aprofundamento conceitual nas Unidades Temáticas Matéria e Energia, Vida e Evolução e Terra e Universo. Estas são consideradas essenciais para que competências cognitivas, comunicativas, pessoais e sociais possam continuar a ser desenvolvidas e mobilizadas na resolução de problemas e tomada de decisões.

Em particular, a unidade Terra e Universo aborda as principais características do planeta Terra, do Sol, da Lua e de outros corpos celestes, no que concerne as dimensões, composição, localizações, movimentos e forças que atuam entre eles. Para tal, torna-se imprescindível a atividade observacional dos fenômenos celestes associados e de atividades práticas que possam materializar os conhecimentos adquiridos em diferentes níveis de escolarização. Uma vantagem da Astronomia é o fato dos estudantes se interessarem com facilidade pelos objetos celestes, muito por conta da exploração e valorização dessa temática pelos meios de comunicação, brinquedos, filmes, séries, desenhos animados, livros, etc. Dessa forma, o presente trabalho objetiva aguçar ainda mais a curiosidade dos estudantes pelos fenômenos astronômicos e de desenvolver uma postura crítica e investigativa sobre as atividades práticas que serão realizadas em sala de aula.

A compreensão mais aprofundada do Sistema Solar, das estrelas, da nossa própria Galáxia e de outras, possibilita que os estudantes reflitam sobre a posição da Terra e do papel da nossa espécie no Universo. Os livros didáticos, de certa forma, trazem tais discussões, mas são raros aqueles que apresentam atividades observacionais e práticas para serem realizadas em sala de aula. Portanto, a elaboração dos produtos educacionais associados a este trabalho dissertativo, o Guia para a Confecção e Montagem dos Modelos de Estrelas, o Modelo Espacial das Estrelas mais Próximas do Sol e a Sequência Didática Conhecendo as Estrelas, representam algumas contribuições simples que podem ser realizadas nas Escolas envolvendo materiais de baixo custo.

Embora a pandemia não tenha permitido a realização prática destes produtos em sala de aula, experiências prévias conduzidas já revelaram o impacto positivo nos estudantes, o que permite afirmar que a implementação destes também trará uma contribuição significativa para os mesmos. O trabalho de LANGHI e NARDI (2014), “Justificativas para o ensino de Astronomia: o que dizem os pesquisadores brasileiros?”, traduz a importância da inserção deste tema na Educação Básica,

fundamentando reflexões acerca da abordagem deste tema nas escolas, proporcionando subsídios para reformulações curriculares e modelos formativos de professores, tanto no âmbito da formação inicial quanto continuada.

Além do aspecto interdisciplinar presente neste trabalho, um segundo ponto interessante é a possibilidade de envolver diretamente outros professores das áreas de Ciências, Geografia, Matemática e Artes. Esta é a vantagem que a ciência astronômica possui, ou seja, de interagir com outros campos do conhecimento.

A Astronomia mudou a nossa visão do mundo, pois descobrimos que a Terra não é plana, que ela rotaciona em torno do seu eixo e revoluciona em torno do Sol (assim como os demais planetas do Sistema Solar), que não estamos no centro do Universo e que existem tantos mundos mais a serem descobertos e estudados.

O estudo das estrelas nos ajuda a compreender melhor como o nosso Sistema Solar se originou, como se formaram os elementos e as substâncias químicas que existem no nosso planeta e que fazem parte dos seres vivos.

Muitos dos avanços da Matemática, da Física, da Química e da Biologia foram conseguidos quando astrônomos procuravam resolver problemas astronômicos. A Astronomia vai muito além das curiosidades e das lindas fotografias. É preciso levar para a sala de aula esta fantástica ciência. Esta é a contribuição desta dissertação.

1.4 ORGANIZAÇÃO DO TRABALHO

No que segue, iremos abordar o Referencial Teórico no Capítulo 2. Uma visão geral das estrelas, apresentando alguns conceitos fundamentais, como a Esfera Celeste, o movimento aparente do Sol, a escala de magnitudes, os conceitos básicos de distância, os respectivos tamanhos, cor e a evolução estelar, serão abordados no Capítulo 3. O Capítulo 4 trata da sistematização dos estudos na figura de um diagrama HR: Hertzsprung-Russel. O Capítulo 5 é destinado ao Sol, fornecendo alguns aspectos da estrutura solar. O Capítulo 6 é atribuído as demais estrelas. O Capítulo 7 trata da metodologia relacionada ao trabalho dissertativo e aos Produtos Educacionais. No Capítulo 8, tecemos as nossas Conclusões. As Referências usadas e um Glossário com os termos próprios da Astronomia, são apresentadas a seguir.

2: REFERENCIAL TEÓRICO

Os PCN (Parâmetros Curriculares Nacionais) e a atual BNCC (Base Nacional Comum Curricular) constituem um programa governamental de reforma curricular aprovado pelo Conselho Nacional de Educação e, de acordo com os princípios definidos, suportam a inserção do Ensino de Astronomia na Área de Ciências da Natureza, em particular na Unidade Temática “Terra e Universo”.

Um dos princípios que norteia a BNCC é a conformidade com o Plano Nacional de Educação (PNE), onde este estabelece que cabe a BNCC definir direitos e objetivos de aprendizagem e desenvolvimento que orientarão a elaboração dos currículos nacionais. Na BNCC, as concepções de direito de aprendizagem e desenvolvimento são, portanto, balizadoras da proposição dos objetivos de aprendizagem para cada componente curricular.

Ainda, segundo a BNCC, para o ensino de Astronomia, entende-se que a mesma “Amplia experiências de observação do céu e do planeta Terra, particularmente das zonas habitadas pelo ser humano e demais seres vivos, bem como de observação dos principais fenômenos celestes. Além disso, ao salientar que a construção dos conhecimentos sobre a Terra e o céu se deu de diferentes formas em distintas culturas ao longo da história da humanidade, explora-se a riqueza envolvida nesses conhecimentos, o que permite, entre outras coisas, maior valorização de outras formas de conceber o mundo” (Brasil, 2018). Isso permite que o estudante tenha o conhecimento para que ele possa ser também um agente dessas mudanças visando a manutenção de toda espécie viva sobre o planeta.

Os estudantes do Fundamental II, constantemente provocados com desenhos, filmes, videogames e livros infantis, são geralmente mais curiosos e se interessam com mais facilidade pelos fenômenos celestes. Portanto, o Ensino de Astronomia nessas séries iniciais provoca ainda mais essa curiosidade latente das crianças pelos fenômenos naturais e desenvolve o pensamento espacial a partir das experiências cotidianas de observação do céu e dos fenômenos a elas relacionados.

Nos anos finais do Ensino Médio, nas disciplinas de Química e Geografia, a maior ênfase é dada no estudo de solos, ciclos biogeoquímicos, estrutura da Terra, clima e seus efeitos sobre a vida no planeta Terra, isso tendo como objetivo de que os estudantes consigam desenvolver uma visão holística do planeta com base em

princípios de sustentabilidade socioambiental. Então, o conhecimento espacial (Geografia) pode ser aprofundado por meio do elo entre os conhecimentos e as experiências de observação aprendidas nas séries iniciais (Fundamental II).

No tocante às habilidades a BNCC, temos: “(EF02CI07) – Descrever as posições do Sol em diversos horários do dia e associá-las ao tamanho de sua própria sombra e da sombra de diferentes objetos” (Brasil, 2018). Assim, ao iniciar o Ensino Fundamental, qualquer estudante que já possui vivências, interesses e curiosidades sobre o mundo natural e tecnológico, devem ser valorizadas e mobilizadas. Esse deve ser o ponto de partida de atividades que assegurem a construção de conhecimentos sistematizados em Ciências da Natureza, e a Geografia com toda sua conotação humanística, faz parte do processo, mostrando elementos para que compreendam os fenômenos em seu ambiente imediato.

De qualquer forma, trabalhar com as abstrações próprias da Astronomia não é uma tarefa fácil. No caso particular dos estudantes das escolas públicas, a grande maioria vêm de famílias com poucos recursos, sem acesso a literatura e muito menos a computadores e outras mídias digitais. Embora represente um cenário muito negativo, acreditamos que é nessa situação que entra o trabalho do ensino e do professor(a), através da disponibilização de textos didáticos, provocando e promovendo atividades que levem e despertem nos estudantes a curiosidade sobre assuntos pertinentes à Astronomia.

Então, ao ministrar aulas sobre a Unidade Temática “Terra e Universo”, o tópico sobre estrelas representa um caminho bastante motivador, embora a realidade nas Escolas permita apenas o uso das ferramentas disponíveis, como o quadro branco, marcadores e, se houver, um projetor. Então, como inserir o assunto sobre estrelas? Esse é o principal questionamento, pois a maioria dos professores de Geografia passam longe dessas discussões e acaba colocando o conteúdo de lado, salvo para aqueles que passaram por uma formação continuada. Nesse contexto, é importante ressaltar a contribuição dos Mestrados Profissionais na formação dos professores(as) da Educação Básica, onde a temática de estrelas acaba sendo um rico objeto de estudo. Por exemplo, no caso particular envolvendo o tema ou atividades relacionadas com as estrelas, ressaltamos, além daqueles produzidos no MPASTRO¹ (CARRILHO, 2015; BELIZ, 2015; LIMA, 2015; JESUS,

1 Disponível em <http://www.mp-astro.uefs.br/dissertacoes>

2015; NASCIMENTO, 2015; ATHAYDE, 2015; BARRETO, 2016; ARAÚJO, 2017; SANTOS, 2017; FILHO, 2017; RIOS, 2017; SILVA, 2017; BARRETO, 2018; SANTANA, 2018; LIMA, 2018; SILVA, 2018; GONÇALVES, 2019; OLIVEIRA-SANTOS, 2019; SANTOS, 2019; SANTANA, 2019; SILVA, 2019; SILVEIRA, 2019; MEDEIROS, 2020; BARRETO, 2020; JÚNIOR, 2020, LONGUINHOS, 2020; MATOS, 2020; OLIVEIRA, 2020; PINTO, 2020; SANTOS, 2020. SILVA, 2020) a dissertação de mestrado “Astrofísica Estelar para o Ensino Médio: Análise de uma Proposta”, onde a autora apresenta uma proposta diante do potencial pedagógico sobre o tema Astrofísica Estelar. (Vieira, 2018). Outro trabalho envolvendo estrelas e modelos tridimensionais é a “Construção de uma maquete tridimensional fosforescente da constelação de Órion: Uma proposta didática para o ensino de Astronomia” (RENNER, Giselen L. P, 2018).

Em adição a todas estas contribuições apresentadas acima, a nossa proposta de dissertação objetiva oferecer um guia para materializar uma estrela (modelo 3D) a partir de esferas de isopor (Produto Educacional). É importante salientar que modelização é o processo de elaboração de modelos ou de uma construção mental, que pode ser manipulada para a compreensão de um real complexo, promovendo a apreensão dos aspectos relevantes da realidade (PINHEIRO et al. 2001).

Em nossa proposta, um aspecto relevante é que o(a) professor(a) conheça e use a BNCC, que é um documento abrangente e que apresenta uma orientação para o desenvolvimento do trabalho didático. Devemos lembrar também que os PCN, fundamentais para a base da BNCC, estão pautados nas ideias de Jean William Fritz Piaget (1896-1980), ao passo que estamos associando este trabalho à pedagogia sociocultural de Lev Semyonovich Vigotski (1896-1934), ou seja, na pedagogia para atividades experimentais. Mas, as implicações pedagógicas de ambas as teorias não são obrigatoriamente contraditórias. A teoria de Vigotski admite práticas pedagógicas que a teoria de Piaget não recomenda, mas o oposto não ocorre, ou seja, toda prática pedagógica de inspiração piagetiana pode ser adotada em uma pedagogia vigotskiana (LOPES & LUCCA, 2012; PEREIRA, 2012; MARANHÃO et al., 2013). Portanto, basta apenas que ela agregue a participação ativa e orientadora do professor(a) ou do monitor(a) envolvido(a).

3: ESTRELAS: UMA VISÃO GERAL

Ao olharmos causalmente para o céu, em uma noite limpa e sem a presença do nosso satélite natural, a Lua, iremos perceber uma miríade de pontos brilhantes que comumente denominamos de estrela (de origem latina, *stella*). Mas, as estrelas são, certamente, mais interessantes do que isto. Todas as estrelas são, basicamente, enormes esferas de plasma, exatamente como o Sol, de onde tiram a energia do mesmo tipo de processo físico (fusão nuclear) e irradiam energia de modo semelhante para o meio interestelar. Embora a estrutura básica das estrelas seja similar, existem enormes variações em tamanho, temperatura, cor, massa e muitos outros aspectos, como será abordado nos Produto Educacionais propostos, que serão usados para mostrar as diferenças de tamanhos entre estrelas, comparar o Sol com outras estrelas e a estruturas das mesmas a estudantes do ensino médio. Mesmo a olho nu, é possível distinguir consideráveis diferenças na cor e no brilho das estrelas.

