



**UNIVERSIDADE FEDERAL DA FRONTEIRA SUL
CAMPUS DE REALEZA
CURSO DE FÍSICA-LICENCIATURA**

FLAVIA LUANE ROMMEL

**PROPOSTAS DE MATERIAIS DIDÁTICOS PARA O ENSINO DE ESTRELAS A
PARTIR DAS CONCEPÇÕES PRÉVIAS DE ESTUDANTES E PROFESSORES**

REALEZA

2015

FLAVIA LUANE ROMMEL

**PROPOSTAS DE MATERIAIS DIDÁTICOS PARA O ENSINO DE ESTRELAS A
PARTIR DAS CONCEPÇÕES PRÉVIAS DE ESTUDANTES E PROFESSORES**

Trabalho de conclusão de curso de graduação,
apresentado como requisito para obtenção de grau de
Licenciada em Física da Universidade Federal da
Fronteira Sul.

Orientadora: Prof^o Dra Viviane Scheibel de Almeida

REALEZA

2015

DGI/DGCI - Divisão de Gestão de Conhecimento e Inovação

Rommel, Flavia Luane

Propostas de materiais didáticos para o ensino de estrelas a partir das concepções prévias de estudantes e professores/ Flavia Luane Rommel. -- 2015.

103 f. :il.

Orientadora: Dra. Viviane Scheibel de Almeida.

Trabalho de conclusão de curso (graduação) - Universidade Federal da Fronteira Sul, Curso de Física-Licenciatura, Realeza, PR, 2015.

1. Astronomia. 2. Estrelas. 3. Ensino. I. Almeida, Dra. Viviane Scheibel de, orient. II. Universidade Federal da Fronteira Sul. III. Título.

FLAVIA LUANE ROMMEL

**PROPOSTAS DE MATERIAIS DIDÁTICOS PARA O ENSINO DE ESTRELAS A
PARTIR DAS CONCEPÇÕES PRÉVIAS DE ESTUDANTES E PROFESSORES**

Trabalho de conclusão de curso de graduação, apresentado como requisito para obtenção de grau de Licenciada em Física da Universidade Federal da Fronteira Sul.

Orientadora: Prof^o Dra Viviane Scheibel de Almeida

Este trabalho de conclusão de curso foi defendido e aprovado pela banca em: 29/06/2015.

BANCA EXAMINADORA

Prof^a Dra Viviane Scheibel de Almeida - UFFS

Prof^a Dra Clementina Verginia Andreolla - UTFPR

Prof^o M.Sc Júlio Murilo Trevas dos Santos - UFFS

Dedico este trabalho à todos que, ao olharem para o céu, sentem-se maravilhados com a imagem que visualizam.

AGRADECIMENTOS

À professora Dra Viviane Scheibel de Almeida por despertar o interesse pela Astronomia e também por confiar e orientar este trabalho.

Aos meus pais que sempre me incentivaram e apoiaram a trilhar os caminhos da Ciência.

Aos professores Júlio Murilo Trevas e Paulo Camargo Filho, e ao colega Jhonas Krug pelas importantes contribuições durante a elaboração e desenvolvimento dos materiais didáticos.

À Edson A. Santolin, Alcenil Lagner e Simone Padilha pelo apoio ao trabalho e pela revisão do texto.

RESUMO

Este trabalho tem por objetivo apresentar um levantamento sobre os conhecimentos prévios dos estudantes e professores da escola básica a respeito dos conteúdos ensinados sobre as estrelas, tomando como base a literatura. A partir destas informações, este trabalho propõe a construção de três materiais didáticos com o propósito de facilitar a abordagem deste conteúdo pelo professor em sala de aula, assim como oportunizar um conhecimento científico atualizado, de forma alternativa e lúdica aos estudantes, a partir da aprendizagem significativa. Como materiais didáticos, temos como propostas a construção das constelações em 3D, o diagrama HR para localização e classificação das estrelas e um jogo de tabuleiro RPG estelar. Como texto de apoio aos professores, este trabalho traz uma breve revisão conceitual sobre as principais características das estrelas, assim como sugestões de temas interdisciplinares.

Palavras-chave: Astronomia. Estrelas. Ensino.

ABSTRACT

The aim of this work is to present the prior knowledge of the students and teachers of the elementary school about the stars contents, based on the literature. From this information, this paper proposes the construction of three educational materials in order to facilitate the contents in the classroom, as well as create opportunities to an updated scientific knowledge, as alternative and fun way for students, from the meaningful learning. As teaching materials, we have proposed the construction of 3D constellations, the HR diagram for location and classification of the stars and a stellar RPG board game. As text to support teachers, this paper provides a brief conceptual review of the main characteristics of stars, as well as interdisciplinary topics suggestions.

Keywords: Astronomy, Stars, Education.

LISTA DE SIGLAS

CNO	Carbono-Nitrogênio-Oxigênio
DCEs	Diretrizes Curriculares Estaduais
EF	Ensino Fundamental
EM	Ensino Médio
H	Hidrogênio
He	Hélio
HR	Hertzprung – Russel
IAU	International Astronomical Union
NASA	National Aeronautics and Space Administration
PCNs	Parâmetros Curriculares Nacionais
PCN+	Orientações Curriculares Complementares aos Parâmetros Curriculares Nacionais
UFFS	Universidade Federal da Fronteira Sul

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO.....	9
2 OBJETIVOS.....	11
2.1 OBJETIVO GERAL.....	11
2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	11
3 JUSTIFICATIVA.....	12
4 ENSINANDO SOBRE ESTRELAS: DIFICULDADES E DESAFIOS.....	14
4.1 A APRENDIZAGEM SIGNIFICATIVA.....	15
4.2 O CONHECIMENTO PRÉVIO DOS ESTUDANTES DA ESCOLA BÁSICA.....	17
4.3 O CONHECIMENTO PRÉVIO DOS PROFESSORES DO ENSINO FUNDAMENTAL DA EDUCAÇÃO BÁSICA.....	20
5 O CONTEÚDO SOBRE ESTRELAS NOS DOCUMENTOS OFICIAIS.....	22
5.1 OS PARÂMETROS CURRICULARES NACIONAIS – PCNS.....	22
5.2 AS DIRETRIZES CURRICULARES ESTADUAIS DO ESTADO DO PARANÁ DCES.....	23
6 AS ESTRELAS.....	25
6.1 AS CONSTELAÇÕES.....	27
6.2 AS MAGNITUDES ESTELARES.....	31
6.3 A COR E A TEMPERATURA EFETIVA DAS ESTRELAS.....	36
6.4 A FONTE DE ENERGIA DAS ESTRELAS.....	44
6.5 O CICLO EVOLUTIVO ESTELAR.....	48
7 AS ESTRELAS E A INTERDISCIPLINARIEDADE.....	53
8 METODOLOGIA.....	56
9 A PROPOSTA DE MATERIAIS DIDÁTICOS.....	57
9.1 LOCALIZAÇÃO E CLASSIFICAÇÃO DE ESTRELAS NO DIAGRAMA HR.....	57
9.2 CONSTRUÇÃO DE CONSTELAÇÕES EM TRÊS DIMENSÕES.....	59
9.3 O JOGO DE TABULEIRO RPG ESTELAR.....	61
10 DISCUSSÃO E RESULTADOS ESPERADOS.....	63
REFERÊNCIAS.....	65
APÊNDICE A – MANUAL DO JOGO RPG DE MESA DAS ESTRELAS.....	68
APÊNDICE B – CARTAS PARA A ATIVIDADE DE CONSTRUÇÃO DAS CONSTELAÇÕES EM ESCALA DE DISTÂNCIA DA TERRA.....	79
APÊNDICE C – PEÇAS DO JOGO RPG PARA IMPRESSÃO.....	88

1 INTRODUÇÃO

Observar o céu em uma noite estrelada, por si só, proporciona satisfação e desperta a curiosidade no ser humano. Observações periódicas permitem a utilização do céu como instrumento de medida do tempo. As civilizações antigas utilizavam-se da observação da periodicidade no movimento aparente dos corpos celestes para contar o tempo, alguns chegaram a especular a respeito da natureza destes astros. Atualmente os astrônomos possuem um amplo conjunto de dados a respeito de nossa vizinhança cósmica e, de posse de instrumentos cada vez mais potentes, a cada dia são descobertas mais informações a respeito do surgimento, evolução e comportamento do Universo. As estrelas, tema deste trabalho, estão entre os astros mais abundantes no Cosmo e podem ser estudadas utilizando diferentes metodologias. Teorias bem fundamentadas sobre as suas temperaturas, estrutura interna e ciclo evolutivo estão sendo desenvolvidas e estão auxiliando na tentativa de compreender a evolução do Universo.

Em paralelo à este panorama de descobertas científicas encontram-se as instituições escolares, os estudantes e os professores. As instituições de ensino, na sua maioria, não inserem o estudo da Astronomia em suas salas de aulas, apesar dos documentos oficiais apontarem estes conteúdos como relevantes. A comunidade escolar, o que inclui professores e alunos, possuem pouco interesse em observar o céu com o objetivo de estudá-lo, ou de identificar os astros celestes nele presente. Em alguns casos o Sol é trabalhado na disciplina de Ciências Naturais, ou Geografia, sendo que o conhecimento construído, quando não equivocado, é insuficiente para a compreensão deste astro como um todo. Na maioria das vezes, porém, este assunto não é abordado em sala e as explicações dadas pelos professores, e livros didáticos, são superficiais e descontextualizadas. Juntando tudo isso com a falta de motivação do indivíduo em construir um novo conhecimento científico temos como resultado uma comunidade escolar que compreende nada ou muito pouco os fenômenos celestes.

Com a intenção de incentivar alunos e professores a estudarem o tema estrelas, o presente trabalho apresenta a elaboração de alguns materiais didáticos a serem utilizados em aula. Os materiais foram baseados nas dificuldades, incoerências conceituais e chavões de professores e alunos que aparecem nas referências pesquisadas, procurando evitar que estes eventos se repitam no futuro. O objetivo é proporcionar maior autonomia aos alunos e professores na construção do próprio conhecimento científico a respeito das estrelas.

Os materiais didáticos elaborados foram: construção de constelações em três dimensões, o jogo de tabuleiro RPG estelar, e o cartaz que permite a localização e classificação de estrelas no diagrama de Hertzsprung-Russel (HR). O primeiro material didático busca despertar o interesse dos estudantes em conhecer algumas constelações, identificando suas principais estrelas, e desconstruir a ideia de que nas constelações as estrelas estão todas no mesmo plano, à uma mesma distância da Terra. Para isso os alunos devem construir uma base sólida, e nela firmarem palitos com o comprimento equivalente à distância da estrela ao planeta Terra, porém em escala. O segundo material didático elaborado foi o jogo de tabuleiro do RPG de mesa sobre o ciclo evolutivo estelar. Baseando-se nas regras do RPG de mesa tradicional, foram construídos os personagens, o tabuleiro, os dados, as cartas e o manual do jogo. Para a fabricação do tabuleiro utilizou-se uma imagem retirada do sítio da NASA, a qual representa de forma esquemática o ciclo de vida das estrelas do tipo solar e de estrelas mais massivas que o Sol. O último material foi elaborado buscando a compreensão e leitura de dados no diagrama HR pelos professores, para que possam compreender e explicar as propriedades estelares a seus estudantes, e para estudantes do nono ano do Ensino Fundamental e Ensino Médio estudarem as propriedades estelares. O diagrama possibilita relacionar as propriedades das estrelas entre si e a partir de dois dados, fornecidos aos estudantes por cartelas inclusas no material, eles podem classificar as estrelas.

Os materiais foram testados e alterados inúmeras vezes até chegarem ao formato apresentado por este trabalho. A ideia de levá-los para a sala de aula vai de encontro com a teoria da aprendizagem significativa e do ensino usando a ludicidade. A aprendizagem significativa foi o carro chefe durante a construção deste trabalho, o qual propõe um levantamento dos conhecimentos prévios dos estudantes por meio de dinâmicas diferenciadas, para posteriormente abordar a construção de um novo conhecimento que tenha significado ao aprendiz.

2 OBJETIVOS

Este trabalho se fundamenta em alguns objetivos iniciais, os quais buscarão ser alcançados durante o seu desenvolvimento.

2.1 OBJETIVO GERAL

Levantar na literatura as concepções prévias, sobre estrelas, comuns à estudantes e professores do ensino fundamental e médio, e a partir destas, elaborar um material didático que sirva de apoio ao ensino-aprendizagem deste conteúdo.

2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Encontrar, nas leituras, os conhecimentos prévios de estudantes e professores sobre o conteúdo em questão;
- Identificar quais conceitos são insuficientes do ponto de vista do conhecimento científico;
- Elaborar alguns materiais didáticos que buscam partir das concepções prévias identificadas e construir um novo conhecimento.

3 JUSTIFICATIVA

O céu noturno é, com certeza, uma das imagens mais comuns aos seres humanos desde a antiguidade. Os indígenas brasileiros, segundo registros do século XVII, já observavam atentamente o céu e vinculavam vários fenômenos celestes às suas atividades diárias, como afirma Afonso (2009, p.2) “Além da orientação geográfica, um dos principais objetivos práticos da astronomia indígena era sua utilização na agricultura. [...] para determinarem a época de plantio e da colheita, bem como para a melhoria da produção e o controle natural das pragas”. Esses povos eram bons observadores, cada fenômeno que fugia ao normal era registrado em arte rupestre, pois os assombrava. Além dos indígenas outros povos também utilizavam a observação do céu como instrumento para a contagem do tempo. Dentre os quais se destacam os nativos da América Central (maias e incas), os gregos, entre outros. Estudos que se utilizaram de observações mais detalhadas do céu se iniciaram por volta de 1600, quando Galileu Galilei estudava detalhadamente o céu utilizando o seu telescópio. Ele concluiu, após algumas observações, que existia uma estreita relação entre a Lua e as marés terrestres, conclusão esta que também foi constatada pelos indígenas brasileiros por meio da observação a olho nu. Depois de Galileu muitos outros cientistas começaram a estudar o céu e formular teorias sobre ele, dentre os quais destacaram-se Copérnico, Kepler, Tycho Brahe, entre outros.

Atualmente as pessoas sequer prestam atenção aos detalhes presentes no céu, menos ainda refletem sobre os astros presentes e visíveis diariamente. Muitos estudos apontam que essa falta de interesse e reflexão a respeito do céu é muito frequente entre estudantes e professores da educação básica. Fato preocupante, uma vez que os documentos oficiais que orientam a educação básica do país propõem um aluno investigador que, por meio da mediação de seu professor, questiona a realidade que o cerca e busca respostas para estes questionamentos. De fato, a cada dia torna-se mais difícil a formação deste aluno crítico e questionador, os materiais devem auxiliar o professor nesta missão.

Segundo Moreira (1997) para que a aprendizagem seja significativa ao estudante é necessário o interesse deste em aprender sobre o assunto. E, a partir deste interesse, o professor orientará e mediará a construção de um novo conhecimento. O material didático, neste caso, é um instrumento que o professor utilizará para facilitar a elaboração e apresentação de conceitos para o estudante. Outro fato é que não só o estudante precisa se

interessar pelo assunto para que o aprenda, mas também professores e comunidade em geral precisam se interessar e incentivar o estudo da natureza pela Ciência.

Devido a este desinteresse a respeito do ambiente que os cerca, muitos atores presentes nas escolas apresentam dificuldades para compreender fenômenos simples, como por exemplo o movimento aparente do Sol e da Lua, dos quais resultam os dias e as noites. Bem como acostumaram-se a representar e imaginar o Sol com natureza diferente das demais estrelas, por mais que os definam similarmente, e geralmente essas representações do Sol e das estrelas não correspondem à sua real natureza proposta pelos astrônomos. Portanto, percebe-se que muitos profissionais e estudantes da educação básica não compreendem os fenômenos e os corpos celestes mais básicos e rotineiros que os cercam. Além disso, muitos acreditam fortemente em mitos e histórias relatadas por outros integrantes da sociedade, mas que geralmente não possuem cunho científico, e não deveria estar sendo ensinado nas escolas. Alguns exemplos de conceitos construídos erroneamente são: as estrelas são pessoas que já morreram; estrelas são feitas de lava; o Sol é feito de lava; é possível visitar uma estrela, pois elas são frias e pequenas; etc.

Ao tentar complementar alguns destes conceitos insuficientes encontrados, este trabalho propõe materiais didáticos que podem ser utilizados pelo professor da escola básica no ensino-aprendizagem deste conteúdo à comunidade escolar. A proposição destes materiais vai de encontro com as teorias de aprendizagem da ludopedagogia e da aprendizagem significativa, e foram elaborados para servir de apoio ao professor na busca de conhecimentos atualizados e novas estratégias de ensino que visam melhorar sua prática docente. Os materiais buscam contemplar também os conteúdos propostos pelos documentos oficiais que orientam a educação básica no estado do Paraná e no país, os quais são as Diretrizes Curriculares Estaduais (DCEs) e os Parâmetros Curriculares Nacionais (PCNs).

4 ENSINANDO SOBRE ESTRELAS: DIFICULDADES E DESAFIOS

A curiosidade inerente ao ser humano fez com que ele procurasse responder à algumas perguntas, as quais lhe ocorrem desde tempos remotos, como por exemplo “De onde viemos?”, “Onde estamos?” e “Para onde vamos?”. A partir desta curiosidade desenvolve-se a Astronomia, a qual estuda o céu e seus componentes em detalhes e permite a elaboração de teorias para responder às questões acima.

Apesar da falta de atenção e reflexão a respeito do céu, a curiosidade por conhecê-lo ainda é comum à maioria das pessoas, inclusive estudantes do Ensino Fundamental e Médio. Um exemplo é apontado no trabalho de Froés (2014) onde o autor relata os resultados do projeto norueguês chamado *Rose (Relevance of science Education)*. Em pesquisa realizada pelo projeto constatou-se que a maioria dos jovens finlandeses, noruegueses e ingleses estão interessados em aprender sobre Astronomia, Astrofísica e Cosmologia. No Brasil este interesse não é muito evidente, como aponta Langhi (2009) parece haver um descaso à abordagem dos temas de Astronomia nas escolas e universidades brasileiras, mas segundo o autor ainda existente a curiosidade pela Astronomia que cativa muitos a estudarem esta área do conhecimento.

A autora Leite (2002) afirma que é urgente uma formação sólida dos professores em relação à Astronomia para que eles sintam-se seguros de discuti-la em sala de aula. Sem um conhecimento aprofundado do assunto pelo professor, o interesse astronômico dos estudantes costuma ser ignorado e reprimido. No caso das estrelas, muitas vezes somente o Sol é estudado e de forma superficial. Desvendar a natureza e as características das estrelas de modo geral pode ser um desafio pedagógico prazeroso e interessante aos professores e aos estudantes. Os alunos podem atuar com maior autonomia, esforçando-se para compreenderem o conteúdo, sendo que os professores devem ser facilitadores/mediadores na construção destes conhecimentos.

Baseando-se na aprendizagem significativa, em aulas dinâmicas, lúdicas e investigativas por parte do professor pode-se construir saberes concretos. Pois, como afirma Machado (2011, p.8), “Ao interagir com o ambiente, os indivíduos procuram atribuir significado às situações com que se deparam e desenvolvem uma série de concepções sobre a realidade”. Estas concepções são trazidas à sala de aula onde devem ser problematizadas para que a construção de novos conhecimentos aconteça.

4.1 A APRENDIZAGEM SIGNIFICATIVA

A aprendizagem significativa “é o processo através do qual uma nova informação (um novo conhecimento) se relaciona de maneira **não arbitrária** e **substantiva** (não literal) à estrutura cognitiva do aprendiz.” (MOREIRA, 1997, p.1, grifo do autor), o autor também afirma que no decorrer desta aprendizagem o significado lógico do material didático utilizado deve transformar-se em um significado psicológico para o estudante. Como acreditava Ausubel (1963 apud MOREIRA, 1997, p. 9), a aprendizagem significativa é o melhor mecanismo humano para adquirir e armazenar uma grande quantidade de informações, tanto no campo científico como nos demais.

O novo conhecimento não se relaciona com qualquer aspecto da estrutura cognitiva do aprendiz e sim com os conhecimentos especificamente relevantes, chamados por Ausubel de subsunçores. O conhecimento que o indivíduo constrói empiricamente no seu cotidiano

[...] serve de matriz ideacional e organizacional para a incorporação, compreensão e fixação de novos conhecimentos quando estes “se ancoram” em conhecimentos especificamente relevantes (subsunçores) preexistentes na estrutura cognitiva. (MOREIRA 1997, p. 2).

Quando a aprendizagem é significativa, o novo conhecimento incorporado à estrutura cognitiva do aprendiz não corresponde aos mesmos termos e símbolos utilizados pela fonte e sim à apropriação da substância do conteúdo ensinado, podendo ser explicado pelo estudante com a utilização de outras palavras ou símbolos, que podem não ser os mesmos utilizados pelo professor durante a explicação.

Durante uma vida o ser humano passa constantemente por várias espécies de aprendizagem significativa, e Moreira (1997) aponta cinco destas espécies: aprendizagem representacional (conceitual), aprendizagem proposicional, aprendizagem significativa subordinada, aprendizagem superordenada e a aprendizagem combinatória.

A aprendizagem representacional é a significação de símbolos individuais (por exemplo palavras) ou o que eles representam. Os conceitos científicos também podem ser representados por uma associação de símbolos individuais (palavras) e portanto a aprendizagem destes também é uma aprendizagem representacional. Esta ocorre geralmente nas primeiras etapas do ensino fundamental, quando a criança aprende a escrever, a ler e a interpretar. Porém, quando tem-se um grupo de ideias que, por sua vez, são expressas por um

grupo de palavras a aprendizagem passará a ser proposicional. Esta ocorre com mais frequência nas séries finais do ensino fundamental, quando o adolescente começa a desenvolver de forma abstrata os conceitos que as palavras tentam explicar.

O tipo mais comum de aprendizagem significativa, porém, é a aprendizagem subordinada, a qual ocorre quando a estrutura cognitiva tende a organizar-se hierarquicamente em níveis de abstração, inclusividades e generalidade dos conteúdos. Conseqüentemente quando emerge um novo significado este se relaciona de forma subordinada com os conhecimentos já existentes na estrutura cognitiva do sujeito.

A aprendizagem superordenada, por sua vez, ocorre quando o indivíduo aprende um novo conceito ou proposição, o qual é mais abrangente que os conhecimentos que já possui sobre o assunto. Pode ocorrer também a aprendizagem combinatória, a qual não pode ser subordinada e nem pode subordinar outros conceitos.

Sabe-se que o ser humano não é só cognitivo, mas além de raciocinar também pode sentir e agir. Esta ideia já foi apontada por Ausubel (1963 apud MOREIRA, 1997) quando afirma que para que a construção de novos significados seja efetiva, além da posse de bons materiais didáticos é necessário que o indivíduo queira aprender. As autoras Scarinci e Pacca (2006, p. 90) também apontam que “[...] a formação de conceitos exige a participação efetiva do sujeito na sua construção, [...]”. Neste sentido qualquer evento de cunho educativo é uma oportunidade de trocar significados e sentimentos entre os aprendizes e o professor. Não basta que o professor esteja motivado e possua um bom material educativo, coerente com o conteúdo a ser ensinado, é também necessário o interesse por parte do estudante em construir aquele conhecimento juntamente com a ajuda do professor.

Moreira (1997) cita o modelo de ensino de Gowin (1981), o qual afirma que em uma situação de ensino o professor atua de forma intencional com o objetivo de mudar significados nos estudantes, utilizando materiais educativos do currículo. Se o aluno se dispôr a aprender, ele também intencionalmente tentará captar os significados dos materiais didáticos. Neste processo ambos tem responsabilidades distintas, o professor deve verificar se os significados elaborados pelo estudante são aceitos pela comunidade científica e o aluno deve verificar se os significados que adquiriu são aqueles que o professor pretendia que ele compreendesse. Segundo a perspectiva ausubeliana, a variável crucial para a aprendizagem significativa permanece sendo o conhecimento prévio do estudante, geralmente repleto de “realismo, animismo e artificialismo”(BISCH, 1998, p.111).

Na literatura é possível encontrar estudos, como as pesquisas de Bisch (1998), Leite (2002) e Iachel (2011), que buscaram levantar o conhecimento prévio dos estudantes e professores de escolas básicas a respeito de Astronomia e, assim sendo, é possível constatar os conhecimentos prévios dos mesmos a respeito do Sol e das demais estrelas.

4.2 O CONHECIMENTO PRÉVIO DOS ESTUDANTES DA ESCOLA BÁSICA

Os conhecimentos prévios dos estudantes em relação às estrelas, levantados na literatura, além de parecidos entre si, são confusos e baseados na observação da natureza pelo indivíduo. A maioria dos estudantes confia somente em seus sentidos para explicar o mundo que o cerca Bisch (1998) classifica a construção destes conhecimentos com base no realismo ingênuo e no animismo, o que pode ser decorrente também do fato da criança não ter consciência do próprio eu e não se acha ainda influenciada por nenhuma reflexão crítica acerca do seu conhecimento. Além disso, é frequente que na escola, como apontado por Scarinci e Pacca (2006), os estudantes aprendem os conceitos científicos de forma fragmentada, não conseguindo conectar essas informações entre si e com as experiências vivenciadas no cotidiano.

Na pesquisa de conhecimentos prévios de estudantes do Ensino Médio sobre as estrelas, Iachel (2011) apresenta um levantamento bem detalhado dos conhecimentos prévios de 125 estudantes do Ensino Médio de Londrina-Pr. Os resultados da pesquisa apontam as dificuldades dos estudantes em definir a natureza das estrelas, as concepções mais frequentes se assemelham com a descrição de outros astros celestes dentre os quais: planetas, buracos negros, asteroides, constelações, galáxias, satélites naturais e cometas. Apareceram ainda alguns termos diferentes, como “pontos de raio solar”, luzes que brilham, pessoas que já faleceram, entre outras definições.

Nos resultados apresentados por Bisch (1998), em seu trabalho, ele constata a enorme frustração de alguns estudantes do Ensino Fundamental de São Paulo, quando não encontram raios nas representações bidimensionais ou tridimensionais do Sol. O autor afirma que os raios do Sol “parecem fazer parte da própria essência de sua concepção” (BISCH, 1998, p. 43), e que a forma esférica ou circular não é tão importante quanto eles (os raios solares) na representação deste astro. Este autor ainda observa que em momento algum, os estudantes relacionaram o Sol com as demais estrelas, e conclui então que, para eles, estes astros são

totalmente distintos um dos outros.

