

MNPEF Mestrado Nacional
Profissional em
Ensino de Física
POLO 31 - URCA



UNIVERSIDADE REGIONAL DO CARIRI
MESTRADO NACIONAL PROFISSIONAL EM ENSINO DE FÍSICA

NAIAGRY PAULA DE FRAGA

**AS VIZINHAS DO SOL: CONSTRUINDO UM MODELO REPRESENTATIVO DO
GRUPO LOCAL DE ESTRELAS E APLICANDO-O NO ENSINO DE ASTRONOMIA
E ASTROFÍSICA**

JUAZEIRO DO NORTE – CEARÁ

2022

NAIAGRY PAULA DE FRAGA

AS VIZINHAS DO SOL: CONSTRUINDO UM MODELO REPRESENTATIVO DO GRUPO
LOCAL DE ESTRELAS E APLICANDO-O NO ENSINO DE ASTRONOMIA E
ASTROFÍSICA

Dissertação apresentada ao Curso de Mestrado Profissional em Ensino de Física do Programa de Pós-Graduação da Universidade Regional do Cariri, como requisito parcial à obtenção do título de Mestra em Ensino de Física.

Orientador: Prof. Dr. Celio Rodrigues Muniz

JUAZEIRO DO NORTE – CEARÁ

2022

NAIAGRY PAULA DE FRAGA

AS VIZINHAS DO SOL: CONSTRUINDO UM MODELO REPRESENTATIVO DO GRUPO
LOCAL DE ESTRELAS E APLICANDO-O NO ENSINO DE ASTRONOMIA E
ASTROFÍSICA

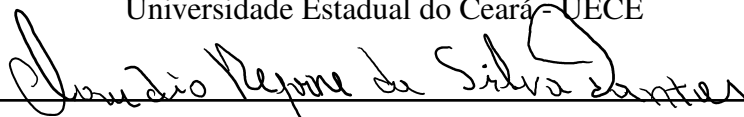
Dissertação apresentada ao Curso de Mestrado
Profissional em Ensino de Física do Programa
de Pós-Graduação da Universidade Regional
do Cariri, como requisito parcial à obtenção do
título de Mestra em Ensino de Física.

Aprovada em: 09 de setembro de 2022.

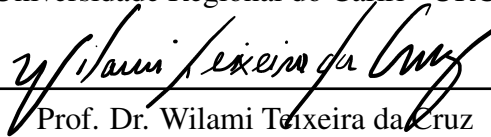
BANCA EXAMINADORA



Prof. Dr. Celio Rodrigues Muniz (Orientador)
Faculdade de Educação, Ciências e Letras de Iguatu - FECLI
Universidade Estadual do Ceará - UECE



Prof. Dr. Cláudio Rejane da Silva Dantas
Universidade Regional do Cariri - URCA



Prof. Dr. Wilami Teixeira da Cruz
Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Ceará - IFCE
Campus Juazeiro do Norte

Em memória da minha avó, uma mulher surpreendentemente maravilhosa, que aqui nem cabe palavras para descreve-lá. E ao meu amigo e companheiro, Antonio Patrício, que me acalmou e incentivou-me em todas as páginas desta dissertação.

AGRADECIMENTOS

Uma dissertação muitas vezes parece um trabalho solitário, no entanto em cada parágrafo aqui escrito encontram tantas e tantas pessoas que se falasse de todas elas meus agradecimentos não caberiam em uma página.

Agradeço especialmente ao meu professor orientador Celio Muniz, pela sua paciência, dedicação, colaboração, pela confiança em mim depositada ao sugerir criarmos uma representação da vizinhança do Sol, me levando a loucura a cada pesquisa realizada.

Agradeço a todos os autores que fundamentam este trabalho, sem estas pessoas este trabalho não seria tão rico e contextualizado.

Agradeço a amiga que a graduação me trouxe, Thaiana Magna, pelo apoio, incentivo e companheirismo durante todas as etapas de nossa formação acadêmica.

Agradeço a direção e aos 86 estudantes do segundo ano da Escola Estadual em Tempo Integral Liceu Dr. José Gondim por participarem e contribuírem com minha pesquisa.

Agradeço a Antônio Patrício, por ter me acolhido e incentivado, bem como pela leitura e correção deste trabalho.

Agradeço ao Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física (MNPEF), junto a Sociedade Brasileira de Física (SBF) e todos os professores da MNPEF - polo 31, na Universidade Regional do Cariri (URCA), por serem peças fundamentais em minha formação acadêmica.

Agradeço à Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Brasil (CAPES) por apoiar a realização do presente trabalho, código de Financiamento 001.

Agradeço também a todos que contribuíram direta ou indiretamente em minha formação acadêmica.

"Uma inteligência modesta aliada a muito trabalho, frequentemente, pode mais que uma inteligência brilhante e vadia."

(Paulo Boulos e Ivan de Camargo)

RESUMO

Sabendo-se que o ensino de astronomia e astrofísica é uma preocupação crescente nos últimos anos, buscamos através deste trabalho apresentar a vizinhança do Sol, por meio da utilização da modelização defendida por Mario Bunge, e para isso criamos uma sequência didática de ensino em que apresentamos um conjunto de encontros nos quais são trabalhados tópicos de astronomia. Inserimos tópicos de astrofísica e finalizamos com apresentação do modelo representativo do grupo local de estrelas em três dimensões, batizado de móbile 3D ou modelo representativo. Assim, além do produto educacional, coração deste trabalho, em nossa fundamentação teórica utilizamos a modelização bungeana a fim de representar o conceito teórico na forma de modelo esquemático representativo, ou seja, fazer uma transposição didática de um objeto real para uma representação na forma de modelo representativo, pintura, desenho, maquete. Ainda justificamos a abordagem de astronomia e astrofísica na educação básica através da Base Nacional Comum Curricular (BNCC), que apresenta as competências que os estudantes devem adquirir ao longo da vida escolar. E por meio da pesquisa-ação planejamos, analisamos, discutimos e reformulamos os encontros para aplicação na forma remota da sequência didática de ensino. Notamos que com a aplicação da sequência didática de ensino tivemos um aumento bem significativo no nível de interesse dos estudantes, assim como conseguimos 54,7% dos estudantes apresentarem-se satisfeitos com os conteúdos estudados em astronomia e astrofísica. Por fim, concluímos o quão importante este trabalho é à comunidade escolar, e aos professores que buscam através dela aplicar nossa sequência didática de ensino. Deixamos em apêndice o produto educacional com todos os recursos produzidos e utilizados.

Palavras-chave: vizinhança do Sol. Mario Bunge. sequência didática de ensino. produto educacional. astronomia e astrofísica. móbile 3D.

ABSTRACT

Knowing that the teaching of astronomy and astrophysics is a growing concern in recent years, we seek through this work to present the neighborhood of the Sun, through the use of modeling advocated by Mario Bunge, and for this we create a didactic teaching sequence in which we present a set of meetings in which astronomy topics are worked. We insert topics of astrophysics and end with the presentation of the representative model of the local group of stars in three dimensions, called the 3D mobile or representative model. Thus, besides the educational product, the heart of this work, in our theoretical foundation we used the Bungean modeling in order to represent the theoretical concept in the form of a representative schematic model, i.e., to make a didactic transposition from a real object to a representation in the form of a representative model, painting, drawing, or model. We also justify the approach of astronomy and astrophysics in basic education through the Common National Curricular Base (BNCC), which presents the skills that students should acquire throughout their school life. And through action research we planned, analyzed, discussed and reformulated the meetings for application in the remote form of the didactic teaching sequence. We noticed that with the application of the didactic teaching sequence we had a very significant increase in the level of interest of the students, as well as we managed to 54.7% of the students are satisfied with the contents studied in astronomy and astrophysics. Finally, we conclude how important this work is to the school community, and to the teachers who seek through it to apply our didactic teaching sequence. We leave in the appendix the educational product with all the resources produced and used.

Keywords: Sun's neighborhood. Mario Bunge. didactic teaching sequence. educational product. astronomy and astrophysics. 3D mobile.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 – Linha temporal BNCC	20
Figura 2 – Esquematização de modelo de objeto concreto e idealizado	38
Figura 3 – Representação esquemática de um objeto concreto relacionado ao eletromagnetismo: representação das linhas de campo elétrico.	39
Figura 4 – Objeto próximo visto de diferentes ângulos por dois observadores . . .	49
Figura 5 – Paralaxe de objetos próximos vista por um único observador.	50
Figura 6 – Representação fora de escala da paralaxe geocêntrica: o triângulo paralático tem como linha de base o raio da Terra e a paralaxe é o ângulo (p).	52
Figura 7 – Representação fora de escala da paralaxe heliocêntrica: O triângulo paralático tem como linha de base a órbita terrestre e a paralaxe é dada pelo ângulo (p).	53
Figura 8 – Fotografia da Via Láctea e telescópio auxiliar VLT no Cerro Paranal - Chile.	55
Figura 9 – Modelo representativo da classificação espectral das estrelas (fora de escala).	56
Figura 10 – Classificação espectral de Harvard.	57
Figura 11 – Fotografia de Annie Jump Cannon e astrônomas colaboradoras no observatório de Harvard	57
Figura 12 – Intensidade específica luminosa na direção θ	60
Figura 13 – Decaimento do fluxo com o quadrado da distância a fonte θ	62
Figura 14 – Posição das classes luminosas no diagrama RH	67
Figura 15 – Representação do diagrama RH - Localização de algumas estrelas . . .	68
Figura 16 – Organograma das fases pesquisa-ação	73
Figura 17 – Distribuição dos encontros com suas respectivas durações no ensino remoto e fase dentro da perspectiva da pesquisa-ação	87
Figura 18 – Mural: Modelo representativo da vizinhança do Sol	96
Figura 19 – Modelo representativo da vizinhança do Sol: Estrelas fixas	97
Figura 20 – Modelo representativo: Estrelas distribuídas de forma padrão	99
Figura 21 – Modelo representativo: Estrelas distribuídas aleatoriamente	99
Figura 22 – Modelo representativo: Sistema solar	100

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Produções nacionais de teses e dissertações sobre educação em astronomia entre 1973 e 2013	29
Tabela 2 – Lista de estrelas próximas na vizinhança do Sol em um raio de 10 anos-luz	58
Tabela 3 – Classes de luminosidade	67
Tabela 4 – Eixos temáticos abordados no questionário	79
Tabela 5 – Comparativo conceitual entre Sequência Didática e Sequência de Ensino segundo Souza (2013)	85
Tabela 6 – Participação de estudantes por turma	95
Tabela 7 – Em sua vida escolar e anterior as aulas que tiveram sobre astronomia e astrofísica, indique-nos com que frequência você já havia tido contado com conteúdo de:	103
Tabela 8 – Reflexões sobre interesse em astronomia	105
Tabela 9 – Ferramentas digitais - <i>padlet</i>; <i>slides</i>; <i>Mobile 3D</i>	107
Tabela 10 – Parâmetro geral sobre a utilização das ferramentas digitais como recurso aplicada a sequência didática de ensino	108
Tabela 11 – Metodologia de ensino	109
Tabela 12 – Reflexões e justificativas - Aulas no formato presencial	110

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	13
2	UM PASSEIO PELOS DOCUMENTOS OFICIAIS DA EDUCAÇÃO - PROBLEMATIZANDO O ENSINO DE ASTRONOMIA E INTRODUI- ZANDO O ENSINO DE ASTROFÍSICA	18
2.1	O QUE DIZEM OS DOCUMENTOS OFICIAIS DA EDUCAÇÃO: EM ESPECIAL A BASE NACIONAL COMUM CURRICULAR - BNCC	18
2.2	O ENSINO DE ASTRONOMIA	27
2.3	INSERÇÃO DE TÓPICOS DE ASTROFÍSICA NO ENSINO MÉDIO: DI- LEMAS A SEREM SUPERADOS	32
3	REFERENCIAL TEÓRICO - UMA ABORDAGEM TEÓRICA NA PERS- PECTIVA DE MARIO BUNGE	35
3.1	MODELOS E MODELAGEM	36
3.2	OBJETO MODELO E MODELO TEÓRICO	40
3.3	MODELO CONCRETO	43
3.4	PORQUE PENSAR UM MODELO?	43
3.5	A UTILIZAÇÃO DE MODELOS NO ENSINO DE CIÊNCIAS	46
4	INTRODUZINDO E CONCEITUANDO A ASTRONOMIA E ASTRO- FÍSICA	49
4.1	PARALAXE	49
4.1.1	Paralaxe geocêntrica	51
4.1.2	Paralaxe heliocêntrica	53
4.2	AS ESTRELAS	55
4.2.1	Classificação espectral	55
4.2.2	Grupo local de estrelas — A vizinhança do Sol	58
4.3	FOTOMETRIA — NATUREZA E PROPRIEDADES FÍSICAS DA LUZ DAS ESTRELAS	58
4.3.1	Intensidade específica	59
4.3.2	Fluxo	61
4.3.3	Magnitudes	63
4.3.3.1	Magnitude aparente	63
4.3.3.2	Magnitude absoluta	64

4.3.4	Índices de cor	65
4.4	DIAGRAMA HERTZSPRUNG RUSSELL - HR	66
5	METODOLOGIA	69
5.1	METODOLOGIA APLICADA À PESQUISA E AO PRODUTO EDUCACIONAL	69
5.1.1	Natureza da pesquisa	69
5.1.2	Natureza do produto educacional: intervenção pedagógica	70
5.1.3	Investigação através da pesquisa-ação	71
5.1.4	A investigação através da abordagem quantitativa através da escala <i>li-kert</i> e da adaptação da avaliação <i>Net Promoter Score – NPS</i>	74
5.1.5	A investigação através da abordagem qualitativa	75
5.2	INSTRUMENTOS DE COLETAS DE DADOS E SUAS ANÁLISES	77
5.3	SUJEITOS E LOCAL DA PESQUISA: CONTEXTO E ASPECTOS DA REALIDADE ESCOLAR	80
5.3.1	O contexto social na elaboração e aplicação da pesquisa	80
5.3.2	Caracterização do público-alvo	82
5.4	SEQUÊNCIA DIDÁTICA DE ENSINO: UMA INTERVENÇÃO PEDAGÓGICA NA ÁREA DE ASTRONOMIA E ASTROFÍSICA	83
5.4.1	Primeiro encontro – Modelização	89
5.4.2	Segundo encontro – Paralaxe	90
5.4.3	Terceiro encontro – Fotometria e Radiometria	91
5.4.4	Quarto encontro – Diagrama de Hertzsprung-Russell - Diagrama RH	92
5.4.5	Quinto encontro – A vizinhança do Sol	93
6	RESULTADOS E DISCUSSÕES	95
6.1	CARACTERÍSTICAS DOS SUJEITOS	95
6.2	OBSERVAÇÃO PARTICIPANTE	96
6.2.1	Observação participante - primeiro encontro	96
6.2.2	Observação participante - segundo encontro	101
6.2.3	Observação participante - terceiro encontro	101
6.2.4	Observação participante - quarto encontro	101
6.3	ANÁLISE DO QUESTIONÁRIO	103
6.3.1	Percepção e ensino: astronomia e astrofísica	103
6.3.2	Recursos	107

6.3.3	Metodologia de ensino	109
6.3.4	Ensino remoto	110
7	CONSIDERAÇÕES FINAIS E PERSPECTIVAS FUTURAS	112
	REFERÊNCIAS	115
	APÊNDICES	124
	APÊNDICE A – TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLA- RECIDO	125
	APÊNDICE B – PRODUTO EDUCACIONAL - AS VIZINHAS DO SOL: Sequência didática de ensino e sugestão de construção de um modelo representativo do grupo local de estre- las em três dimensões	127
	APÊNDICE C – ROTEIRO DO QUESTIONÁRIO DIRECIONADO AOS DISCENTES DA EDUCAÇÃO BÁSICA	196
	APÊNDICE D – LISTA DE ESTRELAS PRÓXIMA DO SOL E SUAS PRINCIPAIS CARACTERÍSTICAS	200

1 INTRODUÇÃO

Professor, você está satisfeito com a situação da educação hoje?