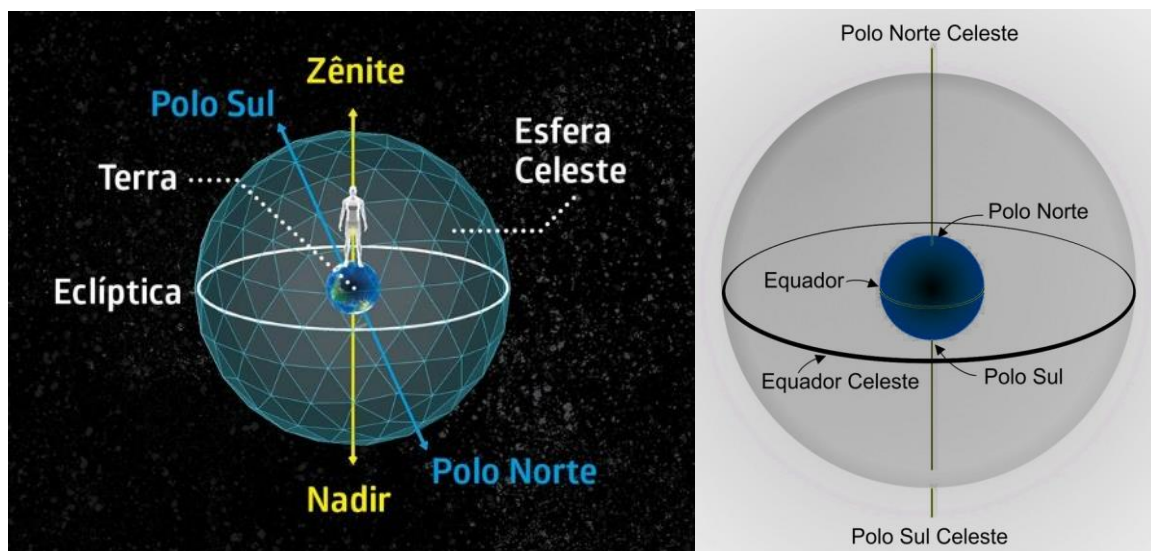
Observando as estrelas a olho nu, em uma atividade inicial que pode ser proposta para os estudantes de escola pública de nível médio, estas irão aparecer simplesmente como pontos de luz e podem até surpreender alguns quando, ao observarem as mesmas através de uma luneta ou telescópio, perceberem que também irão aparecer como pontos de luz. A razão para esta constatação é a imensa distância destas em relação à Terra, comumente medidas em anos luz, uma unidade de comprimento usada para expressar distâncias astronômicas, equivalente a cerca de 9,46 trilhões de quilômetros. Conforme definido pela União Astronômica Internacional, um ano-luz é a distância que a luz viaja no vácuo em um ano juliano. O calendário juliano foi o calendário adotado pelos romanos com a finalidade de corrigir a discrepância que havia no calendário romano. Criado por Júlio César, Na Astronomia, um ano juliano (símbolo: a) é a unidade de medida de tempo definida como exatos 365,25 dias de 86.400 SI segundos cada (Sistema Internacional de Unidades), totalizando 31.557.600 segundos.

As posições das estrelas são medidas através de um sistema de coordenadas, a exemplo da latitude e da longitude geográfica. No entanto, é conveniente imaginar que as estrelas são pontos em uma enorme esfera, a Esfera Celeste, com o planeta Terra no centro (Figura 1), embora saibamos que o sistema

correto é o Heliocêntrico, estabelecido pelo polonês Nicolau Copérnico (1473-1543) na obra *De Revolutionibus Orbium Coelestium*, ou seja, “Sobre as Revoluções das Esferas Celestes”, o que sugere a noção grega acerca das esferas concêntricas.

A esfera celeste se compõe de uma esfera imaginária de raio unitário, centrada no planeta Terra, que gira em torno de um eixo de rotação (prolongamento do eixo de rotação da Terra). Os polos e o plano do Equador celeste são as respectivas projeções, na Esfera Celeste, dos polos e do Equador terrestre.

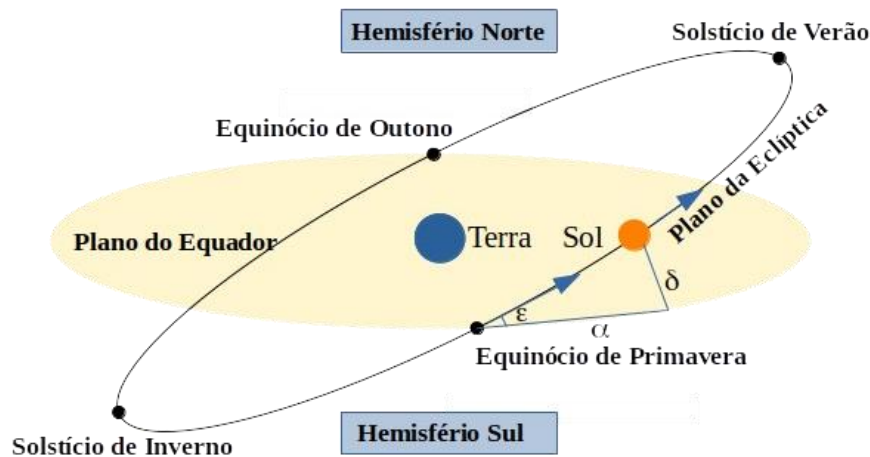
Figura 1 – Conceito de Esfera Celeste (fora de escala):



Fonte: Produzido pelo autor.

Na Figura 2, ilustramos (fora de escala) o movimento aparente do Sol na Esfera Celeste ao longo do plano da Eclíptica, definido por meio da inclinação deste (e, obliquidade da Eclíptica) em relação ao plano do Equador. Os pontos relativos aos Equinócios e Solstícios são representados, assim como as coordenadas no Sistema Equatorial de Coordenadas, ascensão reta (α) e declinação (δ). O Equinócio de Primavera (Vernal), ponto onde o Sol cruza o Equador Celeste do Hemisfério Sul para o Norte, marca o início da Primavera no Hemisfério Norte (Outono no Hemisfério Sul).

Figura 2 – Ilustração do movimento aparente do Sol (fora de escala)



Fonte: Produzido pelo autor.

3.1 A ESCALA DE MAGNITUDES

O brilho das estrelas é medido através de uma escala de magnitude estelar, conhecida como escala de Pogson, formalizada em 1856 por Norman Robert Pogson (ALMEIDA, 2011). Nesse sistema foi definindo que uma estrela de primeira magnitude é 100 vezes mais brilhante do que uma estrela de sexta magnitude, estabelecendo assim a escala logarítmica que ainda está em uso até hoje. Isto implica que uma estrela de magnitude m é 2,512 vezes mais brilhante que uma estrela de magnitude $m + 1$. Este número, a raiz quinta de 100, ficou conhecido como a razão de Pogson, na qual as estrelas mais brilhantes são de menor magnitude numérica e as menos brilhantes possuem uma alta magnitude numérica, dessa forma as estrelas de magnitude mais alta não são possíveis de vermos a olho nu. Portanto, uma estrela brilhante como Alpha Tauri conhecida como Aldebarã ou Aldebaran, a mais brilhante da constelação Taurus (Touro, Figura 3), possui magnitude aparente de 0,86, enquanto uma estrela no limite da visão do olho humana é da ordem de 6,0 magnitudes.

Se tomarmos Aldebarã como uma estrela de 1ª magnitude, seguindo a escala definida pelo astrônomo grego Hiparco (190-126 a.C.), e as mais fracas de 6ª magnitude, veremos que existe uma diferença no brilho da ordem de 100 vezes. De acordo com Hiparco, as estrelas podem ser classificadas pelo brilho intrínseco em seis classes ou “grandezas”, de tal modo que as mais brilhantes do céu, as primeiras a aparecer após o pôr do Sol, eram designadas como estrelas de

“primeira grandeza”; as seguintes, um pouco menos brilhantes, designadas de “segunda grandeza”, e assim sucessivamente. As estrelas mais fracas, no limite da visão humana, ou seja, as últimas a aparecerem, foram designadas como estrelas de “sexta grandeza”.

Figura 3 – Recorte da projeção do céu ilustrando a estrela Aldebaran, a mais brilhante da constelação Touro.



Fonte: Autor, adaptado do Stelarium, Agosto de 2021.

Vamos exemplificar a definição acima, admitindo que o brilho aparente de qualquer estrela é x vezes maior que o brilho de uma estrela da magnitude seguinte, ou seja, uma estrela de 1ª magnitude é b vezes mais brilhante que uma de 2ª magnitude; esta última, por suavez, é b vezes mais brilhante que uma de 3ª magnitude, e assim sucessivamente. Seguindo esse raciocínio, uma estrela de 1ª magnitude é, portanto, $b.b = b^2$ vezes mais brilhante que uma de 3ª magnitude. Logo, existe uma diferença de 2 magnitudes. Do exposto, entre as magnitudes 1 e 6, existe uma diferença de 6, de tal modo que:

$$b.b.b.b.b = b^5 = 100 \text{ vezes mais brilhante}^2$$

Desta análise, podemos escrever que $b = (100)^{1/5} = 2,512 \cong 2,5$. Nesta nova escala, as estrelas 2,5 vezes mais brilhantes que as de 1ª magnitude são de magnitude zero; aquelas de 2,5 vezes mais brilhantes que essas são de magnitude

1, e assim sucessivamente. Atualmente, o brilho das estrelas (magnitude aparente) pode ser mensurado com rigor até o centésimo de magnitude. A Tabela 1 ilustra os valores para algumas estrelas, de acordo com o “*The Astronomical Almanac 2021*”.

TABELA 1: BRILHO DE ALGUMAS ESTRELAS BRILHANTES COMO VISTAS DA TERRA. ALGUMAS ESTRELAS VARIÁVEIS SÃO DESTACADAS.

Estrela	Nome Científico	Distância (anos-luz)	Magnitude Absoluta	Magnitude Aparente
Sol		x	4.8	-26.72
Sírius	Alpha CMa	8.6	1.4	-1.46
Canopus	Alpha Car	74	-2.5	-0.72
Rigel	Alpha Cen	4.3	4.4	-0.27
Centaurus				
Arcturus	Alpha Boo	34	0.2	-0.04
Capella	Alpha Aur	41	0.4	0.08
Rigel	Beta Ori	~1400	-8.1	0.12
Procyon	Alpha CMi	11.4	2.6	0.38
Achernar	Alpha Eri	69	-1.3	0.46
Betelgeuse	Alpha Ori	~1400	-7.2	0.50 (var.)
Hadar	Beta Cen	320	-4.4	0.61 (var.)
Acrux	Alpha Cru	510	-4.6	0.76
Altair	Alpha Aql	16	2.3	0.77
Aldebarã	Alpha Tau	60	-0.3	0.85 (var.)
Antares	Alpha Sco	~520	-5.2	0.96 (var.)
Spica	Alpha Vir	220	-3.2	0.98 (var.)
Pollux	Beta Gem	40	0.7	1.14
Fomalhaut	Alpha PsA	22	2.0	1.16

Becrux	Beta Cru	460	-4.7	1.25 (var.)
Deneb	Alpha Cyg	1500	-7.2	1.25
Regulus	Alpha Leo	69	-0.3	1.35
Adhara	Epsilon CMa	570	-4.8	1.50
Castor	Alpha Gem	49	0.5	1.57
Gacrux	Gamma Cru	120	-1.2	1.63 (var.)
Shaula	Lambda Sco	330	-3.5	1.63 (var.)

Fonte: adaptado pelo autor: https://pt.wikipedia.org/wiki/Lista_das_estrelas_mais_brilhantes

John Frederick William Herschel (1792-1871), mostrou que, em média, uma estrela de primeira magnitude (caracterizada pelos critérios de Hiparco e também por Cláudio Ptolomeu) é 100 vezes mais brilhante do que uma estrela de 6ª magnitude. Em 1856, Pogson sugeriu que tal cálculo fosse considerado como uma referência.

Portanto, a escala foi estabelecida de modo que cada unidade de magnitude corresponde a uma diferença de brilho de 2,5 vezes. A relação entre magnitude e brilho, adotando-se a 1ª magnitude como igual ao brilho 1, pode ser expressa da seguinte maneira:

TABELA 2- MAGNITUDES

Magnitude	1	2	3	4	5	6
Brilho	1	1/2,51	1/6,31	1/15,8	1/39,8	1/100

Fonte: Adaptado do Wikipedia, 2007.

Como informação, um telescópio de 1,0 de abertura atinge objetos de 18 magnitudes. Os telescópios Hubble e Keck podem observar objetos de até 30 magnitudes.

Na Tabela 1 além da Magnitude aparente há a magnitude absoluta (VAR que é a medida do brilho próprio de um objeto celeste, assumindo-se nenhuma extinção astronômica da luz da estrela (quando a luz de uma estrela é absorvida ou espalhada por poeira e nuvens moleculares). Isto coloca os objetos em uma base

comum e permite a comparação da verdadeira emissão de energia de objetos astronômicos, sem a distorção provocada pela distância que certas estrelas possuem.

3.2- DISTÂNCIAS

As distâncias das estrelas descritas na Tabela 1 são expressas em anos-luz. A velocidade da luz é da ordem de 300 mil km/s e 1 ano-luz representa a distância que a mesma percorre em 1 ano (cerca de 9,461 bilhões de km). Trata-se, portanto, de uma escala de distância e não de tempo. Mesmo nesta escala, a estrela mais próxima do Sistema Solar fica a mais de 4 anos-luz de distância. Outra unidade frequentemente usada é o parsec, a distância a que deve estar uma estrela para apresentar uma paralaxe de 1 segundo de arco, (entende-se por paralaxe o deslocamento aparente de um objeto quando se muda o ponto de observação). Por definição, 1 parsec equivale a 3,26 anos-luz. Uma comparação das grandezas aparente e absoluta de uma estrela fornece a medida da distância dessa estrela, denominada de módulo de distância.

Uma compreensão antiga na Astronomia dizia que quanto mais fraca fosse a luz de uma estrela, mais longe ela estaria. Contudo, é preciso tomar cuidado, pois as estrelas variam muito na quantidade de luz que irradiam, o que torna necessária a construção de alguma metodologia para medir a quantidade real de radiação emitida. Para facilitar a compreensão, foi apresentado o conceito de magnitude absoluta, que representa a magnitude estelar que ela teria a uma distância de 10 parsec (32,6 anos-luz) da Terra (ver Tabela 1). Nessa situação, o Sol, com magnitude absoluta de 4,8 é quase 100 vezes menos luminoso que Aldebarã, com magnitude absoluta de – 0,3.

As estrelas aparecem de todas as cores, do vermelho ao azul, correspondendo a uma progressão das estrelas frias às muito quentes. As estrelas relativamente frias, cuja temperatura fica em torno dos 3.000 graus Kelvin (3.273 graus centígrados), parecem vermelhas; as amarelas, como o Sol, possuem temperatura superficial de cerca de 6.000 K, enquanto as de cor branco azulado apresentam temperaturas superiores a 10.000 K (Kelvin). A coloração das estrelas é o resultado da distribuição de energia espectro luminoso, assim sendo, quanto maior a temperatura, a energia se desloca para os comprimentos de ondas mais

curtos (em direção ao azul, e assim, aumentando a luminosidade. Então, 3.000 e 4.000 K, a maior quantidade de energia está na faixa do infravermelho, então a estrela parecerá vermelha. Por outro lado, acima dos 10.000 K, a energia emitida estará na faixa do ultravioleta e do azul, e assim a cor da estrela será azul. O Produto Educacional elaborado sobre os modelos de estrelas vai detalhar melhor este aspecto físico.