As autoras Aroca e Silva (2011), realizaram seus estudos sobre as concepções de Astronomia dos estudantes em um ambiente não formal de ensino. Algumas concepções sobre o Sol, neste estudo, apareceram mais próximas do conhecimento científico, porém a maioria eram conhecimentos fragmentados ou baseados no realismo ingênuo. As concepções científicas encontradas vão de encontro à aprendizagem significativa representacional e proposicional abordadas por Moreira (1997), nelas o estudante aprende o significado individual das palavras ou do conjunto de palavras, mas não consegue formar uma visão generalizada e coerente sobre o assunto. As concepções realistas são evidentes no depoimento de uma aluna do 7º ano, relatado no trabalho de Aroca e Silva (2011), onde ela afirma que o Sol logicamente era menor que a Terra, pois o Sol era uma estrela, ou seja, ela visualiza as estrelas como pequenos pontos portanto, se o Sol é uma estrela, ele também deve ser menor que a Terra. Note que a estudante já possui a concepção de que o Sol é uma estrela, mas não percebe as escalas de tamanho do Universo, comparando o tamanho de um astro que está próximo ao planeta com outros que estão muito distantes dele.

Apesar de muitos estudantes entre 6º e 9º anos do Ensino Fundamental reconhecerem o Sol como a única estrela do Sistema Solar e também como a estrela mais próxima ao planeta Terra, ainda possuem uma concepção ingênua a respeito de sua composição e funcionamento. Aroca e Silva (2011) relatam que durante um minicurso em 2007 os alunos foram questionados a respeito da origem das manchas solares. As respostas foram semelhantes entre si, as manchas vão aparecendo a medida que a superfície do Sol vai secando, esfriando e endurecendo. Depoimentos como estes mostram que os estudantes imaginam o Sol como sendo composto de lava, fogo ou ainda rocha derretida e que há a presença de bolhas como ocorre na água em ebulição. Estas concepções em relação à composição química das estrelas também aparecem nos estudos de Iachel (2011) com os estudantes do Ensino Médio, onde de um total de 76 estudantes que responderam a esta questão, 21 afirmaram que as estrelas eram compostas de rochas ou pedras e 16 afirmaram que elas eram meteoros. Percebe-se assim a confusão com o fenômeno comumente chamado de “estrela cadente”, mas que nada possui em comum com as estrelas.

Em sua dissertação Deus (2013) pesquisou concepções sobre Astronomia de estudantes do 2º ano do Ensino Fundamental. Em relação ao ciclo dia e noite e o movimento aparente do Sol foram constatadas algumas concepções fantasiosas dos estudantes, ou seja,

concepções ingênuas imaginadas a partir da observação da natureza pela criança. Ao serem questionados em relação ao movimento do Sol no céu os estudantes explicaram que ele se move devido à vontade de Deus; devido à força do vento; devido ao fato de possuir pernas ou ainda devido à sua capacidade de voar. O que mostra a assimilação que estas crianças fazem dos astros celestes com o seu cotidiano. O realismo é apontado por Langhi (2009) ao observar que é uma concepção comum às crianças a ideia de que as estrelas possuem pontas, uma vez que ao olhar as estrelas a noite elas veem as cintilações. Que, por sua vez, proporcionam a impressão da existência de pontas nestes astros celestes. Essa percepção fantasiosa, fruto de uma aprendizagem representacional que é normal às crianças menores, se não for esclarecida pode se estender para a adolescência e vida adulta do indivíduo. O trabalho de Iachel (2011) aponta os conhecimentos vindos da aprendizagem representacional e que não foram ainda superados pelos estudantes do Ensino Médio, pois ao serem perguntados o que eram as estrelas, responderam que se tratavam de pessoas que já haviam falecido.

Considerando que o pleno entendimento da natureza das estrelas é fundamental para a construção dos demais conceitos relacionados à sua forma e funcionamento, e que os conhecimentos prévios dos estudantes não estão em acordo com o conhecimento científico atualmente aceito, é necessário construir uma nova concepção juntamente com o indivíduo. Lembrando-se de que deve-se partir da estrutura cognitiva que ele já possui. A partir deste panorama o questionamento de Horvath (2013) torna-se interessante ao trabalho, o qual questiona: é possível discutir estrelas na sala de aula da mesma forma que se faz com o Sistema Solar? Ele responde a esta pergunta na conclusão de seu trabalho, onde afirma que é totalmente viável a abordagem deste conteúdo nas séries finais do Ensino Fundamental e no Ensino Médio, desde que se respeite a estrutura cognitiva do indivíduo. Além deste, podemos elaborar mais um questionamento importante ao ensino de estrelas nas escolas de educação básica: os professores estão seguros e preparados para ensinar sobre as estrelas aos seus alunos?

Primeiramente, para que seja possível uma discussão sobre estrelas na sala de aula é necessário que haja mediadores, os quais no Ensino Fundamental podem ser os professores de Ciências e no Ensino Médio os professores de Química, Biologia ou Física. Estes precisam apropriar-se de conhecimento do assunto a ser discutido para transmitir segurança aos demais sujeitos presentes na discussão. Além disso, precisam trabalhar com os conhecimentos prévios dos estudantes, valorizando-os e incentivando cada um na construção do próprio

conhecimento por meio da problematização dos saberes já existentes, como dita os princípios da aprendizagem significativa. Sabendo disso, foi elaborado uma pesquisa na literatura existente sobre o conhecimento dos professores do Ensino Fundamental em relação ao conteúdo específico sobre estrelas.

4.3 O CONHECIMENTO PRÉVIO DOS PROFESSORES DO ENSINO FUNDAMENTAL DA EDUCAÇÃO BÁSICA

A motivação para descobrir o que o meio científico mostra a respeito dos conhecimentos que a comunidade escolar possui a respeito de Astronomia surge da experiência da autora com um projeto na escola. Este objetivava ensinar Astronomia à estudantes do Ensino Fundamental, séries finais, e permitiu a percepção de quão ingênuas são as concepções de universo destes indivíduos. Assim, após o recorte do tema, decidiu-se buscar na literatura por trabalhos de pesquisa sobre o conhecimento que estudantes e professores da escola básica possuem a respeito de estrelas. O que resultou no estudo de três publicações principais: Bisch (1998), Leite (2002) e Iachel (2011). Após a leitura dos referidos trabalhos, foi compilada uma série de concepções apontadas neles e então iniciou-se a busca por estratégias e materiais que auxiliassem na superação dos conhecimentos insuficientes contatados naqueles textos.

O trabalho de (BISCH, 1998 e LEITE, 2002) aponta para os conhecimentos que os professores de Ciências possuem acerca das estrelas. No trabalho de Bisch (1998) a respeito das concepções de Astronomia dos alunos e professores do Ensino Fundamental do estado de São Paulo, os resultados mostram professores despreparados para ensinar sobre Astronomia. Em relação à natureza das estrelas, forma e funcionamento o autor obteve, dos desenhos de professores, estrelas representadas com 5 pontas e uniformemente distribuídas no céu, sendo que algumas foram representadas permeando o Sistema Solar. O autor afirma que “a concepção de estrela das professoras ainda parece ser predominantemente de natureza realista ingênua, sendo concebidas como corpos celestes relativamente próximos, pequenos, luminosos e distintos do Sol” (BISCH, 1998, p.209).

Os estudos de Leite (2002) acerca das concepções de Astronomia presente entre os professores de Ciências apresentam resultados preocupantes, que vão de encontro aos estudos de Bisch (1998). A pesquisadora constatou que 82% dos professores pesquisados possuem a concepção de estrela na forma plana, ou bidimensional. Ao solicitar desenhos do sistema

solar, o estudo aponta que apenas 12 % dos pesquisados deixaram as estrelas distantes do mesmo. Enquanto que 64 % as representou entorno do sistema solar e 24% entre os planetas. Outra concepção errada percebida pela autora em 2002, por meio de entrevistas, foi a de que as estrelas podem ser menores que o planeta Terra, e frias, ou ainda que poderiam ser visitadas pelo ser humano. Por outro lado, os professores afirmam que não gostariam de visitar o Sol por ele ser muito quente e muito maior que as estrelas. Ambos os autores apontam que os professores diferenciaram o Sol das demais estrelas, isso ocorreu nas entrevistas e nos desenhos. A maioria representou o Sol de forma circular ou esférica, mas também houve representações do Sol personificado e de um disco plano com raios.

Segundo Oliveira (1997 apud LANGHI, 2009, p.95) devido a não conhecer nossa situação no cosmo, a hierarquia universal dos conjuntos de corpos celestes e a localização da Terra nela, há “professores que explicam erroneamente com embasamento unicamente em livros didáticos” os conteúdos fundamentais de Astronomia. Langhi (2009, p. 95) aponta ainda para outro grupo de professores, aqueles que sentem-se inseguros e “[...] esta situação de insegurança com relação à astronomia pode levar o professor à omissão total no seu ensino de conteúdos desta natureza, [...]”. O autor explica que isso se deve ao fato dos professores não serem preparados adequadamente durante sua formação com conteúdos de Astronomia, apoiando-se no livro didático como principal fonte de consulta. Este, por sua vez, está repleto de chavões e erros conceituais, além das limitações conceituais provenientes das figuras bidimensionais ali representadas.

5 O CONTEÚDO SOBRE ESTRELAS NOS DOCUMENTOS OFICIAIS

Os conteúdos sobre Astronomia aparecem nos documentos oficiais, elaborados pelo governo estadual do Paraná e governo federal, de forma muito sucinta, que muitas vezes resulta na exclusão deste conteúdo no planejamento anual do professor. Nos tópicos seguintes analisaremos o que estes documentos propõem em termos de Astronomia e ciência estelar na educação básica.

5.1 OS PARÂMETROS CURRICULARES NACIONAIS – PCNS

Este documento apresenta alguns objetivos para o Ensino Fundamental, dentre os quais destaca-se o desejo de que os estudantes sejam capazes de “questionar a realidade formulando-se problemas e tratando de resolvê-los, utilizando para isso o pensamento lógico, a criatividade, a intuição, [...]”(BRASIL, 1998, p.8). No entanto nem todos os conteúdos de Ciências são possíveis de abordagem em sala de aula, portanto são apontados 3 critérios de seleção para os conteúdos a serem trabalhados, os quais são: a compatibilidade com o nível de desenvolvimento intelectual do aluno; O favorecimento da construção de uma visão de mundo; e a relevância do ponto de vista social revelando seus reflexos presentes na cultura. A visão de mundo da criança e adolescente pode ser construída de forma lógica e gradual por meio da aprendizagem da Astronomia, a visão de universo a partir da evolução estelar. Estes estudos foram relevantes para as antigas sociedades com relação à contagem do tempo, atualmente continua a impulsionar o ser humano nas tentativa de descobrir o universo em que vive e como ele surgiu.

O documento aponta 4 blocos temáticos e, dentro deles sugere conceitos importantes e noções necessárias para o entendimento de cada eixo temático. O estudo das estrelas permeia estas noções, principalmente na abordagem do conceito de fluxo de energia, onde propõe-se a elaboração de conhecimentos sobre as fontes e transformações de energia, inclusive a utilização da radiação solar incidente no planeta como fonte de energia.

Estudando os PCNs para o Ensino Fundamental (EF) e também para o Ensino Médio (EM), Soler (2012, p. 88) afirma que “Ao longo dos PCN, tanto de Ciências para o EF, quanto de Física para o EM, há indicativos de sugestões de abordagem de temas ligados à Astrofísica Estelar [...]. Mas não com uma ênfase expressiva, que destacaria esses temas em relação aos

demais sugeridos.”. O autor explica que dentre os conteúdos citados para o EF estão a concepção de universo por meio de informações individuais dos astros celestes, a identificação da força gravitacional como responsável pelo movimento dos astros celestes e fenômenos relacionados a evolução estelar. Os PCN+ para o EM reforçam as sugestões anteriores e sugerem o aprofundamento em relação aos conhecimentos de ordem de grandezas nas medidas astronômicas e em relação a forma de geração de energia nas estrelas. O texto aponta, ainda, a abordagem do conteúdo de evolução estelar no EM como uma oportunidade de “obter noções sobre a constituição elementar da matéria e energética estelar.” (SOLER, 2010, p. 89), onde também é possível obter relações entre o micro, o mundo das partículas elementares e o macro, o mundo das estrelas e galáxias. Estas indicações permitem aos professores abordarem os conceitos deste conteúdo de diferentes formas e juntamente com outros conceitos importantes para a Ciência. Isto, na opinião da autora deste trabalho, auxilia e incentiva os estudantes no estudo de conteúdos científicos. A Astronomia é uma Ciência que pode despertar facilmente o interesse das pessoas, independentemente da idade, em compreender o que ocorre além do alcance dos olhos.

Embora somente os PCN+ relatem em seu texto a importância das estrelas no imaginário dos estudantes do Ensino Médio, isso não significa que os PCNs do Ensino Fundamental excluam este conteúdo de suas sugestões. A restrição está no fato de que no Ensino Fundamental, assim como em outras situações, os conceitos devem ser abordados de forma mais simples e objetiva, de acordo com o desenvolvimento cognitivo da criança ou adolescente.

5.2 AS DIRETRIZES CURRICULARES ESTADUAIS DO ESTADO DO PARANÁ – DCES

Este documento defende a interdisciplinaridade e a aprendizagem significativa dos conteúdos pelos estudantes paranaenses. Ainda na introdução assume “que o quadro conceitual da disciplina de Ciências é composto por referências da Biologia, da Física, da Química, da Geologia, da Astronomia [...]”(PARANÁ, 2008). O mesmo documento ainda aponta a importância da história da ciência para a interpretação e compreensão da natureza nos vários momentos históricos.

Reconhecendo a Astronomia como uma das ciências de referência para a construção de conhecimentos a respeito da dinâmica dos astros celestes, o documento apresenta seus

conteúdos básicos para esta área do conhecimento. Dentre os conteúdos apresentados, destaca-se o estudo detalhado dos astros celestes, ou seja, o estudo também das estrelas no geral e em específico o Sol. Nos anexos do referido documento, são apresentadas tabelas (uma para cada nível de escolaridade) com os conteúdos básicos sugeridos para cada conteúdo estruturante. A recomendação, no tópico de Astronomia, é de que o estudo dos astros celestes se inicie no 6º ano, mas que seja aprofundado nos 7º e 9º anos. Além disso, no 8º ano é recomendado o estudo da evolução do universo, onde deve ser abordada a teoria e as evidências da evolução estelar. Aparece ainda, a sugestão de trabalhar com a história da ciência, divulgação científica e atividades experimentais. Neste caso é possível trabalhar com atividades de observação noturna das constelações, confecção e uso de equipamentos astronômicos, como a luneta, entre outros.

O texto presente neste documento é bem abrangente em relação às formas de abordagem dos conteúdos de Ciências em sala de aula sugerindo, dentre outras atividades, a abordagem lúdica no ensino de Ciências “O lúdico deve ser considerado na prática pedagógica, independentemente da série e da faixa etária do estudante, porém, adequando-se a elas quanto à linguagem, a abordagem, as estratégias e aos recursos utilizados como apoio.”(PARANÁ, 2008, p. 77). A leitura de textos científicos, a observação da natureza e de seus fenômenos, a pesquisa e as atividades em grupo também são atividades sugeridas pelo documento aos professores do ensino regular.

A seguir o trabalho apresenta um resumo dos conhecimentos necessários à prática docente utilizando os materiais didáticos aqui sugeridos. A escrita foi destinada ao público adulto, que tenha interesse em compreender um pouco mais sobre estes astros celestes, dentre os quais está a nossa estrela – o Sol. Primeiramente foi definido o que são as estrelas e quais são as unidades de medida utilizadas para medir sua distância à Terra. Em seguida é comentado a respeito da importância, origens e características das constelações. E para encerrar esta sessão são trabalhadas as propriedades estelares, magnitude, cor, temperatura, etc, além disso, o texto inclui a discussão sobre estrelas não se apresentarem na coloração verde.

6 AS ESTRELAS

O ser humano, na busca pela compreensão da natureza que o cercava, desenvolveu vários equipamentos capazes de localizar e estudar os astros celestes. A carta estelar é um exemplo de instrumento antigo para a determinação da localização exata das estrelas no céu noturno, eram muito utilizadas pelos marinheiros durante a navegação em alto mar. A partir do momento em que foram localizadas, as estrelas foram estudadas pela detecção e investigação detalhada da energia luminosa (luz) emitida por elas e que chega até o planeta Terra. Dentre os equipamentos atuais destinados aos estudos de astros celestes distantes estão os potentes telescópios espaciais que estão em órbita do planeta Terra (por exemplo o Hubble), e as sondas (Voyagers I e II) lançadas com o objetivo de cruzar as fronteiras do Sistema Solar.

Estudar as estrelas requer paciência, uma vez que a distância entre a maioria delas e a Terra é da ordem de trilhões de quilômetros. A estrela mais próxima da Terra é o Sol, ressaltando desta forma que as “estrelas cadentes” não são estrelas, e sim fragmentos de rocha que viajavam no espaço (meteoroides) e acabaram por entrar em combustão ao entrarem na atmosfera terrestre (fenômeno chamado de meteoro). Foi necessário estabelecer, por conveniência, unidades de medida próprias para medição da distância entre corpos celestes no espaço, das quais as mais utilizadas são: a unidade astronômica (UA), o ano-luz (AL) e o parsec (pc). A UA é a unidade mais adequada para medir distâncias dentro do Sistema Solar e é definida como a distância média entre a órbita da Terra e o Sol, e em quilômetros corresponde a $1,496 \times 10^8$ km. Um AL é a distância percorrida pela luz no espaço interestelar no intervalo de tempo de um ano terrestre (365 dias), essa distância em metros corresponde à $9,461 \times 10^{15}$ metros. Para definir o pc é necessário supor que um observador habitando em um corpo celeste distante, mede o raio do planeta Terra e obtém um tamanho angular de 1” (um segundo de arco). Se isso ocorrer, então a distância do planeta Terra até este observador, morador de outro astro celeste, é de um parsec. Transformando esta distância de pc para as demais já definidas temos que 1 pc vale 206265 UA ou 3,26 AL. Enquanto percorre essas enormes distâncias a luz não encontra vácuo e sim concentrações pequenas de gás e poeira, o meio interestelar. A presença de matéria interestelar não é necessária para a propagação da luz, pois ela não é uma onda mecânica e sim eletromagnética, mas interfere em sua trajetória quando ocorre a absorção e reemissão de alguns fótons (pacotes de energia que compõem a

luz) pela matéria presente.

Após anos de estudos, várias foram as definições em relação à natureza das estrelas, as mais recentes são apontadas por Rees (2008) afirma que as “Estrelas são corpos massivos e gasosos que geram energia por reações nucleares, fonte de sua luminosidade”. Da mesma forma Oliveira Filho e Saraiva (2013, p. 239) definem que as “Estrelas são esferas autogravitantes de gás ionizado, cuja fonte de energia é a transmutação de elementos através de reações nucleares, isto é, da fusão nuclear de hidrogênio em hélio e, posteriormente, em elementos mais pesados”. Pode-se concluir, então, que elas são corpos celestes capazes de produzir luz por meio da fusão de elementos químicos. Os elementos químicos mais abundantes nas estrelas são o hidrogênio e o hélio no estado físico chamado de plasma, ou seja, gás ionizado. Teeming (2014) complementa esta definição de forma mais simplificada, dizendo que uma estrela é uma bola de gás luminosa, composta principalmente de hidrogênio e hélio e mantida unida por sua força gravitacional.

São necessárias temperatura e pressão elevadas para que a reação de fusão nuclear do hidrogênio em hélio ocorra nas estrelas. Para o Sol, por exemplo, Oliveira Filho e Saraiva (2013, p. 256) apontam que o valor aceito atualmente para a temperatura do núcleo do Sol é de aproximadamente $1,5 \times 10^{10}$ Kelvin. O estudo da geração de energia no Sol foi realizado por Hans Bethe, físico alemão que publicou seu artigo em 1939, e por isso recebeu o prêmio nobel de 1967.

Todos estes saberes foram construídos a partir da observação e detecção da luz vinda de cada uma das estrelas que estão presentes na esfera celeste, que pode ser definida como uma esfera imaginária que possui o planeta Terra em seu núcleo. E esta esfera possui coordenadas celestes, de forma semelhante às coordenadas geográficas terrestres, que permitem a localização de corpos celestes nele. Com o passar do tempo o grande número de estrelas catalogadas exigiu uma classificação mais rígida, levando em consideração a luminosidade (como será explicado mais adiante pode depender do raio da estrela), a massa, a cor e a temperatura de cada uma delas. A luminosidade, a cor e a temperatura podem alterar-se ao longo do tempo, para tanto é necessário o entendimento do processo de evolução estelar para compreender como essas mudanças ocorrem. O caminho evolutivo e o destino final de uma estrela dependem essencialmente de sua massa inicial de matéria, como será explicada na seção 6.5.

Antes do ser humano estudar o céu com a utilização de equipamentos eletrônicos, ele

utilizou os olhos como equipamento óptico e sua mente como interpretadora dos dados colhidos pelos olhos. Um exemplo desta astronomia antiga é apresentada no trabalho de Afonso (2009) sobre a Astronomia indígena, onde é possível perceber o quão detalhada era a astronomia dos indígenas brasileiros antes da colonização portuguesa. Alguns aspectos desse conhecimento são mantidos vivos pelos pajés das tribos até hoje. A observação do céu era de grande importância ao povo indígena, pois eles percebiam a indicação das estações do ano, das fases da Lua, entre outros fenômenos. Para eles, identificar a estação do ano ou as fases da Lua a partir da interpretação do céu era essencial à sobrevivência da tribo. Essa importância se deve ao fato de o plantio de alimentos possuir um período específico para ser realizado, assim como a caça e a colheita de frutos, as quais necessitavam condições climáticas específicas para serem realizadas com sucesso.

A prática da utilização do céu como um instrumento de medição do tempo foi comum para outros povos antigos, e todos eles marcavam o céu da forma mais conveniente à sua cultura. Uma das formas encontradas foi a imaginação de figuras a partir de conjuntos de estrelas, e estas figuras foram chamadas pelos astrônomos antigos de constelações.

6.1 AS CONSTELAÇÕES

Quando observa-se o céu noturno em uma noite sem nuvens é possível perceber uma infinidade de pontos brilhantes no céu. Cada ponto é a luz vinda de uma estrela distante e, vistas juntas no plano da esfera celeste podem ser imaginados diferentes formatos/padrões. Segundo Oliveira Filho e Saraiva (2013, p. 6) constelações são “agrupamentos aparentes de estrelas, os quais os astrônomos da antiguidade imaginaram formar figuras de pessoas, animais ou objetos que estivessem relacionados com sua cultura.” Surgiram com caráter econômico, uma vez que era necessário aos povos antigos a determinação da época de plantio, colheita e coleta de alimentos, assim sendo, cada povo criou as suas próprias constelações para se localizar no tempo. Uma estratégia adotada para fazer com que as pessoas se lembrassem da imagem da constelação, e o que ela significava ao povo, era envolvê-las em mitos e histórias. Algumas constelações, segundo Afonso (2009), tinham também um caráter moral presente em sua história, como por exemplo o mito tupi-guarani sobre a constelação chamada de constelação do homem velho. Conta o mito que um homem com uma certa idade resolve casar-se com uma moça muito mais nova que ele. Ambos viveram junto por um

tempo, porém a esposa começa a apaixonar-se pelo cunhado. O cunhado era mais novo que seu marido, então a esposa resolve fugir com ele, mas antes de partir ela corta a perna de seu marido na altura do joelho. Os deuses ficaram comovidos com a situação do homem, e resolveram colocá-lo no céu na forma de constelação. Essa história tem por objetivo ensinar os indígenas sobre as consequências negativas que o adultério poderia trazer para o futuro da tribo.

Com as descobertas emergentes do século XX, o conceito de constelação precisou ser alterado, pois seria muito útil aos estudos dos astrônomos desta época se fossem determinadas fronteiras bem definidas entre uma constelação e outra. Assim os corpos celestes nas regiões intermediárias entre duas constelações não deixariam dúvidas a respeito de sua catalogação em uma única constelação. As fronteiras entre as constelações atualmente aceitas pela International Astronomical Union (IAU), definem uma nova redação para o conceito de constelação, sendo agora uma região bem demarcada da esfera celeste (esfera imaginária que possui a Terra em seu centro e contém todos os astros celestes que podemos ver no céu), e não mais somente um conjunto de estrelas que formam um padrão. O céu foi dividido geometricamente em 88 regiões, sendo que cada uma dessas regiões é definida como uma constelação e possui seu nome e abreviação próprios em latim. Segundo Clávia (2010) esta definição de constelação foi sugerida à IAU por Eugène J. Delporte, aceita em 1922 em assembleia e publicada em 1930. As 88 constelações aceitas atualmente também foram aprovadas nesta assembleia, porém foi sugerida por Russel e Hertzprung. A lista completa (INTERNATIONAL ASTRONOMICAL UNION, 2015) com os nomes em latim, em português e as abreviações oficiais em latim são mostradas na Tabela 1.

Tabela 1 - Nomes das constelações em latim e português, bem como suas abreviações.