Caso a resposta seja sim, por favor, divulgue seu método de trabalho. Do contrário, pode admitir sem escrúpulos a sua insatisfação. A maioria quase que esmagadora dos professores está desgastada, lutando contra muitas dificuldades (TIBA, 1998, p. 21).

Apesar de Tiba (1998) ter feito este questionamento no fim da década de 90, ele ainda continua atual e cabe-nos demonstrar nossa insatisfação com a educação. Pois o que está nos documentos oficiais norteadores da educação básica nacional nem sempre é posto em prática. E mesmo sabendo quais são os diversos fatores que contribuem para esta realidade, não cabe aqui investigar, aprofundar e apresentar uma solução. No entanto, podemos apresentar uma proposta de intervenção pedagógica na área de ciências da natureza, especificamente na área de astronomia e astrofísica, que servirá de ferramenta pedagógica aos professores da educação básica de ensino.

Segundo Geraldi, Scadelai e Bolzan (2012), o início da astronomia se deu no período pré-histórico, há cerca de 50.000 anos. Sabemos pouco sobre este período, pois não há muitos registros. O homem provavelmente começou a registrar suas atividades através das pinturas rupestres, que traziam “as primeiras informações sobre a astronomia. Existem gravuras deste período que ilustram as constelações de Ursa Maior, Ursa Menor, entre outras” (GERALDI; SCADELAI; BOLZAN, 2012, p. 08). E segundo Lago, Andrade e Locatelli (2017), os registros celestes mais precisos foram dos sumérios, babilônicos e assírios datados por volta de 3.500 a.C. Porém, “supõe-se que a relação do ser humano com o céu é muito mais antiga” (LAGO; ANDRADE; LOCATELLI, 2017, p. 09).

Por todo o território brasileiro, por exemplo, “encontram-se diversos sítios arqueológicos com vestígios relacionados à astronomia tendo a arte rupestre como principal objeto de investigação” (JALES CÍNTIA; SILVEIRA, 2010). De acordo com Lago, Andrade e Locatelli (2017), no sul da Inglaterra encontram-se os famosos *Stonehenge*, conjunto de pedras que formam uma construção megalítica, que segundo Filho e Saraiva (2017), através de sua avenida principal é possível verificar no horizonte o local em que o Sol nasce no dia mais longo do ano, indicando assim o solstício¹ de verão. Ainda segundo Lago, Andrade e Locatelli (2017) e justificado por Tonel e Marranghello (2013), na Escócia há um conjunto de 13 pedras que

¹ O solstício é um evento astronômico ligado à inclinação da órbita da Terra em relação ao Sol, ocorrendo duas vezes ao ano, nos meses de junho e dezembro, marcando a entrada da nova estação (NATIONAL-GEOGRAPHIC, 2022).

formam o monumento *Callanish Stones*, no qual os povos antigos acreditavam que o círculo formado de rochas era usado para observações da lua junto ao movimento de precessão de órbita, com período de 18,6 anos.

Os povos antigos observaram e documentavam a passagem do ano, os períodos de plantio e da colheita, indicavam a passagem de cometas, e definiram o início do dia com o aparecimento do Sol. Estes fatos foram registrados e repassados em diversas culturas e civilizações, seja de forma documental ou pela oralidade. Segundo Lago, Andrade e Locatelli (2017), foi através da tradição oral que o conhecimento mítico-científico era repassado por gerações na forma de lendas que combinavam elementos do imaginário com elementos reais, como as mitologias em torno das constelações.

Através do repasse de conhecimento dos povos antigos, hoje podemos questionar através das produções acadêmicas de astronomia e/ou do ensino da astronomia, visto que, as publicações possuem grande impacto na formação dos indivíduos e no ensino de astronomia e astrofísica na educação básica, sendo elas uma das ferramentas para propagação de conhecimento científico e está diretamente ligada com a aprendizagem.

A ciência é “motivada pela curiosidade de entender o mundo”Justi (2015), não só o mundo terrestre, como também todo o universo. Desta forma, conhecer a vizinhança solar é apenas um pequeno passo para a expansão dos conhecimentos científicos a respeito do Universo.

A Base Nacional Comum Curricular (BNCC)², afirma que “aprender Ciências da Natureza vai além do aprendizado de seus conteúdos conceituais” (BRASIL, 2018, p. 547). E nessa perspectiva, no ensino médio (EM) visamos um olhar articulado da biologia, da física e da química sendo definidas por "competências e habilidades que permitem a ampliação e a sistematização das aprendizagens essenciais desenvolvidas no Ensino Fundamental [EF] no que se refere: aos conhecimentos conceituais” (BRASIL, 2018, p. 547, grifo nosso). A BNCC ainda introduz conhecimentos atuais e diversificados na área de ciências da natureza e suas tecnologias, apresentando conjunto de competências específicas³, que podem mobilizar e unificar os conhecimentos conceituais relacionados a astronomia e astrofísica.

Temos ainda a escola como *locus* voltado à aprendizagem e ao desenvolvimento social, tecnológico e científico. Sendo a astronomia e a astrofísica possuidora características que podem ser estudadas por meio das leis físicas ou pelo estudo da origem dos elementos

² A Base Nacional Comum Curricular (BNCC), é um documento de caráter normativo que define o conjunto orgânico e progressivo de aprendizagens essenciais que todos os alunos devem desenvolver ao longo das etapas e modalidades da Educação Básica, de modo que tenham assegurados seus direitos de aprendizagem e desenvolvimento, consoante ao Plano Nacional de Educação (PNE) (BRASIL, 2018, p. 07).

³ Que serão apresentadas no capítulo 2 a seguir.

químicos que formam os astros do Universo, assim é notório a interdisciplinaridade⁴ destas áreas de conhecimento com as ciências da natureza que, como defendidas assim como por Bunge (2017b) podem ser modeladas e trazidas à realidade escolar dos estudantes.

Aguiar (2010) defende que os estudantes devem ter uma percepção desde as escalas microscópicas, das partículas elementares que estruturam a matéria, até as escalas cosmológicas, dos reinos das galáxias que compõem o Universo. Uma vez que estes conhecimentos são propostos pela BNCC, assim destacado na unidade temática de ensino de ciências da natureza para o ensino fundamental: "Matéria e Energia, Vida e Evolução, Terra e Universo" Brasil (2018).

A BNCC ainda traz os modelos nas habilidades que os alunos devem adquirir ao longo do ensino médio, como, por exemplo, as habilidades **EM13CNT201**, **EM13CNT208** e **EM13CNT301**⁵, sendo respectivamente:

(EM13CNT201) Analisar e discutir modelos, teorias e leis propostos em diferentes épocas e culturas para comparar distintas explicações sobre o surgimento e a evolução da Vida, da Terra e do Universo com as teorias científicas aceitas atualmente [...] (BRASIL, 2018, p. 557, grifo nosso).

(EM13CNT209) Analisar a evolução estelar associando-a aos modelos de origem e distribuição dos elementos químicos no Universo, [...]

(EM13CNT301) Construir questões, elaborar hipóteses, previsões e estimativas, empregar instrumentos de medição e representar e interpretar modelos explicativos, dados e/ou resultados experimentais para construir, avaliar e justificar conclusões no enfrentamento de situações-problema sob uma perspectiva científica (BRASIL, 2018, p. 559, grifo nosso).

Deste modo, podemos inferir que os modelos são importantes no ensino de ciências da natureza e é amplamente defendido pela BNCC, podendo apresentar aproximar-se da realidade como bem enfatiza Bunge (2017b). Assim, ao falarmos em astronomia e astrofísica os estudantes logo pensam no modelo representativo do sistema solar e os astros que o compõem, no entanto tem-se um conhecimento limitado sobre esta área das ciências da natureza, seja pela não integração no currículo, ou pela desobrigatoriedade dos documentos norteadores da educação, ou até mesmo pela falta de formação na área. Em virtude disso, buscamos trabalhar conceitos

⁴ A interdisciplinaridade é o diálogo entre diferentes disciplinas, ou seja, um processo de ligação, o que é comum a duas ou mais disciplinas (BASTOS, 2022).

⁵ Para entender o código das habilidades, basta saber que: O primeiro par de letras indica a etapa no caso EM - ensino médio; O primeiro par de números indica que as habilidades descritas podem ser desenvolvidas em qualquer série do ensino médio, conforme definição dos currículos, no caso 13 - do 1º ao 3º ano; A segunda sequência de letras indica a área (três letras) ou o componente curricular (duas letras), neste caso CNT = Ciências da Natureza e suas Tecnologias; Os números finais indicam a competência específica à qual se relaciona a habilidade (1º número) e a sua numeração no conjunto de habilidades relativas a cada competência (dois últimos números). Vale destacar que o uso de numeração sequencial para identificar as habilidades não representa uma ordem ou hierarquia esperada das aprendizagens. Cabe aos sistemas e escolas definir a progressão das aprendizagens, em função de seus contextos locais (BRASIL, 2018, p. 34).

próprios a astronomia e astrofísica na educação básica, explorando uma parte nada comum nas abordagens destas temáticas.

A princípio pensamos em trabalhar a vizinhança do Sol criando uma representação tridimensional desta região (maquete, nomeada móbile 3D), no entanto, com a mudança de aulas presenciais para remotas, devido à pandemia de Covid-19, reformulamos e reestruturamos todo nosso trabalho mudando o foco que é apresentar e explorar a vizinhança do Sol, e para isso construímos uma sequência didática de ensino em que trabalhamos os conceitos de astronomia e astrofísica, aplicando-a na modalidade de ensino remoto⁶. Ao fim da sequência apresentamos um modelo representativo do grupo local de estrelas em um raio de 10 anos-luz aplicado aos temas já estudados ao longo dos encontros.

Portanto, buscamos investigar o desenvolvimento de conhecimentos da astronomia e astrofísica, focando em aspectos da vizinhança do Sol, e baseado-se na perspectiva epistemológica de Mário Bunge para construção e aplicação de uma sequência de ensino didática de ensino⁷ em uma turma do ensino médio de uma escola pública da cidade de Iguatu, no interior do Ceará. Buscamos ainda investigar as concepções dos estudantes sobre conceitos elementares da astronomia e astrofísica evidenciando a vizinhança do Sol; elaborar uma sequência ensino didática de ensino baseado na modelagem científica para apoiar o processo de ensino e aprendizagem da astronomia e astrofísica. Assim como elaborar um produto educacional que consistirá em um modelo representativo em três dimensões, uma espécie de maquete, do grupo local de estrelas, apresentando como estas estão distribuídas na vizinhança do Sol.

Voltar-nos-emos a compreender: *como se dá o ensino de astronomia?; o que dizem os pesquisadores sobre a inserção de temas de astronomia no ensino médio? e porque ensinar astronomia?*. Para isso, faremos recortes de livros e artigos publicados em revistas especializadas em ensino de ciências, área na qual a astronomia está inserida. Deste modo nosso trabalho está estruturado em sete capítulos, nos quais utilizamos revisão de literatura para sua devida construção.

Deste modo este trabalho é iniciado pelo presente capítulo de introdução, onde justificamos a motivação deste trabalho, bem como apresentamos nosso objetivo gerais e específicos. Em seguida, no capítulo 2, realizamos um passeio sobre os documentos norteadores da educação, procurando justificar a inserção do ensino de astronomia e astrofísica na educação

⁶ O ensino remoto prioriza a mediação pedagógica através de tecnologias e plataformas digitais para apoiar processos de ensino e aprendizagem em resposta à suspensão de aulas e atividades presenciais em escolas e universidades no cenário da pandemia do novo coronavírus (COVID-19) (OLIVEIRA *et al.*, 2020).

⁷ A sequência didática de ensino encontra-se no apêndice B do Produto Educacional, nela está descrito todos os passos a passo metodológico para o professor que deseja utilizá-lo em sua aula.

básica, utilizando a BNCC como documento norteador. No capítulo 3, apresentamos nosso referencial teórico, em que exploramos o pensamento bungeano, enfatizando o conceito de modelo e modelagem e justificando a construção do nosso produto educacional.

No quarto capítulo apresentamos a física que rege os aspectos conceituais de astronomia e astrofísica presente na nossa sequência didática de ensino, neste capítulo focamos em conceitos próprios da astronomia e astrofísica, trazendo uma linguagem matemática voltada ao ensino superior.

Já o quinto capítulo trata-se da metodologia utilizada e aplicada à pesquisa, bem como ao produto educacional, sendo a parte mais densa deste trabalho. Recorremos à pesquisa-ação como fundamentação metodológica de pesquisa, utilizando-se de métodos mistos para a coleta e interpretação dos dados. Apresentamos também o contexto social ao qual esta pesquisa está inserida.

Julgamos o capítulo 6 o mais importante deste trabalho, pois nele fazemos a análise e discussão dos dados coletados durante todas as fases da pesquisa. Por fim, e não menos importante, no capítulo sete apresentamos as considerações finais e as perspectivas futuras do presente trabalho.

2 UM PASSEIO PELOS DOCUMENTOS OFICIAIS DA EDUCAÇÃO - PROBLEMATIZANDO O ENSINO DE ASTRONOMIA E INTRODUZINDO O ENSINO DE ASTROFÍSICA

“A astronomia, apesar de exercer um certo fascínio sobre a maioria das pessoas, apresenta alguma dificuldade para quem toma contato pela primeira vez, porque seu assunto é remoto e não-familiar, envolvendo ideias novas e utilizando uma nomenclatura específica” Filho e Saraiva (2017, p. 453).

Sabendo-se que a proposta do presente trabalho trata da inserção de tópicos de astrofísica no ensino médio. Neste capítulo apresentaremos os documentos oficiais da educação, principalmente os apontamentos da BNCC sobre o ensino de astronomia e astrofísica. Posteriormente faremos breve revisão de literatura, de modo a saber o que dizem os pesquisadores sobre o ensino de astronomia e astrofísica. Por fim, apresentaremos a importância da inserção do ensino de astrofísica no EM, bem como apresentar as dificuldades e apresentar nosso trabalho como uma possível solução.

Assim, para o desenvolvimento desta pesquisa, inicialmente fizemos o levantamento de teses e dissertações na área de ensino de astrofísica; para este fim, utilizamos as plataformas eletrônicas *on-line*: Plataforma de Catálogo de Teses e Dissertações da CAPES¹; Biblioteca Digital Brasileira de Teses e Dissertações (BDTD)² e A Scientific Electronic Library Online (SciELO)³. Posteriormente, nestas plataformas buscamos trabalhos através da inserção de diversas palavras chaves, tais como: utilização de maquetes no ensino de física; ensino de astronomia; ensino de astrofísica; inserção de tópicos de astrofísica no ensino médio, entre outras. Dependendo da necessidade de material para fundamentação teórica, foram posteriormente selecionados os artigos que poderiam ser úteis para esta pesquisa. Foi realizada leitura flutuante, que é, segundo Câmara (2013, p. 183, grifo nosso), um primeiro contato com os documentos que foram submetidos à análise, ou seja, é nesta fase que foram “elaborados as hipóteses e os objetivos da pesquisa” (SANTOS, 2012, p. 385).

2.1 O QUE DIZEM OS DOCUMENTOS OFICIAIS DA EDUCAÇÃO: EM ESPECIAL A BASE NACIONAL COMUM CURRICULAR - BNCC

É de conhecimento de todos que a Constituição da República Brasileira é de 1988.