3.3 TAMANHOS

As estrelas apresentam tamanhos bastante variados, que está ligado diretamente à sua massa, ou seja, quanto mais massa uma estrela possui, maior ela será, isso quando na sequência principal, ou depois que entra na fase de gigante vermelha, que é o quando seu volume aumenta independentemente da quantidade de massa. As maiores estrelas conhecidas podem ser centenas de vezes maiores que o Sol. Por exemplo, a estrela vermelha gigante Antares possui um raio equatorial de 883 vezes maior que o Sol, de modo se esta estrela fosse colocada no centro do Sistema Solar (ocupando o lugar do Sol), a órbita do planeta Marte ainda estaria no interior de Antares. Por outro lado, as menores estrelas observadas são consideravelmente menores que o planeta Terra, sendo geralmente as anãs brancas, na verdade as anãs brancas são o que sobrou de uma estrela maior, ou seja, é o núcleo da estrela com até 7 massas solares compostas principalmente de carbono. Contudo, as massas das estrelas não variam muito, o que faz as densidades variarem bastante, uma estrela gigante vermelha pode ser uma estrela com a mesma massa do Sol que deixou a sequência principal e está agora na fase de gigante vermelha. Betelgeuse, uma gigante vermelha com 250 vezes o tamanho do Sol, possui uma massa de quatorze vezes a massa do Sol, o que sugere que na sequência principal tenha sido uma gigante azul, porém, hoje na fase de gigante vermelha, ela se expandiu bastante e por isso se tornou muito rarefeita, ou seja, possui uma densidade bem menor que a densidade do Sol.

Por outro lado, algumas estrelas possuem sua matéria comprimida a densidades incríveis, tecnicamente elas não são mais uma estrela, mas o núcleo colapsado de uma grande estrela que, antes do colapso, teria tido entre 10 a 29 massas solares. Esses núcleos costumamos chamar de estrelas de nêutrons eles

são as menores e mais densas “estrelas” que se tem conhecimento. Embora elas possuam um raio na ordem de 10 quilômetros, podem ter massas cerca de duas vezes a do Sol. São o resultado da explosão de uma estrela massiva que se transforma em supernova, combinada com o colapso gravitacional, que comprime o núcleo muito além da densidade de uma anã branca ao dos núcleos atômicos. A maioria dos modelos básicos para esses objetos implica que as estrelas de nêutrons são compostas quase que inteiramente de nêutrons extremamente comprimidos, isto é, milhões de toneladas por centímetro cúbico. As mais densas conhecidas são os pulsares, estrelas compostas de nêutrons que são fontes de ondas de rádio, pulsares são restos de estrelas muito massivas, núcleo composto de nêutrons muito pequenas e muito densas. Os pulsares podem apresentar um campo gravitacional até 1 bilhão de vezes o campo gravitacional terrestre. Eles provavelmente são os restos de estrelas que entraram em colapso ou de supernovas. À medida que uma estrela vai perdendo energia, sua matéria é comprimida em direção ao seu centro, ficando cada vez mais densa. Quanto mais a matéria da estrela se move em direção ao seu centro, mais rápido ela gira.

Eles emitem um fluxo de energia constante. Essa energia é concentrada em um fluxo de partículas eletromagnéticas que são emitidas a partir dos polos magnéticos da estrela. Quando a estrela gira, o feixe de energia é espalhado no espaço, como o feixe de luz de um farol, a detecção só é possível quando o feixe incide sobre a terra que é captado pelas antenas dos rádios telescópios. Já os buracos negros estelares, formado pelo colapso gravitacional de uma estrela massiva ao final de seu tempo de vida. O processo é observado como uma explosão de supernova ou uma explosão de raios gama. Cygnus X-1 é um dos buracos negro estelares mais massivos, formado a partir do colapso de uma estrela, já detectado sem o uso de ondas gravitacionais. Localizada na Constelação de Cisne, a 6.100 anos-luz da Terra. A sua detecção deu em 1964, esse buraco negro emite raios X, e por isso foi denominada Cygnus X-1. Raios X são ondas eletromagnéticas ionizantes semelhante à luz, apenas que o Raio X só pode ser detectado por rádios telescópios. (MIMMER-JONES et al. 2021).

Todas as estrelas estão em movimento com relação às outras. O Sol, por exemplo, move-se através do espaço em direção à constelação de Hércules a uma velocidade da ordem de 200 km/s. Este movimento pode ser analisado através de

duas componentes: o movimento próprio e a velocidade radial. O primeiro é simplesmente o movimento normal à nossa linha de visada, ou seja, é o movimento diurno do Sol, assim como o de todos os outros astros, que é de leste a oeste, pois é reflexo do movimento de rotação da Terra (que é de oeste para leste), e é revelado por pequenos movimentos aparentes das estrelas na Esfera Celeste.

3.4 COR E EVOLUÇÃO ESTELAR

Ao olharmos para as estrelas no céu, é possível perceber, além da diferença de brilho, determinados padrões de cores. Essa percepção é muito antiga e remonta, certamente, observadores das mais variadas civilizações (chinesa, egípcia, mesopotâmica, etc.). Mas, foi com o padre e astrônomo italiano Angelo Secchi (1818-1878), um dos pioneiros no campo da espectroscopia e um dos primeiros a afirmar que o Sol é uma estrela, a ideia de classificá-las a partir deste ponto de vista, por considerar esta característica estava relacionada, possivelmente, com a temperatura e com o espectro. Então, a partir das observações visuais, um primeiro arranjo foi formado com a composição de 4 grupos de cores: estrelas vermelhas, alaranjadas, amarelas e brancas.

Historicamente, o incremento nas observações espectroscópicas, particularmente nas estrelas, aconteceu a partir de 1860 com os astrônomos italiano Giovanni Battista Donati (1826-1873), norte-americano Lewis Morris Rutherfurd (1816-1892), com os ingleses George Biddel Airy (1801-1891) e William Huggins (1824-1910), e também com o italiano, em Roma, Angelo Secchi (1818-1878). Por exemplo, em 1842, os físicos Alexandre Edmond Becquerel (1820-1891, francês), o primeiro a fotografar o espectro solar, seguido por John William Draper (1811-1882, inglês), revelam propriedades até então desconhecidas desde o trabalho de William Hyde Wollaston (1766-1828), e temos a imensa contribuição de Joseph von Fraunhofer (1787 – 1826) desenvolveu vidros com apurada capacidade óptica e descobriu as linhas escuras de absorção conhecidas como Espectro de Fraunhofer no espectro solar.

Duas décadas após, em 1862, o astrônomo sueco Anders Jonas Ångström (1814- 1874), identifica as linhas de Hidrogênio na atmosfera solar, dentre outros elementos químicos. Mais tarde, em 1868, compila um mapa espectral detalhado

do Sol com mais de mil linhas. A sequência de observações é continuada e em 1872, Henry Draper (1837-1882), filho de John William Draper, dá um passo importante e obtêm um primeiro registro espectral da estrela Vega, a mais brilhante da constelação da Lira e a quinta estrela mais brilhante do céu noturno.

O trabalho inicial do padre Secchi sobre as cores das estrelas, seguido por todo o desenvolvimento observacional proporcionado pelo uso da fotografia, levaram o astrônomo e físico norte-americano Edward Charles Pickering (1846-1919), a proposição de uma classificação mais rigorosa das estrelas por meio dos espectros observados. Várias pessoas contribuíram para esse processo, mas destacamos a astrônoma norte-americana Annie Jump Cannon, vale ressaltar que o Prêmio dado à Annie Jump Cannon de Astronomia é uma homenagem a sua imensa contribuição, e que é oferecido anualmente, desde 1934, para astrônomas norte-americanas. (1863-1941), cujo trabalho de catalogar (algo como 225 mil estrelas até a magnitude 9 presentes em incontáveis placas fotográficas) foi fundamental para a atual classificação estelar (Cannon, 1915). Os primeiros resultados foram publicados no *“The Henry Draper Catalogue of Stellar Spectra”*, (Pickering, 1890), conhecido através das iniciais HD.

Em sua metódica análise, a astrônoma observou que as estrelas passavam de azuis- esbranquiçadas para avermelhadas, classificando, assim, os espectros de acordo com a intensidade das linhas de Hidrogênio, em classes dadas pelas letras de A a N. Hoje em dia, as estrelas são classificadas em função decrescente da temperatura, da mais quente para a mais fria, baseado em um esquema estabelecido em 1890 no observatório de Harvard (*The Harvard Spectral Sequence*). Nesse esquema, as estrelas são agrupadas em classes identificadas pelas seguintes letras: O, B, A, F, G, K, M. Uma discussão mais robusta pode ser encontrada em (Carrol & Ostlie, 2017). A Tabela 2 organiza as informações sobre a classificação espectral, com alguns exemplos de estrelas com sua massa e temperatura e respectiva cor.

Outras letras também estão presentes (W, R, N, S), mas contêm poucas estrelas e não são, geralmente, incluídas na Tabela acima. Existe uma famosa frase na língua inglesa que pode ser usada para lembrar a sequência: **“Oh! Be A Fine Girl, Kiss Me”**. (Oh! Seja uma boa garota, me beije).

TABELA 3-. CLASSE ESPECTRAL, COR E TEMPERATURA EFETIVA DE ALGUMAS ESTRELAS.

Tipo de Estrela	Cor	Temperatura da superfície	Massa (Sol = 1)	Exemplos
O	Azul	acima de 25,000 K	60	10 Lacertae, Rigel, Deneb, Saiph
B	Azul	11,000 – 25,000 K	18	Rigel, Spica
A	Azul	7,500 – 11,000 K	3.2	Sirius, Vega
F	Azul a Branco	6,000 – 7,500 K	1.7	Canopus, Procyon
G	Branco a Amarelo	5,000 – 6,000 K	1.1	<u>Sol</u> , <u>Capella</u> , <u>Alfa Centauri</u>
K	Laranja a Vermelho	3,500 – 5,000 K	0.8	<u>Arcturus</u> , <u>Aldebaran</u>
M	Vermelho	Abaixo de 3,500 K	0.3	<u>Betelgeuse</u> , <u>Antares</u> , <u>Próxima Centauri</u>

* valores aproximados

fonte: adaptado pelo autor a partir wikipedia, ,2007.

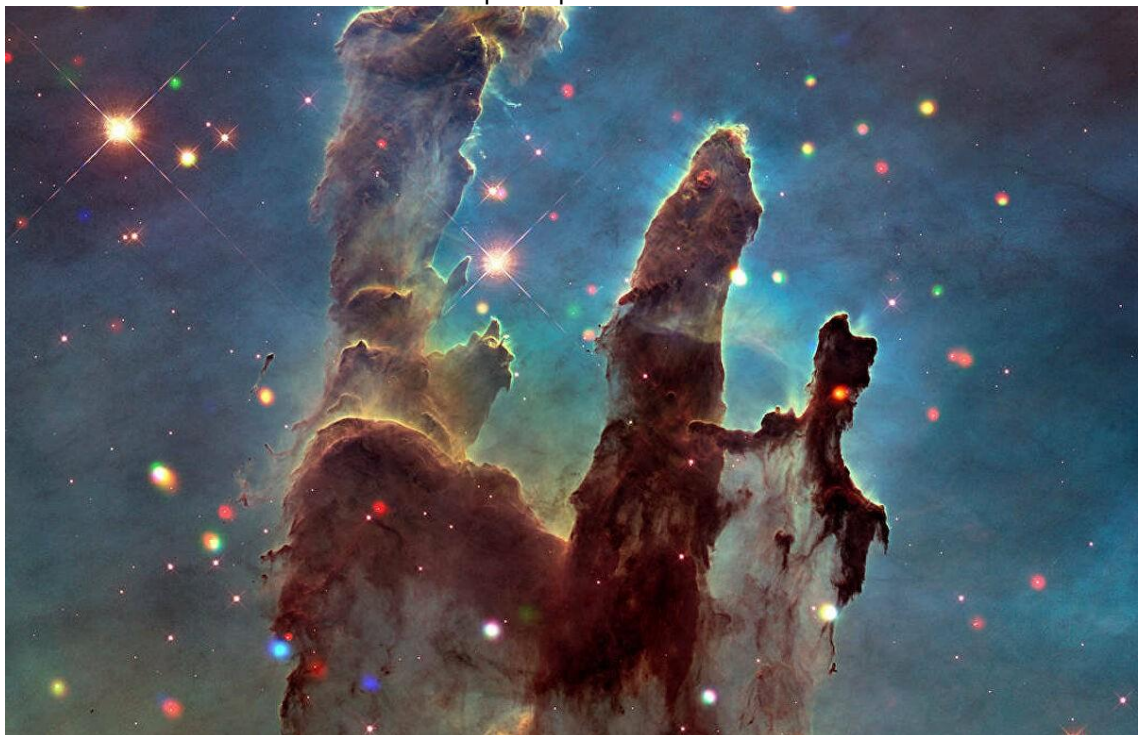
O trabalho de Cannon também permitiu a construção de subtipos para cada um dos tipos espectrais. Após cada letra, um algarismo que podia variar entre 0 e 9 era adicionado. Por exemplo, as estrelas do tipo A0 apresentam temperaturas efetivas mais altas do que aquelas caracterizadas como A2. A temperatura efetiva de uma estrela é a temperatura de um corpo negro de mesma luminosidade por área de superfície que a do corpo celeste em questão, de acordo com a Lei de Stefan-Boltzmann.