Nome em latim	Abrev.	Nome em português	Nome em latim	Abrev.	Nome em português
Andromeda	And	Andrômeda (mit.)	Lacerta	Lac	Lagarto
Antlia	Ant	Bomba de Ar	Leo	Leo	Leão
Apus	Aps	Ave do Paraíso	Leo Minor	LMi	Leão Menor
Aquarius	Aqr	Aquário	Lepus	Lep	Lebre
Aquila	Aql	Águia	Libra	Lib	Libra (Balança)
Ara	Ara	Altar	Lupus	Lup	Lobo
Aries	Ari	Áries (Carneiro)	Lynx	Lyn	Lince
Auriga	Aur	Cocheiro	Lyra	Lyr	Lira
Boötes	Boo	Pastor	Mensa	Men	Montanha da Mesa

Caelum	Cae	Buril de Escultor	Microscopium	Mic	Microscópio
Camelopardalis	Cam	Girafa	Monoceros	Mon	Unicórnio
Cancer	Cnc	Câncer (Carangueijo)	Musca	Mus	Mosca
Canes Venatici	CVn	Cães de Caça	Normai	Nor	Régua
Canis Major	CMA	Cão Maior	Octans	Oct	Octante
Canis Minor	CMi	Cão Menor	Ophiuchus	Oph	Caçador de Serpentes
Capricornus	Cap	Capricórnio (Cabra)	Orion	Ori	Órion (Caçador)
Carina	Car	Quilha (do Navio)	Pavo	Pav	Pavão
Cassiopeia	Cas	Cassiopéia (mit.)	Pegasus	Peg	Pégaso (Cavalo Alado)
Centaurus	Cen	Centauro	Perseus	Per	Perseu (mit.)
Cepheus	Cep	Cefeu (mit.)	Phoenix	Phe	Fênix
Cetus	Cet	Baleia	Pictor	Pic	Cavalete do Pintor
Chamaeleon	Cha	Camaleão	Pisces	Psc	Peixes
Circinus	Cir	Compasso	Piscis Austrinos	PsA	Peixe Austral
Columba	Col	Pomba	Puppis	Pup	Popa (do Navio)
Coma Berenices	Com	Cabeleira	Pyxis	Pyx	Bússula
Corona Austrina	CrA	Coroa Austral	Reticulum	Ret	Retículo
Corona Borealis	CrB	Coroa Boreal	Sagitta	Sge	Flecha
Corvus	Crv	Corvo	Sagittarius	Sgr	Sagitário
Crater	Crt	Taça	Scorpius	Sco	Escorpião
Crux	Cru	Cruzeiro do Sul	Sculptor	Scl	Escultor
Cygnus	Cyg	Cisne	Scutum	Sct	Escudo
Delphinus	Del	Delfim	Serpens	Ser	Serpente
Dorado	Dor	Dourado (Peixe)	Sextans	Sex	Sextante
Draco	Dra	Dragão	Taurus	Tau	Touro
Equuleus	Equ	Cabeça de Cavalo	Telescopium	Tel	Telescópio
Eridanus	Eri	Eridano	Triangulum	Tri	Triângulo
Fornax	For	Forno	Triangulum Australe	TrA	Triângulo Austral
Gemini	Gem	Gêmeos	Tucana	Tuc	Tucano
Grus	Gru	Grou	Ursa Major	UMa	Ursa Maior
Hercules	Her	Hércules	Ursa Minor	UMi	Ursa Menor
Horologium	Hor	Relógio	Vela	Vel	Vela (do Navio)
Hydra	Hya	Cobra Fêmea	Virgo	Vir	Virgem
Hydrus	Hyi	Cobra Macho	Volans	Vol	Peixe Voador
Indus	Ind	Índio	Volpecula	Vul	Raposa

Fonte: Elaborada a partir das referências de Oliveira Filho e Saraiva (2013) e <<http://www.iau.org/public/themes/constellations/>>. Acesso em: 05 abril 2015.

O leitor pode se questionar, se todas as estrelas devem pertencer a uma constelação,

então a qual constelação o Sol faz parte? Esse questionamento apareceu na prova de nível 3 da Olimpíada Brasileira de Astronomia (OBA) do ano de 2011, como mostra a questão a seguir “Como escrevemos, todo o céu foi dividido em 88 áreas, ou constelações, logo, toda estrela está numa constelação. Qual é a única estrela que não está fixa em nenhuma constelação?” (SOCIEDADE ASTRONÔMICA BRASILEIRA, 2015). A resposta correta, apontada pelo documento, é que o Sol não faz parte de nenhuma constelação.

Sabe-se que o planeta Terra possui um movimento de revolução em torno do Sol, o qual origina as estações do ano e dura aproximadamente 365 dias, e um movimento de rotação em torno de seu próprio eixo norte-sul, que origina os dias e as noites. O eixo de rotação possui uma inclinação de aproximadamente 27° em relação ao plano orbital que compõem o Sistema Solar e corta o Sol no equador. Visto da Terra, no entanto, o Sol possui um percurso aparente diário e outro anual em torno do planeta. O percurso aparente diário se deve ao movimento de rotação da Terra e é diferente para diferentes locais do planeta. O percurso aparente anual do Sol é devido à revolução da Terra em torno da estrela, não depende do local do planeta que é observado e é chamado de eclíptica.

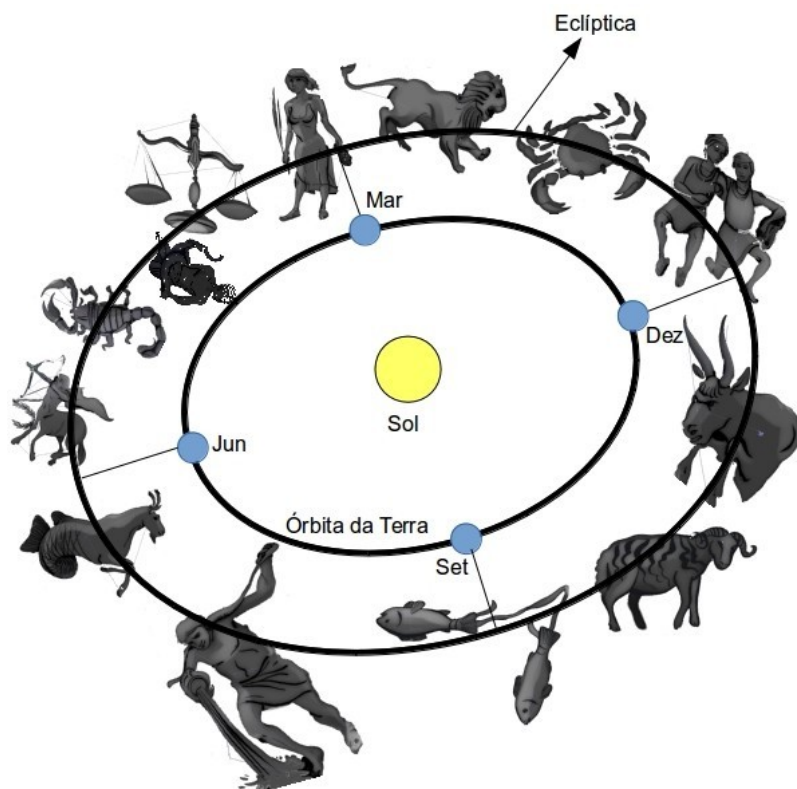


Figura 1 - Representação esquemática da eclíptica, da órbita da Terra, do Sol e das constelações do zodíaco.

Fonte: Elaborado pela autora.

Na esfera celeste, em torno da eclíptica, se localizam as constelações do zodíaco, composto pelas seguintes constelações: Aries, Taurus, Gemini, Cancer, Leo, Virgo, Libra, Ophiuchus, Scorpius, Sagittarius, Capricornus, Aquarius e Pisces. As estrelas que compõem estas constelações estão muito distantes do Sistema Solar, e portanto formam um pano de fundo para a eclíptica. Se fosse possível observar as constelações durante o dia, seria possível perceber que a cada mês o Sol estaria posicionado em uma constelação diferente, dentre as constelações do zodíaco e por isso ele não pode estar fixo em uma só constelação. A Figura 1 apresenta uma visão geral da órbita da Terra em torno do Sol, a eclíptica e as constelações do zodíaco. Percebe-se que, se pudéssemos ver o Sol e o fundo de estrelas ao mesmo tempo, ele apareceria na constelação de Pisces em Março, Gemini em junho, etc.

6.2 AS MAGNITUDES ESTELARES

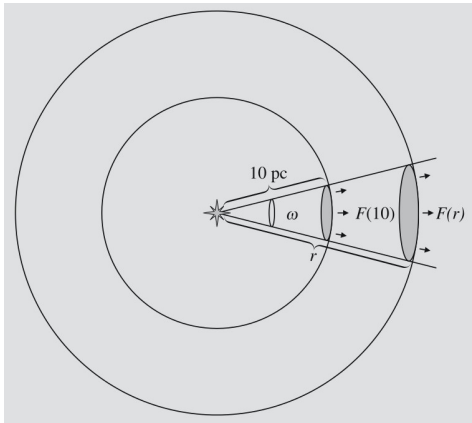


Figura 2 - Esquema mostrando a densidade de fluxo emitido por uma estrela e sua proporção inversa com a distância ao quadrado.

Fonte: Karttunen (2007, p.88).

As constelações podem ser compostas de centenas de estrelas, mas sempre há estrelas mais visíveis da Terra do que outras. Os astrônomos, ao mapearem o céu noturno, observaram uma diferença no brilho da luz estelar, sendo que um dos primeiros a classificar e registrar essa diferença entre o brilho das estrelas foi Hiparco de Nicéia (160 – 125 a.C). Em seu catálogo, Hiparco registrou a posição e a magnitude de 850 estrelas vistas a olho nu, no céu de seu observatório na Ilha de Rodes (Grécia). A escala de magnitude elaborada por Hiparco era dividida em 6 categorias, iniciando pelo número 1 e terminando em 6, sendo que o 1 indicava a mais brilhante e o 6 classificava as estrelas menos brilhantes. A intensidade do brilho de uma estrela de magnitude 1 é 2,512 vezes a intensidade de uma estrela de magnitude 2. Esse valor vale para todos os intervalos de 1 magnitude. Em meados do século XIX estendeu-se essa escala de magnitudes em ambos os extremos, acima de 6 e abaixo de 1, devido às descobertas realizadas por equipamentos mais potentes que o olho humano. Esta magnitude não é exclusiva para as estrelas, sendo possível medir o brilho de outros astros celestes neste

sistema de magnitude. Alguns exemplos são mostrados na Tabela 2.

Tabela 2 - Magnitude visual (m_v) / magnitude aparente (m) e magnitude absoluta de estrelas.

Nome da estrela	Magnitude visual/aparente (m_v / m)	Magnitude absoluta (M)
Spica	0,97	-3,56
Arcturus	-0,05	-0,31
Póllux	1,14	1,07
Mimosa	1,26	-3,91

Fonte: Adaptado de <<http://www.atlasoftheuniverse.com/stars.html>>. Acesso em 17 maio 2015.

A magnitude determinada pelo astrônomo grego é hoje chamada de magnitude aparente, definida formalmente por Oliveira Filho e Saraiva (2013), como sendo o fluxo de radiação da estrela medido no planeta Terra. O fluxo $F(r)$ a que se referem os autores é definido pelo fluxo de energia radiada por um corpo negro à uma distância r , representado de forma esquemática na Figura 2 e calculado pela equação (1),

$$F(r) = \frac{L}{4\pi r^2} \quad (1)$$

onde $F(r)$ é a densidade de fluxo de radiação, L é a luminosidade intrínseca (energia total emitida por unidade de tempo e em todas as direções) e r a distância do corpo negro ao observador. Pode-se definir, ainda, o fluxo como sendo a potência de radiação por unidade de área e possui dependência com a distância (r) à estrela.

Os valores de magnitude negativa apresentados na Tabela 2 representam maior brilho estelar do que as magnitudes positivas, pois neste sistema quanto menor o valor mais brilhante é a estrela. O sistema de magnitude aparente (m) é baseado na percepção que o olho humano possui em relação ao brilho da luz. Segundo Karttunen (2007) ao visualizar três estrelas com densidades de fluxo na razão 1:10:100 o olho humano percebe a diferença de brilho entre a primeira e a segunda estrela como sendo a mesma diferença de brilho entre a segunda e a terceira estrela. O autor conclui que a percepção humana do brilho da luz é logarítmica, portanto a magnitude aparente (m) também deverá ser uma função logarítmica.

A proposição de que o sistema de magnitude deveria ser logarítmico ocorreu em 1856 por Norman Robert Pogson (1829-1891), ao afirmar que uma estrela de primeira magnitude ($m=1$) é cem vezes mais brilhante que uma estrela de sexta magnitude ($m=6$). Pode-se,

portanto, definir a equação da magnitude aparente como sendo

$$m = -2,5 \log F + const \quad (2)$$

onde F é a densidade de fluxo de energia da estrela e $const.$ é o ponto zero da escala, o qual geralmente é dado pela magnitude aparente da estrela Vega (alfa Lyrae). A Figura 3 mostra o ponto zero da escala e também a magnitude de alguns outros astros celestes para comparação com Vega.

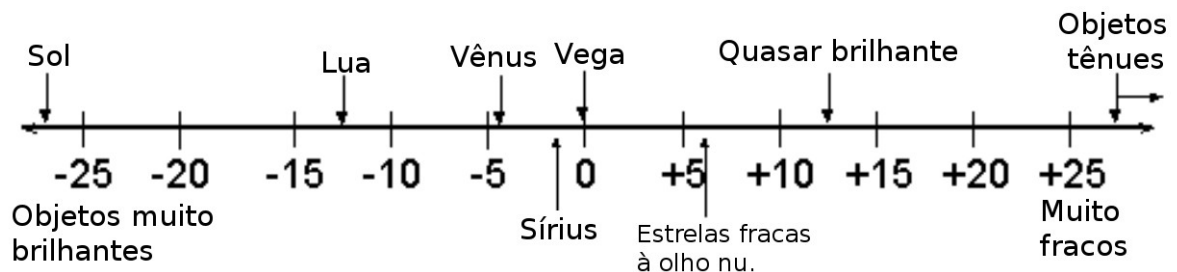


Figura 3 - Algumas magnitudes aparentes posicionados em uma escala graduada.
 Fonte: Adaptado de <<http://www.astronomynotes.com/starprop/s4.htm>>. Acesso em 17 maio 2015.

A medição deste fluxo depende da sensibilidade espectral do conjunto de equipamentos utilizados (telescópio + filtro + detector), portanto um sistema de magnitude depende da sensibilidade espectral do equipamento e da $const.$ Um dos mais utilizados é o sistema UBV, desenvolvido em 1951 por Harold L. Jhonson e Willian W. Morgam, que utiliza três filtros diferentes: o ultravioleta (U), o azul (B) e o visual (V). O filtro é chamado de visual devido ao fato do olho humano (a visão humana) exposto à luz do dia ser mais sensível ao comprimento de onda de 550 nm, o qual corresponde à cor amarela. A partir deste sistema é possível obter um índice importante para o cálculo da temperatura das estrelas, o índice de cor B-V. É obtido por meio da subtração da magnitude aparente no comprimento de onda visual (V) da magnitude no azul (B); o valor resultante é usualmente da ordem de décimos ou centésimos de magnitude. Este valor é muito utilizado em estudos sobre a absorção e espalhamento de luz pelo meio interestelar, e a razão entre os fluxos destes dois comprimentos de onda é função da temperatura das estrelas.

A magnitude aparente das estrelas possui extrema importância quando na catalogação

das constelações, pois, ao definir as constelações, os astrônomos elaboraram um sistema para nomear as estrelas de acordo com o seu brilho aparente. Consiste em nomear a estrela mais brilhante da constelação com a primeira letra do alfabeto grego, e esta acompanhada da abreviação do nome da constelação (veja as abreviações na Tabela 1), a segunda mais brilhante com a segunda letra do alfabeto grego acompanhada da abreviação da constelação, e assim por diante, por exemplo Betelgeuse é α -Ori, Rigel é β - Ori.

Além da magnitude aparente é possível obter a luminosidade da estrela, calculando a magnitude absoluta (M) das estrelas. A magnitude absoluta (veja exemplos na Tabela 2) é a magnitude teórica que a estrela possuiria se estivesse à 10 pc do planeta Terra. O cálculo é realizado com a utilização da equação (2), substituindo o fluxo F , pelo fluxo a uma distância fixa de 10 pc $F(10 pc)$ (veja a Figura 2). Reescrevendo a equação (2) sob esta condição temos,

$$M = -2,5 \log [F(10 pc)] + const \quad (3)$$

onde o $F(10 pc)$ é o fluxo de radiação a uma distância de 10 pc da Terra. O valor da magnitude absoluta, portanto, não dependerá da distância entre o equipamento e a estrela, o que ocorre com a magnitude aparente. Como M não depende da distância até a estrela ela é uma propriedade deste corpo, associada às propriedades físicas de seu interior, sendo considerada uma grandeza mais importante à ciência do que a magnitude aparente.

A relação entre a magnitude aparente (m), magnitude absoluta (M) e distância (r) é dada pela seguinte equação:

$$m - M = 5 \log \frac{r}{10 pc} \quad (4)$$

a qual, por razões históricas, pode ser escrita como

$$m - M = 5 \log r - 5 \quad (5)$$

A equação (4) é mais geral que a equação (5), pois a última é válida somente quando as distâncias estão em parsecs (pc). Estas equações podem ser utilizadas para encontrar a distância das estrelas ao planeta a partir das magnitudes, ou calcular a magnitude absoluta a partir da distância r e a magnitude m . A magnitude absoluta também pode ser utilizada no

sistema UBV, neste caso escrevemos a magnitude absoluta o filtro do ultravioleta como M_U , do azul como M_B , e do amarelo como M_V .

As medidas de magnitude são influenciadas pela absorção ou espalhamento de radiação pelas partículas do meio interestelar, e para essas perdas de energia é dado o nome de *extinção*. A extinção depende da distância do observador ao corpo celeste em questão, e é mais intensa para comprimentos de onda pequenos, o que os deixa mais avermelhados. A atmosfera da Terra também atrapalha as medidas, pois impede a passagem de certos comprimentos de onda.

A partir dos dados obtidos por um equipamento ideal com sensibilidade de 100 % em todos os comprimentos de onda, é possível calcular a magnitude bolométrica m_{bol} . Na teoria este cálculo não possui maiores dificuldades mas, na prática, é difícil de ser realizado, devido à interferência da atmosfera já citada. Então para determinar m_{bol} parte-se da magnitude visual seguindo a relação mostrada pela equação,

$$m_{bol} = m_V - C.B \quad (6)$$

onde C.B é a correção bolométrica, a qual por definição possui valores próximos de zero para estrelas semelhantes ao Sol e valores maiores para as estrelas que são mais quentes ou mais frias que ele. O Sol é o ponto de referência devido ao fato do cálculo partir da m_V e esta, por sua vez, é a magnitude no comprimento de onda em que o olho humano possui maior sensibilidade.

Primeiramente determinou-se, a magnitude absoluta do Sol como sendo $M_{bol} = 4,72$ e então, a partir deste valor, foi possível encontrar a magnitude bolométrica absoluta das demais estrelas pela seguinte equação,

$$M_{bol} = 4,72 - 2,5 \log\left(\frac{L}{L_{\odot}}\right) \quad (7)$$

onde $L_{\odot} = 4 \times 10^{26}$ Watts ou 4×10^{33} ergs/s. Existem estrelas com fluxo de emissão muito maiores que o Sol, como por exemplo Rigel (62 000 vezes a luminosidade solar).

6.3 A COR E A TEMPERATURA EFETIVA DAS ESTRELAS

A luminosidade de uma estrela pode ser justificada por sua elevada temperatura ou por um grande raio, ou por ambos os casos. Assim, tanto a magnitude quanto a cor da estrela são afetadas pela mudança da temperatura, o que será detalhado a seguir.

As ondas eletromagnéticas possuem diferentes comprimentos de onda, dependendo de sua energia, caracterizando um espectro contínuo como o representado na Figura 4. Para cada intervalo de comprimento de onda, a radiação possui características e comportamento específicos.

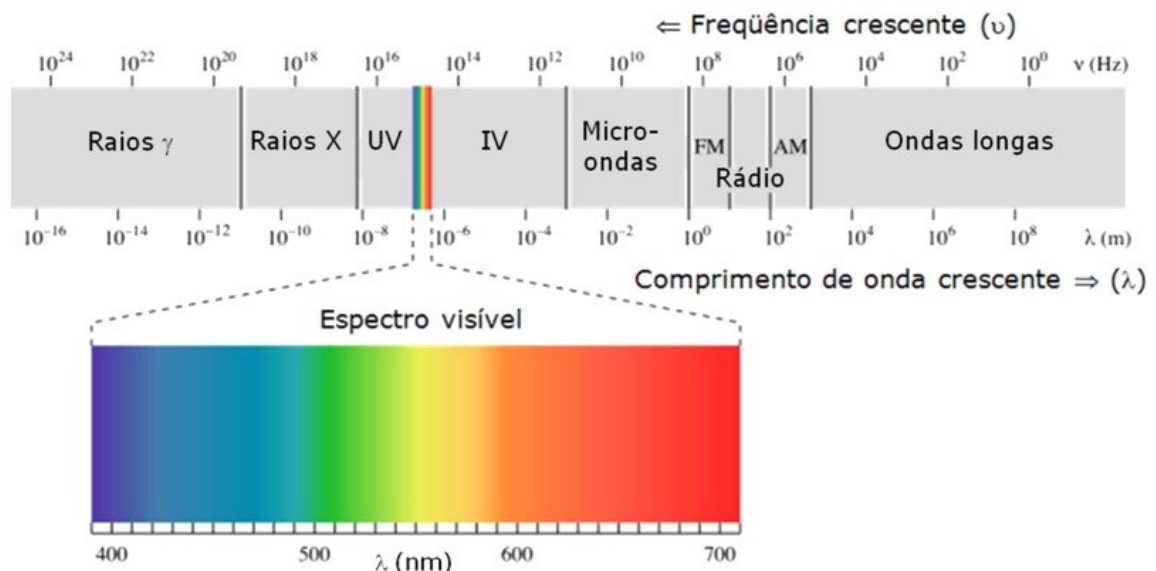


Figura 4 - Espectro eletromagnético com destaque para a região visível.

Fonte: Disponível em <<http://zeus.qui.ufmg.br/~qgeral/?author=1&paged=2>>. Acesso em 17 maio 2015.

Atualmente o estudo dos espectros de radiação vindos das estrelas pela espectroscopia pode encontrar várias informações sobre elas, dentre elas a composição e a temperatura. Tanto a composição quanto a temperatura influenciam na cor de um corpo aquecido, porém como as estrelas possuem aproximadamente a mesma composição entre si, é a temperatura quem define a posição do pico de emissão no espectro de cada uma delas. Por exemplo a parte visível do Sol, chamada de fotosfera, possui aproximadamente 5500 K e sua cor é branco amarelado, já Rigel com seus 11000 K possui a coloração azul.

A espectrometria é a responsável pela obtenção e estudo do espectro eletromagnético das estrelas e demais corpos celestes, observou-se que os dados não eram os mesmos para

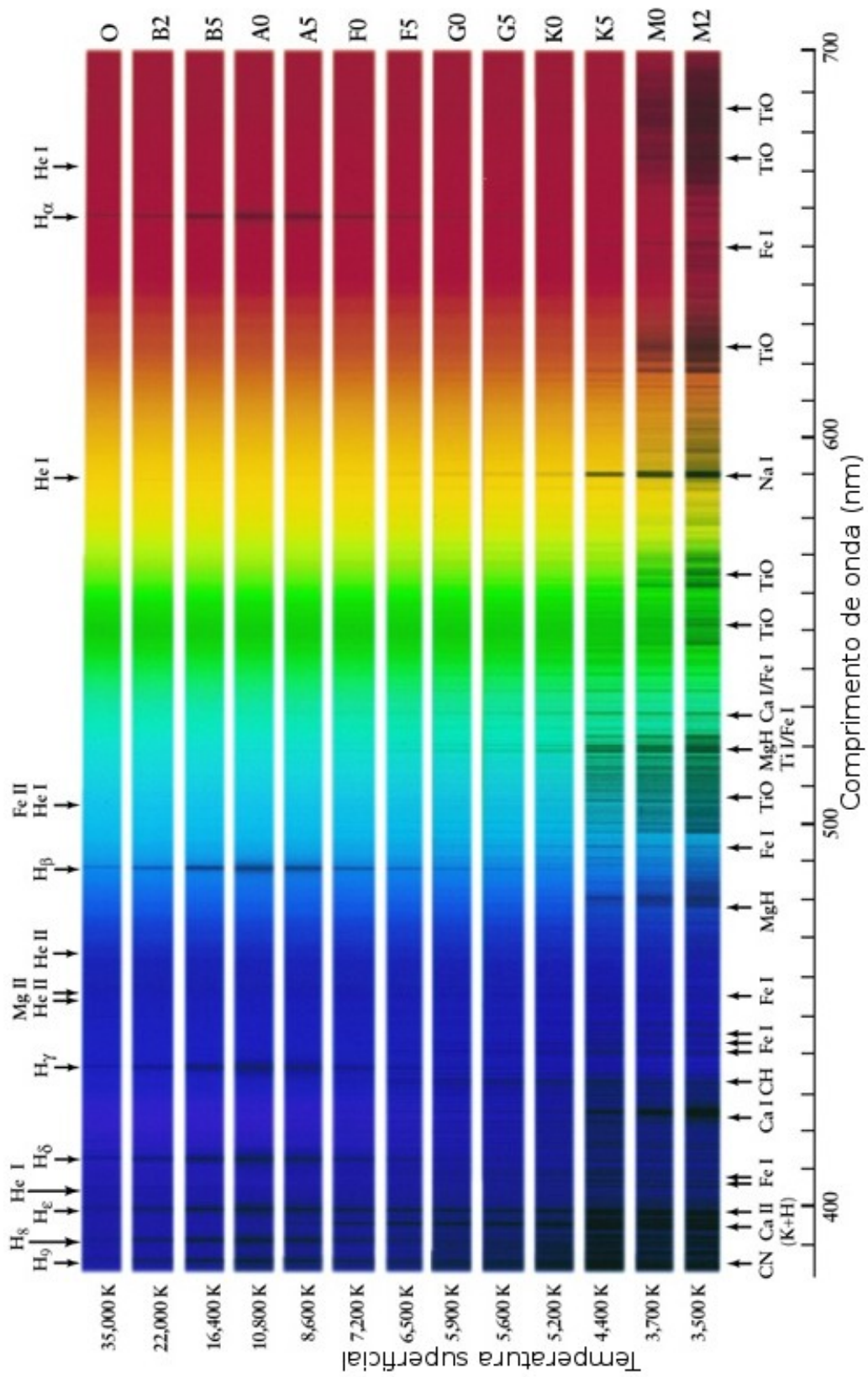


Figura 5 - Espectro eletromagnético e linhas de absorção para estrelas de diferentes temperaturas.
 Fonte: Disponível em <<http://astropt.org/blog/wp-content/uploads/2011/08/spec1.jpg?1ae1ed>>. Acesso em 20 maio 2015.

todas as estrelas e em muitas, o espectro possuía linhas escuras. Descobriu-se mais tarde, que este fenômeno ocorria devido a absorção de energia pelos elétrons dos átomos presentes nas estrelas. Os astrônomos estimam que o elemento químico mais abundante nas estrelas é o hidrogênio, mediu-se então o espectro do hidrogênio para diferentes temperaturas e comparou-se com os espectros estelares, veja uma comparação para diferentes espectros estelares na Figura 5. Percebe-se que as linhas escuras se posicionam em diferentes locais a medida que a temperatura da estrela aumenta. Observando somente as linhas escuras pertencentes ao hidrogênio, marcadas com um H, nota-se que a temperatura em que tornam mais escuras é aproximadamente 8600 K. As linhas escuras não significam ausência de radiação neste comprimento de onda, somente menor intensidade. Para compreender o surgimento das linhas escuras no espectro é necessário analisar o nível de energia em que o elétron se posiciona.