Aqui, utilizamos a versão atualizada em 2019, o artigo 210 do mesmo prevê a Base Nacional

¹ Disponível em: <[https://catalogodeteses.capes.gov.br/catalogo-teses/!](https://catalogodeteses.capes.gov.br/catalogo-teses/)>

² Disponível em: <<https://bdtd.ibict.br/vufind/>>

³ Disponível em: <<https://search.scielo.org/?lang=ptcount=15from=0output=sitesort=format=summaryfb=page=1q=>>>

Comum Curricular. Que afirma que “serão fixados conteúdos mínimos para o ensino fundamental, de maneira a assegurar formação básica comum e respeito aos valores culturais e artísticos, nacionais e regionais” (BRASIL, 2019). Segundo o Ministério da Educação - (MEC, 2018), a Lei nº 9.394⁴ que estabelece as Diretrizes e Bases da Educação Nacional (LDB), e as Diretrizes Curriculares Nacionais (DCN) para a Educação Básica⁵, organizam a base comum e descrevem a organização do currículo nas áreas de conhecimento. Nos anos 2000 os Parâmetros Curriculares Nacionais para o Ensino Médio (PCNEM), documento dividido em quatro partes, e tinha por objetivo de cumprir o duplo papel de difundir os princípios da reforma curricular e orientar o professor, na busca de novas abordagens e metodologias.

A versão final da BNCC contendo a etapa do ensino médio foi homologada pelo MEC no dia 14 de dezembro de 2018 e já está sendo implementada nos currículos escolares e sua execução é obrigatória a partir do primeiro bimestre de 2021. No entanto, o MEC ainda não sinalizou como será este processo de transição e quais as mudanças efetivas que a educação básica sofrerá, visto que, a BNCC não apresenta mudança apenas no Currículo, mas também na carga horária e com uma nova dinâmica, a partir da introdução dos itinerários formativos⁶ que já estão presentes na LDB (versão atualizada em abril de 2020). O artigo 36 que estabelece que:

Art. 36. O currículo do ensino médio será composto pela Base Nacional Comum Curricular e por itinerários formativos, que deverão ser organizados por meio da oferta de diferentes arranjos curriculares, conforme a relevância para o contexto local e a possibilidade dos sistemas de ensino, a saber:

- I – linguagens e suas tecnologias;
- II – matemática e suas tecnologias;
- III – ciências da natureza e suas tecnologias;
- IV – ciências humanas e sociais aplicadas;
- V – formação técnica e profissional (BRASIL, 2020, p. 27).

Como nosso objetivo não é discutir a implementação da BNCC, tão pouco como se dará a implantação e o funcionamento dos itinerários formativos, não aprofundaremos nesta discussão, até porque não há resolução de como acontecerá esta migração do PCN para a BNCC.

⁴ Lei de Diretrizes e Bases da Educação Nacional (LDB) do dia 20 de dezembro de 1996, na versão atualizada em abril de 2020, está disponível para download em: <<https://www2.senado.leg.br/bdsf/handle/id/572694>>. Acesso em 01 nov. 2020.

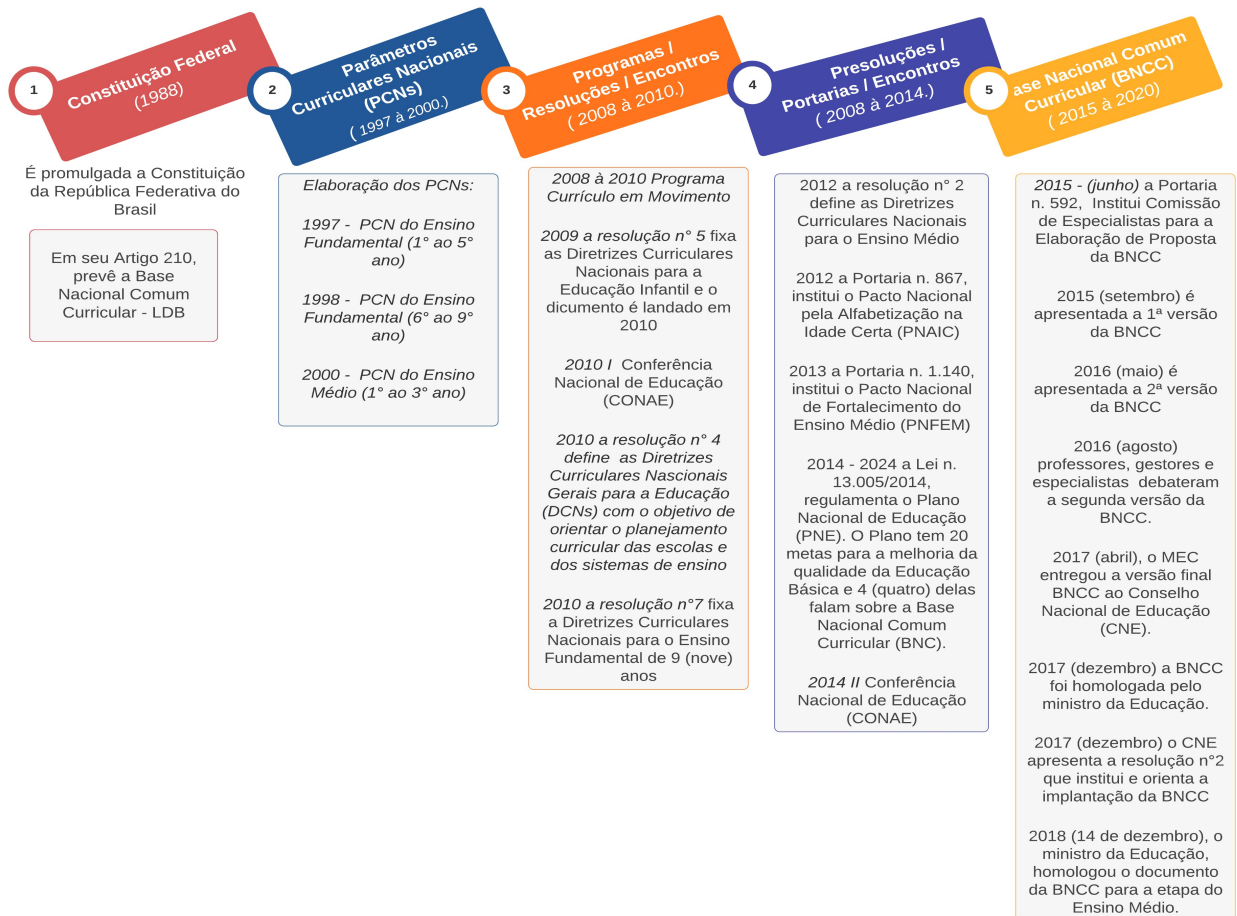
⁵ O Art. 21. da LDB define que a educação escolar compõe-se de: I – educação básica, formada pela educação infantil, ensino fundamental e ensino médio; II – educação superior (BRASIL, 2020, p. 17).

⁶ Segundo a BNCC, no "Brasil, a expressão “itinerário formativo” tem sido tradicionalmente utilizada no âmbito da educação profissional, em referência à maneira como se organizam os sistemas de formação profissional ou, ainda, às formas de acesso às profissões. No entanto, na Lei nº 13.415/17, a expressão foi utilizada em referência a itinerários formativos acadêmicos, o que supõe o aprofundamento em uma ou mais áreas curriculares, e também, a itinerários da formação técnica profissional" (BRASIL, 2018, p. 468).

Conforme o histórico da BNCC⁷, figura 1, começou a debatê-la em 2015 com sua primeira versão no dia 16 de setembro de 2015. O texto foi revisado, passou por discussões e debates preliminares em dezembro de 2015. A BNCC teve sua segunda versão disponibilizada em maio de 2016. Dos dias 23 de junho a 10 de agosto do mesmo ano ocorreram 27 Seminários Estaduais promovidos pelo Conselho Nacional de Secretários de Educação (Consed) e a União Nacional dos Dirigentes Municipais de Educação (Undime). Contou com a presença de professores, gestores e especialistas com o intuito de debater a segunda versão da BNCC.

A terceira versão da BNCC contendo a etapa do ensino médio foi apresentada e entregue ao Conselho Nacional de Educação em 2 de abril de 2017 e a partir daí o CNE iniciou um processo de audiências públicas para debatê-la. O texto final está disponibilizado no site do MEC na plataforma da BNCC, bem como nas referências do presente trabalho com acesso livre a qualquer leitor.

Figura 1 – Linha temporal BNCC



Fonte – Elaborada pela autora.

⁷ O histórico da BNCC apresenta a linha do tempo com os marcos da elaboração da Base Nacional Comum Curricular, e contém ainda os acessos aos documentos que fizeram parte dessa história. Disponível em: <<http://basenacionalcomum.mec.gov.br/historico>>. Acessado em 19 dez. 2020.

O texto base na versão final com a etapa do ensino médio com homologação em 2018, caracteriza a BNCC como:

um documento de caráter normativo que define o conjunto orgânico e progressivo de aprendizagens essenciais que todos os alunos devem desenvolver ao longo das etapas e modalidades da Educação Básica, de modo a que tenham assegurados seus direitos de aprendizagem e desenvolvimento, em conformidade com o que preceitua o Plano Nacional de Educação (PNE). (BRASIL, 2018, p. 07)

Além de estabelecer um conjunto de competências específicas, a BNCC busca garantir acesso e permanência escolar. E que os sistemas, redes e escolas garantam um patamar comum de aprendizagem a todos os estudantes, sendo esta uma “tarefa para a qual a BNCC é instrumento fundamental” (BRASIL, 2018, p. 08).

A BNCC define que ao longo da Educação Básica, as aprendizagens essenciais são definidas por ela e devem assegurar aos estudantes o desenvolvimento de competências gerais (descritas no próprio documento), “que consubstanciam, no âmbito pedagógico, os direitos de aprendizagem e desenvolvimento” (BRASIL, 2018, p. 08).

Tais competências são definidas pela BNCC como sendo “a mobilização de conhecimentos (conceitos e procedimentos), habilidades (práticas, cognitivas e socioemocionais), atitudes e valores para resolver demandas complexas da vida cotidiana, do pleno exercício da cidadania e do mundo do trabalho.” (BRASIL, 2018, p. 08). Portanto, a BNCC concorda com a proposta metodológica para se trabalhar a Educação em Direitos Humanos na Educação Básica ao reafirmar o que está estabelecido no Caderno de Educação em Direitos Humanos. Que “educação deve afirmar valores e estimular ações que contribuam para a transformação da sociedade, tornando-a mais humana, socialmente justa e, também, voltada para a preservação da natureza” (BRASIL, 2018, p. 50).

A BNCC apresenta um conjunto com dez competências gerais voltada a educação básica, dentre elas, destacamos três que valorizam a exercitação e utilização das diferentes linguagens, e são elas:

1. Valorizar e utilizar os conhecimentos historicamente construídos sobre o mundo físico, social, cultural e digital para entender e explicar a realidade, continuar aprendendo e colaborar para a construção de uma sociedade justa, democrática e inclusiva.
2. Exercitar a curiosidade intelectual e recorrer à abordagem própria das ciências, incluindo a investigação, a reflexão, a análise crítica, a imaginação e a criatividade, para investigar causas, elaborar e testar hipóteses, formular e resolver problemas e criar soluções (inclusive tecnológicas) com base nos conhecimentos das diferentes áreas.

[...]

3. Utilizar diferentes linguagens – verbal (oral ou visual-motora, como Libras, e escrita), corporal, visual, sonora e digital –, bem como conhecimentos das linguagens artística, matemática e científica, para se expressar e partilhar informações, experiências, ideias e sentimentos em diferentes contextos e produzir sentidos que levem ao entendimento mútuo. (BRASIL, 2018, p. 09, grifo nosso)

Tais competências são importantes para o aprofundamento de todas as áreas do conhecimento, especialmente para a área de ciências da natureza e suas tecnologias e ao falarmos no contexto da astrofísica⁸.

Ao analisar a competência geral 1, podemos introduzir os conceitos históricos voltados às relações físicas, astronômicas e astrofísicas. Objetivando apresentar os impactos gerados com o desenvolvimento e a compreensão desta ciência para toda a sociedade e os avanços tecnológicos que surgiram devido a pesquisas e estudos nesta área, pois se não houvesse o desenvolvimento da astronomia, poderíamos estar à deriva estagnados intelectualmente.

A competência geral 2 nos estimula a excitação da curiosidade intelectual. A astronomia e astrofísica já concretizam isso, cabendo-nos organizar e planejar a sequência didática com a finalidade de intervir nas teses e hipóteses que os alunos já trazem como conhecimento prévio. Entendemos assim a importância da reflexão e da análise crítica para produção, reorganização e fixação do conhecimento.

A competência geral 4 é extremamente importante para a área de ciências da natureza, pois esta área possui uma linguagem específica e própria da linguagem científica. Deste modo, é necessário fazer o letramento científico para que os estudantes consigam compreender o linguajar científico. Pois o "ensino de ciências tem-se limitado a um processo de memorização de vocábulos, de sistemas classificatórios e de fórmulas por meio de estratégias didáticas em que os estudantes aprendem os termos científicos, mas não são capazes de extrair o significado de sua linguagem" (SANTOS, 2007, p. 484).

A BNCC está em acordo com a LDB, ao estabelecer relações entre o que é básico e comum. Desta forma o currículo está voltado para o desenvolvimento das competências estabelecidas no Artigo 26 da LDB afirmando que:

Art. 26. Os currículos da educação infantil, do ensino fundamental e do ensino médio devem ter base nacional comum, a ser complementada, em cada sistema de ensino e em cada estabelecimento escolar, por uma parte diversificada, exigida pelas características regionais e locais da sociedade, da cultura, da economia e dos educandos (BRASIL, 2020, p. 09).

⁸ Um dos ramos da astronomia em que se estuda as características dos astros através das leis da física.

De modo que os conteúdos a serem ensinados na educação básica não são minimizados e a complementação da parte diversificada fica a cargo de cada instituição de ensino, podemos explorar os conteúdos pré estabelecidos pelo currículo como também inserir novos conteúdos conforme a necessidade de cada localidade.

Assim, a “BNCC e os currículos se identificam na comunhão de princípios e valores que, como já mencionado, orientam a LDB e as DCN. Dessa maneira, reconhecem que a educação tem um compromisso com a formação e o desenvolvimento humano global” (BRASIL, 2018, p. 16). Contudo, a BNCC “têm papéis complementares para assegurar as aprendizagens essenciais definidas para cada etapa da Educação Básica” (BRASIL, 2018, p. 16). E conforme a BNCC, a aprendizagem só se materializa mediante um “conjunto de decisões que caracterizam o currículo em ação” (BRASIL, 2018).

A BNCC em seu texto base deixa claro que a educação básica é faseada, possuindo educação infantil, ensino fundamental e ensino médio. Sendo o EM uma extensão com caráter de aprofundamento dos conteúdos estudados no ensino fundamental. Nossa análise e aprofundamento foi efetuada na unidade temática da área de ciências da natureza, analisando o ensino fundamental e médio.