A versão final do catálogo, onde as estrelas acompanham o prefixo HD, por exemplo, Antares, HD 148478, foi publicado nos volumes 91 a 99 dos “*Annals of Harvard College Observatory*”, entre o período de 1918-1924. Outros volumes, uma extensão do catálogo HD, com 46.850 estrelas, compilado entre 1925 e 1936, foram publicados por Cannon após a morte de Pickering em 1919. Annie Jump Cannon morre em 1941, deixando um vasto legado e uma contribuição fundamental para a Astronomia, materializado em um catálogo com mais de 395 mil estrelas (Gray; Corbally, 2009).

4 - COMO NASCEM AS ESTRELAS

As estrelas podem ser definidas como esferas de gás ionizados autogravitantes. A fonte de energia é obtida pela transmutação de elementos químicos através de reações nucleares, ou seja, da fusão nuclear de Hidrogênio em Hélio e, posteriormente, em elementos mais pesados. A formação estelar é um processo complexo e muito violento, além de ocorrer de diferentes formas em diferentes regiões do espaço. Tipicamente, uma estrela tem origem em uma nuvem composta de Hidrogênio, Hélio e poeira, chamada comumente de nuvem molecular, que começa lentamente a se concentrar devido a força gravitacional, tornando-a, dessa maneira, cada vez mais densa. Um dos exemplos mais conhecidos de nebulosa esta ilustrada na Figura 5.

Figura 4 – Nebulosa da Águia, um verdadeiro berçário de estrelas, registrada pelo Telescópio Espacial Hubble



Fonte: : NASA/CXC/INAF/M.Guarcello et al.; Optical: NASA/STScI. Fonte: https://www.nasa.gov/mission_pages/chandra/images/x-ploring-the-eagle-nebula-and-pillars-of-creation.html. Acesso em 15 de Julho de 2021.

Ao longo de milhões de anos, há uma condensação dos gases que compõe a nebulosa e vão se aglutinando pela atração gravitacional. Diante de uma escala de tempo apropriada, a matéria assim aquecida começa a se fragmentar, aqueles

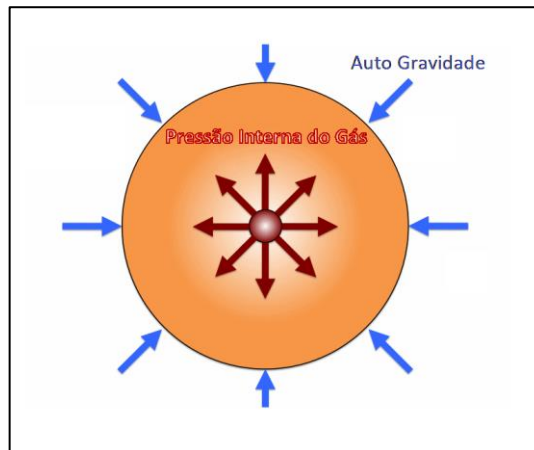
pedaços, que não mais serão divididos, irão dar origem a origem às protoestrelas. Quando os gases responsáveis pela formação estelar começam, pela força gravitacional, a se aglutinarem e contraírem, todo esse conjunto começa a girar, a velocidade aumenta, impulsionada pela gravidade, assim como sua densidade, à medida que o hidrogênio contrai sua temperatura aumenta, quando a temperatura no centro atinge um valor suficientemente alto, da ordem de 15 milhões de graus centígrados, o processo de fusão nuclear é iniciado e temos, finalmente, o nascimento de uma estrela. A temperatura final vai depender do tamanho dessa região mais densa. E quando não há massa suficiente para iniciar a “ignição”, após a contração o objeto começa a se esfriar, é o objeto resultante chamamos de Anãs Marrons. Esse tipo de astro produz muito pouca energia, são mais parecidos com planetas como Júpiter do que com as estrelas. A massa mínima para iniciar as reações nucleares e formar uma estrela é de 50 vezes a massa de Júpiter.

As estrelas que extraem a sua energia da fusão dos átomos de hidrogênio são chamadas de estrelas de sequência principal, esse tipo de estrela corresponde a cerca de 90% de todas as estrelas do Universo.

A partir do momento em que as estrelas se tornam capazes de realizar fusões termonucleares, o seu hidrogênio é consumido, até que a estrela evolua para o seu estágio final de vida, que é quando entram na fase de gigante vermelha. O resultado final varia de acordo com a massa da estrela e o seu raio, e é possível estimar como será o seu futuro. Essas grandezas estelares, como a massa e o raio das estrelas, são comumente medidas em função da massa solar ($M_{\odot}$) e raio solar ($R_{\odot}$).

Com a estrela brilhando, produzindo energia através da fusão nuclear, dois regimes de forças entram em cena para romper a coesão (equilíbrio hidrostático) que a mesma possui: a gravidade, cujo papel é de contrair e implodir sobre si mesma, e a pressão gás superaquecido pela pressão de radiação. Se representarmos por um modelo, o mais adequado é caracterizar a estrela como uma composição de várias camadas “esféricas” concêntricas. Nessa construção, as camadas mais externas exercem uma pressão nas mais internas, e um equilíbrio precisa ser atingido. Em direção ao centro da estrela, maior será a pressão do gás. A Figura 6 ilustra este cenário é o equilíbrio hidrostático obtido em termos das pressões envolvidas.

Figura 5 – Ilustração da estrela em termos de camadas (fora de escala).



Fonte: https://pt.wikipedia.org/wiki/Equil%C3%ADbrio_hidrost%C3%A1tico

As setas azuis indicam as pressões externas exercidas pela gravidade, enquanto as vermelhas, são representações das forças internas que tentam empurrar a matéria para fora, essas forças são resultantes das reações termonucleares. Para atingir o equilíbrio hidrostático, o peso de cada camada precisa ser equilibrado pelas forças oriundas na diferença de pressão interna e externa em cada camada representada.

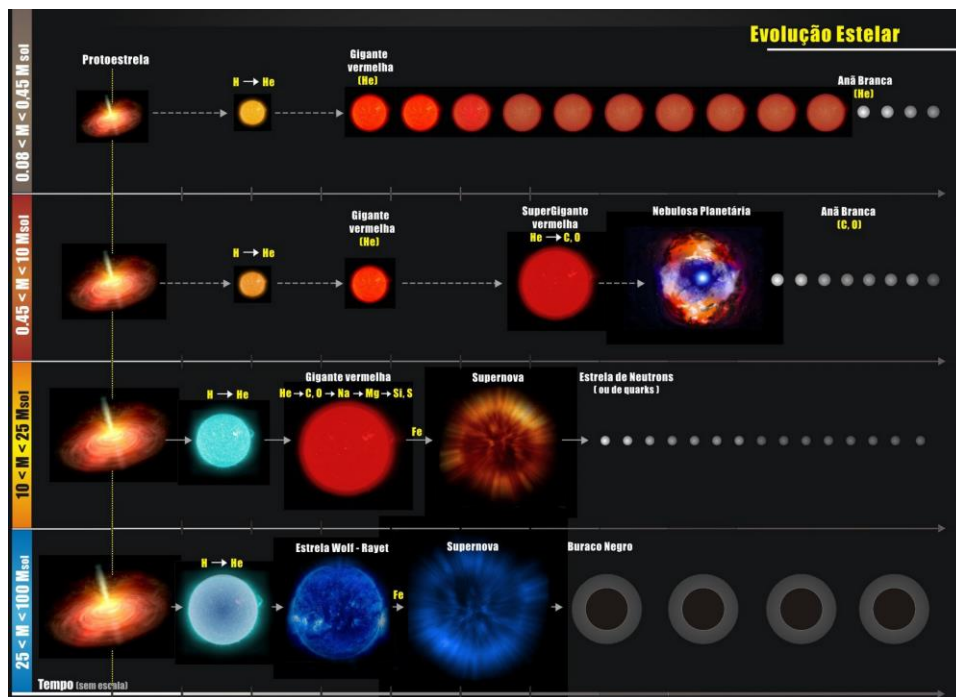
Com o nascimento, vem a evolução através a queima dos elementos químicos abundantes, Hidrogênio, em seguida o Hélio, e depois os demais elementos considerados pesados. Este processo leva, inevitavelmente, a um desequilíbrio. Em um dado momento, a estrela vai entrar em regimes de expansão e de contração, buscando uma nova configuração de equilíbrio. Contudo, este processo depende de um parâmetro básico fundamental, a massa, e a depender da mesma, pequena ou grande, diferentes estágios evolutivos podem ser obtidos. Na verdade, tudo parte do fragmento que deu origem à nebulosa de partida (Figura 7).

O Sol é representado pela 2ª sequência. Se a massa for relativamente pequena, o consumo da estrela será baixo e a mesma vai brilhar por alguns bilhões de anos. Nos três primeiros casos, todas passam pela fase de gigante vermelha. Na sequência, estágios finais distintos são obtidos. Por outro lado, se a massa for relativamente grande, a fusão de hidrogênio na sequência principal, será mais rápida e a estrela terá um tempo de vida menor, da ordem de milhões de anos, muito inferior, portanto, ao cenário prévio. Estrelas de nêutrons, supernovas e buracos negros, são considerados os estágios catastróficos finais de evolução de uma

estrela.

No caso dos buracos negros, por exemplo, os objetos compactos assim formados de alta densidade devido ao colapso gravitacional, é o processo observado como a explosão de uma supernova ou de raios gama. Este estágio final atingido com um campo gravitacional de enorme intensidade, permite testar as leis da Física em condições extremas. A Teoria da Relatividade Geral tem uma explicação lógica para uma estrela colapsada que se transforma em um buraco negro. É uma mudança considerável em relação à teoria gravitacional de Newton, segundo a qual a gravidade é uma força que atrai os objetos uns em direção aos outros, são resultados não previstos na descrição da gravitação de Isaac Newton (1643-1727).

Figura 6: Esquema evolutivo estelar, fora de escala, para diferentes massas de partida.

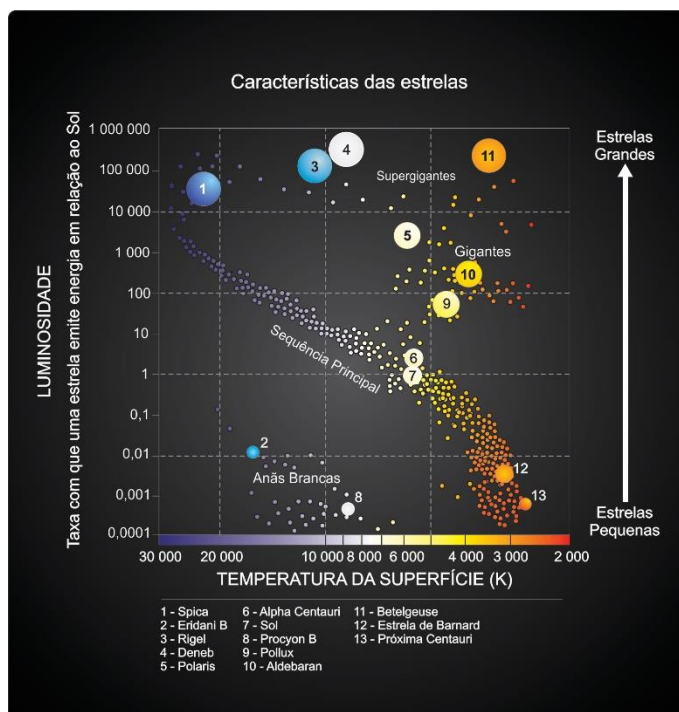


Fonte: Astronomia e Astrofísica (Oliveira, K., Saraiva, M.F., 2014).

5: UM ESTUDO SISTEMATIZADO

Um instrumento precioso que permite o estudo dos tipos de estrelas e a sua respectiva evolução, é o chamado diagrama de cor-magnitude, mas conhecido como diagrama Hertzsprung-Russel, HR, ver Figura 8. O Diagrama descreve a relação entre o tipo espectral ou a temperatura em função da luminosidade das estrelas. Na imagem, o Sol é uma estrela do tipo espectral G, com temperatura efetiva da ordem de 6000 K e luminosidade 1. A Sequência Principal, assim como as regiões das gigantes, supergigantes e anãs são mostradas, com algumas estrelas exemplos. As estrelas Próxima Centauri, Sol, Sirius e Spica, todas na Sequência Principal, serão tomadas como exemplo no Produto Educacional I Sequência didática.

Figura 7: O diagrama de HR



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

Basicamente, o diagrama de Hertzsprung-Russell é um gráfico que representa a temperatura de uma estrela em relação à sua magnitude ou luminosidade absoluta. Foi criado pelos astrônomos Ejnar Hertzsprung (1873-1967, dinamarquês) e Henry Norris Russell (1877-1957, norte-americano), por volta de 1910 e pode ser usado para mapear o ciclo de vida ou a evolução de uma estrela. A maioria delas, incluindo o Sol, encontram-se localizadas na

Sequência Principal, uma faixa proeminente que vai do canto superior esquerdo ao inferior direito do diagrama, ou seja, das maiores temperaturas e luminosidades, para as mais frias e de baixa luminosidade. Logo, nesta faixa, descobrimos que quanto mais quente uma estrela, maior sua magnitude absoluta. Os dois fatores são determinados pela massa das estrelas.

As estrelas, com a massa do Sol, as gigantes e supergigantes tendem a se expandir nos estágios finais de evolução, é quando elas deixam a sequência principal e se tornam gigantes vermelhas, tornando-se mais frias e com a densidade reduzida, como resultado. No entanto, por serem tão grandes, são também muito brilhantes e, portanto, aparecem acima e à direita da Sequência Principal. As estrelas anãs brancas, por outro lado, são extremamente quentes e densas, mas devido ao seu tamanho pequeno, não são muito luminosas. Estão localizadas abaixo e à esquerda da Sequência Principal. Sirius B e Procyon B são os exemplos associados.

Em geral, as estrelas passarão a maior parte de sua vida (~90%) na Sequência Principal, antes de evoluírem para uma estrela gigante, os quase 10% restantes. Depois disso, eles irão se tornar uma supernova ou se tornar uma anã branca, conforme visto na Figura 7. Observe que o eixo x (eixo horizontal) do diagrama HR pode ser dado em muitas formas diferentes, como a temperatura da estrela (Kelvin), sua classe espectral (OBAFGKM) como visto na Tabela 2, ou mesmo a cor.