As estrelas foram classificadas segundo as suas linhas de hidrogênio, realizada pela primeira vez entre 1918 e 1924 por Annie Jump Canon. Ela utilizou como critério a intensidade de radiação emitida na região do espectro correspondente às linhas de emissão de radiação pelo elemento químico hidrogênio (as mesmas regiões das linhas escuras no espectro da Figura 5). As estrelas classificadas como sendo de classe espectral A possuíam as linhas de emissão/absorção no hidrogênio mais intensas, de classe espectral B eram menos intensas e assim por diante. Essa classificação, no entanto, não perdurou pois a classificação segundo as temperaturas é mais eficiente. Como as linhas de hidrogênio são mais intensas em temperaturas intermediárias, em torno de 8000 K, elas não podem ser usadas como parâmetro nesta nova classificação. Atualmente a classificação espectral continua obedecendo as regras de Canon, porém as letras mudaram de ordem para obedecer à classificação de temperatura. A ordem de classificação espectral, na sequência decrescente de temperatura é a seguinte: O = azuis, B = branco – azuladas, A = brancas, F = branco – amareladas, G = amarelas, K = alaranjadas e M = vermelhas. Cada uma dessas classes se subdivide em 10 níveis, sendo a estrela de nível 0 mais quente que a estrela de nível 9, ambas pertencentes à mesma classe espectral, conforme pode ser verificado na Tabela 3.

Tabela 3 - Níveis e subníveis da classificação espectral das estrelas.

O	B	A	F	G	K	M
0 1 2 3 4 5 6 7 8 9	0 1 2 3 4 5 6 7 8 9	0 1 2 3 4 5 6 7 8 9	0 1 2 3 4 5 6 7 8 9	0 1 2 3 4 5 6 7 8 9	0 1 2 3 4 5 6 7 8 9	0 1 2 3 4 5 6 7 8 9

Fonte: Elaborada pela autora.

Ao calcular a temperatura para estrelas de uma classe qualquer, é possível obter o fluxo de radiação emitido, e a partir dele o comprimento de onda que possui maior intensidade. A cor das estrelas é resultado da intensidade de energia luminosa emitida em certo comprimento de onda, dentro da faixa do visível. As estrelas podem ser consideradas como corpos negros, o que segundo a definição que Kirchoff formulou em 1860, são absorvedores ideais de radiação (por isso negro), mas para manterem-se em equilíbrio eles também devem ser emissores ideais. Embora a estrela não esteja em total equilíbrio térmico ela ainda pode ser considerada um corpo negro.

Segundo Karttunen (2007, p. 106) a temperatura de objetos astronômicos pode ser de diferentes tipos, e cada um deles é útil para descrever um determinado fenômeno físico, portanto não há uma temperatura verdadeira para a estrela. O tipo mais importante de temperatura da estrela é a temperatura efetiva (T_{eff}), que pode ser definida como sendo a mesma temperatura de um corpo negro que emite a mesma quantidade de energia por unidade de área e por unidade de tempo que a estrela. A T_{eff} de um corpo negro pode ser calculada pela lei de Stefan-Boltzmann, dada pela equação (8),

$$F = \sigma T_{eff}^4 \quad (8)$$

onde $\sigma = 5,67 \times 10^{-5} \text{ ergs cm}^{-2} \text{ K}^{-4} \text{ s}^{-1}$, T_{eff} é a temperatura efetiva e F o fluxo de radiação emitido pelo corpo.

De posse das informações do comprimento de onda e intensidade do fluxo de radiação é possível construir o gráfico mostrado na Figura 6. Ao analisar as curvas de emissão pode-se perceber que o pico de radiação emitida por um determinado corpo negro se desloca para a esquerda à medida que sua temperatura aumenta.

Esse deslocamento é determinado pela Lei de Wien,

$$\lambda_{max} T = 0,0028978 \text{ K} \cdot \text{m} \quad (9)$$

onde λ_{max} é o comprimento de onda em que a intensidade de radiação é máxima, T é a temperatura e $2,8978 \times 10^{-3} \text{ K} \cdot \text{m}$ é uma constante. Esta relação empírica (equação (9)) encontrada por Wilhelm Wien mostra que à medida que T aumenta λ_{max} diminui, e vice versa.

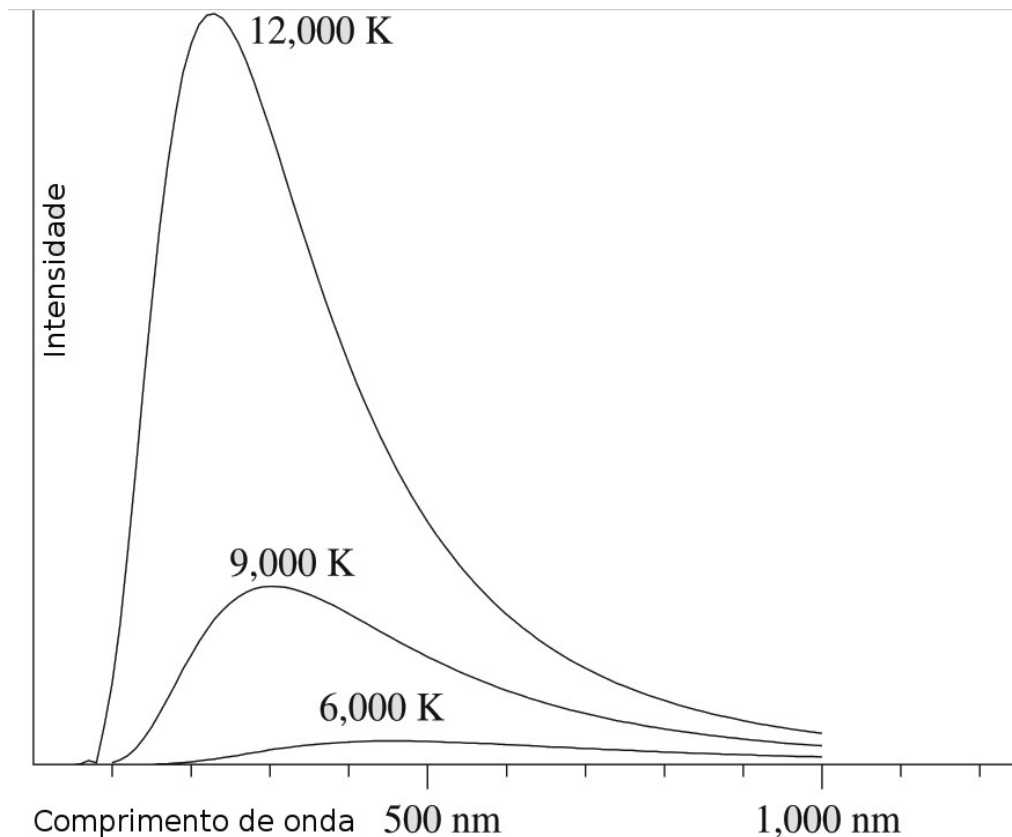


Figura 6 - Gráfico da intensidade de radiação e o comprimento de onda do pico de emissão em função da temperatura do corpo negro.

Fonte: Adaptado de KARTTUNEN, 2007.

Devido à mudança no comprimento de onda, a cor predominante da estrela se altera, sendo que quanto mais à esquerda do gráfico da Figura 6, mais quente e mais azul será a estrela. Isso não impede, no entanto, que a estrela emita radiação em todo o espectro, como afirmam Dionísio e Dionísio (2007, p.52) “Qualquer objeto, a qualquer temperatura, emite radiação de modo a abranger todo o espectro eletromagnético, isto é, de modo a varrer um continuum de comprimentos de onda entre zero e infinito.”.

A cor da estrela se deve à posição, no eixo horizontal, do pico da curva de radiação eletromagnética emitida em determinada temperatura (veja a Figura 7), mas dentro da região visível do espectro. Desta forma, as estrelas podem se apresentar nas cores vermelha, laranja, amarela, branca e azul. Caso a luz seja dispersada por um espectroscópio, também serão encontradas as demais cores, mas com menor intensidade de emissão no espectro.

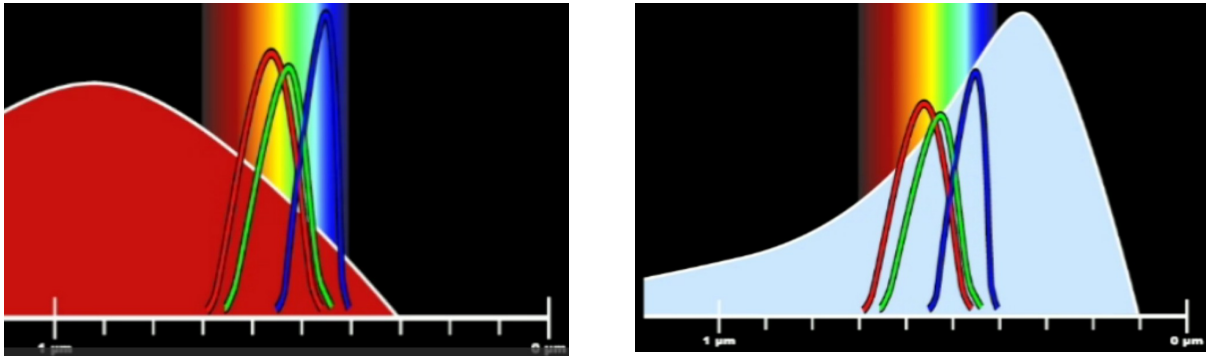


Figura 7 - As curvas de sensibilidade do olho humano para o pico de emissão de um corpo negro na região do infravermelho (à esquerda) e para um pico de emissão no ultravioleta (à direita).

Fonte: Extraídas do vídeo disponível em

<<http://www.spitzer.caltech.edu/video-audio/150-ask2008-002-Why-Aren-t-There-Any-Green-Stars->>. Acesso em 03 maio 2015.

Para uma temperatura intermediária o pico de emissão fica no comprimento de onda em que vê-se a cor verde no espectro, mas nunca nenhum astrônomo relatou ou registrou uma estrela de coloração verde. A predominância do verde sobre as demais cores não é tão acentuada, “[...] além disso, o vermelho e o violeta são igualmente aquinhoados, de modo que, agora, a luz irradiada distribui-se de maneira mais ou menos uniforme por todo o espectro visível, o que, aos nossos olhos, produz a sensação de luz branca.” (DIONÍSIO e DIONÍSIO, 2007, p.52). No lugar de uma estrela verde, é observado pelo ser humano uma estrela branca, o fato de enxergarmos branco deve-se às células responsáveis pela absorção das cores em nossos olhos, os cones, o quais possuem diferentes sensibilidades para cada cor (vermelho, verde e azul), como é mostrado na Figura 8. Percebe-se que a curva de radiação de um corpo negro com pico na região verde do espectro compreende as três curvas de sensibilidade dos cones do olho humano, por isso vemos a coloração branca nestas estrelas. De acordo com a pesquisadora Dra. Michelle Thaller do centro de pesquisa e tecnologia espacial da NASA, o Goddard Space Flight Center, as estrelas podem ter qualquer cor, mas devido ao olho humano possuir as particularidades mencionadas acima, não vemos algumas dessas cores, como o verde e o violeta.

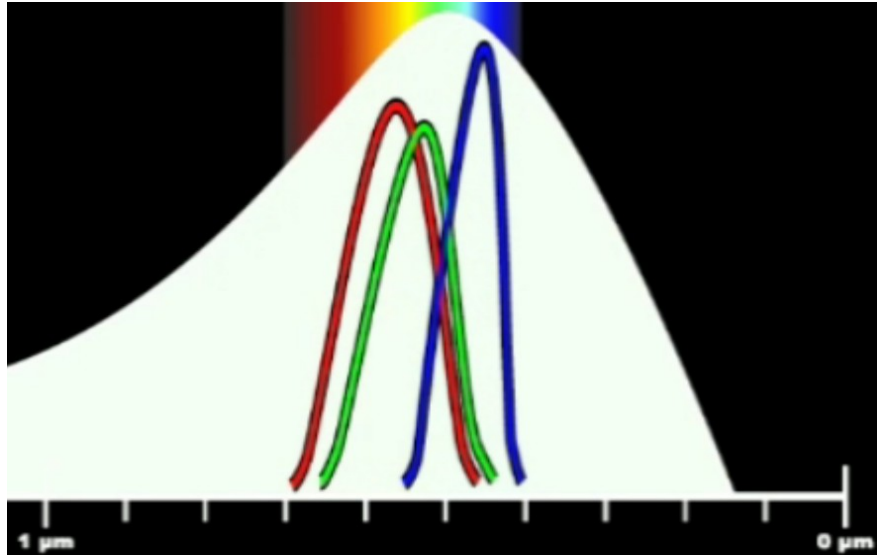


Figura 8 - Sensibilidade dos cones do olho humano para as cores azul, verde e vermelha, sobreposta à curva de radiação emitida por um corpo negro com pico na região da luz verde.

Fonte: Extraída do vídeo disponível em

<<http://www.spitzer.caltech.edu/video-audio/150-ask2008-002-Why-Aren-t-There-Any-Green-Stars->>.

Acessado em 03 maio 2015.

Além da magnitude, os astrônomos classificaram as estrelas de acordo com a sua luminosidade e classe espectral. Em 1943, Morgan e Kellmann introduziram a classificação estelar baseando-se na luminosidade das estrelas, a qual é calculada a partir da equação:

$$L = 4 \pi R^2 \sigma T_{eff}^4 \quad (10)$$

onde L é a luminosidade da estrela, e R o seu raio, o σ é a constante de Stefan-Boltzmann e T_{eff} é a temperatura efetiva da estrela.

Ao analisar a equação (10) percebe-se que a luminosidade da estrela aumenta se o raio dela aumentar, mesmo que para uma mesma temperatura. As classes de luminosidade definidas em 1943, e ainda aceitas, em ordem decrescente do raio estelar são: Ia, Ib, II, III, IV e V, a classe I das supergigantes, a II das gigantes brilhantes, a III das gigantes, a IV das subgigantes e V das anãs. A luminosidade das estrelas é dada em unidades de luminosidades solares (L_{\odot}).

De posse dos dados de luminosidade e temperatura de um conjunto de estrelas é possível montar o gráfico da Figura 9, sendo viável acrescentar o índice B-V, a classe espectral e a magnitude absoluta. Este gráfico é chamado de diagrama de Hertzsprung – Russel, ou simplesmente diagrama HR. Analisando o diagrama HR a primeira percepção é de

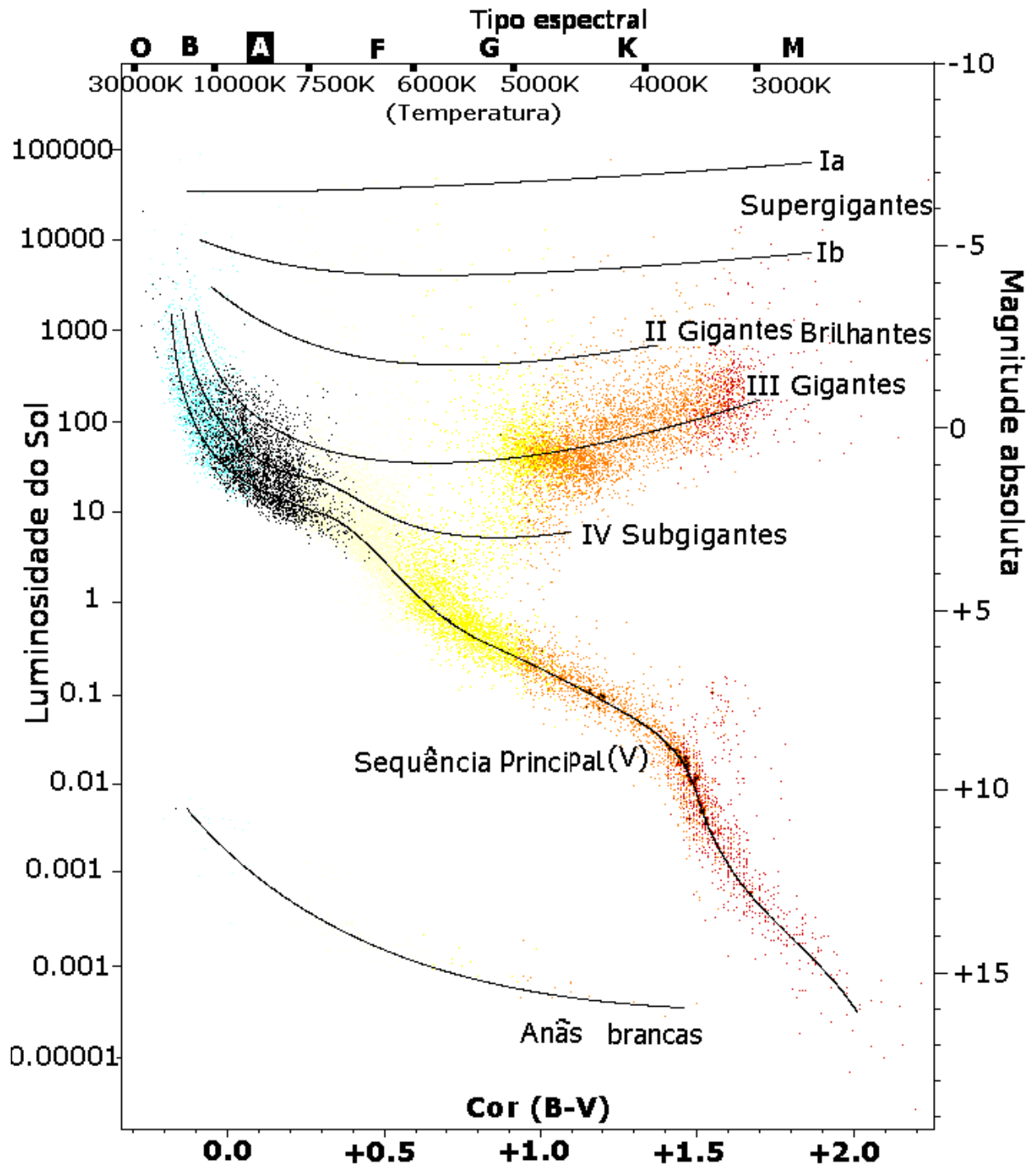


Figura 9 - Diagrama HR mostrando a correlação entre as propriedades estelares.

Fonte: Adaptado de <http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/7/78/H-R_diagram_-_edited-3.gif> Acesso em 29 março 2015.

Nota: Os pontos pretos presentes na sequência principal representam as estrelas de coloração branca.

que as estrelas não se distribuem igualmente sobre ele, mas estão aglomeradas em determinadas regiões. A maior parte das estrelas está localizada em uma estreita faixa na

diagonal, que vai do extremo superior esquerdo (quentes) até o extremo inferior direito (frias). Esta faixa de estrelas no diagrama HR é chamada de sequência principal e possui classe de luminosidade V. Um número significativo de estrelas também se concentra acima da sequência principal no extremo superior direito, são as estrelas gigantes (classe II e III) e supergigantes (classe I) frias. Há ainda um aglomerado no canto inferior esquerdo, as quais são quentes e pouco luminosas, as anãs brancas. É de extrema importância compreender que a posição no diagrama não é a posição da estrela no espaço, e somente um ponto que relaciona luminosidade e temperatura.

A energia térmica e luminosa das estrelas, em todos os comprimentos de onda, só é sustentada pelas reações em seu interior.

6.4 A FONTE DE ENERGIA DAS ESTRELAS

A questão de por que as estrelas brilham só foi levantada pelos estudiosos do século XIX, quando a termodinâmica estava se desenvolvendo. Os cientistas perceberam que toda a energia térmica e luminosa, aproximadamente 4×10^{26} Watts, vinda do Sol precisava ter uma fonte. Várias foram as teorias para essa fonte, aparentemente inesgotável, dentre as quais o carvão, o petróleo, o hidrogênio puro e ainda a contração por ação da gravidade. Nenhuma delas, porém, atendia às expectativas com relação à idade do Sol, calculada com base em fósseis de seres que viveram no planeta antes dos seres humanos. Em 1938 Hans Bethe teorizou sobre como a fusão termonuclear produzia energia no núcleo das estrelas, e descobriu-se que essa fonte de energia, aparentemente inesgotável, na verdade era finita.

Para compreender como ocorrem as reações nas estrelas é necessário conhecer o processo de fusão termonuclear. Sabe-se que duas partículas de mesma carga elétrica, em condições normais, são repelidas entre si pela força coulombiana. A repulsão de Coulomb é chamada de barreira de Coulomb, dada em unidades de elétron-volt (eV), e depende da carga e raio dos núcleos envolvidos. No caso do hidrogênio a barreira de Coulomb tem valor de 4×10^5 eV. Quando os núcleos adquirem energia térmica, aumentam sua temperatura, a agitação das partículas consegue vencer a barreira de Coulomb e então os átomos juntam-se formando um só núcleo, esse processo é chamado de fusão termonuclear.

As reações de fusão nuclear que ocorrem nas estrelas é um processo de várias etapas e as mais comuns são: o ciclo próton-próton, o ciclo do carbono e o ciclo triplo alfa. A primeira

predomina nas estrelas mais frias transformando hidrogênio em hélio, a segunda predomina em temperaturas intermediárias, também transformando hidrogênio em hélio, e a terceira em altas temperaturas transmutando hélio em carbono. O ciclo próton-próton é representado pela equação $4\text{H} \rightarrow \text{He}^4 + 2\text{e}^+ + 2\nu_e + \gamma$ já o ciclo do carbono é representado pela equação $\text{C}^{12} + 4\text{H} \rightarrow \text{C}^{12} + \text{He} + 2\text{e}^+ + 2\nu_e + \gamma$, ambos os ciclos aparecem respectivamente na Figura 10 e

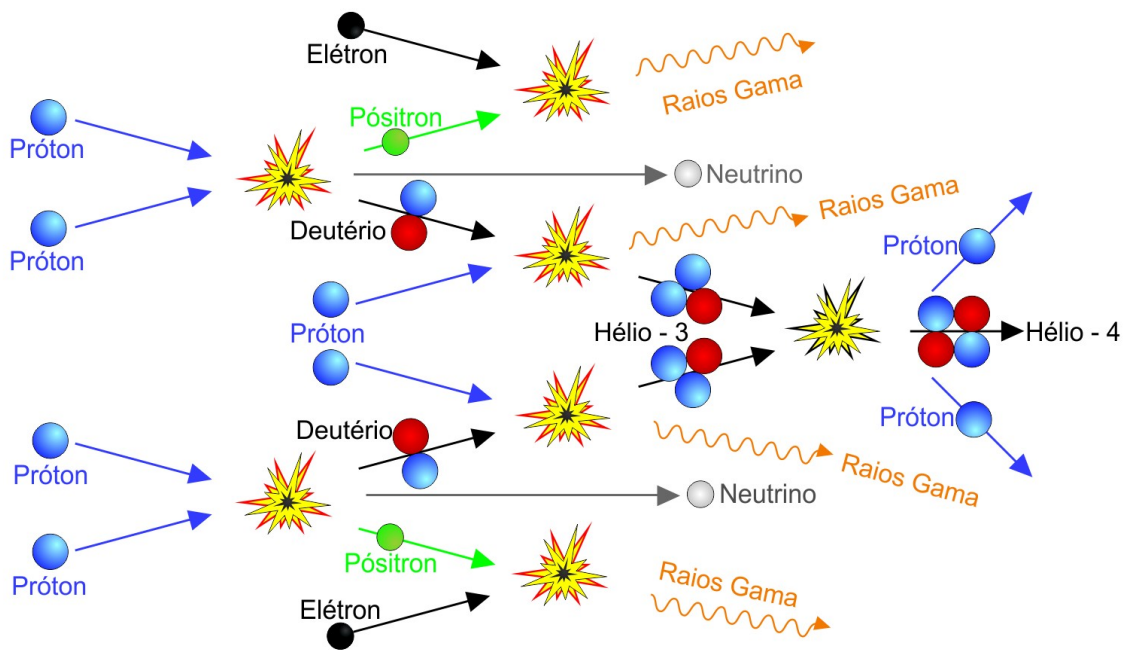


Figura 10 - Reação de fusão nuclear denominada como ciclo próton-próton que ocorre no núcleo das estrelas menos massivas, onde os prótons iniciais geralmente são provenientes do hidrogênio ionizado, abundante no núcleo estelar. As colisões se devem às altas temperaturas que mantêm elevada a agitação das partículas.

Fonte: Disponível em <<http://astro.if.ufrgs.br/estrelas/node10.htm>>. Acesso em 05 abril 2015.

A reação de fusão termonuclear do ciclo próton-próton ocorre, conforme ilustrado na Figura 10, quando dois prótons vencem a repulsão coulombiana formando um deutério e emitindo um pósitron e um neutrino. Os deutérios chocam-se com mais um próton livre e formam o isótopo de hélio-3 emitindo radiação gama. Quando dois núcleos de hélio-3 se combinam é formado um hélio-4 e são ejetados dois prótons.

A reação nuclear representada na Figura 11, o ciclo do carbono-nitrogênio-oxigênio (CNO), inicia-se com a absorção de um próton de alta energia cinética por um átomo de carbono-12 formando um átomo de nitrogênio-13 e emitindo energia na forma de radiação gama. O nitrogênio-13 é instável então sofre decaimento beta, emitindo um pósitron e um

neutrino, tornando-se o carbono-13. Este, ao sofrer o choque de outro próton, transforma-se em nitrogênio-14 emitindo radiação gama novamente. Este nitrogênio é atingido por outro próton, tornando-se o oxigênio-15 e emitindo radiação gama no processo. O oxigênio, assim como o nitrogênio-13, é instável e decai para o nitrogênio-15, emitindo um próton e um neutrino. E, para finalizar o ciclo, o nitrogênio-15 junta-se com um próton formando o hélio-4 e o carbono-14.