Assim, no ensino fundamental, nas séries iniciais e no decorrer de todas as fases, os alunos devem ser iniciados ao letramento científico, na perspectiva de que engloba a "formação técnica do domínio das linguagens e ferramentas mentais usadas em ciência para o desenvolvimento científico. Para isso, os estudantes deveriam ter amplo conhecimento das teorias científicas e ser capazes de propor modelos em ciência. Isso exige não só o domínio vocabular mas a compreensão de seu significado conceitual e o desenvolvimento de processos cognitivos de alto nível de elaboração mental de modelos explicativos para processos e fenômenos (SANTOS, 2007, p. 479), de modo que os discentes consigam ter “a capacidade de compreender e interpretar o mundo (natural, social e tecnológico), mas também de transformá-lo” (BRASIL, 2018, p. 321). O currículo de ciências da natureza do EF é organizado em três unidades temáticas, sendo: Matéria e Energia que contempla o estudo de materiais e suas transformações; Vida e Evolução que propõe o estudo de questões relacionadas aos seres vivos, incluindo os seres humanos, e Terra e Universo dedicada a busca da:

compreensão de características da Terra, do Sol, da Lua e de outros corpos celestes – suas dimensões, composição, localizações, movimentos e forças que atuam entre eles. Ampliam-se experiências de observação do céu, do planeta Terra, particularmente das zonas habitadas pelo ser humano e demais seres vivos, bem como de observação dos principais fenômenos celestes. Além disso, ao salientar que a construção dos conhecimentos sobre a Terra e o céu se deu

de diferentes formas em distintas culturas ao longo da história da humanidade, explora-se a riqueza envolvida nesses conhecimentos, o que permite, entre outras coisas, maior valorização de outras formas de conceber o mundo, como os conhecimentos próprios dos povos indígenas originários (BRASIL, 2018, p. 328).

Enquanto as unidades temáticas voltadas ao ensino de ciências da natureza no ensino fundamental tratavam os aspectos conceituais, no ensino médio estes pontos serão ampliados, aprofundados e sistematizados em leis, teorias e modelos, e as unidades temáticas de ciências da natureza e suas tecnologias, do EM, são divididas em duas unidades: Matéria, Energia e Vida e Terra e Cosmos.

Com relação à Matéria, Energia e Vida, a BNCC estabelece que no ensino médio as situações-problema são diversificadas das referidas habilidades e competências especificadas no documento, na unidade referente a Matéria e Energia voltada ao ensino fundamental. O documento ainda afirma que as habilidades e competências dessa unidade temática inclui a inserção de modelos com maior nível de abstração na busca de:

explicar, analisar e prever os efeitos das interações e relações entre matéria e energia (por exemplo, analisar matrizes energéticas ou realizar previsões sobre a condutibilidade elétrica e térmica de materiais, sobre o comportamento dos elétrons frente à absorção de energia luminosa, sobre o comportamento dos gases frente a alterações de pressão ou temperatura, ou ainda sobre as consequências de emissões radioativas no ambiente e na saúde) (BRASIL, 2018, p. 549).

A segunda unidade temática trata-se da Vida, Terra e Cosmos, que segundo a BNCC é resultante da articulação das unidades temáticas desenvolvidas no ensino fundamental, sendo extremamente importantes, pois garante o ensino de astronomia e astrofísica no ensino médio, ao propor que:

os estudantes analisem a complexidade dos processos relativos à origem e evolução da Vida (em particular dos seres humanos), do planeta, das estrelas e do Cosmos, bem como a dinâmica das suas interações, e a diversidade dos seres vivos e sua relação com o ambiente. Isso implica, por exemplo, considerar modelos mais abrangentes ao explorar algumas aplicações das reações nucleares, a fim de explicar processos estelares, datações geológicas e a formação da matéria e da vida, ou ainda relacionar os ciclos biogeoquímicos ao metabolismo os seres vivos, ao efeito estufa e às mudanças climáticas (BRASIL, 2018, p. 549).

A BNCC ainda introduz conhecimentos atuais e diversificados na área de ciências da natureza e suas tecnologias, junto de competências específicas que mobilizaram os conhecimentos conceituais relacionando-os a:

origem da Vida; evolução biológica; registro fóssil; exobiologia; biodiversidade; origem e extinção de espécies; políticas ambientais; biomoléculas; organização celular; órgãos e sistemas; organismos; populações; ecossistemas; teias alimentares; respiração celular; fotossíntese; neurociência; reprodução e hereditariedade; genética mendeliana; processos epidemiológicos; espectro eletromagnético; modelos atômicos, subatômicos e cosmológicos; astronomia; evolução estelar; gravitação; mecânica newtoniana; previsão do tempo; história e filosofia da ciência; entre outros (BRASIL, 2018, p. 556).

Deste modo, o texto base da BNCC apresenta os conteúdos que geralmente podem ser estudados conceitualmente no ensino médio. O que consideraremos de fato para este trabalho são os elementos que englobam a astronomia e astrofísica - especificamente o tópico de evolução estelar - aos quais estão respaldados pela BNCC nas unidades temáticas Terra e Universo do ensino fundamental e Vida, Terra e Cosmos do ensino médio.

É válido salientarmos a importância de ensinar astronomia não apenas no ensino fundamental, como também no ensino médio. Como exemplo, temos o estado do Paraná, que nas Diretrizes Curriculares da Educação Básica – Ciências do Estado do Paraná, insere o ensino de astronomia, mesmo que em uma abordagem mais simplista como apresentado no documento:

Numa abordagem histórica traz as discussões sobre os modelos geocêntrico e heliocêntrico, bem como sobre os métodos e instrumentos científicos, conceitos e modelos explicativos que envolveram tais discussões. Além disso, os fenômenos celestes são de grande interesse dos estudantes porque por meio deles buscam-se explicações alternativas para acontecimentos regulares da realidade, como o movimento aparente do Sol, as fases da Lua, as estações do ano, as viagens espaciais, entre outros (PARANÁ, 2008, p. 66).

A BNCC ainda nos deixa uma lacuna de como será sua real implementação, como será distribuída a carga horária para o ensino das diversas disciplinas e seus currículos. Mas, deixa esquematizado um conjunto de competências e habilidades que devem ser desenvolvidas ao longo de toda a Educação Básica e ainda afirma que “a aprendizagem deve valorizar a aplicação dos conhecimentos na vida individual, nos projetos de vida, no mundo do trabalho, favorecendo o protagonismo dos estudantes no enfrentamento de questões sobre consumo, energia, segurança, ambiente, saúde, entre outras” (BRASIL, 2018, p. 549).

Sabemos que a carga horária escolar é dividida em 200 dias letivos com um mínimo anual de 800 horas para o ensino fundamental e para o ensino médio (BRASIL, 2020). E que ainda são divididas de forma não igualitária para todas as disciplinas lecionadas. Para física, por exemplo, a carga horária varia de 02 a 03 aulas semanais com carga horária anual de 80 à 120 horas, sendo que, pela BNCC a carga horária de física pode variar entre 01 a 02 horas aulas semanais com carga horária anual entre 60 e 80 horas. Esta carga horária é insuficiente para a formação e aquisição das competências e habilidades definidas na BNCC, visto que a

ampliação da carga horária admite a admissão dos itinerários formativos e a redução das aulas da base comum.

Dessa forma, concordamos e defendemos a ampliação da carga horária de ensino escolar da base comum, o artigo 35-A, § 5º da LDB, que afirma que a “carga horária destinada ao cumprimento da Base Nacional Comum Curricular não poderá ser superior a mil e oitocentas horas do total da carga horária do ensino médio, segundo a definição dos sistemas de ensino” (BRASIL, 2020, p. 26).

Contudo, até o início do ano letivo de 2022 a BNCC ampliará a carga horária para o ensino médio diurno, que na atualidade corresponde a 2.400 horas, para 3.000 horas. Enquanto para o ensino médio noturno, a proposta é ampliar a duração do curso para mais de 3 anos, garantido o total mínimo de 2.400 horas até 2021 e de 3.000 horas a partir do ano letivo de 2022. Porém a divisão da carga horária por disciplina ainda não está totalmente em acordo com esta ampliação.

Esta ampliação torna o ensino regular em ensino integral. Porém, não há aumento na carga horária do que chamamos de base comum. Muito pelo contrário, algumas disciplinas têm redução de carga horária ou são secundarizadas, como, por exemplo, inglês e/ou espanhol, tendo sua possível exclusão do currículo. Assim, com esta ampliação da carga horária faz-se necessário reformular o currículo e buscar efetivar as competências. No entanto, a LDB apresenta como obrigatórias apenas as disciplinas: língua portuguesa e matemática.

§ 2º A Base Nacional Comum Curricular referente ao ensino médio incluirá obrigatoriamente estudos e práticas de educação física, arte, sociologia e filosofia.

§ 3º O ensino da língua portuguesa e da matemática será obrigatório nos três anos do ensino médio, assegurada às comunidades indígenas, também, a utilização das respectivas línguas maternas.

§ 4º Os currículos do ensino médio incluirão, obrigatoriamente, o estudo da língua inglesa e poderão ofertar outras línguas estrangeiras, em caráter optativo, preferencialmente o espanhol, de acordo com a disponibilidade de oferta, locais e horários definidos pelos sistemas de ensino (BRASIL, 2020, p. 26).

É importante destacar que a BNCC defende a aplicação dessa carga horária, apresenta as áreas de conhecimento, as competências específicas das áreas e as habilidades para cada área. Porém, em relação ao EM existem algumas lacunas e incertezas de como se dará o ensino que o documento divide em base comum e os itinerários formativos. Geralmente a BNCC operacionaliza o porquê, mas não como se dará este processo de implementação.

Por fim, é importante destacar que não colocamos em pauta os Parâmetros Curriculares Nacionais (PCN), visto que a BNCC, documento de caráter normativo, tem vigência em todo

o território nacional e substitui os PCN's. Definem um conjunto de aprendizagens essenciais que todos os alunos devem desenvolver ao longo das etapas da vida escolar. Apesar de parecer utópico, cabe aos professores efetiva o plano da BNCC, no entanto, nada se fala sobre a formação dos professores e como se dará de fato implementação da BNCC e o reajuste do currículo para atender a nova carga horária.

Quanto a tópicos de astronomia a BNCC é mais completa, pois, no PCN o bloco temático Terra e Universo era destinado apenas às séries do ensino fundamental II. Já a BNCC formaliza que o ensino médio é uma etapa de expansão e aprofundamento do EF e norteia um conjunto de blocos temáticos para esta etapa, dividindo-as em 3 Unidades Temáticas, sendo elas: Matéria e Energia; Vida, Evolução, Terra e Universo. Conforme Rodrigues e Briccia (2019), a temática de astronomia “vem sendo apontada como muito significativa para o Ensino de Ciências da Natureza já desde sua apresentação nos PCN e que toma uma maior importância dentro da BNCC, mais atualmente, partindo de questões locais, para questões mais amplas” (RODRIGUES; BRICCIA, 2019, p. 103).

2.2 O ENSINO DE ASTRONOMIA

“Os alunos, e as pessoas de maneira geral, são naturalmente curiosos” (LAGO; ANDRADE; LOCATELLI, 2017, p. 15)

A humanidade sempre se interessou pela astronomia, uma das mais antigas ciências, que certamente nos surpreende por todos seus avanços. No entanto, tal compreensão não é uma tarefa fácil, pois não se tem um registro fiel com datação precisa de sua origem, há, na verdade, diversos escritos em diversas culturas que apresentam de inúmeras formas como este conhecimento foi construído ao longo da história da humanidade.

Se falarmos em aplicabilidade, Rodrigues e Briccia (2019) assumem que a astronomia permite uma percepção mais ampliada sobre outros fenômenos naturais para cativar a curiosidade dos estudantes, sendo ainda um elemento importante na construção cidadã do indivíduo diante do mundo que o cerca. Nesse aspecto, nas aulas de ciências a astronomia pode desenvolver uma disposição participativa nos alunos, visto que, externam suas dúvidas e percepções, permitindo uma reorientação no que se refere ao conteúdo da própria aula.

Caniato (1973), publicou a tese intitulada *Um Projeto Brasileiro Voltado ao Ensino de Física*. Neste projeto ele apresenta e defende a inserção da astronomia na educação básica, enfatizando seis razões que justificam a introdução dos meios para o processo de ensino-aprendizagem, sendo elas:

1. A Astronomia, pela diversidade dos problemas que propõe e dos meios que utiliza, oferece o ensejo de contato com atividades e desenvolvimento de habilidades úteis em todos os ramos do saber e do cotidiano da ciência.
2. A Astronomia oferece ao educando, como nenhum outro ramo da ciência, a oportunidade de uma visão global do desenvolvimento do conhecimento humano em relação ao Universo que o cerca.
3. A Astronomia oferece ao educando a oportunidade de observar o surgimento de um modelo sobre o funcionamento do Universo, bem como a crise do modelo e sua substituição por outro.
4. A Astronomia oferece oportunidade para atividades que envolvam também trabalho ao ar livre e que não exigem material ou laboratórios custosos.
5. A Astronomia oferece grande ensejo para que o homem perceba sua pequenez diante do Universo e ao mesmo tempo perceba como pode penetrá-lo com sua inteligência.
6. O estudo do céu sempre se tem mostrado de grande efeito motivador, como também dá ao educando a ocasião de sentir um grande prazer estético ligado à ciência: o prazer de entender um pouco do Universo em que vivemos (CANIATO, 1973, p. 39-40).

Ainda sobre o currículo, o ensino de astronomia é previsto e incentivado pelos documentos norteadores da educação, estando nos “currículos das esferas federais, estaduais e municipais” (LAGO; ANDRADE; LOCATELLI, 2017, p. 13). Assim, os PCNs já traziam a importância de se trabalhar astronomia, astrofísica e cosmologia no ensino médio. A atual BNCC, mesmo com falhas estruturais, contém diretrizes que implicam na abordagem de conteúdos relacionados a astronomia e astrofísica na educação básica. A Olimpíada Brasileira de Astronomia e Astronáutica (OBA), em sua primeira edição, em 1998, colocou “em pauta a observação do céu como prática didática” (LAGO; ANDRADE; LOCATELLI, 2017, p. 13), incentivando assim o ensino de astronomia.

Peixoto (2018), em sua tese de doutorado apresenta as tendências para a pesquisa em educação em astronomia. O autor realiza análise de trabalhos publicados na Revista brasileira de Ensino de Física e no Caderno brasileiro de Ensino de Física de 1990 a 2008. Em quase duas décadas foram publicados apenas 58 artigos sobre o ensino de astronomia, sendo:

As principais abordagens desses artigos estão relacionadas a aspectos teóricos da astronomia (27 dos 58 artigos) e sobre atividades experimentais relacionadas a fenômenos específicos (15 dos 58 artigos). Dentre essas abordagens os conteúdos de maior incidência foram: Cosmologia: formação do Universo; leis da Cosmologia; Astrofísica (9 artigos); Multidisciplinar (9 artigos), seguido pelo tema Terra: constituição; forma; dimensão; rotação; precessão (7 artigos) (PEIXOTO, 2018, p. 45).

Bretones e Megid Neto (2013) *apud*. Peixoto (2018), apontam que de 1973 a 2002 foram realizados apenas 16 trabalhos em níveis de mestrado e doutorado na área de astronomia. Com as principais tendências voltadas para “Conteúdo e Método”; “Concepções de Professor”; “Currículos e Programas” e “Recursos Didáticos”. E menor porcentagem relacionada

às “Concepções de Aluno”; “Formação de Professores”; “Formação de Conceitos” e “Programas de Ensino Não Escolar”” (PEIXOTO, 2018, p. 45).

Langhi e Nardi (2014) buscam justificativas para o ensino de astronomia trazendo um levantamento feito por Bretones em 2014 sobre as teses e dissertações produzidas entre os anos de 1971 a 2013. Tendo um total de 107 dissertações e 13 teses, com a primeira tese brasileira sobre ensino de astronomia publicada em 1971. As demais podemos verificar na tabela (1) subjacente, produzida por Bretones e apresentada no trabalho de Langhi e Nardi (2014).

Tabela 1 – Produções nacionais de teses e dissertações sobre educação em astronomia entre 1973 e 2013

Período	Dissertações	Teses
1971-1975	0	1
1976-1980	0	0
1981-1985	0	0
1986-1990	2	0
1991-1995	0	0
1996-2000	9	2
2001-2005	16	0
2006-2010	48	7

Fonte – Bretones (2014) *apud* Langhi e Nardi (2014).