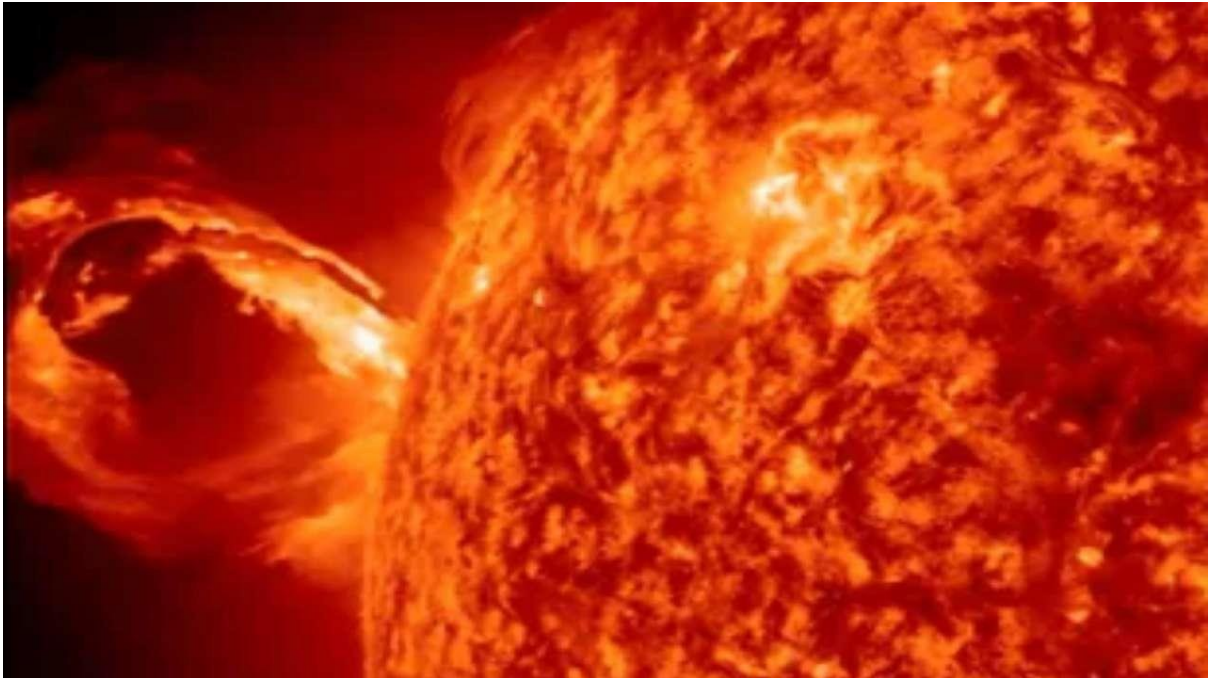
6: O SOL

O Sol é o centro do Sistema Solar. Uma estrela anã amarela típica. A gravidade associada a enorme massa, $1,989 \times 10^{30}$ kg, mantém o Sistema Solar unido, fazendo com que tudo, desde os maiores planetas até as menores partículas de poeira, estejam presos gravitacionalmente. As correntes elétricas no Sol produzem um campo magnético que é conduzido através do Sistema Solar pelo vento solar, um fluxo de gás eletricamente carregado que escapa em todas as direções. A conexão e as interações entre o Sol e a Terra, ou sejam, os movimentos de revolução e translação, conduzem as estações do ano, as correntes oceânicas, o clima, os cinturões de radiação, o Cinturão de Van Allen é uma região onde ocorrem vários fenômenos atmosféricos devido a concentrações de partículas no campo magnético terrestre, descobertas em 1958 por James Van Allen, que formam as auroras: boreal e austral, tópicos abordados ao longo do Mestrado Profissional em Astronomia.

Embora represente uma estrela especial, existem bilhões de estrelas como o Sol espalhadas pela nossa Galáxia, a Via Láctea, e representa o tipo mais comum de estrela. A Figura 9 ilustra uma imagem do Sol na banda do visível, revelando algumas características que serão exploradas nos Produtos Educacionais I e II: A Sequência Didática, “Conhecendo as Estrelas e a construção dos modelos de estrelas com esferas de isopor”. Onde através da construção dos modelos os estudantes serão instigados a pesquisarem as principais características das estrelas.

Há cerca de 5 bilhões de anos, o Sol começou a tomar a forma de uma nuvem molecular, de acordo com a descrição foi vista no Capítulo 3. Devido a algum processo perturbativo, uma onda de choque, por exemplo, entrou em contato com a nuvem molecular original e a retirou de um possível equilíbrio. Então, a nuvem molecular começou a se comprimir, permitindo que algumas regiões de gás entrassem em colapso sob sua própria atração gravitacional. Além do colapso, estas regiões passaram também a girar e aquecer com o aumento da pressão. Uma grande quantidade de Hidrogênio e Hélio permaneceu no centro dessa massa quente e giratória.

Figura 8: Imagem do Sol no visível revelando uma gigantesca proeminência.



Fonte: Solar Orbiter/EUIESA/NASA/AFP/CP, NASA. 2020.

Em condições propícias de temperatura e pressão, a fusão nuclear acontece e a estrela surge. Outras partes da nuvem molecular se resfriaram em um disco ao redor da estrela e se tornaram planetas, asteroides, planetas anões, cometas e outros corpos do nosso Sistema Solar.

O Sol se encontra a cerca de 150 milhões de quilômetros da Terra. Essa distância é conhecida como unidade astronômica (UA) e representa uma medida padrão de distância utilizada na Astronomia. O calor recebido a esta distância representa a fonte de energia mais importante para a vida na Terra. Mas, essa fonte irá se esgotar. Quando a fusão do Hidrogênio em seu núcleo diminuir ao ponto do Sol sair do equilíbrio hidrostático, seu núcleo sofrerá um aumento acentuado em densidade e temperatura, enquanto suas camadas externas (ver Figura 6) se expandem, transformando o Sol em uma gigante vermelha.

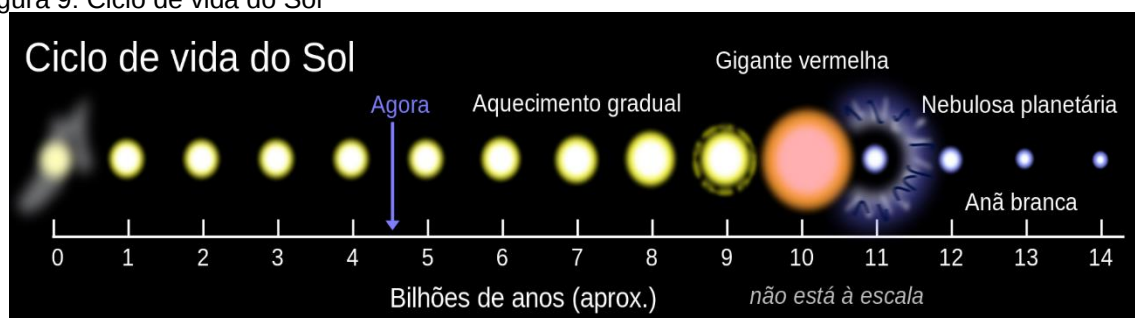
Em aproximadamente 4,5-5 bilhões de anos, o Sol vai exaurir suas reservas de hidrogênio, e começar a fusão de hélio, alterando assim o equilíbrio hidrostático que estava mantendo a temperatura e luminosidade, nesse momento, há uma diminuição da temperatura no seu núcleo fazendo com que as camadas superiores colapsem sobre o núcleo, O aquecimento devido à contração gravitacional também levará à fusão do hidrogênio em uma camada adjacente ao

núcleo, onde permanece o hidrogênio não fundido, contribuindo para o aumento da luminosidade, que acabará por atingir mais de 1000 vezes sua luminosidade atual. Essa fase do Sol inicia, em geral para estrelas que possuam menos de 2,25 massas solares, com flash de hélio do núcleo e ocorre com a exaustão do hidrogênio no núcleo, quando a pressão térmica não é forte o suficiente para evitar o colapso gravitacional. Isso faz com que a estrela comece a se contrair. Durante a contração, o núcleo volta a se aquecer cada vez mais até provocar a expansão das camadas mais externas para fora, dando início ao estágio de gigante vermelha.

Estudos apontam que o Sol se tornará grande o suficiente para que seu diâmetro (raio equatorial) chegue até as órbitas de Mercúrio e Vênus, e tornar a Terra inabitável ou mesmo destruí-la. Mas, esse é um processo que deverá acontecer bem no futuro, a cerca 4,5 bilhões de anos. De acordo a Figura 8, Diagrama H-R, o Sol ainda se encontra na Sequência Principal. Ao sair desta, ele seguirá a segunda sequência ilustrada na Figura 7, e se tornará um tipo denso de estrela em total resfriamento, conhecida como anã branca, ver Figura 10, que de forma simplificada nos mostra a evolução do Sol. Neste estágio, a estrela não mais produzirá energia por fusão, mas ainda brilhará e emitirá calor de seu processo de fusão anterior.

O Sol apresenta uma estrutura bem complexa. De fato, como não podemos ver o que se passa abaixo da Fotosfera, a camada externa visível, o nosso conhecimento do interior da estrela é quase totalmente teórico. A Figura 11 mostra um esquema do Sol, fora de escala, revelando um pouco de sua estrutura, interna e externa. Os números presentes na Figura são descritos a seguir para auxiliar a identificação.

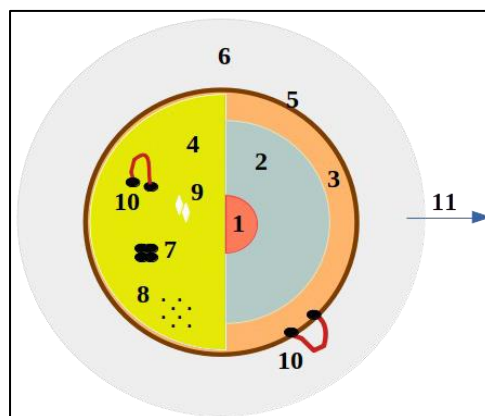
Figura 9: Ciclo de vida do Sol



Fonte: https://pt.wikipedia.org/wiki/Forma_e_evolu%CC%83o_e_evolu%CC%83o_do_Sistema_Solar, 2011.

O Núcleo (1) é a região mais interna do Sol, central, onde a temperatura e a pressão são suficientes para que a fusão nuclear ocorra, isto é, a energia seja gerada. O tamanho dessa região é estimada em 10-20% do raio solar e possui uma densidade de até 150 g/cm^3 (cerca de 150 vezes a densidade da água) e uma temperatura da ordem de 15,7 milhões de Kelvin (K). Em contraste, a temperatura da superfície do Sol, Fotosfera (4), é em torno de 5700 K.

Figura 10: Um esquema representativo do Sol com os seus principais componentes (fora de escala). (1) Núcleo, (2) Zona Radiativa, (3) Zona Convectiva, (4) Fotosfera, (5) Cromosfera, (6) Coroa, (7) Mancha Solar, (8) Grânulos, (9) Fáculas, (10) Proeminências, (11) Vento Solar.



Fonte: Produzido pelo autor.

A Zona Radiativa (2) é a região onde a energia gerada no núcleo é transportada do interior superaquecido para as camadas externas mais frias pelos fótons. Logo, tecnicamente, isso também inclui o Núcleo. Esta zona abrange cerca de 85% do raio do Sol. Em seguida temos a Zona Convectiva (3), onde os 15% mais externos do raio solar transporta a energia através de um processo físico chamado de Convecção. A Fotosfera (4) é a superfície visível do Sol, onde alguns dos processos são observados e estudados, como as Manchas (escuras, 7), os Grânulos (8), as Fáculas (brilhantes, 9) e as Proeminências (10), estruturas enormes e brilhantes que se destacam da superfície solar. Geralmente, se manifestam em forma de laço e pode se estender além da Coroa solar (6), atravessando a camada anterior irregular de transição, chamada de Cromosfera (5), situada entre a Fotosfera e a Coroa. Finalmente, o Vento Solar (11), a emissão contínua de partículas carregadas provenientes da Coroa. São várias as partículas ejetadas, como elétrons, prótons, fótons, neutrinos, etc.

7: AS DEMAIS ESTRELAS

A observação das manchas solares já era feita por astrônomos chineses que haviam observado manchas escuras na fotosfera solar a olho nu, há 1000 a.C. Cerca de 95% do histórico de observações são vieram da Ásia, notadamente da China e da Coreia e, assim se mantendo até 1150 d.C. Cobrindo um intervalo de tempo muito maior que das observações feitas na era do telescópio. (VAQUERO; VASQUEZ, 2009).

E devido a essa documentação antiga que ficaram evidentes as variações de longo período da atividade solar (Stephenson, 1990). Observações do Sol a olho nu são possíveis desde que a mancha seja grande e que a atmosfera apresente condições favoráveis, como poeira, nebulosidade que reduza a luminosidade do Sol (Vaquero, 1997). Embora Needhan (1959) tenha sugerido que os orientais já usassem filtros rudimentares para suavizar a luz solar, assim como para refletir a luz do Sol em tanque com um líquido colorido.

Em números, o acervo oriental possui, em torno, de 150 registros de ocorrência de manchas solares que foram feitos, separados e independentemente, por chineses e coreanos antes de 165 a.C. (WITTMANN; XU, 1987). YAU e STEPHENSON (1988) catalogaram os registros históricos orientais de 165 a.C.-1918 d.C., descrevendo, claramente, as observações feitas.

Galileu Galilei em 1610, ao observar o Sol, descobre que o astro é repleto de “manchas”, e assim ele sistematiza o estudo desses fenômenos na superfície solar, para realizar tal estudo ele teve a ideia de inventar um novo instrumento o helioscópio, criado especificamente para observar o Sol e as manchas solares, que era nada mais que um telescópio usado para projetar uma imagem do Sol em uma folha de papel branca suspensa contra uma parede em uma sala escura. Logo, o princípio da incorruptibilidade que a Igreja sustentava há séculos derruba a pretensa sacralidade da natureza, onde o Sol e outros astros representava a pureza da criação divina com as esferas perfeitas. Então, a partir desse estudo e com a disponibilidade de telescópios maiores e detectores mais eficiente, foi possível observar e estudar melhor o Sol e, a partir do final do século XIX, as observações e as contribuições dos astrofísicos nos fornecem uma melhor compreensão do que o Sol, sua dinâmica e constituição astrofísica e astroquímica.