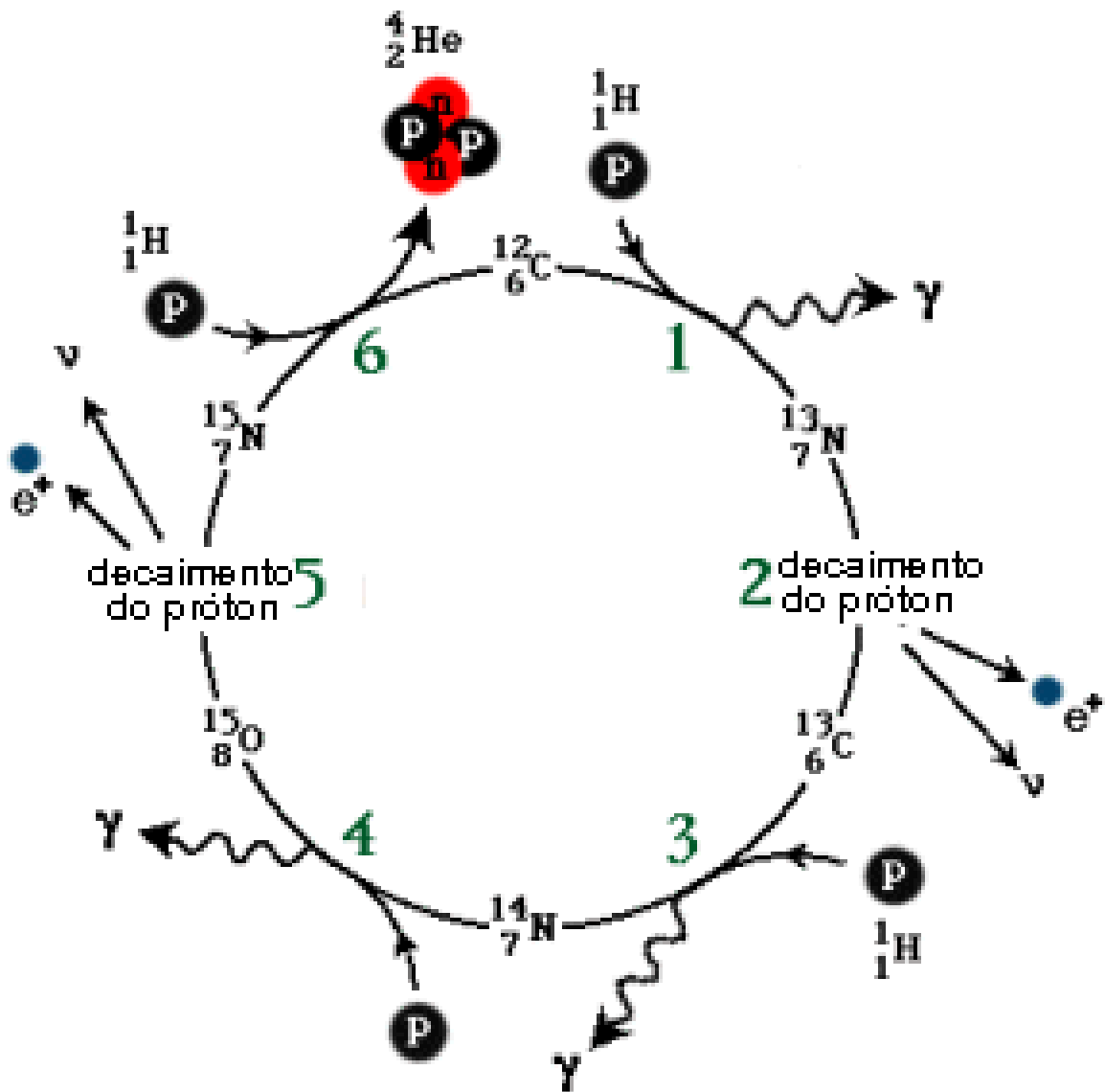


Figura 11 - O ciclo do carbono (CNO).

Fonte: Disponível em <<http://astro.if.ufrgs.br/estrelas/node10.html>>. Acesso em 27 abril 2015.

Quando as estrelas já consumiram a maior parte de seu hidrogênio, transformando-o em hélio-4, inicia-se a reação chamada de triplo - alfa, ou alfa-tríplo. Esta reação, mostrada de forma esquemática na Figura 12, só ocorre eficientemente à temperaturas superiores à

$\times 10^{11}$ K, onde 3 núcleos de hélio-4 colidem entre si formando um carbono-12 e emitindo fótons.

Percebe-se, portanto, que os núcleos de estrelas devem possuir temperaturas e pressões muito altas para que qualquer uma das reações de fusão termonucleares, descritas acima, aconteçam. No caso, cerca de 8×10^9 para o ciclo próton-próton, acima de $1,8 \times 10^{10}$ K para o ciclo CNO e acima de 1×10^{11} K para o triplo α . Para temperaturas ainda maiores, no intervalo de $5 \times 10^9 - 1 \times 10^{12}$, está presente a queima do carbono.

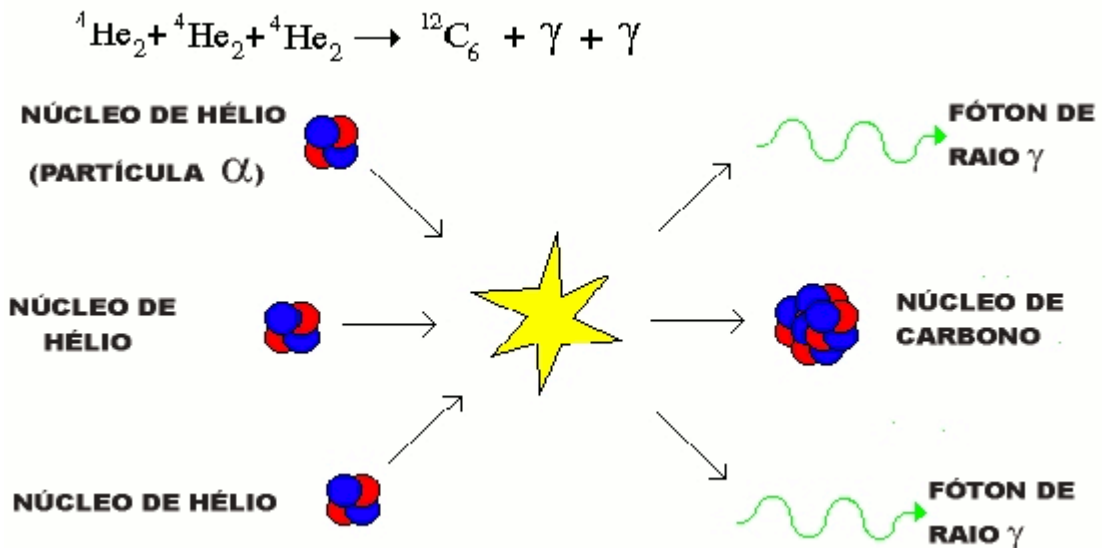


Figura 12 - Figura esquemática da reação nuclear chamada de triplo-alfa.

Fonte: Disponível em <http://www.if.ufrgs.br/oei/stars/rgb/rgb_evol.htm>. Acesso em 27 abril 2015.

Nestas condições de temperatura e pressão a matéria no núcleo estelar está no estado físico de plasma, ou seja, gás ionizado. Um átomo fica ionizado quando ele perde elétrons, neste caso devido à agitação térmica proporcionada pelas altas temperaturas. O plasma é um estado físico pouco comum ao planeta Terra, mas a matéria presente na chama de uma fogueira está neste estado físico e pode ser usada como exemplo na explicação das características da matéria presente em uma estrela.

Desde as descobertas de Bethe, as taxas das variações das reações nucleares, juntamente com o conhecimento da estrutura estelar fez com que o cálculo da evolução estelar se tornasse bem desenvolvido, possibilitando aos astrônomos definir o ciclo evolutivo da vida das estrelas.

6.5 O CICLO EVOLUTIVO ESTELAR

A teoria mais aceita para a formação das estrelas, representada na Figura 13, acredita que no meio interestelar existem muitas nuvens rarefeitas de gás e poeira, as quais podem possuir temperaturas e massas variadas, originadas principalmente de remanescentes de supernovas. A nuvem torna-se um berçário de estrelas somente quando a força gravitacional originada de sua massa vencer a pressão do gás presente em seu centro, na razão representada pela equação de Jeans (11)

$$M_J \approx 3 \times 10^4 \sqrt{\frac{T^3}{n}} M_\odot \quad (11)$$

onde M_J é a massa limite de Jeans (para que ocorra formação estelar), T é a temperatura da nuvem, n é a densidade da matéria nela presente e M_\odot é a massa do Sol = $1,9887973 \cdot 10^{30}$ kg.

A equação (11) estipula que uma nuvem com massa na ordem de alguns milhares de M_\odot e diâmetro de aproximadamente 10 pc possui massa suficiente para iniciar o processo de formação estelar. Para que isso ocorra, basta uma onda de choque ou a passagem de um corpo celeste próximo a ela, e a nuvem começa a colapsar sob a ação da gravidade; continua contraindo-se e radiando energia até que a densidade de matéria, n , aumente muito, e M_J diminua, causando uma nucleação (fragmentação da nuvem em vários núcleos de matéria). Cada núcleo, a partir de sua massa, desenvolve-se independentemente dos demais. Os autores Oliveira Filho e Saraiva (2013, p.525) reforçam “que as estrelas se formem por fragmentação da nuvem colapsante, com os fragmentos tornando-se instáveis após o início do colapso da nuvem, e colapsando mais rápido do que a nuvem como um todo.”.

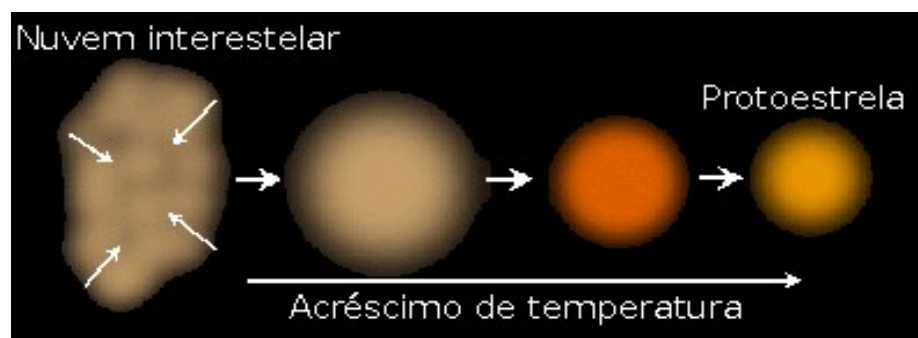


Figura 13 - Diagrama esquemático da formação de uma estrela.

Fonte: Disponível em <http://aether.lbl.gov/www/tour/elements/stellar/stellar_a.html>. Acesso em 21 maio 2015.

Nas regiões de concentração de massa os átomos são acelerados em direção ao centro da nuvem pela ação da gravidade. Os átomos aproximam-se mais uns dos outros aumentando a densidade e a frequência de colisões entre eles, além disso também é significativo o aumento da velocidade atômica, o que resulta em um aumento da temperatura. No início a nuvem colapsante é transparente e aproximadamente isotérmica (com temperatura homogênea, $T \approx 10\text{ K}$), porém durante o colapso a densidade central aumenta rapidamente, tornando-a opaca quando a densidade for cerca de $10^{-13}\text{ g.cm}^{-3}$, este aumento da densidade ocasiona aumento na temperatura e pressão, a nuvem torna-se uma protoestrela.

A composição da protoestrela é principalmente hidrogênio molecular, mas quando é atingida a temperatura de 1800 K o hidrogênio do núcleo, que estava na forma molecular, dissocia-se formando hidrogênio atômico. Essa dissociação causa um novo desequilíbrio na protoestrela, e ela colapsa novamente até que aproximadamente todo hidrogênio-2 esteja na forma atômica. A partir de então, o núcleo está em equilíbrio e as camadas mais externas continuam acrescentando massa a ele por meio da contração gravitacional, e este, conseqüentemente, aumenta sua temperatura. A contração das camadas externas da protoestrela apenas estaciona quando uma boa porção do gás no núcleo está ionizado, no estado físico de plasma. Quando isto ocorre, o transporte de energia térmica do núcleo às camadas externas da estrela é totalmente convectiva. Convecção é o processo de transporte de energia por meio do transporte de massa da região mais quente para a região mais fria, ocasionando um processo cíclico, como ocorre com a água durante a fervura.

A temperatura no centro da estrela vai aumentando gradativamente, a opacidade da estrela diminui e a energia térmica começa a ser transportada por radiação. Quando toda a estrela estiver radioativa, a sua temperatura central é tão alta a ponto de iniciar as reações nucleares, as quais acrescentam boa parcela de luminosidade à estrela. Esse fenômeno ocorre somente se ela possuir, neste momento, massa acima de $0,08 M_{\odot}$ sendo capaz de atingir a temperatura e pressão necessárias para iniciar a fusão de hidrogênio atômico em hélio-4 no seu núcleo. Com isso, ela entra na sequência principal de seu ciclo evolutivo, o transporte de energia nas estrelas da sequência principal depende da sua massa, o que pode ser visualizado de forma esquemática na Figura 14.

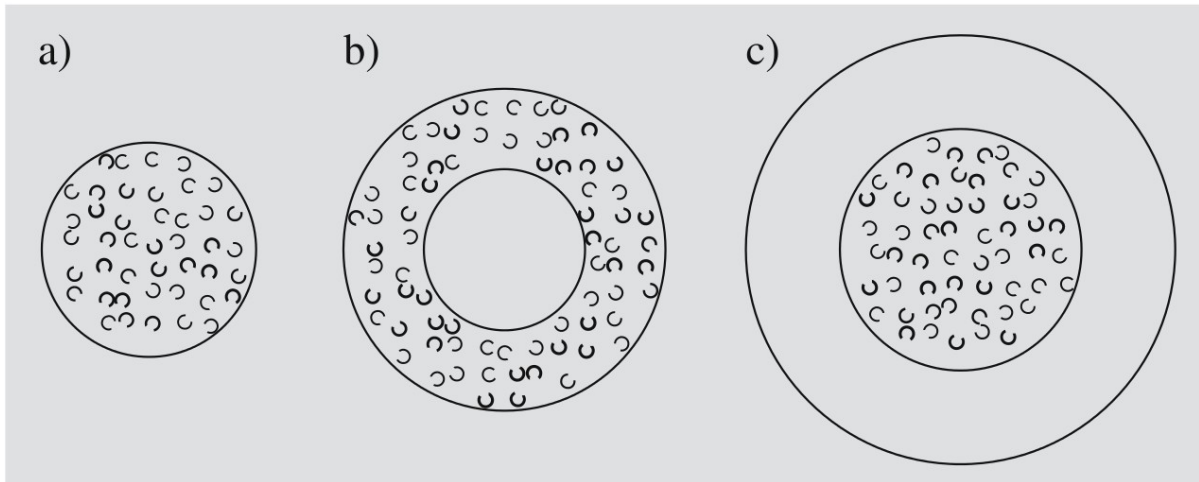


Figura 14 - Transporte de energia em estrelas de diferentes massas na sequência principal de seu ciclo evolutivo.

Fonte: KARTTUNEN, 2007.

Na Figura 14, (a) representa as estrelas com massa menor que $0,25 M_{\odot}$, as quais são totalmente convectivas; (b) representa as estrelas com massa entre $0,26$ e $1,5 M_{\odot}$ onde o núcleo é radioativo e as camadas externas são convectivas; e (c) mostra o transporte de energia nas estrelas com massa acima de $1,5 M_{\odot}$ onde o núcleo é convectivo e as camadas externas radioativas.

Não somente o transporte de energia, mas também a evolução da estrela dependem da sua massa inicial de gás. A duração, porém, depende da razão entre a energia disponível e a taxa com que ela é gasta, razão que é proporcional ao cubo da massa. Como explicitado por Oliveira Filho e Saraiva (2013),

O tempo de vida de uma estrela é a razão entre a energia que ela tem disponível e a taxa com que ela gasta esta energia, ou seja, sua luminosidade. Como a luminosidade da estrela é tanto maior quanto maior é sua massa ($L \propto M^3$), resulta que o tempo de vida é controlado pela massa da estrela: quanto mais massiva a estrela, mais rapidamente ela gasta sua energia, e menos tempo ela dura. (OLIVEIRA FILHO e SARAIVA, 2013, p. 259).

Os corpos que possuem massa abaixo de $0,08 M_{\odot}$ não possuem temperatura nuclear suficiente para iniciar a queima do hidrogênio, então eles evoluem para anãs marrons e anãs negras. Já as estrelas com massa entre $0,08$ e $0,45 M_{\odot}$ queimam o seu hidrogênio nuclear – por meio do ciclo próton-próton – consumindo o hidrogênio das camadas externas e expandindo-se, originando uma gigante vermelha. No entanto, elas não conseguem atingir pressão e temperatura suficientemente altas em seus núcleos para que se inicie a reação do

triplo-alfa para a queima do hélio-4. Assim sendo, essas estrelas gradualmente se resfriam tornando-se anãs brancas com núcleo de hélio, as quais continuam a resfriar-se até tornarem-se anãs marrons.

Estrelas com massa entre $0,45$ e $10 M_{\odot}$, categoria a qual pertence o nosso Sol, podem consumir seu hidrogênio por duas reações nucleares diferentes: o ciclo próton-próton para as estrelas com massas inferiores a $1,5 M_{\odot}$; e o ciclo CNO para as estrelas acima de $1,5 M_{\odot}$. As estrelas onde ocorre o ciclo CNO, porém, possuem núcleo convectivo e camadas externas radioativas. As estrelas que se utilizam de menor massa desta categoria, por sua vez, possuem núcleo radioativo e camadas externas convectivas (veja a Figura 14). Ao terminarem a queima do hidrogênio no núcleo, estas irão expandir-se, saindo da sequência principal para tornarem-se subgigantes (as quais queimam o hidrogênio das camadas externas) e posteriormente tornam-se gigantes vermelhas (queimando hélio-4). Porém, como a massa inicial de uma estrela desta categoria é maior, a pressão e temperatura no núcleo da gigante vermelha são suficientemente altas para que se inicie a reação nuclear do triplo α , transformando o hélio-4 em carbono-12. Durante esta reação a estrela aumenta ainda mais seu raio, tornando-se uma supergigante vermelha. Assim que o hélio do núcleo se esgota, ela torna-se instável e a atmosfera é ejetada em uma nebulosa planetária. Após ejetar muita massa, o que resta é o núcleo com massa na ordem de $0,6 M_{\odot}$, o qual pode ser chamado de anã branca com núcleo de carbono e oxigênio. Esta, por sua vez, irá apagar-se lentamente até tornar-se uma anã marrom.

Àquelas que possuem massa entre 10 e $25 M_{\odot}$, consomem seu hidrogênio e hélio muito rapidamente, expandindo e contraindo várias vezes até formarem uma gigante vermelha com núcleo de ferro. Durante este processo são sintetizados vários elementos mais pesados, além dos já citados estão o sódio, o magnésio, o silício e o enxofre. Quando o núcleo torna-se um caroço de ferro a estrela torna-se instável, explodindo em uma supernova e ejetando matéria para o espaço. A matéria nuclear remanescente da explosão torna-se uma estrela de nêutrons ou de quarks.

As estrelas que possuem massa entre 25 e $100 M_{\odot}$ queimam seu hidrogênio pela reação CNO tornando-se uma estrela de Wolf-Rayet. Segundo depoimentos de pesquisadores da NASA (2004), em endereço eletrônico, nesta fase a estrela, na tentativa de conter o colapso sob sua própria massa, realiza a fusão de elementos pesados em seu núcleo. As reações geram intenso calor e radiação, a estrela ejeta matéria das camadas externas por meio de um vento

estelar com velocidades entre $3,6 \times 10^9$ e 9×10^9 de km/h. A massa carregada por estes ventos pode comprimir nuvens interestelares próximas e desencadear um novo berçário de estrelas, então explode como uma supernova e forma um buraco negro em seu centro.

Essa classificação evolutiva das estrelas segundo suas massas iniciais possui fronteiras aproximadas, e passa por constantes mudanças. As mudanças decorrem das descobertas que ocorrem diariamente.

7 AS ESTRELAS E A INTERDISCIPLINARIEDADE

Ao estudar a natureza e o funcionamento de uma estrela, ao estudante são necessários conhecimentos de várias áreas da Ciência: Química, Física, Biologia, Geologia, entre outras. É possível, portanto, aos professores trabalharem em projetos interdisciplinares utilizando como tema geral as estrelas. Os PCNs do Ensino Fundamental afirmam que “A opção do professor em organizar os seus planos de ensino segundo temas de trabalho e problemas para investigação facilita o tratamento interdisciplinar das Ciências Naturais.”(BRASIL, 1998, p. 36).

Uma das metas do ensino de Física para alunos do Ensino Médio, constante nos PCN+ de Física, é “Adquirir uma compreensão cósmica do Universo, das teorias relativas ao seu surgimento e sua evolução, assim como do surgimento da vida, de forma a poder situar a Terra, a vida e o ser humano em suas dimensões” (BRASIL, 2015 p. 66). A teoria evolutiva do Universo tem um estreito vínculo com o estudo da evolução estelar, porém para que o estudante compreenda corretamente o ciclo evolutivo de uma estrela é necessário um estudo teórico sólido sobre a sua natureza e funcionamento.

Em um projeto que envolva as disciplinas de Física, Química, Geografia, Artes e Biologia, por exemplo, pode-se iniciar com o estudo dos átomos de hidrogênio e hélio pela Química. Contextualizando com a composição química das nuvens de gás e poeira existente no meio interestelar, as quais podem formar estrelas, suas características, assim como o estado físico em que estão os elementos químicos nas nuvens (gasoso), e nas estrelas (plasma).

A hidrostática e a termologia são estudados, pela física, no movimento de fluídos. Este conteúdo é geralmente estudado no 2º ano do Ensino Médio. O professor poderá, então, utilizar-se de vários exemplos cotidianos para explicar o transporte de energia do núcleo da estrela para sua superfície por convecção, ou radiação. A convecção é o fenômeno que ocorre dentro de uma geladeira e durante a fervura da água, sendo de fácil percepção pelos estudantes, onde o fluído com maior temperatura torna-se menos denso e se afasta da fonte de calor, dando lugar para o fluído de maior densidade e menor temperatura.

Ao término do período escolar é exigido dos estudantes, pela disciplina de Geografia, “Reconhecer e aplicar o uso das escalas cartográfica e geográfica, como formas de organizar e conhecer a localização, distribuição e frequência dos fenômenos naturais e humanos.” (BRASIL, 2000, p. 35). Esta competência poderá ser utilizada e aprimorada durante a leitura e

confeção de cartas celestes, onde é necessário o conhecimento de coordenadas geográficas da esfera celeste para descrever corretamente a localização de astros, ou conjuntos de astros celestes, no céu. Além disso, o GPS é uma aplicação muito útil destas coordenadas geográficas determinadas pelo ser humano para localizar-se no planeta. É possível, portanto, determinar a posição exata de um corpo celeste no céu, ou na Terra, escrevendo suas coordenadas geográficas. Com o estudo de cartas celestes é possível também desenvolver habilidades de localização geográfica (leste, oeste, norte, sul) utilizando as estrelas, atividade muito antiga ao ser humano e muito útil durante as grandes navegações.

Dentro da Geografia, a Geologia estuda a composição, estrutura e propriedades físicas do planeta Terra, mas também existem os estudos da composição dos astros celestes próximos ao nosso planeta, como por exemplo a Lua. Este estudo é realizado por meio da análise de fragmentos rochosos que, provenientes do espaço, caem na Terra. Esses fragmentos quando estão viajando pelo espaço são chamados de meteoroides; se entram em combustão na atmosfera terrestre, tornam-se meteoros e; quando estão no solo são chamados de meteoritos. Dentre os três nomes dados ao fragmento rochoso extraterrestre, o mais confuso é o meteoro, chamado comumente de “estrela cadente”. A conceituação de meteoro é de extrema importância ao estudo das estrelas pelos estudantes, uma vez que estrelas não “caem” na Terra e nem “correm” rapidamente pelo céu noturno.

A disciplina de Artes poderia fazer parte deste projeto didático com a confecção de materiais ilustrativos destes astros celestes. Podem ser maquetes e desenhos em três dimensões de constelações com suas principais estrelas, o estudo de técnicas de pintura na tentativa de reproduzir a dinâmica da fotosfera solar, ou ainda, a abordagem histórica da arte buscando quadros que em sua composição contenham estrelas. É importante ressaltar que as estrelas não devem ser representadas com pontas, e sim como esferas. Elas aparentam possuir pontas e piscar, devido à luz atravessar a atmosfera terrestre e por ela sofrer desvios e espalhamentos.

A Biologia, por sua vez, poderá utilizar-se dos conceitos das outras disciplinas e estudar o ciclo de energia na cadeia alimentar dos seres vivos na Terra. E assim que os estudantes perceberem a importância da nossa estrela (Sol) para a vida na Terra, poderão ser abordados conteúdos atuais sobre vida extraterrestre, ou seja, serão necessárias outras estrelas para que haja fonte de energia para a vida em planetas que as circundam.

Estes foram apenas alguns exemplos de aplicações do conteúdo de Astrofísica Estelar

no currículo da escola básica na forma de projetos interdisciplinares, tendo por objetivo despertar ideias de abordagens interdisciplinares entre os leitores do trabalho.

8 METODOLOGIA

Durante o desenvolvimento deste trabalho, inúmeras foram as pesquisas realizadas antes de definir a teoria de aprendizagem a qual se basearia. Assim que a aprendizagem significativa fora escolhida como mais conveniente ao trabalho, optou-se pela divisão do trabalho em duas etapas distintas: a pesquisa bibliográfica juntamente com o estudo dos problemas relacionados ao ensino de Astronomia Estelar nas escolas de educação básica; e a etapa de elaboração de materiais didáticos que buscam facilitar a abordagem de tal tema nas salas de aula da educação básica.

A primeira etapa consistiu em encontrar no meio científico trabalhos relacionados com o problema apresentado, para que se fizesse a leitura destes textos acompanhada da sistematização das ideias do autor. Após a leitura destes trabalhos foram identificadas as várias concepções prévias, das quais muitas são errôneas, de estudantes e professores de escolas do ensino básico. Com base nos problemas conceituais encontrados nos atores da educação básica, durante a pesquisa bibliográfica, elaborou-se algumas propostas de materiais didáticos. Os quais buscam oferecer suporte ao professor durante o ensino de conceitos da Ciência Estelar, superando assim as deficiências no ensino e aprendizagem deste conteúdo.

Os materiais foram elaborados de forma teórica, num primeiro momento, buscando atender aos critérios do ensino lúdico e contextualizado. Com o interesse de despertar a curiosidade dos estudantes por meio de atividades desafiadoras e interessantes, as quais posicionam o professor como mediador do conhecimento e o aluno como pesquisador responsável pela construção de seu próprio conhecimento, como dita a aprendizagem significativa.

Após a elaboração teórica dos materiais, fora construído um protótipo de cada modelo. Essa atividade foi muito importante, uma vez que foram constatadas dificuldades de execução dos materiais. Estas dificuldades foram superadas e permitiram uma visão ampla de como o material funciona, bem como de suas limitações conceituais e de logística.