Apesar de algumas pesquisas terem seus temas mais voltados a real astronomia na década de 90, como é apresentado por Peixoto (2018), as produções acadêmicas produzem impacto no ensino de astronomia, pois geram conhecimentos e material de estudo para os professores que buscam se aperfeiçoar.

Segundo Peixoto (2018), em quase duas décadas, de 1990 a 2009, a produção de artigos relacionados ao ensino de astronomia é mínima. Foram publicados neste período 58 artigos em revistas de ensino. Mesmo com a ampliação do espaço amostral de 1971 a 2013, em quatro décadas, a quantidade de teses e dissertações defendidas é um pouco maior. No entanto, na área das ciências da natureza estas produções são mais escassas, dificultando assim a análise dos levantamentos sobre ensino de astronomia no Brasil.

Atualmente na BNCC é destacado a importância de se aprender ciências da natureza, que “vai além do aprendizado de seus conteúdos conceituais” (BRASIL, 2018, p. 547). Deste modo, alguns pontos levantados por Caniato (1973) em 73 são contrapostos pela BNCC, pois “a Ciência e a Tecnologia tendem a ser encaradas não somente como ferramentas capazes de solucionar problemas, tanto os dos indivíduos como os da sociedade, mas também como uma

abertura para novas visões de mundo” (BRASIL, 2018, p. 547).

Sabemos que a astronomia assim como as ciências geralmente são interdisciplinares, dado que os conhecimentos se encontram e se complementam. Não conseguimos, por exemplo, separar a astronomia da história, da sociologia, da antropologia, da física ou da matemática. E conforme Aguiar (2010), a interdisciplinaridade da “Astronomia permite que, através do seu estudo, se desenvolva um grande diálogo entre as várias áreas do conhecimento humano e em especial das ciências naturais” (AGUIAR, 2010, p.18). Os próprios documentos oficiais e norteadores da educação já trazem este caráter interdisciplinar. A BNCC ao afirmar, por exemplo, que “no Ensino Médio, o desenvolvimento do pensamento científico envolve aprendizagens específicas, com vistas a sua aplicação em contextos diversos” (BRASIL, 2018, p. 548). Deste modo, não temos uma ruptura do conhecimento, mas sim uma unificação. No entanto, mesmo a astronomia sendo uma disciplina interdisciplinar, seu ensino está sempre relacionado ao ensino de física enquanto no ensino fundamental está relacionada ao ensino de ciências. “A física é especialmente privilegiada pela abertura disciplinar destes temas, pois esta ciência praticamente “nasceu” dialogando com a Astronomia” (AGUIAR, 2010, p. 18).

Desta forma, a astronomia contribui para o letramento científico levantado pela BNCC e apresentado na seção 2.1 do presente trabalho, que para Rodrigues e Briccia (2019) o termo alfabetização científica pode ser trabalhado como sinônimo de letramento científico, e consideram o

termo “Alfabetização” como a compreensão de uma estrutura de linguagem, admitimos que a Alfabetização Científica ocorra à medida que haja a construção e compreensão de uma estrutura de linguagem de cunho científico. Portanto, ao concebermos a Ciência como uma linguagem a ser compreendida devemos admitir que por direito, sua linguagem deve privilegiar a todos (RODRIGUES; BRICCIA, 2019, p. 104).

No entanto, é importante diferenciar o termo letramento científico e alfabetização científica, pois não se categorizam como sinônimos e são comumente entendidos como tais. Assim, Soares (2010) de forma simples sintetiza a diferença entre eles, segundo o autor,

a pessoa que aprende a ler e a escrever – que se torna alfabetizada – e que passa a fazer uso da leitura e da escrita, a envolver-se nas práticas sociais de leitura e escrita – que se torna letrada – é diferente de uma pessoa que não sabe ler e escrever – é analfabeta – ou, sabendo ler e escrever, não faz uso da leitura e da escrita – é alfabetizada mas não é letrada (SOARES, 2010, p. 36).

Para Rodrigues e Briccia (2019), ensinar astronomia “significa desconstruir a visão simplista de que a Ciência é algo irredutível e inquestionável que infelizmente ainda se faz

presente na compreensão de muitos professores” (RODRIGUES; BRICCIA, 2019, p. 98). E a estas características o autor defende que a astronomia pode ser uma ciência que proporciona a integração entre a teoria e a prática. E, além disso, a astronomia

é uma ciência fundamental para a formação do cidadão. Ela envolve uma combinação de ciência, tecnologia, cultura e é uma ferramenta poderosa para despertar o interesse em ciência exatas e naturais, como física, biologia, química e matemática. O fato de que o estudo da astronomia engloba todas essas áreas, mostra a relevância do ensino dessa disciplina (ALVES, 2018, p. 16).

Para Cardinot e Namen (2017), a astronomia contribui para o desenvolvimento da física, como também o de outras ciências. Ela é importante e interessante por si só. “Ela lida com a origem das estrelas, planetas e da vida na Terra, revelando um universo repleto de variedades e belezas, o que promove a curiosidade, imaginação e a vontade da exploração e da descoberta” (CARDINOT; NAMEN, 2017, p. 69).

É unanimidade, para todos os autores defensores do ensino de astronomia referenciados no presente trabalho, que a astronomia por si só tem uma grande capacidade de despertar interesse e curiosidade nos estudantes. Com as palavras de Aguiar (2010)

De formas diferentes, mas partindo de uma mesma essência comum, que é o desejo intrínseco à humanidade de entender sua origem e seu destino, a maioria das pessoas se sentem fascinadas pela Astronomia e pelas explicações que ela procura e propõe. Na juventude esta atração parece se intensificar e nada mais justo que a escola se debruçar sobre este assunto (AGUIAR, 2010, p. 16).

Cabe aos educadores modular perguntas, reorganizar conceitos e ideias. Expor respostas dos questionamentos levantados pelos estudantes é essencial para a promoção do debate, mas também é importante destacar que alguns tópicos de astronomia e astrofísica não se tem resposta fechada e exata. Enquanto outras perguntas já são obsoletas, como exemplo o debate "terra plana", pode-se dizer que debatê-las é uma grande perda de tempo. No entanto, existem grupos extremistas que tomam as mídias e redes sociais intencionalmente na busca de gerar ondas de desinformação e *fake news*.

Contudo, o ensino de astronomia na educação básica é muito promissor, pois ele engloba uma infinidade de conceitos que podem ser traspostos através de modelização e que ainda possuem, segundo lago, caráter fortemente interdisciplinar o que possibilita ser articulada com várias áreas do conhecimento humano.

2.3 INSERÇÃO DE TÓPICOS DE ASTROFÍSICA NO ENSINO MÉDIO: DILEMAS A SEREM SUPERADOS

Nas sociedades contemporâneas, muitos são os exemplos da presença da Ciência e da Tecnologia, e de sua influência no modo como vivemos, pensamos e agimos (BRASIL, 2018, p. 547).

Vivemos em um mundo rodeado de tecnologias, cujo desenvolvimento ocorreu com base em vários estudos de diversas áreas. As tecnologias modificam como vivemos em sociedade. Posto isso, os estudantes devem ainda na escola ter uma formação básica sobre a produção dessas tecnologias. No entanto, como bem-apresentado por Fraga (2018), a escola média atual objetiva-se em preparar os alunos para entrarem nas universidades, através das avaliações externas, como o Exame Nacional do Ensino Médio (ENEM)⁹ e os vestibulares (FRAGA, 2018, p. 12).

No Estado do Ceará, existe ainda o Sistema Permanente de Avaliação da Educação Básica do Ceará (SPAECE)¹⁰. Esta avaliação externa molda como será os conteúdos visto em sala de aula. Cabe-nos ressaltar que o problema não é as avaliações externas, mas sim a forma com que é pensado o planejamento pedagógico em torno delas. Neto (2013) em sua tese de doutorado é bem incisivo ao destacar que “a aprendizagem não pode ser compreendida fora do direito à educação, assim como é o ensino de qualidade” (NETO, 2013, p. 39). E apresenta uma leitura sobre o posicionamento do MEC a respeito das avaliações externas que ele trata como teste, Neto (2013) afirma:

Ao que parece, os dirigentes do MEC procuram interpretar à sua maneira a LDB, de forma a justificar, pelo menos em parte, o aumento dos testes, pois se dentro da lógica utilizada, a aprendizagem da leitura, da escrita e do cálculo é um direito, os testes para medir a aprendizagem seriam instrumentos para garantir o cumprimento desses direitos (NETO, 2013, p. 39).

No entanto, o que acontece é que o ensino é tornado mecânico e engessado. Mecânico no sentido de prática pedagógica repetitiva de modo a decorar conteúdos e engessado no sentido de não abrir a possibilidade de aprender e ensinar conteúdos que estão fora do currículo escolar.

⁹ O Exame Nacional do Ensino Médio - ENEM foi instituído em 1998, visando avaliar o desempenho escolar dos estudantes ao término da educação básica. O exame aperfeiçoou sua metodologia e, em 2009, foi utilizado como mecanismo de acesso à educação superior, por meio do Sistema de Seleção Unificada (Sisu), do Programa Universidade para Todos (ProUni) e de convênios com instituições portuguesas. Os resultados do Enem continuam possibilitando o desenvolvimento de estudos e indicadores educacionais. Fonte: Ministério da Educação, Exame Nacional do Ensino Médio (Enem). Disponível em: <https://www.gov.br/inep/pt-br/areas-de-atuacao/avaliacao-e-exames-educacionais/enem>. Acesso em 19 jan. 2021.

¹⁰ O Sistema Permanente de Avaliação da Educação Básica do Ceará (SPAECE) foi implementado em 1992 pela Secretaria da Educação (SEDUC), visando promover um ensino de qualidade e equânime para todos os alunos da rede pública do estado. Disponível em: <http://www.spaece.caedufjf.net/o-sistema/o-spaece/>. Acesso em 12 fev. 2021

Por esta razão, lançamos a proposta de inserir tópicos de astrofísica na educação básica, pois compreendemos haver uma relação entre física clássica e a astronomia, bem como a física moderna e contemporânea (FMC) com astrofísica, pois como defendido por Fraga (2018):

As Novas Tecnologias surgem a partir dos estudos da FMC e dão origem às novas áreas de estudo como é o caso, por exemplo; da computação, da nanotecnologia, da espectroscopia, astronomia e podemos ver suas aplicações nos satélites, GPS, microprocessadores, etc. Na medida que elas se transformam vão modificando os processos de interação social, deixando o mundo cada vez mais tecnológico e nos levando para o que alguns historiadores chamam de revolução técnico-científica (FRAGA, 2018, p. 13).

Nesta perspectiva, justificamos a importância da inserção de tópicos de astrofísica no EM, pois mesmo compreendendo ser desafiador ensinar física, astronomia e astrofísica na educação básica, entendemos que estas áreas do conhecimento quando bem planejadas proporcionam um maior interesse aos estudantes, visto que, abordam conceitos que aguçam a curiosidade e despertam a compreensão das novas tecnologias e impactos gerados a vida humana.

No final da década de 80 e início da década de 90, algumas mudanças começaram a aparecer, com a inserção de alguns tópicos de FMC nos livros didáticos. No entanto, eram apresentadas superficialmente e sem conexão com os textos anteriores. Mesmo com esses “enxertos”¹¹ havia diversas críticas aos currículos escolares, pois muito pouco ou quase nada se falava de FMC, Aguiar (2010).

Sem querer profetizar, acreditamos que a física desenvolvida e consolidada no século XXI não será versada em sala de aula devido ao engessamento do currículo e pela redução da carga horária apresentado na BNCC, que já está em vigor. A maior ênfase é dada a física clássica, com toda sua importância, e deve sim ser mantida. No entanto, é preocupante, pois não sabemos como se dará de fato a aplicação da BNCC no ensino fundamental, para que o novo ensino médio¹² seja realmente um aprofundamento do ensino fundamental.

Como ironizado por Zanetic (2006): "No final do século passado eu costumava dizer que precisamos levar a física do século XX para a sala de aula antes que ele (o século XX) acabasse"(ZANETIC, 2006, p. 41). Porém, segundo Aguiar (2010), o século XX passou e a situação mudou muito menos do que se esperava. Assim Zanetic (2006) refaz sua ironia ao afirmar “que precisamos colocar a física de qualquer século na sala de aula antes que ela (a física na escola) acabe!” (ZANETIC, 2006, p. 41). Pois infelizmente o ensino de física vem sendo cada

¹¹ Termo usado por Aguiar (2010) para falar da superficialidade no currículo de física.

¹² É um modelo de aprendizagem por áreas de conhecimento que permitirá ao jovem optar por uma formação técnica e profissionalizante, assim ao final do ensino médio o aluno receberá além do certificado do ensino médio regular o certificado do curso técnico ou profissionalizante ou dos itinerários formativos que cursou ao longo dos três anos, e é importante destacar que nem todas as escolas terão o ensino profissionalizante.

vez mais desvalorizado e na atualidade não se enquadra mais nem como disciplina obrigatória na BNCC. Essa não obrigatoriedade se apresenta como um grande desafio para inserção de conteúdos de astrofísica.

Sabemos que a BNCC ressalta a importância do ensino de astronomia e compreende que área de ciências da natureza incentiva no desenvolvimento científico dos alunos. Com a astrofísica ajudando a compreender o que está além do sistema solar, aprofundando as leis físicas. Portanto, a elaboração de uma sequência didática para o ensino de tópicos de astronomia é bastante interessante, pois através dela consegue-se facilitar a compreensão e incentivar o educando na formação científica, sendo esta uma área muito atual por si só que tem grande capacidade de despertar bastante interesse.

Cestari (2018), apresenta *uma proposta de ensino de fundamentos em astronomia e astrofísica via ensino sob medida*, dividindo-a em duas grandes áreas, pois segundo ele:

a Astronomia relacionada à dinâmica celeste que procura conhecer a posição, o movimento e as leis que esses astros descrevem e a Astrofísica, que é uma área da Astronomia que aplica conceitos físicos para explicar, por exemplo, a fonte de energia de uma estrela – fusão nuclear ou até mesmo é a utilização do efeito Doppler para explicar o desvio da radiação de fundo do universo para o vermelho – red shift (CESTARI, 2018, p. 24).

Na educação tudo deve ser previamente pensado, organizado e executado. Portanto, é necessário planejar a melhor forma de inserir a astrofísica em sala de aula, pois mesmo sendo uma área da ciência que desperta grande interesse e curiosidade nos estudantes, ela é bem ampla e complexa.

Na prática a realidade é outra. O currículo escolar é extenso, a carga horária é mínima e o tempo de planejamento é insuficiente. As escolas são desestruturadas e não possuem ferramentas e suporte aos professores. Os docentes são mal remunerados, com turmas extremamente numerosas e como se não fosse pouco, ainda existe a burocratização do ensino. Desta forma, é necessário rever todo o sistema educacional, pois nem só de boa vontade se transforma a educação. Apesar de não haver na maioria dos cursos de graduação em física disciplinas voltadas a astronomia e astrofísica, existe também uma necessidade de capacitação dos professores.

3 REFERENCIAL TEÓRICO - UMA ABORDAGEM TEÓRICA NA PERSPECTIVA DE MARIO BUNGE

Debruçamos sobre a teorização de modelos proposta pelo filósofo defensor do realismo crítico¹, Mario Bunge². P.h.D. em ciências físico-matemáticas, filósofo fundamentalista e ex-professor catedrático de física teórica e de filosofia da ciência. Entre tantos trabalhos e premiações, Bunge apresentou suas teorias e as contrapôs sobre os inúmeros problemas da filosofia da ciência. Em um de seus trabalhos teoriza e dá destaque ao conceito de modelos de modo a promover melhor compreensão sobre modelização em busca de enaltecer a valorização do conhecimento científico. Deste modo, efetuaremos uma revisão literária da obra *Teoria e Realidade*³ e ainda incorporaremos outras obras do autor que fazem menção aos modelos teóricos. Recorreremos também a artigos relacionados à teorização bungeana.