Mas o que é uma estrela? Uma estrela pode ser entendida como uma

grande e luminosa esfera de plasma², mantida íntegra, como visto anteriormente, pelo equilíbrio hidrostático. Embora a estrutura básica das estrelas seja similar, existem enormes variações em tamanho, temperatura, cor, massa e muitos outros aspectos. Mesmo sem a ajuda de uma luneta ou um telescópio, é possível distinguir consideráveis diferenças na cor e no brilho das estrelas. A Figura 12, produzida pelo telescópio Hubble, permite ilustrar essa ideia. Os Produtos Educacionais associados a este trabalho destacam o Sol e algumas estrelas próximas, ou seja, um modelo tridimensional que nos mostra o sol e algumas estrelas mais próximas para efeito de comparação de tamanho e distâncias.

Esta imagem a cores mostra a região do Campo Ultra Profundo do Hubble, uma região minúscula, mas muito bem estudada na constelação da Fornalha, observada pelo instrumento MUSE montado no Very Large Telescope do ESO. No entanto, esta imagem dá-nos apenas uma visão muito parcial da riqueza dos dados MUSE, os quais fornecem igualmente um espectro para cada pixel da imagem. Este conjunto de dados permitiu aos astrônomos não apenas medir distâncias para muito mais destas galáxias do que antes, um total de 1600 — mas também descobrir muito mais sobre cada uma delas. Surpreendentemente, foram descobertas 72 novas galáxias que não tinham sido anteriormente descobertas pelo Telescópio Espacial Hubble da NASA/ESA.

Figura 11: O Campo Ultra Profundo do Hubble observado pelo MUSE



Fonte: ESO/MUSE HUDF collaboration.

² o plasma é formado por uma massa de gás ionizado em altíssima temperatura, assim os elétrons acabam “se soltando” e a substância torna-se uma massa disforme, eletricamente neutra e formada por elétrons e núcleos dissociados

Algumas destas galáxias contêm bilhões de estrelas, mas estão tão distantes que todos os seus residentes estelares estão contidos em apenas uma pequena pontada de luz que parece ter o mesmo tamanho de uma única estrela.

Analisando o céu ou a Figura 12, a conclusão é que existem inúmeras estrelas visíveis. Mas, na verdade, o número médio de estrelas que um observador comum pode observar sem uma luneta ou telescópio, em uma noite favorável, de preferência na zona rural, é de cerca de 2000. As estrelas mais brilhantes parecem distribuídas bem harmonicamente, mas com um instrumento óptico, evidencia-se que uma enorme maioria fica concentrada ao redor da débil e nebulosa faixa de luz chamada de Via Láctea, conforme retratada na Figura 12. A Via Láctea é definida como uma galáxia espiral, da qual o Sistema Solar faz parte. O telescópio ALMA (*Atacama Large Millimeter Array*) também é mostrado, trata-se de um rádio observatório constituído por um conjunto de 66 antenas, das quais 54 com 12 metros de diâmetro e as demais com 7 metros. Encontra-se localizado no deserto de Atacama, Chile, administrado pelo ESO (<https://www.eso.org/public/>). Observada de qualquer ponto da Terra, aparece como uma faixa brilhante e difusa que circunda toda Esfera Celeste (ver Figura 13), preenchida por nuvens moleculares (regiões mais escuras na Figura) que lhe conferem um interessante aspecto irregular.

Através do telescópio, existem muitos pares de estrelas que parecem associar-se entre si. Alguns desses pares são apenas duplas ópticas, ou seja duas estrelas que estão, na verdade, bem separadas, mas que ficam na mesma linha de visada e parecem juntas. Porém, muitas outras são estrelas duplas verdadeiras e giram em orbitas mútuas ou, de forma como aprendemos no Mestrado, em torno do seu centro comum de gravidade. As massas das estrelas duplas são, por exemplo, determinadas a partir das observações dos movimentos dessas e do efeito que cada estrela exerce gravitacionalmente sobre a outra. Muitas das estrelas duplas ou binárias, possuem componentes bem separadas sendo relativamente fácil seguir suas órbitas, (órbita é a trajetória gravitacionalmente curva de um objeto, como a trajetória de um planeta ao redor de uma estrela ou um satélite natural ao redor de um planeta. (*orbit (astronomy) – Britannica Online Encyclopedia*). Por outro lado, existem pares com estrelas próximas demais entre si para serem separadas. Neste caso,

os astrônomos recorrem ao efeito Doppler³.

Figura 12: Um recorte da Via Láctea enfatizando o centro galáctico



Fonte: ESO (European Southern Observatory).

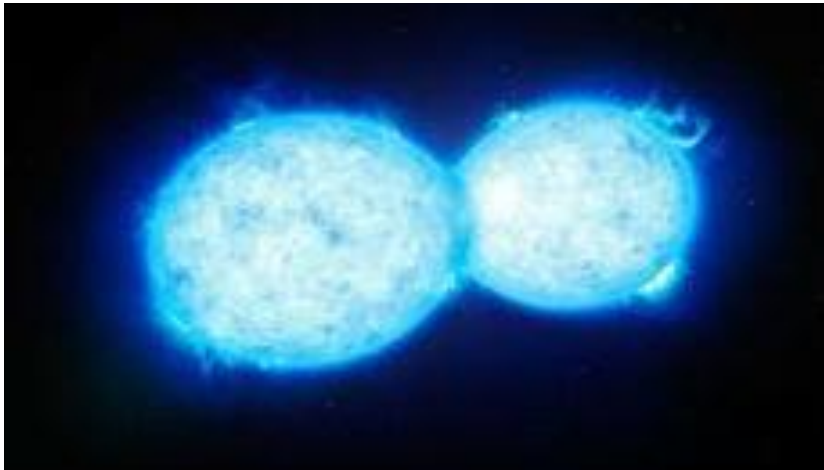
Em alguns casos, a presença de uma componente binária invisível de uma estrela conhecida pode ser detectada por seu movimento orbital sinuoso no espaço.

Os sistemas binários podem ser classificados em três tipos: os visuais, os espectroscópicos e os eclipsantes, de acordo com suas características observacionais. É possível acrescentar ainda as binárias astrométricas, que são detectadas através das perturbações causadas por companheiras invisíveis sobre o movimento próprio de estrelas aparentemente simples.

A recente descoberta e publicação de uma estrela dupla em processo de fusão, Figura 14, pode ser lida no link da Agência USP de Notícias:

³ Efeito Doppler é um fenômeno físico observado nas ondas quando emitidas ou refletidas por um objeto que está em movimento com relação ao observador. Foi-lhe atribuído este nome em homenagem a Johann Christian Doppler, que o descreveu teoricamente pela primeira vez em 1842.

Figura 13: Ilustração do sistema binário. Segundo os astrônomos, pode ser considerado como um evento “super raro”. O artigo científico foi publicado no *The Astrophysical Journal* (Almeida



L.A., et al., ApJ, 812:102, 2015. Consultado em 20 de Maio de 2021.

Fonte: <http://www.usp.br/agen/?p=222086>.

Outro aspecto interessante sobre as estrelas é o fato da produção de luz não ser sempre constante, isto é, variar com o tempo, de forma regular e irregular. Uma das estrelas variáveis mais conhecidas é a Mira, uma gigante vermelha na constelação da Baleia, cujo período aproximado é de 330 dias.

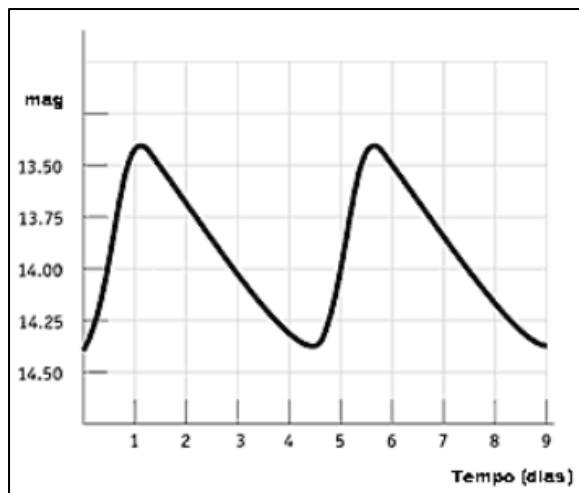
Por definição, estrelas variáveis são aquelas que apresentam flutuações de brilho causadas por fatores físicos ou geométricos, observadas dentro precisão instrumental. A informação mais direta sobre uma estrela variável encontra-se, essencialmente, na curva de luz. Existe um histórico observacional que remonta os árabes e chineses desde o início do século XI. Registro sistemáticos realizados ao longo dos séculos seguintes culminaram em catálogos importantes de estrela variáveis. Informações complementares podem ser obtidas no seguinte link: <https://www.aavso.org/>.

Considerando o ponto de vista histórico, as estrelas variáveis podem ser organizadas em duas grandes classes: intrínsecas e extrínsecas. Na primeira, as flutuações de brilho estão associadas à fenômenos que ocorrem na própria estrela, em geral, nas camadas exteriores. Na segunda, a variabilidade está relacionada à interação com outras estrelas ou com o meio interestelar que as envolve. Uma divisão é ainda atribuída a estas classes: pulsantes e eruptivas (para as intrínsecas) e nebulares e binárias (para as extrínsecas). Cada uma dessas classes ainda sustenta divisões, de tal modo que podemos relacionar mais de 20 tipos.

Em uma das atividades do Mestrado, realizamos a curva de luz para uma

Cefeida clássica, um dos grupos mais homogêneos e importantes de estrelas pulsantes. O protótipo deste tipo é a estrela δ Cephei, descoberta pelo astrônomo amador britânico John Goodricke (1764-1786) na 2ª metade do século XVIII. O período estimado a partir dos dados foi de 50 dias. O eixo das abscissas fornece o tempo (dias) e o da ordenada a variação do brilho.

Figura 14: A curva de luz da Delta Cefeida e a oscilação periódica de brilho.



Fonte: imagem é de "*Lumen learning*"

8: METODOLOGIA

A realização de atividades práticas nas Escolas representa uma importante e necessária estratégia para a correta discussão dos conteúdos abordados em sala de aula. Considerando que as mesmas representam um recurso pedagógico eficiente para a promoção de interações sociais, torna-se necessário elaborar uma metodologia básica que permita adequar os conteúdos dos Produtos Educacionais propostos ao planejamento e a realidade escolar. Então, vamos propor a execução das atividades experimentais em dois grupos:

- (1) aquelas demonstradas pelo(a) professor(a)/monitor(a);
- (2) aquelas desenvolvidas pelos estudantes.

Grupo 1: Demonstradas pelo professor(a)/monitor(a):

- a. Montagem dos Modelos (estrelas): Os dois Produtos Educacionais propostos devem ser previamente testados e levados prontos para a sala de aula, permitindo ilustrar aos estudantes o que será construído pelos mesmos;
- b. Apresentação da Atividade Prática (Modelos): O tempo dedicado deve ser menor que a duração de uma aula, de tal modo que se tenha tempo suficiente para a exposição dos objetivos e as dirimir as dúvidas dos estudantes;
- c. Observação da Turma: É importante verificar se todos os estudantes fizeram a observação correta da proposta apresentada para chegar nos resultados esperados;
- d. Visibilidade e Eficiência: Os modelos propostos precisam ter dimensões adequadas, ser construído de boa qualidade e estar em local de fácil visualização para os estudantes;
- e. Intervenção: Deve ser frequente e necessária em atividades cuja manipulação seja difícil ou perigosa, envolvendo, por exemplo, objetos cortantes (estilete e tesoura) ou tensões elétricas;

Grupo 2: Desenvolvidas pelos estudantes.

- a. Viabilidade da Montagem Experimental Proposta (Modelos): Verificação prévia do material necessário, do tempo disponível, da complexidade de suas etapas e da possibilidade de êxito;
- b. Tempo de Apresentação: É importante reservar um período para que ocorra a troca de ideias depois de realizada a demonstração no decurso da aula;
- c. Resposta aos Questionamentos: Haverá dúvidas relacionadas diretamente ou indiretamente ao tema tratado. Contudo, é importante fazer um prévio levantamento de todas as variáveis envolvidas no experimento. Todas as atividades experimentais

planejadas devem ser apresentadas em tópicos, cuja linguagem deve ser simples e direta. Um exemplo é dado a seguir, adaptado de Gaspar (2003).

(i) O que a atividade proposta emprega? Trata-se da relação do material necessário para a confecção dos Produtos Educacionais. Sempre que possível, devem ser de baixo custo. Todo material sugerido pode ser substituído e isto representa uma flexibilização importante na proposta. No entanto, o(a) professor(a) deve verificar previamente o efeito da substituição e, se for o caso, fazer adaptações;

(ii) Como a atividade proposta é realizada? Deve existir uma orientação para o procedimento experimental (etapas para a montagem dos Produtos Educacionais);

(iii) Como a atividade proposta funciona? Deve embasar a elaboração dos experimentos e representam as instruções necessárias para uma eficiente utilização dos Produtos Educacionais;

(iv) O que deve ser observado? A ideia central é conduzir a observação para todos os aspectos relevantes propostos nos Produtos Educacionais. Um ponto importante é que, muitas vezes, o estudante não percebe o que deve ser visto ou pelo menos não vê tudo o que pode ser observado em uma atividade experimental;

(v) Como se explica tal fenômeno? O importante é explicar cada experimento de maneira simples (Produtos Educacionais), o que permite a transposição direta para a realidade da sala de aula (conteúdos trabalhados);

(vi) O que pode dar errado? Dificuldades podem surgir e fazem parte do processo. Portanto, é importante fazer um levantamento do que pode interferir na realização das atividades propostas. Se o professor(a) tiver uma adequada compreensão da teoria em que a atividade se fundamenta, não será complicado detectar as causas de um problema técnico.