9 A PROPOSTA DE MATERIAIS DIDÁTICOS

Aqui serão apresentados detalhadamente os materiais didáticos elaborados no presente trabalho, os quais tem como objetivo facilitar o ensino dos conceitos relacionados às estrelas nas salas de aula, a partir dos professores interessados em significar os conteúdos aos seus alunos.

9.1 LOCALIZAÇÃO E CLASSIFICAÇÃO DE ESTRELAS NO DIAGRAMA HR

Como material de apoio ao professor para orientar o processo de ensino-aprendizagem sobre estrelas, é proposta a utilização do diagrama HR em sala de aula. Este diagrama tem a função de classificar as estrelas segundo suas propriedades principais: luminosidade, magnitude absoluta, cor, temperatura e classificação espectral. O diagrama permite a obtenção de informações para qualquer estrela desde que se tenha ao menos duas informações sobre ela. A atividade pode ser vista como um material de estudo e apoio ao professor durante sua explanação a respeito das propriedades das estrelas; ou ainda pode ser utilizado como uma atividade em grupo, com a turma, onde os estudantes devem localizar as estrelas no diagrama HR.

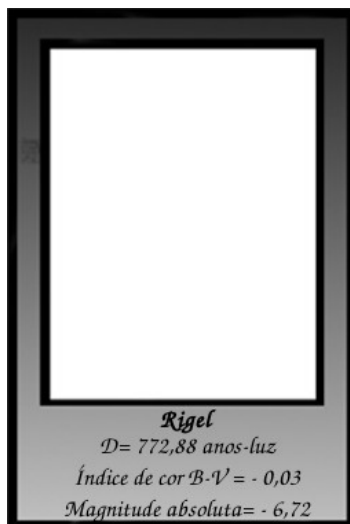


Figura 15 - Exemplo de carta.
Fonte: Elaborada pela autora.

Para a utilização desta proposta, é necessária a impressão de apenas uma unidade do diagrama da Figura 16. As estrelas podem ser representadas por imagens de estrelas retiradas da internet e impressas, ou por nomes das estrelas confeccionados pelo próprio professor. Durante a explicação da classificação estelar, o professor poderá posicionar os nomes no diagrama, relacionando duas propriedades, uma em X e outra em Y, para obter as demais.

Para a atividade em grupo será necessária a impressão da imagem da Figura 16 no tamanho e quantidades desejadas. Para obter melhores resultados, a impressão pode ser feita no tamanho A3 e em número suficiente para que cada grupo de 4 alunos possua uma imagem. Em seguida, o professor deve imprimir as cartelas do apêndice B e dividir igualmente entre os estudantes; um exemplo é apresentado na Figura 15 e outros

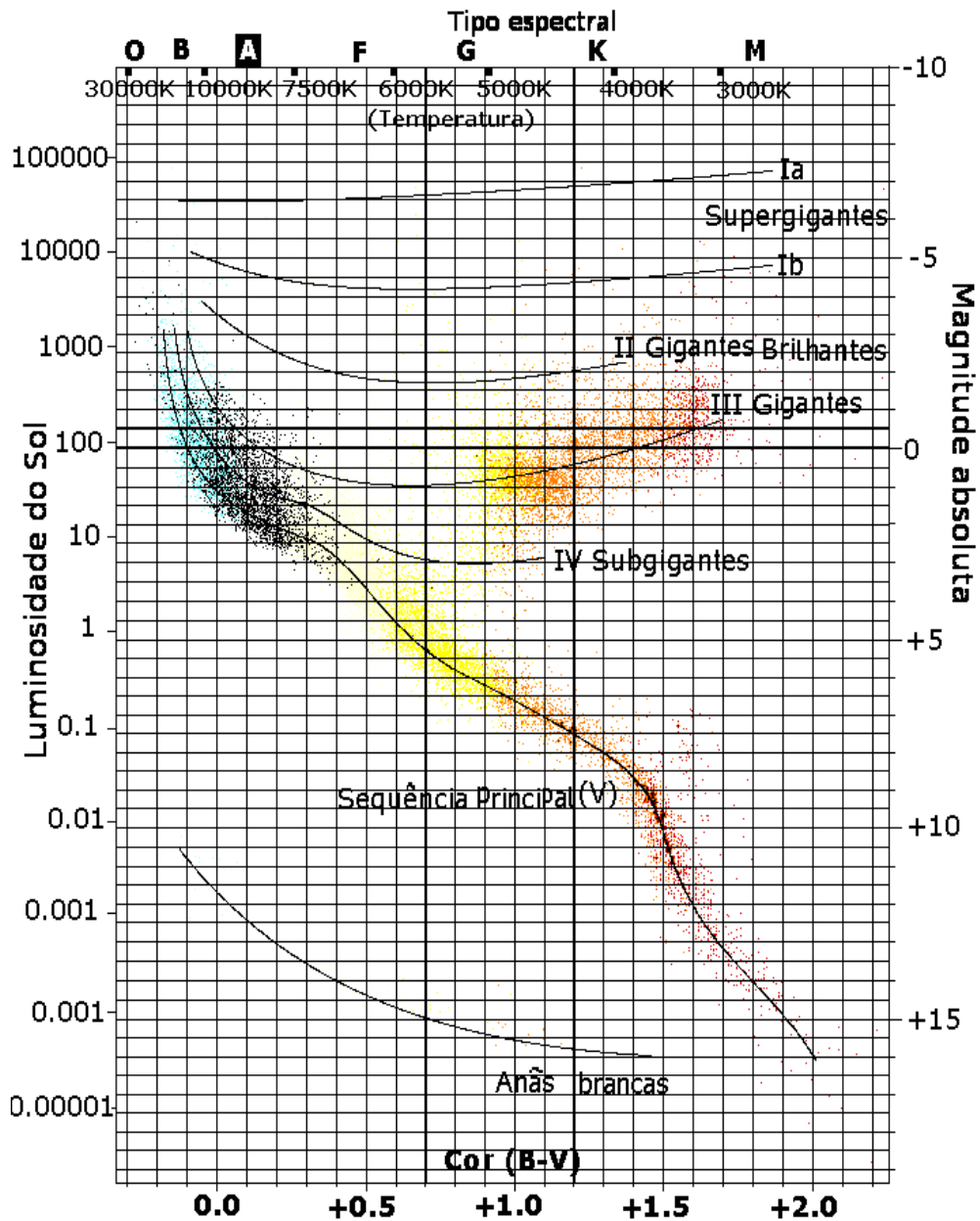


Figura 16 - Diagrama HR a ser utilizado na atividade.

Fonte: Adaptado de <http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/7/78/H-R_diagram_-_edited-3.gif>.

Acesso em 29 março 2015.

Nota: Os pontos pretos presentes na sequência principal representam as estrelas de coloração branca.

podem ser consultados no apêndice B, sendo que estas possuem o nome da estrela, índice de cor B -V, a magnitude absoluta da estrela, a distância delas à Terra e um espaço destinado para o estudante desenhar a estrela. As informações de índice de cor B-V e magnitude absoluta da estrela são suficientes para a localização da estrela no diagrama HR.

A informação da distância da estrela ao planeta Terra é útil na realização da atividade sugerida em seguida. O nome e o desenho buscam complementar as características de cada

estrela, de modo a deixar mais visível cada estrela estudada. Para que o desenho seja coerente com o conhecimento científico, o estudante precisa retirar do diagrama HR as informações de cor e classificação de tamanho (gigante, supergigante, etc), bem como deve ter noção de que as estrelas são esféricas e não possuem raios.

Assim que cada estudante, ou grupo de estudantes, terminar sua pesquisa no diagrama HR e representar devidamente as estrelas nas cartelas, pode-se então introduzir/revisar as constelações a que cada uma das estrelas presentes nas cartelas pertence. Para um estudo mais detalhado de constelações é sugerida a atividade de fabricação de uma constelação em escala de distância entre as suas principais estrelas e o planeta Terra. Como material de apoio ao professor durante estas atividades é sugerido que se utilize do software livre chamado Stellarium para auxiliar nas informações a respeito das constelações.

9.2 CONSTRUÇÃO DE CONSTELAÇÕES EM TRÊS DIMENSÕES

Esta atividade, baseada em uma atividade proposta na Feira de Inovação das Ciências e Engenharias – FICIÊNCIAS de 2014 por Nedel (2014), tem por objetivo mostrar que as estrelas que compõem uma constelação, ao contrário do que aparentam, não estão a uma mesma distância da Terra. Algumas delas estão mais próximas e outras estão mais distantes, porém aos olhos do observador terrestre elas parecem estar em um mesmo plano bidimensional.

A atividade necessita de alguns materiais simples, os quais foram relacionados abaixo:

- Esferas de isopor, as quais representarão cada uma das estrelas; as quais podem ser pintadas nas cores de cada estrela;
- Palitos de churrasco e palitos de dente, os quais darão suporte às estrelas, e serão cortados nos tamanhos mostrados na Tabela 4;
- Uma base sólida (madeira, isopor, ou outro material) para dar sustentação aos palitos e ao mesmo tempo servir de base para a colagem das cartelas do material anterior;
- Um componente adesivo para fixar os palitos na base, caso seja necessário;

Tabela 4 - Distância, em escala, das estrelas (utilizadas na atividade) ao planeta Terra.

Estrela	Tamanho do palito	Estrela	Tamanho do palito
Girtab	3,1 cm	ζ Lyr	1,71 cm

Acrab	5,93 cm	δ2 Lyr	10,0 cm
Dschubba	4,5 cm	Vega	0,3 cm
Lesath	5,8 cm	Propus	3,9 cm
Shaula	7,86 cm	Tejat	2,6 cm
Antares	6,75 cm	Wasat	0,65 cm
π Sco	5,14 cm	Alhena	1,7 cm
ε Cru	2,55 cm	Mebstuta	10,1 cm
δ Cru	4,1 cm	Póllux	0,38 cm
Gacrux	0,98 cm	Castor	0,58 cm
Acrux	3,58 cm	Alnilam	15,0 cm
Mimosa	3,94 cm	Mintaka	10,3 cm
Canopus	3,5 cm	Saiph	8,1 cm
Miaplacidus	1,24 cm	Alnitak	9,14 cm
Aspidiske	7,1 cm	Bellatrix	2,7 cm
Avior	7,74 cm	Rigel	8,65 cm
Sulafat	7,1 cm	Betelgeuse	4,78 cm
Sheliak	9,85 cm		

Fonte: Elaborada pela autora. Nota: A escala utilizada foi: 1 cm = 89,48 anos-luz.

As cartelas contendo os desenhos e as informações das estrelas propostas pela atividade anterior podem ser utilizadas também nesta atividade. Para uma melhor visualização da proposta de trabalho, é apresentado como exemplo a construção final da constelação do Cruzeiro do Sul (Figura 17). Percebemos que ao olhar em uma das faces da base o estudante verá as estrelas num plano (semelhante ao que ocorre no céu

noturno), e ao olhar na outra face eles verão com real profundidade que elas estão dispostas no espaço. Conforme mencionado anteriormente, as esferas de isopor poderão ser pintadas na cor da estrela, complementando a aprendizagem sobre a temperatura e sua relação com as cores.

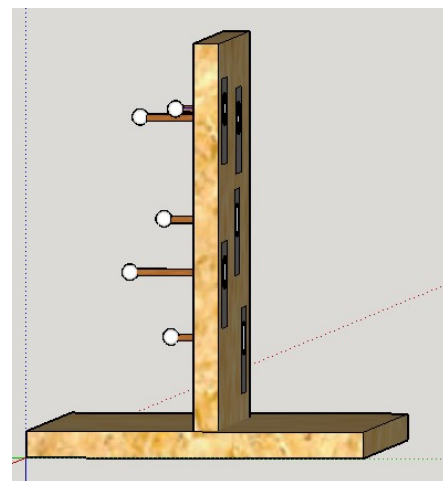


Figura 17 - Representação da constelação do Cruzeiro do Sul por meio da atividade sugerida.

Fonte: Elaborado pela autora.

9.3 O JOGO DE TABULEIRO RPG ESTELAR

Este material tem como objetivo a participação direta dos estudantes na aprendizagem sobre as estrelas, instigando a curiosidade sobre o ciclo de vida estelar a partir de um jogo de RPG. Foi baseado na metodologia do clássico jogo de RPG de mesa, porém adaptado para contemplar ao máximo os conceitos estelares aceitos pelo meio científico.

Para a montagem do tabuleiro (Figura 18) do jogo fora utilizado uma imagem de tamanho A3 disponibilizada pela NASA em seu sítio eletrônico, a qual representa de forma esquemática o ciclo de vida das estrelas do tipo solares e das estrelas com massa maior que 8 massas solares. Esta imagem foi editada com o objetivo de traduzir as informações do inglês para o português, e então utilizada como plano de fundo para a sobreposição de uma grade quadriculada com coordenadas nas laterais do tabuleiro. O conjunto foi redimensionado para o tamanho de pôster (A0), e estava pronto o tabuleiro do jogo.

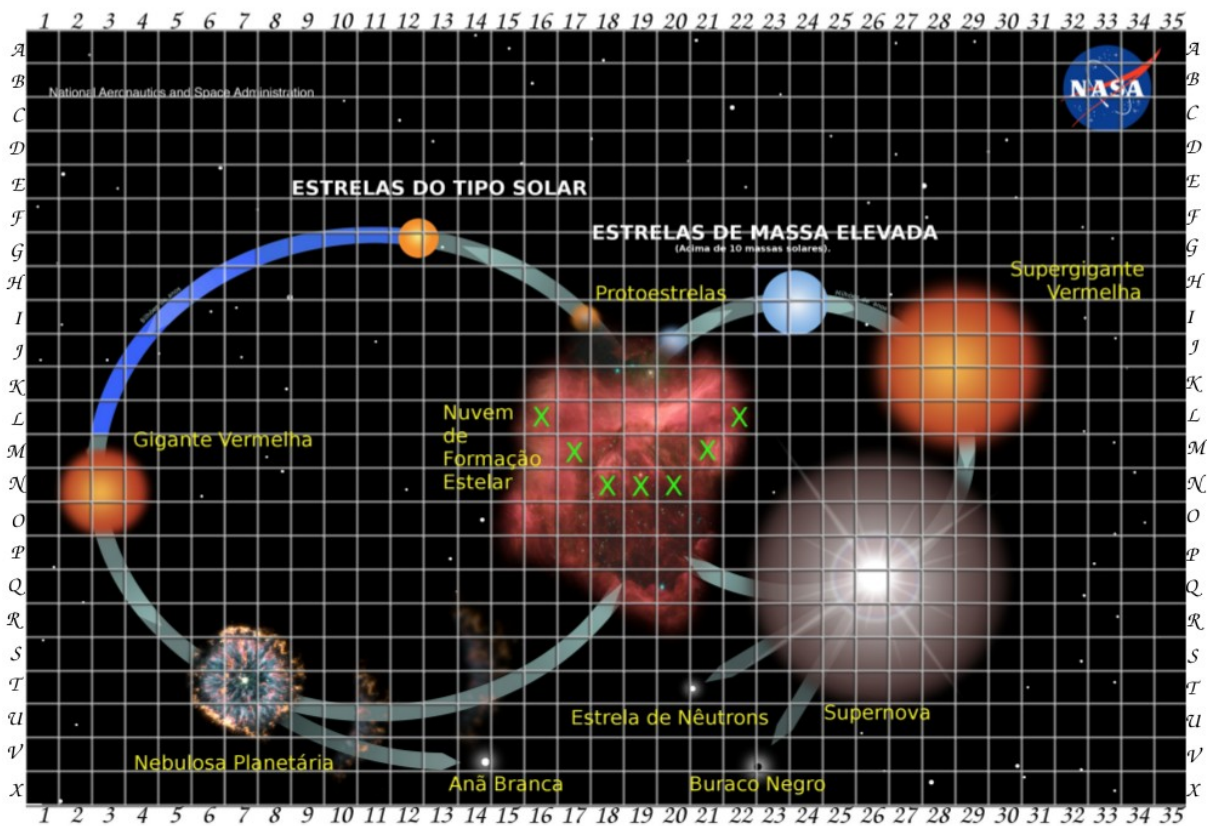


Figura 18 - Tabuleiro do jogo RPG estelar.

Fonte: Adaptado da imagem disponível no endereço eletrônico
<http://nightsky.jpl.nasa.gov/download-view.cfm?Doc_ID=393>. Acesso em 30 maio 2015.

As estrelas personagens, as regras e outros objetos que compõem o jogo estão descritos detalhadamente no manual do jogo (Apêndice A), porém pode-se destacar que foram escolhidas 7 estrelas diferentes como personagens principais. Para cada uma destas estrelas foi designado uma nave auxiliar, a qual deverá vagar pelo tabuleiro em busca de hidrogênio e hélio. Estes elementos químicos servirão de combustível estelar, e deverão impelir as estrelas nos seus ciclos de vida de acordo com as regras pré estabelecidas. Essa dinâmica foi adotada para que os estudantes lembrem-se sempre que os principais elementos químicos presentes nos núcleos destes astros celestes são o hidrogênio e o hélio. Outro conceito introduzido é que um átomo de hélio-4 pode ser trocado por 4 unidades de hidrogênio, esta regra remete à reação de fusão nuclear do ciclo próton-próton que consome 4 prótons na formação de um átomo de hélio-4.

A atividade ainda reserva desafios extras, como as cartas desafio (contendo perguntas relacionadas ao assunto), a concessão de buracos negros (os quais atrapalham a trajetória das naves pelo tabuleiro) e a escolha da trajetória correta pela estrela no seu diagrama evolutivo. Uma vez que a trajetória errada é escolhida pelo jogador, ele deve corrigi-lo. Porém para que a escolha ocorra corretamente é necessário ao estudante o conhecimento da massa da estrela, informação que pode ser obtida pela leitura do texto ao final do manual.

Os personagens, as regras, o manual e os demais objetos foram construídos pela autora, com a ajuda do programa livre de edição de imagem GIMP. Abaixo segue a relação dos componentes do jogo, onde as imagens e explicações detalhadas de cada um deles constam no manual do apêndice A. Este jogo foi projetado para ser desenvolvido por até 7 jogadores, ou duplas de jogadores. Materiais necessários para o desenvolvimento do RPG (Vide Apêndice C):

- Tabuleiro (tamanho A0);
- 20 cartas desafio;
- 7 foguetes de cores diferentes e 7 dados personagens estelares (um para cada estrela);
- 7 cartas personagem e 7 cartões escudo (uma unidade para cada estrela);
- 1 dado do desafio e 3 dados de deslocamento;
- 105 cartões de H;
- 105 cartões de He;
- 50 cartões de buracos negros;
- 10 cartões de nitro 2X e 10 3X.

10 DISCUSSÃO E RESULTADOS ESPERADOS

Os problemas de ensino-aprendizagem sobre as estrelas foram levantados a partir de uma revisão bibliográfica da literatura. A ideia inicial para realizar este levantamento era a aplicação de questionários nas escolas, mas em virtude da greve dos professores da rede estadual de educação do Paraná em 2015, a metodologia precisou ser modificada. Foi detectado, nesse levantamento bibliográfico, que os estudantes permanecem com as definições primárias sobre as estrelas ensinadas nos anos iniciais da educação fundamental, portanto bastante infantis. Isto mostra a importância deste trabalho, que traz uma alternativa de ensino sobre as estrelas, com uma significação mais adequada para a faixa etária dos anos finais da educação básica.

Uma breve revisão bibliográfica sobre os principais conceitos sobre as estrelas foi elaborada, com o intuito de auxiliar os professores interessados em atualizar a sua forma de ensinar sobre as estrelas e fundamentar as três propostas didáticas elaboradas como opções de ensino.

Durante a construção e testes realizados com os materiais didáticos acima propostos, mostraram-se condizentes com a proposta apresentada. Algumas dificuldades precisaram ser superadas neste processo, dentre as quais estão a escolha das estrelas para compor o jogo, a edição das imagens utilizadas para que se tornassem mais claras e objetivas, dentre outros. Com os materiais finalizados é sugerido aos professores que desenvolvam as atividades propostas com seus alunos e, com isso, espera-se que seja despertado nos estudantes o gosto pelo estudo da Astronomia e das ciências no geral. Além disso, espera-se que as definições errôneas porém muito comuns sobre a natureza das estrelas sejam corrigidas durante a prática educativa.

Ao analisar os conteúdos que podem ser trabalhados a partir das propostas didáticas deste trabalho percebe-se que existem algumas limitações. O material permite a construção de constelações em escala de distância ao planeta Terra, mas não leva em consideração a proporcionalidade entre os diâmetros estelares. As estrelas com massa muito menor que o Sol não são contempladas no ciclo evolutivo do RPG estelar, por outro lado a ludicidade do jogo RPG instigará os estudantes a descobrirem mais informações sobre seus “personagens” para que obtenham vantagens no jogo. A construção das constelações em três dimensões permite que os estudantes às reconheçam no céu noturno, assim sendo, motiva-os para a observação

constante do céu. Além disso, a oportunidade de desenhar uma estrela desconstrói muitas concepções errôneas que estão muito bem inseridas no contexto escolar, como por exemplo os raios do Sol, estrelas com pontas, etc.

Como um dos focos da Educação Básica é a interdisciplinaridade, o trabalho traz também algumas ideias que inter-relacionam o ensino sobre estrelas com outras áreas do conhecimento.

Espera-se que os materiais didáticos propostos neste trabalho de conclusão de curso realmente auxiliem os professores e estudantes da Educação Básica, principalmente os professores de Ciências, para que o ensino sobre as estrelas seja transmitido de uma forma dinâmica, lúdica, atualizada e mais interessante.

REFERÊNCIAS

AFONSO, Germano Bruno. **Astronomia Indígena**. Anais da 61ª Reunião Anual da SBPC - Manaus, AM – Julho/2009.

AROCA, Sílvia Calbo. SILVA, Cibelle C. Ensino de astronomia em um espaço não formal: observação do Sol e de manchas solares. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v.33, n. 1, 2011, p.1402 à 1042-11.

BRASIL, Secretaria de Educação Fundamental. **Parâmetros curriculares nacionais, ciências naturais, terceiro e quarto ciclo do ensino fundamental**. Ministério da Educação. Brasília: MEC/SEF, 1998.138 p.

BRASIL, Secretaria de Educação Média e Tecnológica. **Parâmetros curriculares nacionais, ensino médio**. 2000. Disponível em: <<http://portal.mec.gov.br/seb/arquivos/pdf/cienciah.pdf>>. Acesso: em 03 maio 2015.

BRASIL, Secretaria de educação básica. **Parâmetros curriculares nacionais +, ensino médio (PCN+)**. Disponível em: <<http://portal.mec.gov.br/seb/arquivos/pdf/CienciasNatureza.pdf>>. Acesso em: 03 maio 2015.

BISCH, Sérgio Marcarello. **Astronomia no Ensino Fundamental: natureza e conteúdo do conhecimento de estudantes e professores**. São Paulo, 1998. 310 f. Tese (Doutorado em Educação) – Faculdade de Educação, Universidade de São Paulo - USP, 1998.

CLÁVIA, Ariana França. **Conhecendo as constelações**. Universidade Federal de Minas Gerais, UFMG. Observatório astronômico Frei Rosário. Caeté-MG. 2010. Disponível em <<http://www.observatorio.ufmg.br/dicas13.htm>>. Acesso: em 03 abr 2015.

DEUS, Mariana Ferreira. **As contações de histórias problematizadoras no ensino de astronomia no 2º ano do ensino fundamental: entrelaçando fantasia e conhecimentos**. 2013.137 f. Dissertação (Mestrado em Educação) – Universidade Federal de Uberlândia – UFU, Uberlândia, 2013.

DIONÍSIO, Paulo Henrique. DIONÍSIO, Guilherme. Já lhe perguntaram ...por que não existem estrelas verdes? **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**. v. 24, n.1, p.50-53, 2007.

FROÉS, André L.D. Astronomia, astrofísica e cosmologia para o Ensino Médio. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v.36, n. 3, 2014, p.3504 à 3504-14.

HORVATH, J.E. Uma proposta para o ensino de astronomia e astrofísica estelares no ensino médio. **Revista brasileira de ensino de física**, v.5, n.4, 2013, p. 4501-1 à 4501-8.

IACHEL, Gustavo. O conhecimento prévio de alunos do ensino médio sobre as estrelas. **Revista Latino-Americana de Educação em Astronomia - RELEA**. Ano 1, n.12, p.7-29, 2011.

INTERNATIONAL ASTRONOMICAL UNION (IAU). **IAU and 88 constelations.** Disponível em: <<http://www.iau.org/public/themes/constellations/>>. Acesso em: 03 abr 2015.

KARTTUNEN, Hannu et al. **Fundamental Astronomy.** Nova Iorque: Springer; Berlin Heidelberg. 5.ed. 2007.

LANGHI, Rodolfo. **Astronomia nos anos iniciais do ensino fundamental:** repensando a formação de professores. 2009. 372 f. Tese (Doutorado) - Curso de Pós Graduação em Educação para a Ciência, Faculdade de Ciências, Universidade Estadual Paulista - UNESP, Bauru, 2009.

LEITE, Cristina. **Os professores de ciências e suas formas de pensar a astronomia.** 2002. 160 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Pós Graduação em Ensino de Ciências, Instituto de Física e Faculdade de Educação, Universidade de São Paulo - USP, São Paulo, 2002.

MACHADO, Daniel Iria. SANTOS, Carlos dos. O entendimento de conceitos de astronomia por alunos da educação básica: o caso de uma escola pública brasileira. **Revista Latino-Americana de Educação em Astronomia - RELEA.** São Carlos, n.11, p.7-29, 2011. Disponível em: <<http://www.relea.ufscar.br/index.php/relea/article/view/153>>. Acesso em: 29 maio 2015.

MOREIRA, M.A; CABALLERO, M.C; RODRIGUEZ, M.L (orgs) (1997). Aprendizagem significativa: um conceito subjacente. In _____. **Actas del Encuentro Internacinal sobre el Aprendizaje Significativo.** Bugos, España. p.19-44.

NASA, Goddard Space Flight Center. **Big old star don't die alone.** 2004. Disponível em: <<http://www.nasa.gov/centers/goddard/news/topstory/2004/0105wrstar.html>>. Acesso em: 20 maio 2015.

NEDEL, Alessandra L. et al. **Concepções alternativas e proposta de construção de um modelo didático sobre as constelações estelares.** Foz do Iguaçu: FICIÊNCIAS, 2014. Disponível em: <<http://www.ficiencias.org/sites/default/files/Trabalhos%20Ci%C3%Aancias%20Exatas%20e%20da%20Terra.pdf>>. Acesso em: 29 maio 2015.