Bunge (2017b), destaca que a Segunda Guerra Mundial subverteu o modo tradicional de pesquisa, ressaltou o valor das teorias e utilizou-se da matemática, pois, “toda teoria específica é, na verdade, um modelo matemático de um pedaço da realidade” (BUNGE, 2017b, p. 10). Visto que as produções tecnológicas de cada época eram usadas na mediação ou na promoção dos conflitos. E com este intuito, se foi e ainda se é investido em ciência e tecnologia. Ainda dentro deste cenário “começa-se a compreender que o objetivo da pesquisa não é acumulação de fatos, mas sua compreensão” (BUNGE, 2017b, p. 12).

Também é pertinente apresentar o contexto histórico em que ocorreu essa subversão, pois no período anterior a Guerra se observava, “se classificava e se especulava”. Agora, pós-guerra, “se acrescenta a construção de sistemas hipotético-dedutivos e se procura pô-los à prova experimentalmente” (BUNGE, 2017b, p. 11). E por consequência, enfatizamos a importância de trabalhar modelos científicos e utilizar a linguagem científica e matemática que

¹ De acordo com (SAYER, 2020, p. 18) "o realismo crítico reconhece que os fenômenos sociais são intrinsecamente significativos e, portanto, que o significado não é apenas uma descrição exterior dos fenômenos sociais, mas constitutivo dos mesmos (embora, obviamente, também existam constituintes materiais). Significado deve ser compreendido, não podendo ser medido ou contado e, assim, sempre existe uma dimensão interpretativa ou hermenêutica na ciência social". [p. 126-127]Prado destacam que "realismo crítico: a ênfase na questão da ontologia; a ideia da existência de um mundo real que independe de nosso conhecimento dele; crítica às abordagens pós-modernas e pós-estruturalistas, bem como àquelas que conferem primazia “exagerada” à linguagem; as acusações de que o construcionismo social se tornou falacioso ao repetir que tudo é socialmente construído; e a defesa da importância da relação entre agência e estrutura".

² Nascido em Buenos Aires em 1919, Bunge [...] era físico de formação, tendo sido professor de física e de filosofia na Argentina antes de radicar-se no Canadá (1966), onde trabalhou na McGill University. Lecionou em numerosas universidades européias e norte-americanas. No Brasil, foi professor da Unicamp (CUPANI; PIETROCOLA, 2002, p. 101, grifo nosso). Mario Bunge faleceu com 100 anos, no dia 25 de fevereiro de 2020 em Montreal, Canadá.

³ Faz parte da Coleção Debates - filosofia da ciência. Trata-se da tradução de Gita K. Guinsburg da 1ª edição de 1974. Utilizamos a 3ª reimpressão de 2017.

são fundamentalmente importantes para a construção do conhecimento científico, visto que, sem alfabetização científica ficamos a mercê do sistema hipotético-dedutivo. De uma maneira mais clara, para apropriarmos do conhecimento científico temos que concretizar a transposição e a aproximação entre linguagem científica e a linguagem comum/popular, pois a descentralização científica⁴ objetiva-se em disseminar o conhecimento e torná-lo acessível a todos os públicos.

Neil de Grasse Tyson e Donald Goldsmith, trazem uma reflexão bem plausível a esta dissertação, afirmando que, “como todas as tentativas de progresso humano, a abordagem científica funciona melhor na teoria do que na prática” (TYSON; GOLDSMITH, 2015, p. 14), e isso se dá pela dificuldade da transposição didática, pois a tradução de uma teoria científica para uma representação utilizando-se da modelagem não é trivial, de modo que não se pode simplesmente "simplificar" a teoria, mas sim, adaptá-la a uma nova linguagem.

Esta busca de simplificação não é tão fácil, pois “se um dado modelo não oferece todos os detalhes que interessam, pode-se-á em princípio complicá-lo” (BUNGE, 2017b, p. 14). E não é isso que buscamos com a utilização da modelagem. Pois, entendemos como primordial o detalhamento das teorias sem complicá-las, concordando com Bunge (2017b, p. 14), que a “formulação de cada modelo começa por simplificações” (BUNGE, 2017b, p. 14), que facilitem a interpretação das teorias, mesmo sabendo que os “sistemas hipotéticos dedutivos”, segundo Cupani e Pietrocola (2002, p. 105), muitas vezes são abstratos e descontextualizados do convívio social e intelectual dos indivíduos, pois “dão uma explicação aproximada de um setor da realidade” (BUNGE, 1969, p. 425 *apud*. CUPANI; PIETROCOLA, 2002, p. 105).

Finalmente buscaremos, sem mais delongas, explorar alguns modelos estabelecidos por Mario Bunge, enfatizando os conceitos que serão mais pertinentes a esta dissertação.

3.1 MODELOS E MODELAGEM

Iniciamos aqui por tentar definir os termos modelo e modelagem. E para tal fim é oportuno iniciar com as seguintes indagações: “*O que são modelos?*”; “*Qual ou quais as finalidades dos modelos?*”, e “*O que caracteriza um modelo?*”.

Deste modo quando pensamos e/ou falamos o termo modelo, já temos uma ideia pré-estabelecida sobre o que é, qual a finalidade e como se caracteriza. No entanto, dependendo do

⁴ Segundo o Centro de Gestão e Estudos Estratégicos (CGEE), no Brasil, o processo de descentralização do fomento em CT&I [Ciência, Tecnologia e Inovação] é relativamente recente. Vem avançando de forma muito intensa nos últimos dez anos, *pari passu* com o fortalecimento do Sistema Nacional de Ciência, Tecnologia e Inovação (SNCTI), e contrasta com a centralização que pôde ser observada nas décadas de 1970 e 1980 (BRASIL, 2010, p. 09, grifo nosso).

nível cultural poderemos associar a palavra a outras áreas e por analogia estabelecer significados. Por exemplo, a palavra modelo vista por um indivíduo que trabalha na área da moda, tem função quase que exclusivamente de promover, exhibir, e dar destaque a um determinado objeto.

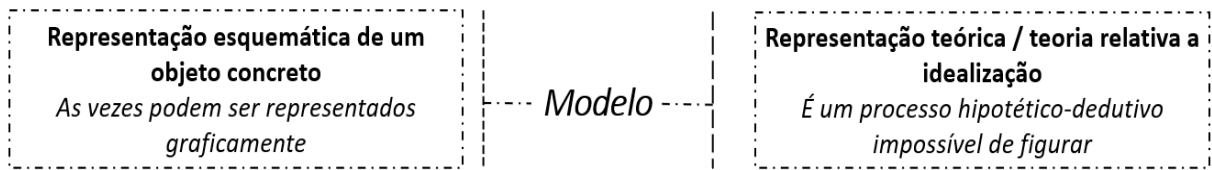
Portanto, por analogia, temos que o modelo científico apresentará as mesmas finalidades, promover, exhibir e dar destaque. Além disso, os modelos defendidos por Mario Bunge na área de filosofia da ciência são úteis para análise de hipóteses e tem como finalidade a testagem das teorias, por serem incrementos aos conhecimentos científicos (MACHADO; CRUZ, 2011).

Concordamos com o princípio que modelos são aparatos bem elaborados úteis para analisar hipóteses e testar teorias, além de incrementá-las ao conhecimento científico. Assim é igualmente válido destacar o conceito de Rosário Justi (2015) sobre o conceito de ciência, que segundo a autora, a “ciência é um empreendimento humano”, ou seja, é uma ação que gera efeitos e possui resultados que nem sempre conduzirão à verdade absoluta, visto que eles podem ser modificados por novas descobertas científicas. A ciência é “motivada pela curiosidade de entender o mundo”, não só o mundo terrestre, como também todo Universo. Desta forma, conhecer a vizinhança solar é apenas um pequeno passo para a expansão dos conhecimentos científicos a respeito do Universo.

Conforme Bunge (2017b), o termo ‘modelo’ designa uma variedade de conceitos que é necessário distinguir, e “apesar do amplo consenso da importância dos modelos, não há, na área da educação científica, uma definição única de modelo. Um dos motivos para isso talvez esteja na própria filosofia da ciência⁵” (MACHADO; CRUZ, 2011, p. 2). Assim, nos motivamos a definir o modelo na perspectiva bungeana, em que são entidades fundamentais que proporcionam uma compreensão conceitual da realidade. Logo, concordamos com Machado e Braga (2020), ao afirmar que o modelo científico de Mario Bunge desempenha um papel mediador, pois em ciências da natureza, conforme Bunge (2017b), há dois principais modelos: “o modelo enquanto representação esquemática de um objeto concreto e o modelo enquanto representação esquemática teoria relativa à idealização” Bunge (2017b, p. 28-29). Como esquematizado na figura 2 a seguir.

⁵ Campo no qual também esse conceito é entendido de diferentes formas.

Figura 2 – Esquemática de modelo de objeto concreto e idealizado



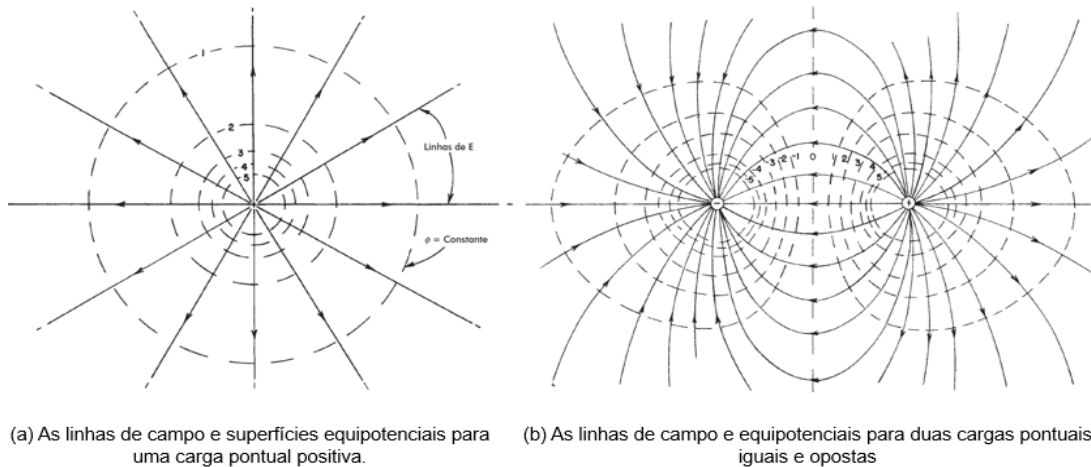
Fonte – Elaborada pela autora.

Bunge (2017b, p. 30) enfatiza que “todo modelo é parcial e aproximativo: não apreende senão uma parcela das particularidades do objeto representado”. Assim, mesmo que haja representação esquemática de um objeto concreto de forma gráfica, como, por exemplo, uma fotografia de um conjunto de estrelas, podemos até identificar a constelação, no entanto, com esta única fotografia não é possível determinar as distâncias das estrelas. E o mesmo é válido para as representações teóricas que fazem parte do processo hipotético-dedutivo e são impossíveis de figurar. E estas operações resultam em uma representação conceitual do objeto, que Bunge define como objeto-modelo, que Machado e Braga (2020) exemplificam como: massas pontuais, corpos rígidos, ondas eletromagnéticas, etc.

Deste modo, não basta definir o que é um modelo, deve-se compreendê-lo, pois um modelo refere-se a representações de hipóteses e/ou de teorias. E através deles podemos representar uma teoria já estabelecida, facilitando assim o ato de compreensão e diminuindo o grau de abstração em torno dela.

No eletromagnetismo, por exemplo, as linhas de campo elétrico e magnético são representações esquemáticas de um objeto concreto. E apesar de o eletromagnetismo ser um tanto abstrato, utilizando-se da modelagem para a construção dos objeto-modelo, podemos representar a teoria de forma gráfica, assim como pode ser observada na representação de Feynman e Leighton (2008), figura 3.

Figura 3 – Representação esquemática de um objeto concreto relacionado ao eletromagnetismo: representação das linhas de campo elétrico.



Fonte – Feynman e Leighton (2008).

Podemos ainda em outras áreas da física representar a teoria através de modelos. Na termodinâmica, por exemplo, ao olhar para um diagrama da pressão pelo volume, conseguimos quase que imediatamente dizer o que está acontecendo com o sistema. Conseguimos descrever quais transformações estão acontecendo, pois, segundo Bunge (2017b), ao converter coisas concretas em imagens conceituais, temos um melhoramento do objeto-modelo, que se torna cada vez mais rico ao expandi-lo em modelos teóricos progressivamente complexos e fieis aos fatos. Sendo esta reformulação e aprimoramento a modelos teóricos cada vez mais fiéis e complexos torna-se "o único método efetivo para compreender a realidade pelo pensamento" Bunge (2017b, p. 30). Assim o objeto-modelo, diagrama pressão-volume, é um modelo esquemático útil para compreensão da teoria geral, neste caso a termodinâmica.

Desta forma, cabe-nos ainda compreender, segundo Machado e Cruz (2011), que o modelo teórico está contido na teoria geral, pois afirmando este pensamento o “modelo teórico implica a teoria geral, isto é, o genérico se deduz a partir do específico” (BUNGE, 1980 apud MACHADO; CRUZ, 2011, p. 891). Ou seja, o modelo teórico é aproximativo, pois se trata de uma representação e não da sistematização da teoria. E Bunge (2017b) afirma que, em geral, os modelos conceituais e seus ambientes são construídos apenas por humanos e diz ainda que a “noção de representação pertence à semântica⁶” Bunge (2017b, p. 23).

⁶ “Alguns cientistas e filósofos da ciência que defendem a abordagem semântica (entre eles, Frederick Suppe, 1977 e Bas Van Fraassen, 1980) sustentam que as teorias científicas devem ser interpretadas como “coleções ou famílias de modelos” (DUTRA, 2005/2006 apud SILVA; CATELLI, 2019, p. 3). Silva e Catelli (2019), ainda traz em seu texto que objetos matemáticos também denominados por ele de “semânticos” ou “metamatemáticos”, e o modelo matemático na abordagem semântica é utilizado pelos lógicos para julgar se os teoremas que emergem

Enquanto as Teorias gerais,

“por si mesmas, não podem ser testadas. Um motivo para isso é o fato de que, justamente por serem gerais, não fazem nenhuma previsão específica sem que se lhes acrescente hipóteses adicionais. Portanto elas não geram, sozinhas, proposições contrastáveis com algum tipo de dado empírico” (MACHADO; BRAGA, 2020, p. 09)

Em física já sabemos que algumas teorias gerais, ou leis fundamentais são axiomatizadas, ou seja, não são demonstráveis, pois partimos delas para construir e dar sentido a outras leis não fundamentais. Um exemplo básico de lei fundamental axiomatizada, ou teoria geral em física é o Princípio da Conservação de Energia, que não sabemos porque a energia se conserva, mas sabemos que se trata de um axioma fundamental da termodinâmica⁷. Deste modo, o conceito de força é fundamental para a mecânica, assim como, o Princípio de Conservação de Energia é fundamental para a termodinâmica. Pois, conforme Bunge só é possível efetuar uma análise exata de uma teoria física depois que ela for formulada de um modelo pleno e consistente, após ser axiomatizada. Em resumo, as teorias gerais podem ser apoiadas ou enfraquecidas pelos testes de seus modelos teóricos, mas não provadas ou refutadas.