A realização de atividades que despertem o interesse pela Ciência e promovam experiências extracurriculares, fazem parte do papel do professor. A

construção de maquetes de estrelas, usando barbante e tiras de papel (rascunhos ou jornais usados), além de esferas de EPS (isopor), representam materiais de baixo custo que serão empregados para demonstrar, tanto a estrutura quanto os fenômenos associados à fotosfera estelar. Portanto, os Produtos Educacionais propostos podem preencher essa lacuna e se transformarem em verdadeiros catalisadores para a seleção de estudantes interessados em aprofundar seus conhecimentos, culminando em atividades como: Iniciação Científica Júnior, observação de fenômenos astronômicos, apresentações de trabalhos, debates e palestras nos eventos como Feiras de Ciências, que já fazem parte da rotina didática das escolas públicas da Bahia.

Antecedendo o Produto Educacional 2, que é a construção dos modelos de estrelas com esferas de EPS (isopor), far-se-á necessário um ciclo de aulas sobre o assunto. Para tanto, foi desenvolvido uma Sequência Didática sobre o tema abordado (Produto Educacional 1).

No entanto, cabe aqui uma nota: não é obrigatório trabalhar com os Produtos Educacionais na sequência em que estão apresentados. Inclusive é possível trabalhar cada Produto Educacional separado; o que vai fazer diferença é a metodologia que o(a) professor(a) que vai utilizar pretende usar. Caso o(a) professor(a) esteja trabalhando com turmas onde os estudantes já possuam um cabedal de conhecimentos sobre o tema estrelas, não há problema em criar oficinas onde se possam construir os modelos de estrelas.

Da mesma forma, o Produto Educacional 1, Sequência Didática: “Conhecendo as Estrelas”, pode ser trabalhada em separado. Entretanto, para se trabalhar com o Produto Educacional 3, faz-se necessário que os estudantes já possuam um conhecimento mais sólido sobre as estrelas, podendo ser usado separado, ou ser usado como seguimento da Sequência Didática, Produto Educacional 1. Mas isso fica a critério do(a) professor(a) que vai usar os Produtos Educacionais.

9: CONSIDERAÇÕES FINAIS

O presente trabalho objetiva contribuir para o conhecimento científico astronômico dos estudantes, empregando, para isso, um material traduzido em uma Dissertação e em três Produtos Educacionais.

Assim, o uso desses produtos educacionais tem como objetivo preencher a lacuna que existe no Ensino Médio, tanto da rede pública quanto da rede privada, da falta de equipamentos que possibilite ao professor ministrar uma aula de qualidade sobre o Universo. No nosso caso, objetiva possibilitar que os estudantes, através da construção desses modelos de estrelas possam aprender, de forma lúdica e prazerosa a Astronomia e o ciclo de vida de uma estrela, comparar o “tamanho” das outras estrelas com o do Sol, e de também compreender que além do Sol existem outras estrelas nas proximidades deste mas em distancias diferentes umas das outras, por isso a construção do terceiro Produto Educacional, feitos com bolas de isopor de tamanhos variados para demonstrar as diferentes dimensões desses astros e os palitos que vão mostrar, proporcionalmente que essas estrelas estão em diferentes distâncias em relação ao Sol. A Sequência didática vai servir para passar um conteúdo sobre o assunto, e será ministrado como aulas evidenciando o papel das estrelas desde a formação até a morte.

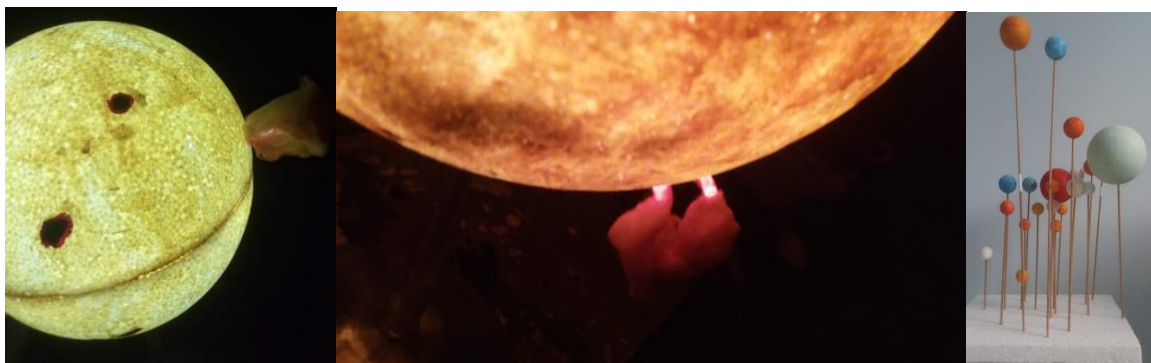
Estabelecido pelo Ministério da Educação, o PCN (Parâmetro Nacional Curricular) para o Ensino Médio, constitui um programa consonante com os princípios definidos pela Lei de Diretrizes e Bases da Educação Nacional (LDB – Lei 9394/96). Dessa forma, a LDB fundamenta o PCN no que se refere às intenções legais e pressupostos pedagógicos elaborados para este nível de Ensino.

Um dos princípios que norteia a BNCC (Base Nacional Comum Curricular), em vigor, é a conformidade com o Plano Nacional de Educação (PNE), e traz em sua construção uma vasta coleção de tema em Astronomia. Embora represente uma área motivante para os estudantes, poucas são as oportunidades que as Escolas oferecem para que os mesmos possuem de discutir as mais variadas temáticas. Em muitos casos, os(as) professores(as) não apresentam segurança para tratar dos temas, em outros, os livros didáticos não exploram os mesmos. Nesse sentido, escolhemos um tema que pode contribuir para tal discussão,

associada com a parte prática, possa ser realizado com o uso de materiais de baixo custo.

Assim sendo, a presente Dissertação e os Produtos Educacionais associados: a Sequência Didática, “Conhecendo as Estrelas”, Produto Educacional 2 “Guia para a confecção e Montagem dos Modelos de Estrelas” e “Modelo Espacial das Estrelas mais Próximas do Sol” (Figura 16), fornecem uma apropriação de conhecimentos básicos que permitem motivar professores e estudantes, envolvendo, ainda, um aspecto interdisciplinar. De acordo com a BNCC, para o Ensino de Astronomia, “Ampliam-se experiências de observação do céu, do planeta Terra, particularmente das zonas habitadas pelo ser humano e demais seres vivos, bem como de observação dos principais fenômenos celestes. Além disso, ao salientar que a construção dos conhecimentos sobre a Terra e o céu se deu de diferentes formas em distintas culturas ao longo da história da humanidade, explora-se a riqueza envolvida nesses conhecimentos, o que permite, entre outras coisas, maior valorização de outras formas de conceber o mundo”.

Figura 15: Produtos educacionais 2 e 3 Modelos de estrelas



Fonte: Autor, 2020.

Isso implica que o estudante tenha o conhecimento para ser também um agente dessas mudanças. Conhecer o Universo, as galáxias, as estrelas e, particularmente o Sol, significa entender como a vida existe no planeta Terra.

Os estudantes são curiosos e se interessam com facilidade pelos fenômenos celestes. Estão presentes nas mídias de divulgação, jornal, TV, internet, além de desenhos, filmes e videogames. Portanto, provocar ainda mais essa curiosidade latente é uma das propostas do Mestrado Profissional em Astronomia, que ora abraçamos e materializamos nestes materiais.

A Astronomia, desde os tempos mais remotos, representa, de maneira indiscutível, uma ciência que tem despertado a curiosidade e interesse ao longo da história do ser humano. A busca pela compreensão dos fenômenos que permeiam o Universo e estudos direcionados a compreensão do porquê de estarmos aqui, e sobre o futuro cósmico que nos espera, é um fascínio que motiva e impulsiona a ciência. A Astronomia representa um campo vasto de exploração e contribui, também, para a evolução da espécie humana. Por exemplo, muito dos avanços científicos e tecnológicos foram frutos do desenvolvimento desta ciência ao longo do tempo. Por exemplo, a época correta para plantar e colher, que acompanha a necessidade de sobrevivência da nossa espécie, nos deram as estações do ano e o posterior desenvolvimento da Agricultura.

Finalmente, esperamos que o material aqui elaborado possa contribuir para a formação dos estudantes e despertar nos mesmo o interesse pelas ciências. A elaboração e a construção de maquetes de estrelas, representa uma parte motivadora: ao construir, ainda que de forma lúdica, os estudantes aprendem. Os materiais propostos são simples e baratos e os resultados finais podem ser empregados para em favor de uma divulgação técnico científica da Astronomia e seus diversos ramos nas Escolas.

Embora não tenha sido possível materializar o projeto de construção dos modelos com os estudantes, por conta da presente pandemia, conseguimos mostrar aos mesmos durante as aulas remotas, o que criou uma excelente expectativa para o futuro logo que a situação sanitária nos permita, ou seja, a partir da redução das infecções de Covid19 estejam reduzidas.

Incrementos futuros nos materiais produzidos serão realizados. As estrelas representam um vasto campo de exploração, com várias perspectivas. Por exemplo, a descoberta de novos sistemas estelares e dos exoplanetas associados, constituem uma temática de grande interesse para os estudantes, permitindo, ainda correlacionar outras disciplinas como a Biologia, a Física e a Geografia. Estamos motivados para dar continuidade deste trabalho nas escolas, e esperamos que o mesmo possa ser útil para os professores que queiram trabalhar com a temática estelar.

REFERÊNCIAS

ALMEIDA, L. A., et. al. **Discovery of the Massive Overcontact Binary VFTS352: Evidence for Enhanced Internal Mixing**, ApJ, 812:102, 2015

ATHAYDE, S. A., **Processo Educacional no Ensino de Ciências e Biologia na Perspectiva da Astrobiologia**, Orientador: Prof. Dr. Marildo Geraldête Pereira/Coorientador: Prof Dr. Mirco Ragni - defendida em 27/08/2015.

ARAÚJO, M. L., **Simuladores Experimentais de Radiotelescópios para o Ensino de Astronomia no Nível Médio**, Orientador: Prof. Dr. Germano Pinto Guedes – Coorientador: Prof. Dr. Marildo Geraldête Pereira – defendida em 21/12/2017.

BARRETO, D. F., **Estudo da Radiação Eletromagnética à Luz da Astronomia, no Contexto das Aulas de Física, na 3ª Série do Ensino Médio**, Orientador: Profa. Dra. Ana Verena Freitas Paim/Coorientador: Prof. Dr. Eduardo Brescansin de Amôres - defendida em 29/09/2016.

BARRETO, K. F., **Sala Ambiente de Astronomia . Uma Proposta Interdisciplinar**, Orientadora: Profa. Dra. Ana Verena Freitas Paim – Coorientador: Prof. Dr. Paulo César da Rocha Poppe – defendida em 31/08/2018.

BELIZ, F. S., **Construção de um Jogo Didático Digital Ligado à Divulgação Científica da Astronomia**, Orientadora: Profa. Dra. Vera Aparecida Fernandes Martin/Coorientador: Iranderly Fernandes de Fernandes - defendida em 22/02/2016.

BOCZKO, R., **Conceitos de Astronomia**, Editora Edgard Blücher LTDA, 1984.

BRASIL, Secretaria de Educação Fundamental. **Parâmetros Curriculares Nacionais: Ciências Naturais** / Secretaria de Educação Fundamental. Brasília : MEC / SEF, 1998. Disponível em: <<http://portal.mec.gov.br/seb/arquivos/pdf/ciencias.pdf>>

BRASIL. Ministério da Educação. **PCN (Ensino Médio) – Parte III: Ciências da Natureza, Matemática e suas Tecnologias**. Brasília, DF: MEC/SEMTEC, 2000.

BRASIL. Ministério da Educação. **PCN+Ensino Médio: orientações educacionais complementares aos Parâmetros Curriculares Nacionais – Ciências da Natureza, Matemática e suas Tecnologias**. Brasília, DF: MEC/SEMTEC, 2002.

BRASIL, **Base Nacional Comum Curricular (BNCC)**, <<http://basenacionalcomum.mec.gov.br/>>. Consultado em 9 de Julho de 2021.

BUCCIARELLI, Pablo. **Recursos didáticos de Astronomia para o ensino médio e fundamental**. São Paulo, 2001. 57 f. Monografia (Licenciatura em Física)- Universidade de São Paulo, São Paulo, 2001.

CANNON, A. J., **The Henry Draper Memorial**. Journal of the Royal Astronomical Society of Canada, v. 9, p. 203-15, 1915.

CARRILHO, J. J. S., **Astronomia no Ensino Médio. A Ciência e o Lúdico: Desafiando e Educando**, Orientador: Prof. Dr. Paulo César da Rocha Poppe/Coorientador: Prof. Dr. Antonio Delson Conceição de Jesus - defendida em 11/09/2015.

CARROLL, B. W.; OSTLIE, D. A., **An Introduction to Modern Astrophysics**, Second ed., Cambridge, United Kingdom, 2017.

FILHO, A. A. A., **Uso de Telescópios Remotos no Ensino da Astronomia: da interface na Web à aplicação no estudo do Catálogo Messier e da Lua**, Orientador: Prof. Dr. Eduardo Brescansin de Amôres - Coorientadora: Profa Dra. Vera Aparecida Fernandes Martin – defendida em 29/09/2017.

FILHO, K. S. O.; SARAIVA, M. D. F. O. **Astronomia e Astrofísica**. 3 de Set. de 2017. Disponível em: <http://astro.if.ufrgs.br/estrelas/node14.htm>. Acesso em: julho de 2021.

GASPAR, A. **Experiências de Ciências para o Ensino Fundamental**. Editora Ática, 2003

GRAY, R. O.; CORBALLY, C. J. **Stellar spectral classification**. New Jersey: Princeton University Press, p. 1-31, 2009. LANGHI, R.; NARDI, R. **Um estudo exploratório para a inserção da astronomia na formação de professores dos Anos Iniciais do ensino fundamental**. In: IX EPEF Encontro de Pesquisa em Ensino de Física. Jaboticatubas, MG, 2004.