OLIVEIRA FILHO, Kepler de Souza. SARAIVA, Maria de F.O. **Astronomia e Astrofísica.** 3ed. São Paulo: Editora livraria da física, 2013.

PÁRANÁ, Secretaria de Estado da Educação do Paraná. **Diretrizes curriculares da educação básica de ciências.** Curitiba: SEED, 2008.

REES, Martin. **Enciclopédia ilustrada do universo:** o reino das galáxias. São Paulo: Duetto Editorial, 2008. 5 v. Tradução de: Monica G. F. Friaça. Título original: Universe.

SCARINCI, Anne Louis. PACCA, Jesuína Lopes de Almeida. Um curso de astronomia e as pré-concepções dos alunos. **Revista Brasileira de Ensino de Física,** São Paulo, v.28, n.1, p.89 – 99, 2006. Disponível em: <<http://www.sbfisica.org.br/rbef/ojs/index.php/rbef>>. Acesso em: 29 maio 2015.

SOCIEDADE ASTRONÔMICA BRASILEIRA – SAB. **Olimpíada Brasileira de Astronomia e Astronáutica – OBA**. Disponível em: <<http://www.oba.org.br/site/?p=conteudo&idcat=9&pag=conteudo>>. Acesso em: 24 maio 2015.

SOLER, Daniel Rutkowki. **Astronomia no currículo do estado de São Paulo e nos PCNs: um olhar para o tema observação do céu**. 2012. 201 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Pós Graduação em Ensino de Ciências, Instituto de Física, Instituto de Química, Instituto de Biociências e Faculdade de Educação, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2012.

TEEMING, Maria. Sky and Telescope. **What is a star?** 2014. Disponível em: <<http://www.skyandtelescope.com/astronomy-resources/what-is-a-star/>>. Acesso em: 20 mar de 2015.

APÊNDICE A – Manual do jogo RPG de mesa das estrelas.

Manual do jogo

Este jogo proporciona a oportunidade de você conhecer um pouco mais sobre as estrelas que decoram o nosso céu noturno. Para isso é necessário que, ao jogar, você embarque em um foguete e saia do planeta Terra. Já no espaço interestelar, você deve verificar qual estrela você irá conhecer. Cada jogador poderá escolher o destino estelar de suas naves. Assim que a escolha da estrela for efetuada, as naves devem auxiliar a estrela em sua caminhada na evolução estelar. Sua nave tem a missão de coletar hidrogênio e hélio no espaço para que a sua estrela possa queimar este combustível e seguir sua vida. Portanto para a estrela continuar sua evolução, as naves devem se esforçar para conseguir o máximo de hidrogênio e de hélio durante a rodada de coleta.

Tem por objetivo que a estrela personagem chegue ao seu destino final de estrela. Caso os jogadores não conheçam este destino, eles devem ler o texto em anexo em busca de respostas. Sabendo das regras, podemos embarcar em nossas naves e seguir rumo as estrelas...

Número de jogadores: de 2 a 7 jogadores ou times.

Materiais necessários:

- Tabuleiro (tamanho A0);
- 7 foguetes de cores diferentes e 7 dados personagens estelares (um para cada estrela);
- 7 cartas personagem e 7 cartões escudo (uma unidade para cada estrela);
- 1 dado do desafio;
- 3 dados de deslocamento;
- 105 cartões de H;
- 105 cartões de He;
- 50 cartões de buracos negros;
- 10 cartões de nitro 2X;
- 10 cartões de nitro 3X;
- 7 cartões escudo (um para cada nave);
- 20 cartas desafio;

DESCRIÇÃO DAS PEÇAS DO JOGO

Dados personagens:

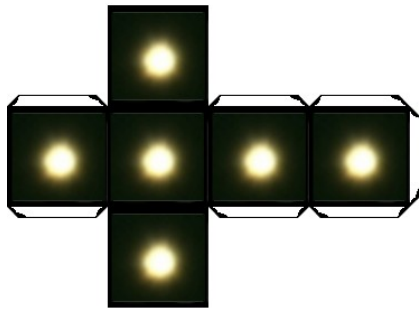


Ilustração 1 - Exemplo de dado personagem planejado.
Fonte: Elaborada pela autora.

As personagens são sete estrelas escolhidas de acordo com sua coloração e massa. Elas são representadas por um dado (Ilustração 1) e deverão se movimentar sobre o tabuleiro, somente nas direções vertical ou horizontal, e sobre as casas que pertencem ao diagrama da evolução estelar (Ilustração 2) que está impresso no tabuleiro.

Mas a personagem só pode se movimentar se ela possuir combustível para isso. Cada hidrogênio ou hélio dá

direito para a estrela se movimentar duas casas no diagrama.

As personagens só podem se movimentar na rodada de consumo, a qual sucede a rodada de coleta. O combustível a ser utilizado (hidrogênio ou hélio) deve ser coletado pela nave auxiliar durante a rodada de coleta, anteriormente à rodada de consumo.

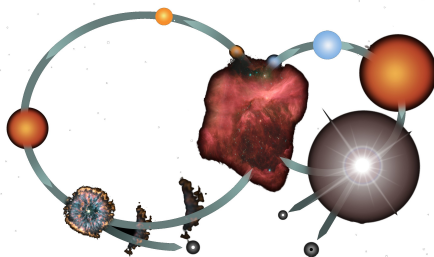


Ilustração 2 - Diagrama evolutivo impresso no tabuleiro.

Fonte: Adaptado da imagem disponível no endereço eletrônico
<http://nightsky.jpl.nasa.gov/download-view.cfm?Doc_ID=393>. Acesso em 30 maio 2015.

II

Uma estrela evolui de acordo com sua massa inicial, portanto o jogador deve ler o texto sobre estrelas, contido neste manual, e descobrir, com a ajuda da carta personagem, qual é o caminho correto que sua estrela deve percorrer no diagrama durante o jogo. Mas tome cuidado, pois o diagrama possui regiões com regras específicas (casas I 23, I 24, H 23, H 24, G 13 ou F 13) para o uso de cada tipo de combustível (ver item combustível das

estrelas).

Caso uma estrela esteja bloqueando o caminho de outra a segunda poderá saltar sobre ela, contando a casa normalmente, e seguir caminho. Desde que a segunda estrela possua combustível suficiente para saltar a primeira. Caso isso não ocorra, a segunda estrela deve manter-se atrás da primeira estrela. Porém duas estrelas não podem ocupar a mesma casa.



Ilustração 3 - Carta personagem.
 Fonte: Elaborada pela autora.



Ilustração 4 - Cartão escudo.
 Fonte: Elaborado pela autora.

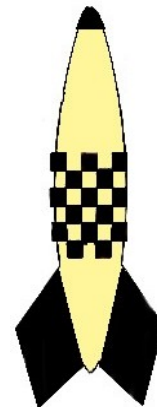


Ilustração 5 - Exemplo de foguete auxiliar.
 Fonte: Elaborado pela autora.

Cartas personagem:

As cartas representadas pela Ilustração 3 caracterizam as estrelas personagens representadas pelos dados das personagens. Cada carta fornece algumas informações importantes sobre sua personagem, como por exemplo massa e temperatura. Os jogadores podem escolher suas estrelas por sorteio destas cartas, antes de iniciar o jogo.

Cartão Escudo:

Após o sorteio da carta personagem, cada jogador deve receber a nave auxiliar (Ilustração 5) correspondente à cor de sua estrela e um cartão escudo (Ilustração 4). O cartão escudo será usado para defesa do foguete auxiliar do ataque de um adversário.

Porém ao utilizá-lo o jogador deve entregá-lo ao adversário que esta atacando e ficará sem até atacar um adversário e receber outro cartão dele. Se o foguete atacado não possuir escudo o foguete atacante poderá roubar 1 unidade de combustível dele (ver sessão foguete auxiliar). Lembre-se que o foguete não poderá atacar o mesmo adversário na mesma rodada, somente na rodada seguinte.

O foguete auxiliar:

Partirá de um ponto qualquer do tabuleiro, escolhido pelo jogador no início do jogo. Uma vez colocado no tabuleiro, o foguete (Ilustração 5) só poderá mover-se utilizando a pontuação vinda da soma dos valores obtidos nos dados de deslocamento. Além disso, os

foguetes podem deslocar-se somente na direção vertical ou na direção horizontal, e o número de casas que desejar, desde que não ultrapasse o valor da soma dos dados.

Quando uma nave ocupar a mesma casa que outra (está atacando a outra) é possível proceder de duas maneiras distintas, as quais são: a nave atacada defende-se concedendo seu cartão escudo ao jogador que está lhe atacando. Ou caso a nave atacada não possua mais seu cartão escudo, então ela deve entregar um cartão de combustível (1 hélio ou 4 hidrogênios) ao colega. Ao receber o cartão escudo, ou cartão combustível, a nave atacante poderá continuar seu caminho, caso os pontos do dado lhe permitam. Por exemplo: a nave de “Rigel” ataca a nave de “Vega”, Vega não possui escudo então deve dar um combustível (1 hélio ou 4 hidrogênios) para “Rigel”. “Vega” irá entregar o tipo de combustível que possui em sua posse, mas se ela tem os dois tipos “Rigel” poderá escolher entre 1 hélio ou 4 hidrogênios. Se “Rigel” ainda possui pontos vindos do dado de deslocamento ela pode continuar seu caminho e buscar mais vantagens no jogo.

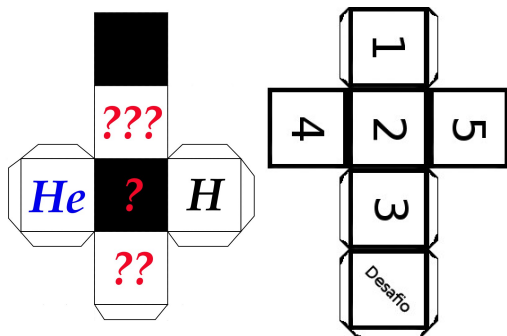


Ilustração 6 - Planificação dos dados de desafio e deslocamento.

Fonte: Elaborados pela autora.

Cada combustível coletado pela nave, na rodada de coleta, deve ser imediatamente utilizado pela estrela, na rodada de consumo. Após consumido o combustível deve ser armazenado pelo jogador, mas ele não poderá mais utilizá-lo durante o jogo (ver seção combustível das estrelas).

Os dados do desafio e deslocamento (Ilustração 6):

Este dado deverá ser jogado somente quando o jogador tirar a palavra “Desafio” no dado de deslocamento. Cada face do dado do desafio possui um significado em particular:

- Cada sinal de ponto de interrogação equivale a uma carta desafio a ser respondida. É obrigatório responder ao menos uma, e é opcional responder todas;
- Os símbolos do He e do H concedem um combustível extra ao jogador para que seja utilizado imediatamente na próxima rodada de consumo;
- A face preta do dado dá direito à um buraco negro, para que o jogador utilize

imediatamente, colocando-o em qualquer ponto do tabuleiro seguido as regras descritas no item buraco negro deste manual;

- A face preta que contém um ponto de interrogação exige que o jogador responda corretamente uma carta desafio para conseguir o direito a um buraco negro, mas este buraco negro poderá ser utilizado a qualquer tempo durante o jogo, ou seja, não necessariamente na rodada que for obtido.



Ilustração 7 - Cartão nitro 2X.
Fonte: Elaborado pela autora.

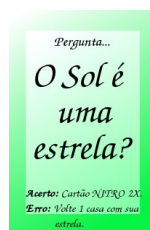


Ilustração 8 - Exemplo de carta desafio.
Fonte: Elaborado pela autora.



Ilustração 9 - Cartão buraco negro.
Fonte: Elaborado pela autora.



Ilustração 10 - Cartão nitro 3X.
Fonte: Elaborado pela autora.

A carta desafio:

Esta carta (Ilustração 8), marcada com um ponto de interrogação no verso, contém uma pergunta a ser respondida e as ações a serem realizadas em caso de acerto ou em caso de erro. O jogador só terá direito a responder estas perguntas se obter um ponto de interrogação no dado do desafio.

Cartão Buraco Negro:

A carta da Ilustração 9 cria um buraco negro onde for colocada, e possui abrangência de uma casa em todo o seu em torno. Os jogadores não podem PASSAR ou PARAR sobre ela e sobre sua área de abrangência. O buraco negro suga para si qualquer peça que PARAR ou PASSAR à uma casa de distância em seu entorno (para qualquer direção).

A nave, quando for sugada, deve ficar uma rodada sem jogar. Uma vez colocada no tabuleiro, a carta permanecerá atuante no mesmo local até o jogo terminar.

Quando o jogador colocar o buraco negro no tabuleiro, ele deve estar atento para que este esteja a uma casa de distância de qualquer outra nave ou combustível.

Cartão Nitro (Ilustração 7 e Ilustração 10):

Esta carta dá o direito de duplicar, ou triplicar o número de casas que o foguete pode se deslocar no tabuleiro. Para utilizá-la o jogador deve anunciá-la antes de jogar o dado de deslocamento. Se a carta possuir o 2X, o jogador deve multiplicar o valor do dado por 2. Se a carta possuir 3X então o resultado do dado de deslocamento deve ser multiplicado por 3.

Ele pode ser obtido somente pelo acerto das cartas desafios, onde está escrito na carta esta vantagem ao jogador.

O combustível das estrelas:

O combustível deve ser usado, na rodada de consumo a qual sucede a rodada de coleta, imediatamente após a coleta pela nave auxiliar (com exceção da região da estrela azul do tabuleiro). A região de abrangência de cada combustível é:

- Para as estrelas que percorrerem o caminho à esquerda do diagrama, a estrela usará o hidrogênio somente entre as casas J18 e I5. E usará hélio para o restante do trajeto até chegar ao seu objetivo final;
- As estrelas que percorrerem o caminho da direita no diagrama, o hidrogênio será utilizado entre as casas J20 e I25. A partir de I25 estas estrelas irão utilizar hélio como combustível.

O jogo iniciará com exatamente 20 unidade de hidrogênio, no tabuleiro, os quais estarão nas posições:

D 30	F 6	F 16	G 20	G 26	H 11	I 30	K 14	K 23	L 7
L 26	N 23	O 11	O 16	P 6	Q 31	R 6	R 14	R 20	S 26

Quando no tabuleiro existir uma quantidade de combustível menor do que o número de jogadores, então ele deve ser reposto. Isso ocorrerá seguindo as regras abaixo:

- A cada reposição serão colocados a quantidade fixa de 10 H e 10 He;
- A pessoa que deve colocá-los no tabuleiro é a última que jogou;
- O jogador deve escolher uma casa qualquer do tabuleiro para começar;

O jogador que irá colocar os combustíveis deve contar 4 casas a partir da casa escolhida, na diagonal, e colocar o segundo cartão. E a partir deste deve contar novamente 4 casas na diagonal para colocar o terceiro, e assim por diante até que os 20 cartões sejam

distribuídos.

E O JOGO SE INICIA...

O primeiro passo, após a leitura deste manual, é sortear as estrelas personagens entre os jogadores. Assim que todos os jogadores possuírem seu personagem, seu cartão escudo e o foguete auxiliar, cada um deve escolher uma casa do tabuleiro para posicionar o foguete e distribuir os 20 hidrogênios nas casas determinadas pelo manual. Os jogadores devem escolher, ainda, uma das casas com a marca de X para colocar seu dado de personagem.

O segundo passo é escolher a ordem dos jogadores para o lançamento dos dados de deslocamento. Então deve-se iniciar a rodada de coleta com o primeiro jogador lançando os dados de deslocamento e movendo seu foguete em busca de combustível. O combustível coletado deve ser guardado pelo jogador, para que seja utilizado na rodada de consumo. A rodada de consumo se iniciará assim que todos jogarem os dados de deslocamento e coletarem seus combustíveis.

Durante a rodada de consumo os jogadores devem consumir todo o combustível coletado na rodada anterior, movendo sua estrela pelo caminho escolhido no diagrama. Caso os jogadores não saibam qual caminho sua estrela deve seguir, eles devem ler o texto de apoio disponibilizado neste manual.

PERGUNTAS DAS CARTAS DESAFIO

- O Sol é uma estrela?
Acerto: cartão nitro 2X.
Erro: a estrela volta 1 casa.
- Qual é a única estrela que não pertence a nenhuma constelação?
Acerto: a estrela anda 2 casas.
Erro: a nave deve ir para um dos cantos do tabuleiro.
- Cite o nome de uma estrela vermelha?
Acerto: um buraco negro.
Erro: a estrela volta 1 casa.

- Qual é a estrela mais próxima da Terra?
Acerto: a nave anda o nº de combustíveis que você guardou.
Erro: a estrela volta ao estágio de protoestrela.
- Qual é a estrela mais próxima do nosso Sistema Solar?
Acerto: a estrela anda 2 casas.
Erro: a estrela volta 2 casas.
- A distância entre a Terra e o Sol é também conhecida como:
Acerto: cartão NITRO 3X.
Erro: a estrela volta 1 casa.
- O que significa o símbolo M_{\odot} ?
Acerto: cartão nitro 2X.
Erro: a estrela volta 2 casas.
- O que significa o símbolo L_{\odot} ?
Acerto: cartão nitro 3X.
Erro: a estrela volta 1 casa.
- Diga o nome de uma estrela anã amarela.
Acerto: a estrela anda 2 casas.
Erro: a estrela volta 3 casas.
- Diga o nome de uma estrela anã branca.
Acerto: cartão NITRO 2X.
Erro: a estrela volta 2 casas.
- Diga o nome de uma estrela supergigante azul.
Acerto: jogue o dado de deslocamento novamente.
Erro: doe 2 combustíveis para UM adversário.

- A qual constelação pertence Rigel?
Acerto: a estrela anda 3 casas na horizontal.
Erro: a estrela volta 2 casas na vertical.
- A qual constelação pertence Betelgeuse?
Acerto: um buraco negro para usar agora.
Erro: a estrela volta 2 casas.
- É correto afirmar que “Quanto maior a massa da estrela, mais rápido ela consome seu combustível e morre” ?
Acerto: cartão NITRO 3X.
Erro: a nave deve ir para um dos cantos do tabuleiro.
- Em quantas constelações os astrônomos atuais dividiram o céu?
Acerto: a estrela anda 1 casa.
Erro: a estrela recua 1 casa.
- O que é uma constelação?
Acerto: a estrela anda 2 casas.
Erro: fique uma rodada sem jogar.
- O que é um ano-luz?
Acerto: um buraco negro.
Erro: a estrela volta 2 casas.
- Que tipos de estrelas tem chances de se tornarem buracos negros no final de suas vidas?
Acerto: a estrela anda 3 casas.
Erro: a estrela anda 3 casas.
- Depois de morrer, que corpo celeste o Sol se tornará?
Acerto: a estrela anda 5 casas.

Erro: a estrela recua 5 casas.

- Qual é a temperatura média do Sol?

Acerto: a estrela anda 2 casas.

Erro: a estrela volta 1 casa.

AS CARACTERÍSTICAS DAS ESTRELAS

Quando olhamos para o céu, durante uma noite sem nuvens, podemos perceber a presença de inúmeros pontos brilhantes. A grande maioria destes pontos visíveis são estrelas, mas há ainda os planetas, meteoros, luas, etc. As estrelas são conhecidas pela comunidade em geral por formarem padrões no céu, popularmente chamadas de constelações. Antigamente as constelações eram definidas como um conjunto de estrelas que formavam uma imagem qualquer, animal, pessoas ou objetos. Elas eram utilizadas por vários povos na contagem do tempo, então sabia-se exatamente quando era época de plantar, colher, caçar, etc. Atualmente o conceito de constelação aceito pela cultura científica é que são regiões geométricas (88 constelações no total) da esfera celeste (céu), as quais podem conter estrelas, nebulosas, aglomerados, buracos negros, etc. Não necessariamente precisam formar padrões (desenhos).

Mas o que ocorre com as pessoas quando alguém pergunta o que é uma estrela? Ou ainda, como é uma estrela? Será que ela possui superfície sólida? É quente ou fria? Está perto ou longe do planeta Terra? Essas questões podem ser respondidas por meio do estudo da Astronomia e da Astrofísica estelar.

Num primeiro momento é preciso compreender o que são estes astros celestes. Para isso, será necessário um exercício de imaginação. Imagine uma esfera (bola) grande e quente, dentro da qual cabem aproximadamente 100 vezes o tamanho do planeta Terra e possui uma temperatura média de 5500 graus Celsius. Mas ela não é sólida como a Terra, ela é composta de gases, ou seja, não existe uma superfície sólida ou líquida para pisar. Os gases presentes nessa bola gigante e quente são o hidrogênio (H) e o hélio (He), e estão no estado físico de plasma. Como a temperatura e a força da gravidade são muito altas nesta esfera gigante, no seu centro (núcleo) começam a ocorrer reações nucleares entre os átomos dos gases. Essas reações liberam luz, a qual vemos todos os dias de nosso planeta quando olhamos para o Sol. O astro celeste que imaginamos é a descrição do nosso Sol, ele é uma estrela, a mais próxima ao planeta Terra. A distância entre a Terra e o Sol é definida pelos astrônomos como 1

Unidade Astronômica (UA), a qual equivale a $1,496 \times 10^8$ km (149 milhões de km).

Sem esta estrela não existiria vida no planeta Terra e não existiria o Sistema Solar. Pois além de ser a única estrela pertencente ao Sistema Solar, o Sol, por meio de sua força gravitacional, mantém os planetas e demais astros celestes orbitando o seu entorno. Depois do Sol, a estrela mais próxima de nosso planeta é a estrela Próxima Centauri, pertencente à constelação do Centauro, com uma distância de aproximadamente 4,3 anos luz.

O leitor poderá estar confuso, o que é ano – luz (AL)? É uma unidade de medida para distâncias muito grandes, sendo que $1 \text{ AL} =$ a distância percorrida pela luz durante um ano (365 dias) terrestres. A distância aproximada, em km, que a luz percorre em um ano é: $9,46 \times 10^{12}$ km (9,46 trilhões de km) .

Se o Sol é uma estrela por quê ele é maior que as outras estrelas que vemos a noite? Isso é devido ao fato do Sol estar mais próximo de nós do que as demais. Existem estrelas muito maiores (com mais massa) e mais luminosas que o Sol, porém como estão muito distantes nós as vemos pequeninas e fracas. A massa das estrelas é medida em massas do Sol (M_{\odot}), sendo que $1 M_{\odot} = 1,989 \times 10^{30}$ kg. A luminosidade (taxa de emissão de energia) de uma estrela é medida em luminosidades do nosso Sol (L_{\odot}), sendo que $1 L_{\odot} = 3,9 \times 10^{33}$ ergs/s.

Além disso, ao observar atentamente cada estrela é possível perceber variação na coloração delas. Elas podem ser vermelhas, laranjas, amarelas, brancas, azuladas e azuis, embora nem todas essas cores são nítidas em uma observação a olho nu. Os astrônomos determinaram as cores das estrelas por meio da detecção da sua luz e construção de um gráfico do comprimento de onda (cor) em função da intensidade de luz emitida. Se a estrela, por exemplo, emitir mais luz na região do espectro eletromagnético correspondente à cor vermelha, a estrela será vista como uma estrela vermelha.

Outro fato importante sobre as estrelas é de que elas também morrem (se apagam), ou seja, pode-se dizer que elas possuem um ciclo de vida. O nascimento das estrelas ocorre a partir de uma nuvem de gás e poeira interestelar, ela cresce (evolui) e morre de diferentes formas. O que determina a evolução estelar é sua massa no momento do nascimento. Quanto maior a massa da estrela mais rápida será sua vida, pois ela irá queimar mais rapidamente seu combustível. Depois de morrerem, os corpos remanescentes podem ser anãs brancas, estrelas de nêutrons, ou buracos negros. O nosso Sol, após sua morte, se tornará uma anã branca, a qual irá continuar a apagar-se.

APÊNDICE B – Cartas para a atividade de construção das constelações em escala de distância da Terra.