3.2 OBJETO MODELO E MODELO TEÓRICO

Nem sempre estamos certos que é preciso modificar. Mas sabemos que é preciso sempre procurar aperfeiçoar as ideias e que, se o fizermos passo a passo acabaremos por ter êxito - até novo aviso, Bunge (2017b). Sabendo-se que uma “teoria científica não se aplica ao objeto real ao qual se refere” (MACHADO; CRUZ, 2011, p. 889). A teorização bungeana elucida que “não basta esquematizar” um modelo, é necessário descrevê-lo detalhadamente conforme as leis gerais conhecidas, Bunge (2017b). Em outras palavras, é imprescindível construir uma teoria do objeto-modelo, em suma um modelo teórico⁸ (BUNGE, 2017b, p. 16). Pois o modelo teórico trata-se de um “sistema hipotético-dedutivo que concerne a um objeto-modelo, que é uma representação conceitual esquemática de uma coisa ou de uma situação real, ou suposta como tal” (BUNGE, 2017b, p. 16).

de uma determinada teoria são verdadeiros ou falsos, aponta. Estes cientistas e filósofos da ciência, de modo geral (exceto Van Frassem) (SILVA; CATELLI, 2019, p. 03, grifos nossos).

⁷ Citação de Helmholtz e replicada por Moisés H. Nussenzweig (1997), “chegamos a conclusão que a natureza como um todo possui um estoque de energia que não pode de forma alguma ser aumentada ou reduzida [...]” assim por “volta de 1860 o Princípio de Conservação de Energia [...] havia sido reconhecido como um princípio fundamental, aplicável a todos os fenômenos conhecidos” Nussenzweig (1997, p. 169, grifos nossos).

⁸ Bunge (2017b) em sua obra também utiliza o termo “teoria específica” para se tratar dos modelos teóricos, que conforme Machado e Cruz, a teoria específica é a mediação entre a teoria geral e objeto-modelo que resulta em um sistema hipotético dedutivo.

Apesar do objeto-modelo fazer uma representação de uma situação real, essa representação, segundo Machado e Cruz (2011), é uma descrição parcial, pois alguns dos seus aspectos é ignorado. E ainda “a escolha dos aspectos relevantes será determinada pelo objeto do investigador” (MACHADO; CRUZ, 2011, p. 890). E para todos os casos,

o objeto-modelo é inevitavelmente parcial e aproximativo. Embora seja uma versão idealizada e abstraída do objeto real, concebida de forma a representar apenas parte dos traços do seu referente, a construção dos objetos-modelo envolve operações que não são arbitrárias, mas sim objetivas, isto é, com uma intenção realista (MACHADO; CRUZ, 2011, p. 890).

E para Bunge (2017b, p. 15), a construção de “modelos conceituais por si só poderão nos dar uma imagem simbólica do real”. Desta maneira, a modelagem pode ser utilizada como aparato educacional, a fim de apresentar aspectos simbólicos da realidade.

O conceito de realidade no pensamento bungeano, conforme Machado e Braga (2020), consiste na agregação de todas as coisas que mantêm entre si relações espaço-temporais. “A realidade de um objeto consiste em ser ele parte do mundo”. Em outras palavras, “uma “coisa real” no contexto do conhecimento físico” (BUNGE, 1977 *apud* MACHADO; BRAGA 2020, p. 09), sem atribuições sociais e/ou emocionais, pois não devemos asseverar que elas o são, por exemplo, construtos⁹ que embora exista conceitualmente, não são dotados de realidade..

Não podemos “confundir coisas reais com nossos modelos — uma peça de pensamento mágico” (BUNGE, 2017a, p. 32). Ou seja, não podemos atribuir aos modelos uma imutabilidade, pois eles tratam de representações, e não de teorias absolutas que condiz perfeitamente com o real, logo são mutáveis, pois os fatores de referência podem mudar.

Exemplificamos a partir da criação de um modelo teórico representativo de um grupo de estrelas dentro de um raio desejado. No entanto, ao analisar a teoria, em algum momento este modelo poderá ser inválido, seja devido à mudança na teoria ou às mutações no sistema, visto que uma estrela possui um ciclo de vida, podendo ela “morrer” e dispersar matéria pelo Universo ou colapsar de modo a tornar-se um objeto compacto. Temos assim uma mudança no modelo, pois não representará mais a realidade daquela região. Porém, de contrapartida, ousaria dizer que este modelo representativo é um “modelo semi-perfeito”, pois em escalas astronômicas o surgimento de fatores que alterem este modelo levariam milhares de gerações terrestres, de modo a mantê-lo válido por milhares de anos.

⁹ Conforme Kerlinger, (1973) *apud* Davoglio e Santos (2017, p. 775) construtos são conceitos que envolvem níveis mais abstratos de representações mentais, construídos intencionalmente como edificações ideativas do plano mais simples ao mais complexo, portanto, passíveis de serem decompostas. Em outras palavras, em ciência construtos referem-se a conceitos teóricos que não podem ser observados diretamente, os construtos têm relação com os sentimentos e personalidade dos indivíduos.

No entanto, Bunge (2017b) afirma que “todo modelo teórico é, no melhor dos casos, um quase-modelo, no sentido que suas fórmulas são aproximadamente satisfeitas pelo real. Não há, pois, identidade entre o modelo teórico e semântico” (BUNGE, 2017b, p. 29). E ainda afirma: “Todo modelo teórico é parcial e aproximativo: apresentando senão uma parcela das particularidades do objeto representado” (BUNGE, 2017b, p. 30).

Bunge (2017b) deixa claro que os objetos-modelo são representações esquemáticas de objetos reais, e que uma representação pictórica não substitui o objeto-modelo do tipo conceitual, pois os objetos-modelos são representações conceituais, já que “são essencialmente ideias sobre seus referentes. Esse aspecto é o que permite que sejam encaixados em teorias gerais” (MACHADO; BRAGA, 2020, p. 09).

Para facilitar a compreensão do que é um objeto-modelo, podemos novamente analisar um sistema estelar. Neste caso, observando um único objeto, uma estrela. Sabendo-se que as estrelas têm, em geral, um movimento de rotação que pode ser constatado pelo deslocamento das manchas solares, sendo uma consequência do movimento e ocasiona desvio em sua esfericidade o que pode ter implicação no estudo de sua estrutura. Ao imaginarmos uma esfera rotacionando e tendo sua excentricidade deformada devido à rotação, estamos de certa forma ao imaginando uma representação esquemática do objeto-modelo, no caso o movimento da estrela.

Schappo (2010), apresenta um exemplo mais comum na termodinâmica,

podemos tomar o gás ideal como sendo um gás onde as dimensões das moléculas e as perdas de energia nas colisões entre elas são desprezadas, sobrando apenas pontos materiais dotados de velocidade, onde a energia total se conserva. Nesse sentido, temos o objeto-modelo gás ideal, cujas características são as partículas descritas como pontos materiais com velocidade, e a conservação da energia. Para estudar o comportamento do objeto-modelo, é preciso inseri-lo numa teoria geral, como a mecânica clássica, resultando em um modelo teórico, que neste caso é a teoria cinética dos gases ideais (SCHAPPO, 2010, p. 22).

Voltando ao exemplo da rotação das estrelas a teoria geral é a mecânica celeste, pois estuda o movimento dos astros, assim a cinemática estelar satisfaz a definição de modelo teórico e caso efetuássemos uma animação ou um gif deste movimento gerando as manchas solares e o achatamento de sua esfericidade, teríamos um modelo teórico representativo. Ou simplesmente um objeto-modelo.

Portanto, na perspectiva epistemológica construtivista de Mario Bunge, os modelos bem como a modelização têm papéis fundamentais na construção do ensino de ciências e estes podem ser bem trabalhados junto aos objetos-modelos e modelos teóricos.

3.3 MODELO CONCRETO

Sabemos que as “teorias oferecem uma representação do setor da realidade” (CUPANI; PIETROCOLA, 2002, p. 106), que podem ser apresentadas de diversas formas, que vão “além do sistema hipotético-dedutivo e, portanto, teórico” (MACHADO; CRUZ, 2011, p. 891), de modo que, a realidade pode ser representada de forma esquemática através das representações visuais, que para Bunge (2017b) são denominadas como “modelos concretos”, e ele ainda as caracteriza como ‘coisa’, que segundo ele:

uma coisa [teoria/objeto-modelo] pode ser representada, de modo mais ou menos esquemático, por um desenho ou desenho animado, que será então um modelo concreto da coisa. Tal representação será literal ou simbólica, figurativa ou iterativamente convencional. Em todo caso será parcial, pois ela há de supor que certas propriedades das coisas não merecem ser representadas, quer porque são secundárias, quer porque as uvas estão ainda muito verdes (BUNGE, 2017b, p. 25, grifo nosso).

Além do sistema hipotético-dedutivo, portanto teórico, o termo “modelo” aparece também na obra de Mario Bunge (2017b) sobre representações esquemáticas visuais de uma coisa, no caso objetos-modelos que serão representados por modelos concretos, ou seja, desenhos, animações, símbolos, diagramas simbólicos, maquetes e análogos.

Com relação às representações em formas de imagens, Frederico e Gianatto (2018), afirmam que elas “podem desempenhar um papel extremamente importante, justamente por suas propriedades de representação”, pois segundo os autores as imagens não são apenas um “acessório dinamizador”. Mas também, “capazes de contribuir para a aprendizagem de conceitos físicos” (FREDERICO; GIANATTO, 2018, p. 201). Se ampliarmos esta concepção ao pensamento bungeano, chegamos à conclusão que um modelo concreto “pode ser representada de muitas maneiras, que não serão necessariamente isomorfas, [...], e a variedade das representações só será limitada por nossa imaginação” (BUNGE, 2017b, p. 25, grifo nosso).

3.4 PORQUE PENSAR UM MODELO?

É da natureza humana não somente observar, mas também explicar, tudo aquilo que a rodeia. Os antigos utilizaram os elementos de que dispunham em sua época para criar complexos modelos para o Universo, que formam os mitos e lendas de que temos conhecimento nos dias de hoje. Eles estavam fundamentados nas religiões e na filosofia da época. Como todo o bom modelo, ele permitia extrapolações, e o curso das estrelas foi também utilizado para explicar o comportamento e o destino dos homens, com profundas consequências políticas e sociais. (FRÓES, 2014, p. 3504-3).

Podemos pensar um modelo que pode ser útil e significativo, que através dele seja possível a visualização e a interpretação física e/ou astrofísica da teoria geral por trás da modelagem utilizada. E assim trabalhar características notáveis ao objeto modelo estudado, desenvolvido e apresentado, e por consequência, o modelo intencionado poderá apresentar-se como uma versão simplificada ou audaciosa, e caberá ao olhar dos nossos alunos caracterizá-los como tal.

E de uma forma bem clichê, afirmamos que a astronomia é uma das ciências mais antigas. E apesar de não haver registros sobre sua origem, ela está presente em muitas culturas, nas quais foram encontrados diversos tipos de registros. A partir deles foi possível identificar alguns modelos celestes que eram influenciados por costumes e crenças dos povos antigos. Estes conhecimentos foram repassados para posteriores gerações conforme é explicado por Fróes (2014):

Milênios de observações astronômicas contínuas permitiram que diversas civilizações possuíssem conhecimentos astronômicos impressionantes, mesmo utilizando instrumentos muito simples para observações e mesmo para transmitir o conhecimento acumulado para novas gerações. Eles compreenderam que as estrelas visíveis no céu e a trajetória do Sol poderiam ser associadas às estações do ano e às transformações no clima. Perceberam também movimentos cíclicos muito mais sutis, como os dos planetas. Complexos calendários foram elaborados com base em tais conhecimentos (FRÓES, 2014, p. 3504-3).

Se voltarmos e compararmos com nossas sentenças anteriores, podemos afirmar que os modelos celestes são artefatos ou engenhos hipotéticos-dedutivos fundamentais para a construção do que hoje chamamos conhecimento científico. Assim como a astronomia é a mãe de todas as ciências, podemos ver os primeiros calendários como modelos representativos das estações do ano ou mapas celestes como irmãos mais velhos dos modelos que possuíam finalidade de estabelecer os períodos propícios à agricultura.

Olharemos para os primeiros modelos de mapas celestes como influência para elaboração de um modelo representativo que apresenta as estrelas em suas constelações como objetos-modelo numa modelagem um pouco mais tímida que a real, porém com grande potencial informativo nos aspectos de identificação e distribuição estelar do ponto de vista do globo terrestre.

Peixoto (2018), em sua tese de doutorado apresenta a astronomia como disciplina integradora e caracteriza seu objeto de estudo no que ele chama modelo astronômico tradicional, o qual segundo o autor é baseado fortemente “na observação por telescópios óticos”, denominada “astronomia clássica”.

Por astronomia clássica, entendemos a astronomia vinculada, diretamente, ao caráter geométrico da luz, tendo na observação dos astros e sua relação com a luminosidade seus principais aportes teóricos metodológicos. Os fenômenos mais abordados nesse modelo de astronomia estão associados principalmente ao sistema Sol-Terra-Lua e à observação dos astros na faixa do visível do espectro eletromagnético da luz, assim como ao estudo da gravidade e da sua influência na Terra (PEIXOTO, 2018, p. 27).

O autor ainda define o modelo de astronomia do século XXI como,

a astronomia realizada através da utilização da ótica física e de sua integração com diversas outras áreas acadêmicas, tais como biologia, física, química, geologia e meteorologia. O fruto dessa integração se deve, ao menos em parte, aos experimentos realizados por cientistas que se aventuraram no estudo do caráter ondulatório da luz. Atualmente, as observações realizadas pelos mais diversos tipos de telescópios, terrestres ou espaciais, se deve à integração da ótica física com outras ciências, possibilitando-nos a observação de astros outrora invisíveis aos nossos olhos (PEIXOTO, 2018, p. 27).

Para Lago *et al.* (2017), atualmente o cosmo é visto “pelos ‘olhos’ dos telescópios e da ciência com seus modelos e explicações” (LAGO; ANDRADE; LOCATELLI, 2017, p. 12). Esta perspectiva surge com Galileu Galilei, que ao apontar sua luneta para o céu, compreende a física dos céus como a mesma da Terra, enfatizando o uso da linguagem matemática e modelização para a descrição da natureza.

Já na astrofísica podemos pensar um modelo concreto que satisfaça a representação do grupo local de estrelas, de modo a caracterizar a teoria na busca de uma aproximação da realidade com o modelo. No entanto, compreendendo as limitações, pois não é possível em tese transpor a teoria geral para um modelo teórico representativo, pois há sempre perdas, que podem ou não ser significativas. Na "teoria da aprendizagem dificilmente há uma teoria genérica: cada modelo de aprendizagem é uma esquematização de um certo tipo de experimento, e os modelos adequados nos diferentes casos parecem não adaptar-se a uma única teoria compreensiva" (BUNGE, 2017b, p. 35).

Quando o modelo tem por objetivo refletir, apresentar ou introduzir ideias ao ensino de ciências estas perdas são válidas, pois o ensino de ciências da natureza tem por finalidade o letramento científico, dado que consigamos despertar nos estudantes a “capacidade de compreender e interpretar o mundo (natural, social e tecnológico)” (BRASIL, 2018, p. 321), e fazendo-o compreender que a "representação é sempre parcial e mais ou menos convencional" (BUNGE, 2017b, p. 32).

3.5 A UTILIZAÇÃO DE MODELOS NO ENSINO DE CIÊNCIAS

Na área de Ciências da Natureza, os conhecimentos conceituais são sistematizados em leis, teorias e modelos. A elaboração, a interpretação e a aplicação de modelos explicativos para fenômenos naturais e sistemas tecnológicos são aspectos fundamentais do fazer científico, bem como a identificação de regularidades, invariantes e transformações (BRASIL, 2018, p. 548).