JESUS, M. S. P., **Ensino de Astronomia mediado pelas Tecnologias da Informação e Comunicação (TIC): Proposta de Abordagem e Análise**, Orientador: Prof. Dr. Iranderly Fernandes de Fernandes/Coorientador: Profa. Dra. Vera Aparecida Fernandes Martin - defendida em 11/12/2015.

JUNIOR, A. P. N., **Um Curso Básico de Astronomia**, Orientadora: Profa. Dra. Vera Aparecida Fernandes Martin – defendida em 22/08/2020)

LOPES, C. M. B, LUCCA, J. A., **Psicologia da Educação II: Piaget, Vygotsky, Winnicott e Wallon**, Biblioteca Central – UNICENTRO, 2012

MARANHÃO, A. L. N., RODRIGUES, G. R., GONÇALVES, S.S. **Piaget e Vygotsky na Formação de Conceitos: Perspectivas Para Prática**. XIII Encontro Cearense de História da Educação; II Encontro Nacional do Núcleo de História e Memória da Educação, 925-938, 2013

NASCIMENTO, J. O. V., **Proposta de Material Paradidático sobre as Origens do Universo e da Vida**, Orientadora: Profa. Dra. Ana Carla Peixoto Bitencourt/Coorientadora: Profa. Dra. Vera Aparecida Fernandes Martin - defendida

em 27/08/2015.

LIMA, M. S., **Manipulação de Imagens Astronômicas com o Uso do Aladin para o Ensino de Astronomia.**, Orientador: Prof. Dr. Eduardo Brescansin de Amôres - defendida em 13/08/2015.

LONGUINHOS, R. R., **Divulgação Científica em Astrobiologia por meio de Exposição como promotora do Ensino Interdisciplinar entre Biologia, Física e Química**, orientador: prof. Dr. Mirco Ragni – Coorientadora: Profa. Dra. Vera Aparecida F. Martin – defendida em 10/08/2020)

MILLER-JONES et al. **Cygnus X-1 contains a 21–solar mass black hole—Implications for massive star winds.** SCIENCE, 2021 Vol 371, Issue 6533, pp. 1046-1049. Disponível em: <
<https://www.science.org/doi/abs/10.1126/science.abb3363>>. Acesso em: julho de 2021.

NEEDHAM, J. H. **Science and Civilisation in China**, Vol. III: Mathematics and the Sciences of the Heavens and the Earth. Cambridge: Cambridge University Press. 1959.

OLIVEIRA, B., B., **Critério de Resolução de Rayleigh: Proposta de Atividade Experimental para o Ensino da Difração**, Orientador: Prof. Dr. Marildo Geraldête Pereira – defendida em 12/08/2020)

OLIVEIRA FILHO, K.; SARAIVA, M. F., **Astronomia & Astrofísica**, 3ª Edição, Livraria da Física, 2014.

PEREIRA, C. L. Piaget, Vygotsky e Wallon: **Contribuições para os Estudos da Linguagem. Psicologia em Estudo**, Maringá, v. 17, n. 2, p. 277-286, abr./jun. 2012

PICKERING, E. C., **The Draper Catalogue of Stellar Spectra.** Annals of the

Astronomical Observatory of Harvard College, v. 27. Cambridge: John Wilson and Son, 1890. Disponível em: <<http://adsabs.harvard.edu/abs/1890AnHar..27....1P>>. Consultado em 17 de junho de 2021.

PINHEIRO, T. F.; PIETROCOLA, M.; ALVES FILHO, J. **Modelização de variáveis: uma maneira de caracterizar o papel estruturador da Matemática no conhecimento científico**. Florianópolis:, editora da UFSC-INEP. 1999. Disponível em:https://edisciplinas.usp.br/pluginfile.php/6730/mod_resource/content/1/MODELIZACAO_DE_VARIAVEIS.pdf. Acesso em: 23 de julho de 2021

PINTO, A. P. A. L., **Proposta de Abordagem Interdisciplinar de Conceitos Relacionados ao Sistema Solar para Docentes do Ensino Médio**, Orientadora: Profa. Dra. Ana Carla Peixoto Bitencourt Ragni – Coorientador: Prof. Dr. Eduardo Brescansin de Amôres – defendida em 26/08/2020

RIOS, E. M. O., **Astronomia Básica como Ponto de Partida para a Introdução de Conceitos da Física no Ensino Médio**, Orientador: Prof. Dr. Marildo Geraldête Pereira/Coorientador: Prof. Dr. Carlos Alberto de Lima Ribeiro - defendida em 21/02/2017.

RENNER, Giselen L. P., **Construção de uma maquete tridimensional fosforescente da constelação de Órion: Uma proposta didática para o ensino de Astronomia**, Revista Latino Americana de Educação em Astronomia – RELEA, n. 25, p. 39 - 49, 2018.

RONAN, C. A., **História Ilustrada da Ciência**, Tradução: Jorge Enéas Fortes, Círculo do Livro S.A., 1987

SANTANA, C. S. C., **Tateando o Céu: Ensino de Astronomia para Estudantes com Deficiência Visual**, Orientador: Prof. Dr. Iranderly Fernandes de Fernandes - Coorientadora: Profa Dra. Vera Aparecida Fernandes Martin – defendida em

20/02/2018.

SANTOS, E. J. A. F., **O Ensino de Física à Luz da Astronomia: Uma Prática Pedagógica Investigante e Experimental**, Orientador: Prof. Dr. Germano Pinto Guedes/Coorientador: Prof. Dr. Marildo Geraldête Pereira - defendida em 21/02/2017.

SANTOS, I. C., **Aplicação da Astronomia ao Ensino de Física e Biologia**, - Orientador: Prof. Dr. Marildo Geraldête Pereira –defendida em 18/12/2017.

SANTOS, J. S. S., **A Aplicabilidade da Astronomia para a Compreensão de Alguns Conceitos de Ciências Biológicas no 2º Ano do Ensino Médio**, Orientador: Prof. Dr. Mirco Ragni – defendida em 30/08/2018)

SILVA, A. B., **Evolução Estelar no Ensino de Ciências**, Orientador: Prof. Dr. Dagoberto da Silva Freitas -Coorientador: Prof. Dr. Paulo César da Rocha Poppe – defendida em 20/12/2017.

SILVA, C. R., **Difração e Espectroscopia: Um Roteiro de Aulas Práticas**, Orientador: Prof. Dr. Germano Pinto Guedes – Coorientador: Prof. Dr. Marildo Geraldête Pereira – defendida em 28/08/2020.

The AstroUSO DE TELESCÓPIOS REMOTOS NO ENSINO DA ASTRONOMIA: da interface na Web à aplicação no estudo do Catálogo Messier e da Luanomical Almanac – Online, Disponível em: <<http://asa.hmnao.com/>> Acesso em: 15 de Julho de 2021.

VAQUERO, J. M. **A 250-year cycle in naked-eye observations of sunspots** *Geophysical Research Letters*, v. 29, n. 20, p. 1- 4, 1997.

VAQUERO, J. M.; VÁSQUEZ, M. **The Sun Recorded Through History: Scientific Data Extracted from Historical Documents**. Berlin; New York: Springer, 2009.

VIEIRA, Monica Bandecchi da Fonseca. **Astrofísica Estelar para o Ensino Médio: análise de uma proposta**. 2018. Dissertação (Mestrado em História da Astronomia e da Cosmologia) - Instituto de Astronomia, Geofísica e Ciências Atmosféricas, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2018.

WITTMANN, A. D.; XU, Z. T. **A Catalogue of sunspot observations from 165 BC to AD 1684**. *Astronomy and Astrophysics Supplement Series*, v. 70, p. 83–94, 1987.

YAU, K. K. C.; STEPHENSON, F. R. **A revised catalogue of Far Eastern observations of sunspots (165 BC to AD 1918)**. *Quarterly Journal Royal Astronomical Society*, v. 29, p. 175-197, 1988.

ZABALA, Antoni, **A Prática Educativa**. 1998, Disponível em: < <https://www.ifmg.edu.br/ribeiraodasneves/noticias/vem-ai-o-iii-ifmg-debate/zabala-a-pratica-educativa.pdf> >. Acesso em: Junho de 2021.

GLOSSÁRIO

Asteróide: Pequeno corpo celeste com dimensão inferior a um planeta-anão.

Anã-Branca: São estrelas compactas: pequenas e muito densas (exemplo: massa similar à do Sol mas com diâmetro comparável ao da Terra).

Ano-Luz: Distância que a luz percorre em um ano: ~9,5 trilhões km

Eclíptica: Linha imaginária da trajetória aparente do Sol na Esfera Celeste durante o ano.

Buraco Negro: Objetos astronômicos extremamente densos e compactos cuja gravidade é tão forte que nem mesmo a luz consegue escapar.

Cinturão de Van Allen: Uma região onde ocorrem vários fenômenos atmosféricos devido as concentrações de partículas no campo magnético terrestre, descobertas em 1958 pelo físico norte-americano James Van Allen (1914-2006).

Constelação: Na Astronomia moderna, as constelações se caracterizam por serem áreas da Esfera Celeste rigorosamente definidas pela União Astronômica Internacional (International Astronomical Union – IAU). Ao todo, são 88 constelações mapeadas pela IAU e que cobrem toda a abóbada celeste facilitando, assim, a localização dos objetos astronômicos.

Corpo Negro: Na Física, um corpo negro é um objeto hipotético que absorve toda a radiação eletromagnética que nele incide: nenhuma luz o atravessa e nem é refletida. Um corpo com essa propriedade, em princípio, não poderia ser visto, daí o nome corpo negro.

Estrela Binária: Duas estrelas que ficam em órbita de um centro de massa comum.

Estrela de Nêutrons: Estrelas pequenas e intensamente brilhantes constituída de partículas subatômicas denominadas nêutrons. Acredita-se que estes objetos são criados quando uma estrela gigante se extingue numa supernova.

Estrela Variável: Estrela cuja luminosidade varia em uma escala de tempo menor que 100 anos.

Fotosfera: Superfície visível do Sol ou de outra estrela.

Galáxia: Aglomerados de bilhões de estrelas e outros objetos astronômicos unidos por forças gravitacionais e girando em torno de um centro de massa comum. Os principais tipos são: elípticas, lenticulares, espirais e irregulares.

Magnitude: Brilho aparentes dos objetos celestes. A magnitude pode ser aparente (brilho conforme visto da Terra; depende da luminosidade do objeto e da distância) ou absoluta (verdadeira luminosidade de uma estrela).

Mancha Solar: Fenômenos temporários na Fotosfera solar que aparecem como manchas mais escuras do que as áreas circundantes.

Nebulosa: Nuvens de gás e poeira que, muitas vezes, são regiões de formação estelar. Existem vários tipos: nebulosas de emissão, reflexão, escuras e planetárias.

Paralaxe: Mudança aparente de posição de um corpo celeste quando visto de duas posições diferentes.

Parsec: Unidade de distância astronômica equivalente a 3,26 anos-luz.

Proeminência solar: São estruturas enormes e brilhantes que se destacam da superfície do Sol, geralmente em forma de laço. As proeminências são ancoradas na superfície do Sol, na Fotosfera, e se estendem além da Coroa solar.

Vernal: Relativo a ou próprio da primavera. que surge na primavera

TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO (MODELO)



Pós-Graduação em **Astronomia**
MESTRADO PROFISSIONAL
UEFS



TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO (a ser adaptado conforme a necessidade)

PARA O(A) ALUNO(A): (ou professor caso o trabalho seja desenvolvido com os professores)

Você aluno(a) está sendo convidado(a) a participar, **como voluntário(a)**, de uma atividade de pesquisa do Programa de Pós-Graduação em Astronomia, Mestrado Profissional, da Universidade Estadual de Feira de Santana – UEFS.

O título da Pesquisa é “xxxxxxxxxxx” e tem como objetivo produzir o trabalho de conclusão de curso do mestrando/pesquisador **XXXXXX**.

Os resultados desta pesquisa e imagem do(a) aluno(a), poderão ser publicados e/ou apresentados em encontros e congressos sobre Ensino e Astronomia. As informações obtidas por meio dos relatos (anotações, questionários ou entrevistas) serão confidenciais e asseguramos sigilo sobre sua identidade. Os dados serão publicados de forma que não seja possível a sua identificação.

É garantida a liberdade da retirada de consentimento a qualquer momento, bem como a participação nas atividades da pesquisa. Em caso de dúvida sobre a pesquisa você poderá entrar em contato com o pesquisador responsável.

PARA OS PAIS OU RESPONSÁVEIS:

Após ler com atenção este documento e ser esclarecido(a) de quaisquer dúvidas, caso aceite a participação da criança ou adolescente na pesquisa, preencha o parágrafo abaixo e assine ao final deste documento, que está em duas vias, uma delas é sua e a outra é do pesquisador responsável.

Eu, _____, responsável pelo(a) aluno(a) _____,

nascido(a) em ____/____/____, autorizo a participação do(a) aluno(a) na pesquisa, e permito gratuitamente, **XXXXXX**, responsável pela pesquisa, o uso da imagem do(a) referido(a) aluno(a), em trabalhos acadêmicos e científicos, bem como autorizo o uso ético da publicação dos relatos provenientes deste trabalho. Declaro que recebi uma cópia do presente Termo de Consentimento. Por ser verdade, dato e assino em duas vias de igual teor.

_____ de _____ de 20xx

Assinatura do responsável pelo(a) aluno(a)

Contatos: Orientador(a) Responsável: **Prof(ª) Dr(ª) XXXXXXXX**

E-mails: <emails orientador(a) e discente>

Telefone: (75) 31618289.

Endereço: Av. Transnordestina, S/N. Bairro Novo Horizonte. CEP: 44036-900. Feira de Santana Bahia.

Assinaturas: _____ (Orientador(a): **Prof(ª) Dr(ª) XXXXXXXX**)

_____ (Coorientador(a): **Prof(ª) Dr(ª) XXXXXXXX**)

_____ (Discente: **Prof(a). XXXXXXXX**)