Desenhe e pinte a estrela



Rigel
D= 772,88 anos-luz
Índice de cor B-V = - 0,03
Magnitude absoluta = - 6,72

Desenhe e pinte a estrela



Betelgeuse
D= 427,47 anos-luz
Índice de cor B-V = 1,52
Magnitude absoluta = - 5,14

Desenhe e pinte a estrela



Bellatrix
D = 243,04 anos-luz
Índice de cor B-V = -0,22
Magnitude absoluta = -2,76

Desenhe e pinte a estrela



Alnitak
D = 817,43 anos-luz
Índice de cor B-V = -0,09
Magnitude absoluta = -5,15

Desenhe e pinte a estrela

Anilam

D = 1342,21 anos-luz
Índice de cor B-V = -0,19
Magnitude absoluta = -6,42

Desenhe e pinte a estrela

Mintaka

D = 916,17 anos-luz
Índice de cor B-V = - 0,03
Magnitude absoluta = - 4,84

Desenhe e pinte a estrela

Girtab

D = 272,02 anos-luz
Índice de cor B-V = 0,41
Magnitude absoluta = - 2,76

Desenhe e pinte a estrela

Sol

D= 1 UA
Índice de cor B-V = 0,62
Magnitude absoluta = 4,72

Desenhe e pinte a estrela

Saiph

D = 721,58 anos-luz
Índice de cor B-V = - 0,15
Magnitude absoluta = - 4,67

Desenhe e pinte a estrela

ϵ Cru

D = 228,08 anos -luz
Índice de cor B-V = 1,39
Magnitude absoluta = -0,67

Desenhe e pinte a estrela

Acrux

D= 320,7 anos-luz
Índice de cor B-V = -0,15
Magnitude absoluta = -3,71

Desenhe e pinte a estrela

Mimosa

D= 352,6 anos-luz
Índice de cor B-V = -0,25
Magnitude absoluta = -3,92

Desenhe e pinte a estrela

Gacrux

D = 87,94 anos-luz
Índice de cor B-V = 1,61
Magnitude absoluta = -0,6

Desenhe e pinte a estrela

δ Cru

D= 364,01 anos-luz
Índice de cor B-V = 0,00
Magnitude absoluta = 0,6

Desenhe e pinte a estrela

Canopus

D= 312,71 anos-luz
Índice de cor B-V = 0,16
Magnitude absoluta = - 5,56

Desenhe e pinte a estrela

Miaplacidus

D = 111,16 anos-luz
Índice de cor B-V = 0,07
Magnitude absoluta = - 1,01

Desenhe e pinte a estrela

Avior

D = 632,09 anos-luz
Índice de cor B-V = 0,82
Magnitude absoluta = - 4,29

Desenhe e pinte a estrela

Aspidiske

D = 692,48 anos-luz
Índice de cor B-V = 0,19
Magnitude absoluta = - 4,43

Desenhe e pinte a estrela

Póllux

D = 33,71 anos-luz
Índice de cor B-V = 0,98
Magnitude absoluta = 1,08

Desenhe e pinte a estrela

Castor

D = 51,55 anos-luz
Índice de cor B-V = 0,00
Magnitude absoluta = 0,91

Desenhe e pinte a estrela

Alhena

D = 104,81 anos-luz
Índice de cor B-V = 0,00
Magnitude absoluta = -0,63

Desenhe e pinte a estrela

Mebstuta

D = 903,48 anos-luz
Índice de cor B-V = 1,39
Magnitude absoluta = - 4,16

Desenhe e pinte a estrela

Wasat

D = 58,82 anos-luz
Índice de cor B-V = 0,38
Magnitude absoluta = 2,22

Desenhe e pinte a estrela

Tejat

D = 231,81 anos-luz
Índice de cor B-V = 1,61
Magnitude absoluta = - 1,41

Desenhe e pinte a estrela

Propus

D = 349,2 anos-luz
Índice de cor B-V = 1,58
Magnitude absoluta = - 1,85

Desenhe e pinte a estrela

Sulafat

D = 634,55 anos-luz
Índice de cor B-V = - 0,06
Magnitude absoluta = - 3,2

Desenhe e pinte a estrela

Vega

D = 25,30 anos-luz
Índice de cor B-V = 0,00
Magnitude absoluta = 0,55

Desenhe e pinte a estrela

$\delta 2$ Lyr

D = 898,5 anos-luz
Índice de cor B-V = 1,58
Magnitude absoluta = - 3,00

Desenhe e pinte a estrela

ζ Lyr

D = 153,63 anos-luz
Índice de cor B-V = 0,19
Magnitude absoluta = 0,93

Desenhe e pinte a estrela

Sheliak

D = 881,5 anos-luz
Índice de cor B-V = 0,00
Magnitude absoluta = - 3,66

Desenhe e pinte a estrela

Antares

D = 603,99 anos-luz
Índice de cor B-V = 1,86
Magnitude absoluta = - 5,29

Desenhe e pinte a estrela

π Sco

D = 459,38 anos-luz
Índice de cor B-V = - 0,19
Magnitude absoluta = - 2,89

Desenhe e pinte a estrela

Lesath

D = 518,53 anos-luz
Índice de cor B-V = - 0,19
Magnitude absoluta = - 3,31

Desenhe e pinte a estrela

Shaula

D = 702,92 anos-luz
Índice de cor B-V = - 0,22
Magnitude absoluta = -5,07

Desenhe e pinte a estrela

Dschubba

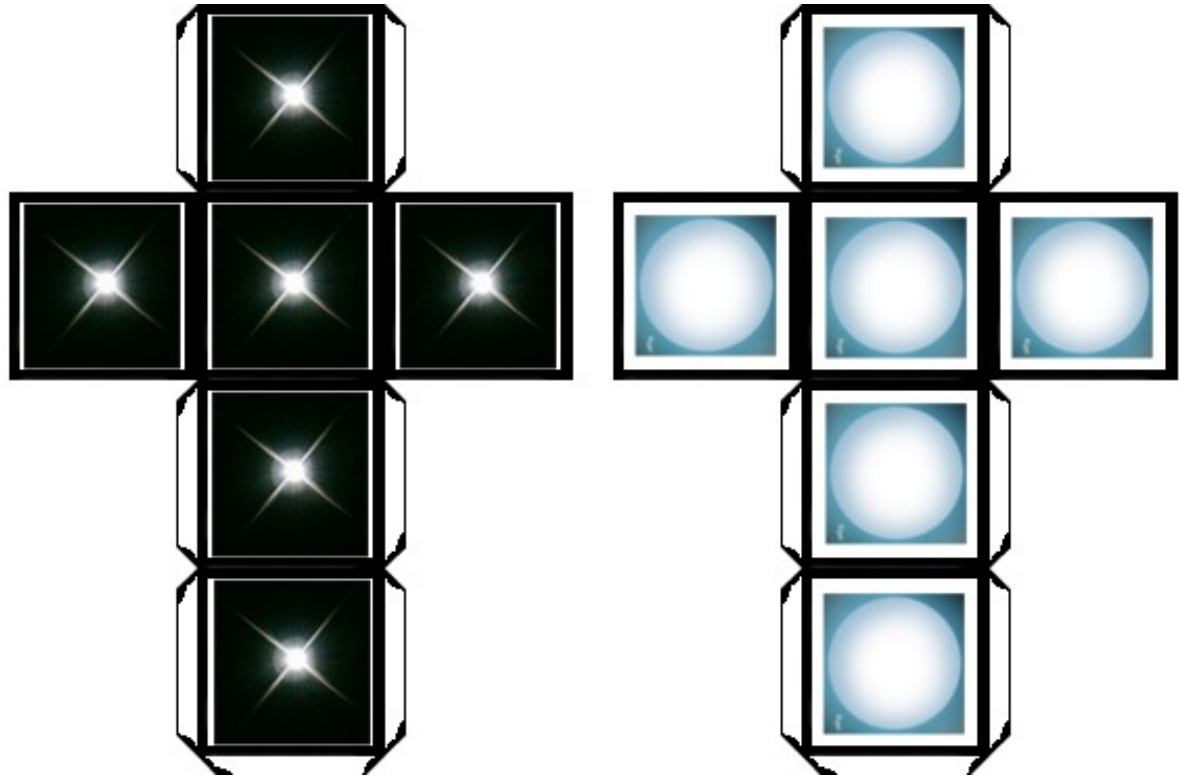
D = 401,67 anos-luz
Índice de cor B-V = - 0,03
Magnitude absoluta = - 3,1

Desenhe e pinte a estrela

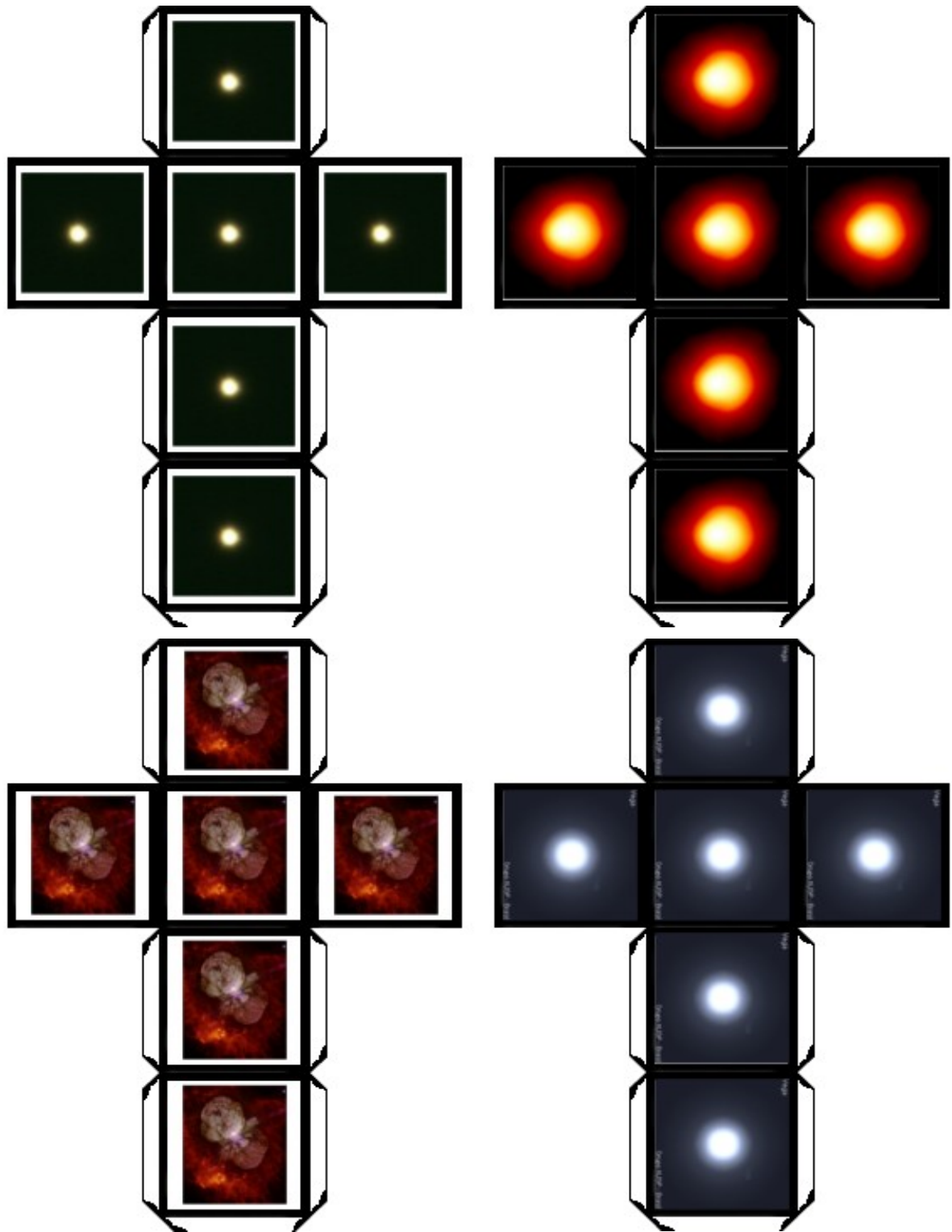
Acrab



D = 530,34 anos-luz
Índice de cor B-V = -0,06
Magnitude absoluta = - 3,46

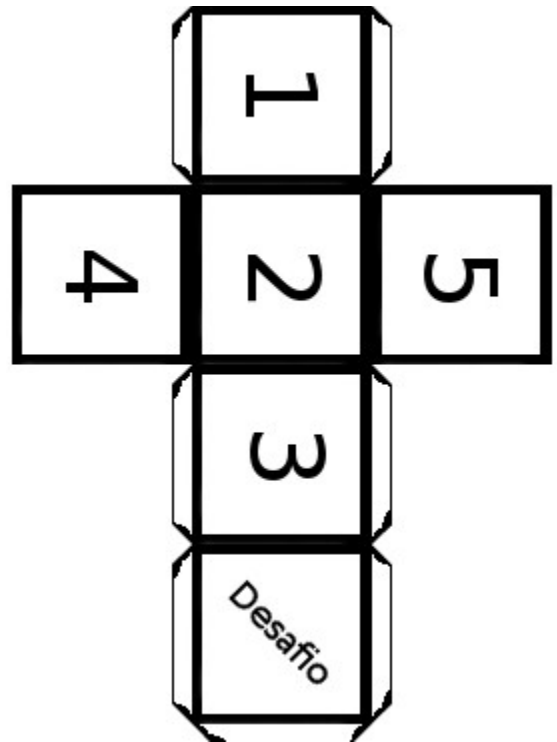
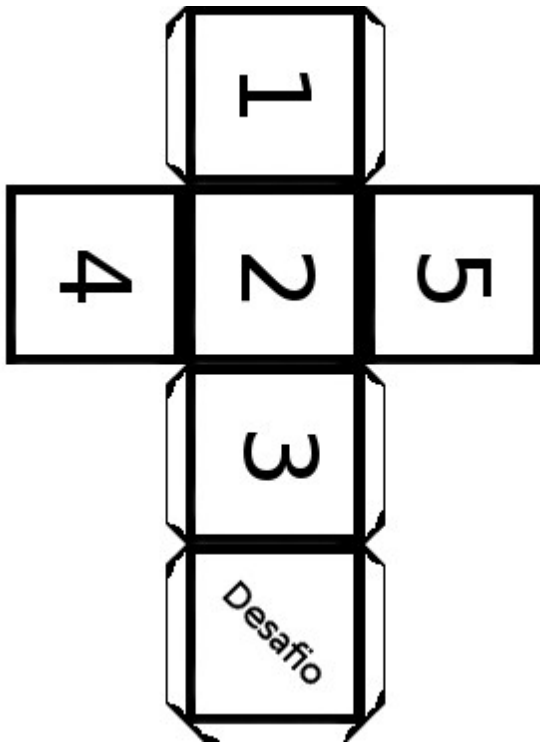
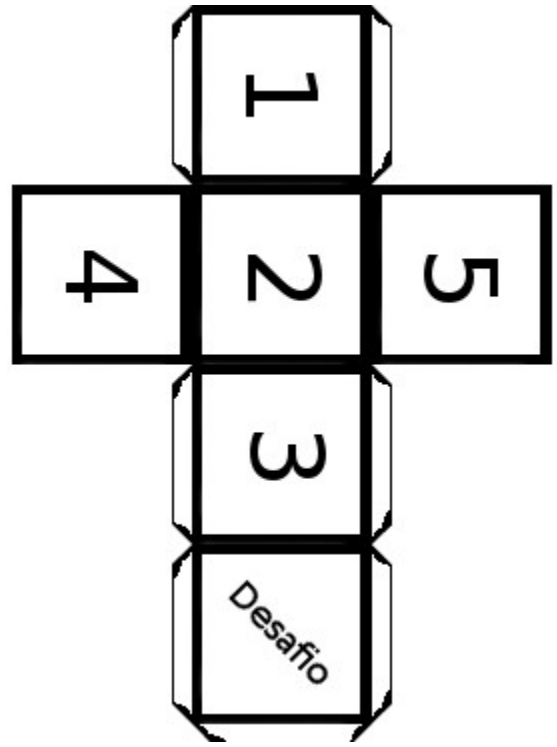
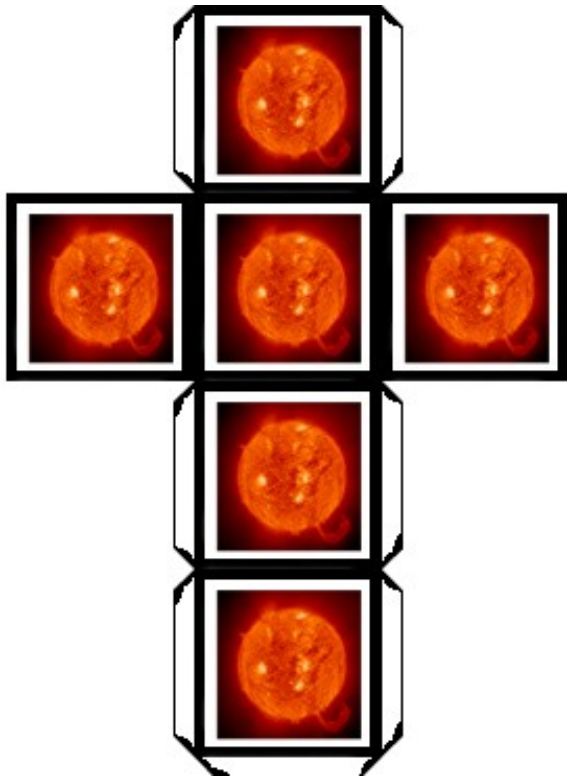
APÊNDICE C – PEÇAS DO JOGO RPG PARA IMPRESSÃO



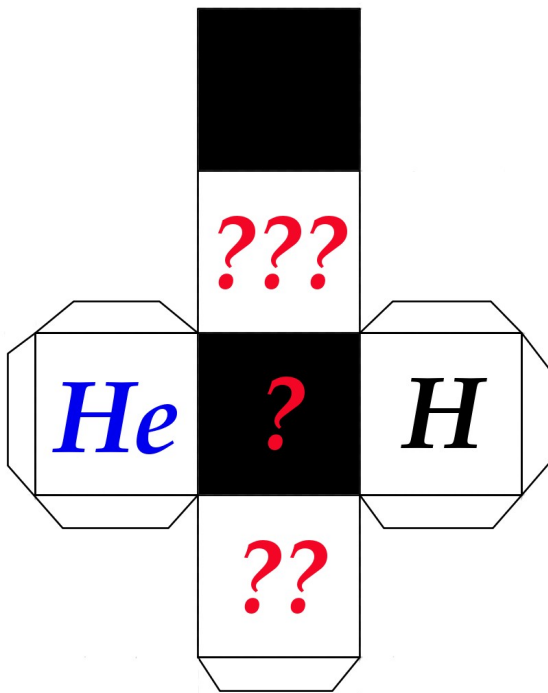
Escudo	Escudo	Escudo	Escudo	Escudo
				



<p>Escudo</p> 	<p>Escudo</p> 	<p>Carta Nitro</p> <p>2X</p>	<p>Carta Nitro</p> <p>2X</p>	<p>Carta Nitro</p> <p>2X</p>
---	---	------------------------------	------------------------------	------------------------------



Carta Nitro	Carta Nitro	Carta Nitro	Carta Nitro	Carta Nitro
2X	2X	2X	2X	2X



Carta Nitro 2X	Carta Nitro 2X
Carta Nitro 3X	Carta Nitro 3X
Carta Nitro 3X	Carta Nitro 3X

Pergunta...

Qual é a única estrela que não pertence a nenhuma constelação?

Acerto: A estrela anda 2 casas.
Erro: A nave deve ir para um canto do tabuleiro.

?

Carta desafio

Pergunta...

Qual é a única estrela que não pertence a nenhuma constelação?

Acerto: A estrela anda 2 casas.
Erro: A nave deve ir para um canto do tabuleiro.

?

Carta desafio

Pergunta...

Cite o nome de uma estrela vermelha?

Acerto: um buraco negro.
Erro: A estrela volta uma casa.

?

Carta desafio

Pergunta...

Qual é a estrela mais próxima da Terra?

Acerto: a nave anda o nº de combustíveis que você guardou.
Erro: A estrela ao estágio de protoestrela.

?

Carta desafio

Pergunta...

Qual é a estrela mais próxima do nosso Sistema Solar?

Acerto: a estrela anda 2 casas.
Erro: a estrela volta 2 casas.



Carta desafio

Pergunta...

A distância entre a Terra e o Sol é também conhecida como:

Acerto: cartão NITRO 3X.
Erro: a estrela volta 1 casa.



Carta desafio

Pergunta...

O que significa o símbolo M_{\odot} ?

Acerto: cartão NITRO 2X.
Erro: a estrela volta 2 casas.



Carta desafio

Pergunta...

O que significa o símbolo L_{\odot} ?

Acerto: cartão NITRO 3X.
Erro: a estrela volta 1 casa.



Carta desafio

Pergunta...

Diga o nome de uma estrela anã amarela.

Acerto: a estrela anda 2 casas.
Erro: a estrela volta 3 casas.



Carta desafio

Pergunta...

Diga o nome de uma estrela anã branca.

Acerto: cartão NITRO 2X.
Erro: a estrela volta 2 casas.



Carta desafio

Carta Nitro
3X

Carta Nitro
3X

Carta Nitro
3X

Carta Nitro
3X

Carta Nitro
3X

Pergunta...

Diga o nome de uma estrela supergigante azul.

Acerto: jogue o dado de deslocamento novamente.

Erro: doe 2 combustíveis para UM adversário.



Carta desafio

Pergunta...

A qual constelação pertence Rigel?

Acerto: a estrela anda 3 casas na horizontal.

Erro: a estrela volta 2 casas na vertical.



Carta desafio

Pergunta...

A qual constelação pertence Betelgeuse?

Acerto: um buraco negro para usar agora.

Erro: a estrela volta 2 casas.



Carta desafio

Pergunta...

É correto afirmar que "Quanto maior a massa da estrela, mais rápido ela consome seu combustível e morre" ?

Acerto: cartão NITRO 3X.

Erro: a nuvem deve ir para um dos cantos do tabuleiro.



Carta desafio

Pergunta...

Em quantas constelações os astrónomos atuais dividiram o céu?

Acerto: a estrela anda 1 casa.

Erro: a estrela recua 1 casa.



Carta desafio

Pergunta...

O que é uma constelação?

Acerto: a estrela anda 2 casas.

Erro: fique uma rodada sem jogar.



Carta desafio

Carta Nitro

3X

Buraco negro




Buraco negro



Buraco negro



Buraco negro



Pergunta...

O que é um ano-luz?

Acerto: um buraco negro.
Erro: a estrela volta 2 casas.



Carta desafio

Pergunta...

Que tipos de estrelas tem chances de se tornarem buracos negros no final de suas vidas?

Acerto: a estrela anda 3 casas.
Erro: a estrela volta 3 casas.



Carta desafio

Pergunta...

Depois de morrer, que corpo celeste o Sol se tornará?

Acerto: a estrela anda 5 casas.
Erro: a estrela volta 5 casas.



Carta desafio





















Pergunta...

Qual é a temperatura média do Sol?

Acerto: a estrela anda 2 casas.
Erro: a estrela volta 1 casa.



Carta desafio

Buraco negro 	Buraco negro 	Buraco negro 	Buraco negro 	Buraco negro 
Buraco negro 	Buraco negro 	Buraco negro 	Buraco negro 	Buraco negro 
Buraco negro 	Buraco negro 	Buraco negro 	Buraco negro 	Buraco negro 
Buraco negro 	Buraco negro 	Buraco negro 	Buraco negro 	Buraco negro 

Betelgeuse



Foto do telescópio Hubble

Descrição:

Supergigante Vermelha

Massa: 14 M_{\odot}

Temperatura: 3 350 °C

Magnitude: - 5,1

Índice de cor B-V: 1,85

Constelação: Órion.

Canopus



Foto de Ralf Wafel Olsen

Descrição:

Gigante brilhante amarelada

Massa: 8,5 M_{\odot}

Temperatura: 7 000 °C

Magnitude: - 2,5

Índice de cor B-V: 0,16

Constelação: Carina.

Eta Carinae



Foto do telescópio Hubble.

Descrição:

Supergigante Azul.

Massa: 100 M_{\odot}

Temperatura: 40 000 °C

Magnitude: 6

Constelação: Carina.

Póllux



Imagem retirada de scienceblogs.com

Descrição:

É uma Gigante Laranja.

Massa: 2 M_{\odot}

Temperatura: 4 500 °C

Magnitude: 0,7

Índice de cor B-V: 1,00

Constelação: Gêmeos.

Rigel



Foto de www.sunflowercosmos.org

Descrição:

Supergigante Azul

Massa: 18 M_{\odot}

Temperatura: 11 500 °C

Magnitude: - 8,1

Índice de cor B-V: - 0,03

Constelação: Órion.

Sol



Foto de solarsystem.nasa.gov

Descrição:

Anã amarela

Temperatura: 5500 °C





















Magnitude: 4,72

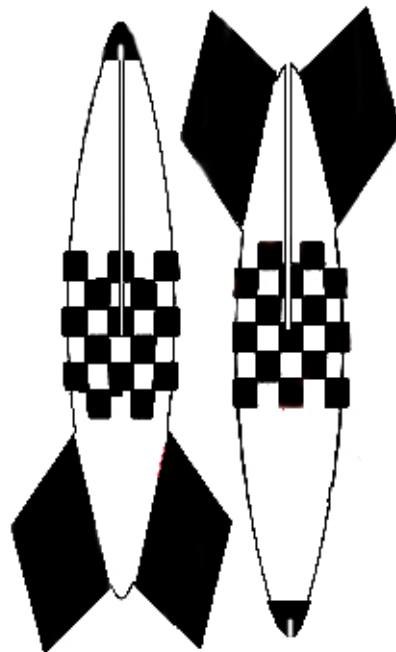
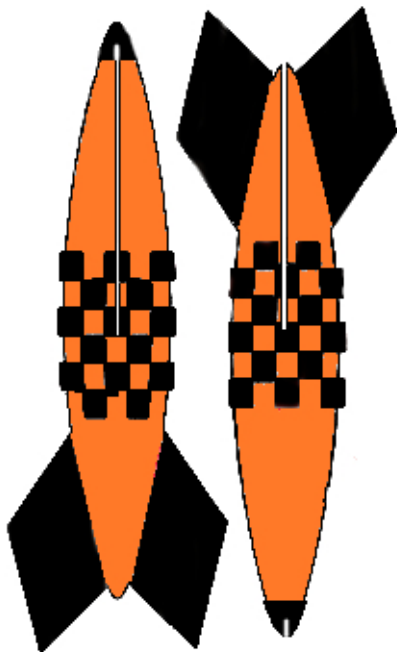
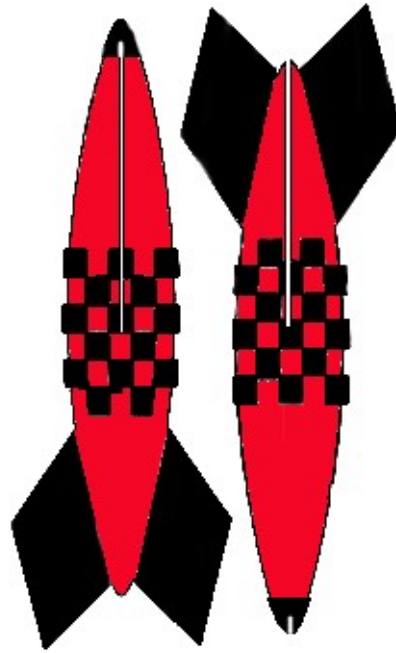
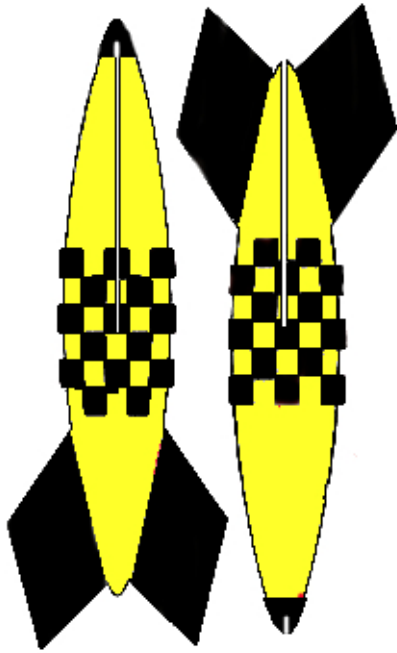
Índice de cor B-V: 0,62

Idade: 4,5 bilhões de anos



Descrição:
 É uma anã branca
 Massa: $2,1 M_{\odot}$
 Temperatura: $9\,300\text{ }^{\circ}\text{C}$
 Magnitude: 0,6
 Índice de cor B-V: 0,00
 Constelação: *Lyra*.

Buraco negro 	Buraco negro 	Buraco negro 	Buraco negro 	Buraco negro 
Buraco negro 	Buraco negro 	Buraco negro 	Buraco negro 	Buraco negro 
Buraco negro 	Buraco negro 	Buraco negro 	Buraco negro 	Buraco negro 
Buraco negro 	Buraco negro 	Buraco negro 	Buraco negro 	Buraco negro 



Buraco negro	Buraco negro	Buraco negro	Buraco negro	Buraco negro
	