Concordamos com a BNCC (2018) que a elaboração e a aplicação de modelos explicativos são fundamentais para o ato de fazer ciência. Deste modo, destacamos aqui outros autores, como Santos (2019), Morais (2009), Cardinot e Namen (2017) e Longhini (2009) sobre a implantação de modelos no ensino de ciências da natureza. Pois “é fácil perceber que a astronomia está intimamente ligada a outras ciências fundamentais, como a Física, Geologia, Química e Matemática, desempenhando, assim, um papel central nas ciências naturais (CARDINOT; NAMEN, 2017, p. 69).

A própria BNCC apresenta, no texto base, a defesa da utilização de modelos em todas as áreas dos conhecimentos em toda a educação básica¹⁰. Sendo que o ensino de ciências deve promover situações nas quais os estudantes possam:

- Elaborar explicações e/ou modelos.
- Associar explicações e/ou modelos à evolução histórica dos conhecimentos científicos envolvidos.
- Selecionar e construir argumentos com base em evidências, modelos e/ou conhecimentos científicos (BRASIL, 2018, p. 323).

Assim, o estudante ao chegar no ensino médio deve ter noção sobre modelização, pois nos anos finais do ensino fundamental se espera, conforme a BNCC, que estes adolescentes tenham aprofundamento temático, relacionando a matéria e a energia, e seus impactos ambientais, de modo que “o aprofundamento da temática dessa unidade, que envolve inclusive a construção de modelos explicativos, deve possibilitar aos estudantes fundamentar-se no conhecimento científico” (BRASIL, 2018, p. 327).

Santos (2019) em seu trabalho defende a utilização de modelos cosmológicos contemporâneos como ferramenta para o ensino de Física Moderna. O autor faz uma exemplificação do cotidiano com finalidade de explicar por analogia a teoria newtoniana sobre a lei da gravitação universal, em seu exemplo ele diz que:

a mesma [lei da gravitação universal] relaciona a densidade de massa de um ponto com o campo gravitacional, essa lei descreve interação atrativa entre,

¹⁰ Segundo a BNCC, é composta pela educação infantil - EI, ensino fundamental - EF e ensino médio - EM, sendo o ensino médio, complementar ao ensino fundamental.

por exemplo, um apagador e giz até a interação entre duas estrelas de nêutrons. Esses tipos de raciocínios são de grande importância para que os discentes percebam que o modelo físico utilizado para descrever um apagador e um giz pode ser utilizado para outros fenômenos da natureza que podem despertar a curiosidades dos alunos (SANTOS, 2019, p. 26).

Assim, para Santos (2019), utilizar analogias para transpor exemplos do cotidiano à teoria geral, ou vice-versa, é uma forma de modelizar o ensino de física. Entretanto, para Bunge a modelização é um processo bem mais elaborado que requer um rigor mais científico. Assim, a simples analogia por si só não satisfaz a ideia de modelo teórico representativo que defendemos aqui, porém, admitimos que as analogias são relevantes e necessárias para associação da teoria com a realidade.

No mesmo trabalho Santos (2019), apresenta um segundo viés ao exemplo citado anteriormente, ao afirmar que:

Mesmo a teoria de Newton sendo chamada lei da gravitação universal, a teoria mais aceita para descrever esse campo é a Teoria da Relatividade Geral com a sua equação de campo [...], onde a mesma se resume as equações de Newton para o limite de um campo gravitacional fraco. O docente atuante pode passar para seus alunos essa outra visão de gravidade fundamentada pela Teoria da Relatividade Geral, o mesmo pode demonstrar em suas aulas como um objeto massivo deforma um pano elástico e como bolinhas de gude vão girar em torno desse objetivo mais massivo, esse tipo de ilustração serve de modelo para lecionar a dinâmica do sistema solar e apresentar uma outra abordagem do conceito de força gravitacional (SANTOS, 2019, p. 26, grifo nosso).

Já nesta abordagem enfatizamos o modelo representativo sobre como um objeto massivo deforma o espaço-tempo e esta deformação está ligada com a teoria geral que neste caso é o efeito da gravitação universal na Teoria da Relatividade Geral de Einstein.

Morais em seu livro *Gravitação e Cosmologia* afirma que a “mitologia constrói modelos baseados em mitos, os quais ilustram as primeiras tentativas para explicar o Universo de forma sistemática” (MORAIS, 2009, p. 18). Enquanto a cosmologia, ciência que estuda a estrutura e a evolução do Universo, “propõe modelos baseados em observações. Independentemente de se criarem modelos teóricos, estes têm de passar pelo crivo da observação” (MORAIS, 2009, p. 18).

Cardinot e Namen (2017) apresentam a utilização de modelos computacionais para o ensino de astronomia¹¹, ao trazerem os modelos computacionais ao debate sobre a ótica da inserção de ensino não formal utilizando-se de simulações representativas de chuvas de meteoros em um planetário virtual, enfatizam o quanto a ciência pode ser abstrata.

¹¹ para aqueles que possuem interesses em modelos computacionais indicamos a leitura na íntegra desse trabalho, pois os autores efetuam uma excelente revisão literária e aprofundam na utilização do software Stellarium como recurso didático para simulação de chuvas de meteoros.

Neste caso o grau de abstração pode ser minimizado através da utilização de modelos que podem ser unidimensional, bidimensional e/ou tridimensional como, por exemplo, os modelos computacionais. Bunge (2017b), defende que os modelos que representam sistemas tridimensionais, bidimensionais ou até mesmo modelos unidimensionais, são modelos audaciosos, e a computação tem esta capacidade de gerar este tipo de modelo, pois as ciências da computação, à medida que as ciências e tecnologias vão avançando, criam representações e animações gráficas que muito se aproximam do objeto ou teoria real.

Longhini (2009), traz em seu trabalho um relato de experiência vivenciada com alunos de graduação em Física. Entre tantos pontos levantados pelo autor, um dos objetivos era sondar conhecimentos prévios dos estudantes ao representar o Universo dentro de “uma caixa”¹². Para isto, o autor estimulava a produção de modelos representativos do Universo. No entanto, de acordo com Longhini (2009), os modelos fogem da realidade, pois os graduandos, em maioria, realizaram representação de um "universo miscelânea" (LONGHINI, 2009, p. 31). Ou seja, um universo misturado, apresentando uma representação bidimensional dos astros no interior da "caixa". Neste caso, o autor propõe a construção de um modelo que ao fim será contraposto ao modelo real.

Nosso trabalho tem uma proposta bem próxima ao de Longhini (2009), pois também buscamos a construção de um modelo representativo tridimensional que contenha um espaço amostral bem menor que o Universo. As estrelas contidas em um raio de 10 anos-luz da vizinhança solar, e, além disso, trabalharemos características pertinentes a astrofísica estelar. Concluimos que a ideia de modelo é bem mais ampla, podendo estar diretamente associado a uma teoria geral das ciências como também às teorias de aprendizagem, e cabe-nos identificar qual tipo de modelos usaremos em nosso processo de ensino e aprendizagem, considerando o aluno como peça fundamental, pois entendemos que para haver aprendizado o estudante deve está disposto a aprender.

¹² Na verdade, trata-se de uma estrutura cúbica feita com hastes de madeira, o esquema pode ser constatado na fonte no trabalho completo de Longhini (2009).

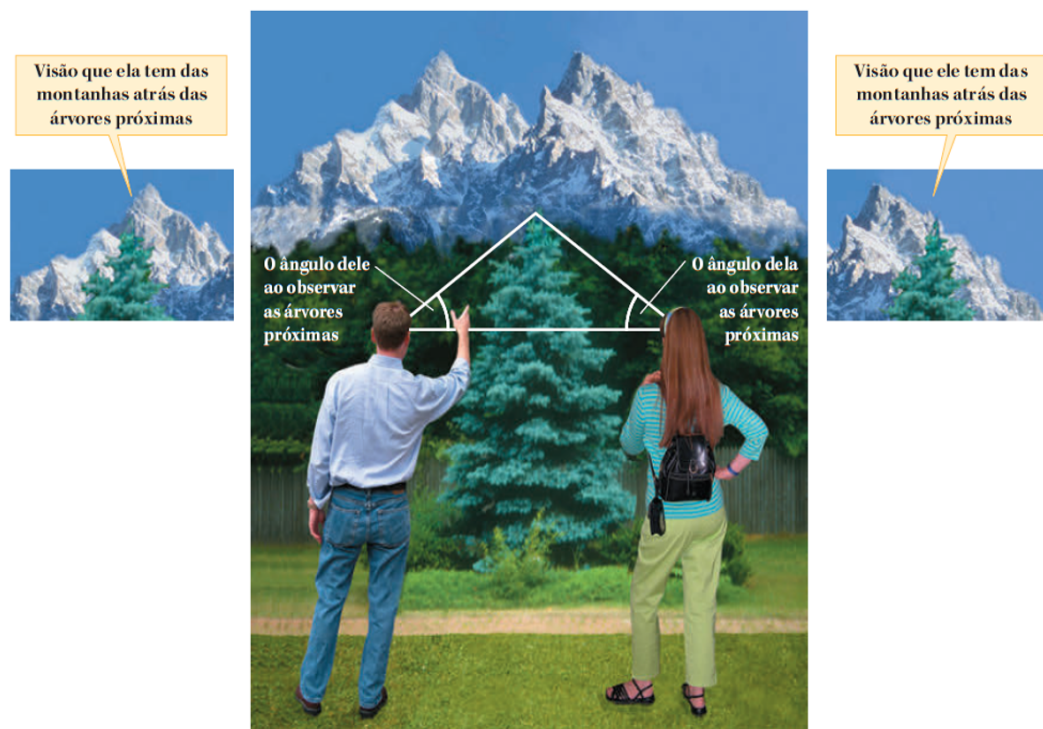
4 INTRODUZINDO E CONCEITUANDO A ASTRONOMIA E ASTROFÍSICA

Neste capítulo apresentaremos conceitos físicos referentes a astronomia e astrofísica estelar, iniciaremos apresentando o conceito de paralaxe e diferenciaremos a paralaxe geocêntrica e heliocêntrica. Em seguida, na seção 4.2 apresentaremos características pertencentes a astrofísica, mostraremos a classificação espectral das estrelas e como o grupo local das estrelas é dividido. Posteriormente, na seção 4.3 apresentaremos a natureza física da luz das estrelas através da fotometria, nesta seção, definiremos algumas características como intensidade específica, fluxo, magnitudes aparente e absoluta e índice de cor. Finalizaremos este capítulo na seção 4.4 onde apresentaremos o diagrama de Hertzsprung e Russell.

4.1 PARALAXE

O astrônomo dinamarquês Tycho Brahe em 1573 constatou que observações diretas poderiam revelar a distância de objetos. Para entendê-lo melhor, podemos recorrer ao exemplo apresentado por Comins e Kaufmann (2011), na figura 4 a seguir.

Figura 4 – Objeto próximo visto de diferentes ângulos por dois observadores



Fonte – Comins e Kaufmann (2011).

Ao olharmos para um objeto fixo, como por exemplo, uma árvore do outro lado de

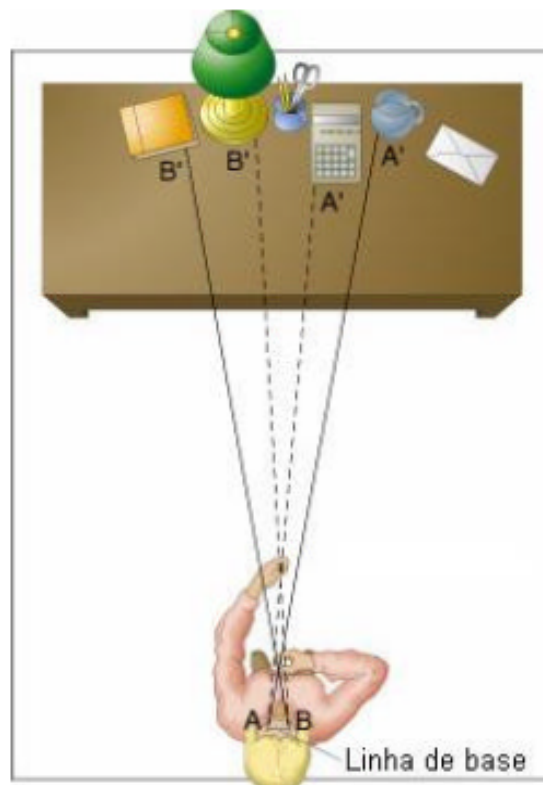
um rio, ou uma árvore na frente de uma montanha, teremos uma posição para este objeto. No entanto, caso haja dois observadores em diferentes lugares olhando para o mesmo objeto, para cada observador haverá uma mudança na posição em relação às coisas mais distantes atrás deles.

Assim como pode ser observado na representação de Comins e Kaufmann (2011), a cabeça dos observadores estão de frente ao objeto, porém, eles observam a árvore de diferentes ângulos. Esta variação no ângulo que ocorre quando observamos objetos próximos de diferentes posições é chamada paralaxe.

Como afirmado por Comins e Kaufmann (2011), nossos olhos (e, implicitamente, nosso cérebro) utiliza de paralaxe para determinar distâncias a todo instante.

Espicte seu braço em frente ao seu rosto e segure um lápis em pé. Agora feche um olho e note na frente de que objeto o lápis está. Feche o olho aberto e abra o fechado. O lápis deve ter se movimentado contra os objetos no fundo, quanto mais distantes estiverem os objetos no fundo melhor. Agora encolha o braço e repita a operação. O lápis deve ter se deslocado ainda mais. Coloque o lápis a uns dois metros de distância e repita. Agora o lápis deve ter se deslocado menos. Vemos portanto que o deslocamento depende da distância do lápis (JR; KANAAN; GOMES, 2002, p. 22).

Figura 5 – Paralaxe de objetos próximos vista por um único observador.



Fonte – Jr, Kanaan e Gomes (2002).

A ilustração anterior indica a representação sugerida por Jr, Kanaan e Gomes (2002). Nela notamos que há uma distância (D) entre AB que indica os olhos do observador, bem como uma distância (d) do observador até o objeto, além da variação angular (p) dada pelo o quanto o lápis "se desloca" ao trocar de olho.

Assim, conforme Filho e Saraiva (2017), em astronomia pode-se determinar grandes distâncias através da triangulação. E por trigonometria básica, ao olharmos para figura 5 podemos determinar a distância dos objetos. Assim:

$$tg p = \frac{D}{d} \Rightarrow d = \frac{D}{tg p}, \quad (4.1)$$

sendo que para ângulos pequenos $p \leq 4^\circ$ e $tg \approx p(rad)$. Portanto,

$$d = \frac{D}{p}. \quad (4.2)$$

Como p é medido em radiano, teremos que d tem a mesma unidade de D . E este deslocamento aparente na direção do objeto só pode ser observado devido à mudança de posição do observador. Em astronomia costuma-se definir a paralaxe como a metade do deslocamento angular.

Lembrando-se que para transformar um ângulo α qualquer de graus para radiano basta:

$$\alpha(\text{radianos}) = \alpha(\text{graus}) \frac{\pi}{180^\circ} \rightarrow \alpha(\text{graus}) = \alpha(\text{radiano}) \frac{180^\circ}{\pi}. \quad (4.3)$$

Portanto, conforme Saraiva, Filho e Müller (2010), a paralaxe é um dos métodos mais comuns para determinar grandes distâncias. No entanto, quando estes objetos estão muito distantes devemos escolher uma linha base para efetuação dos cálculos. No caso da paralaxe geocêntrica utilizamos como linha base o diâmetro da Terra, enquanto a paralaxe heliocêntrica usa a distância da órbita da Terra como linha de base, conforme veremos a seguir.

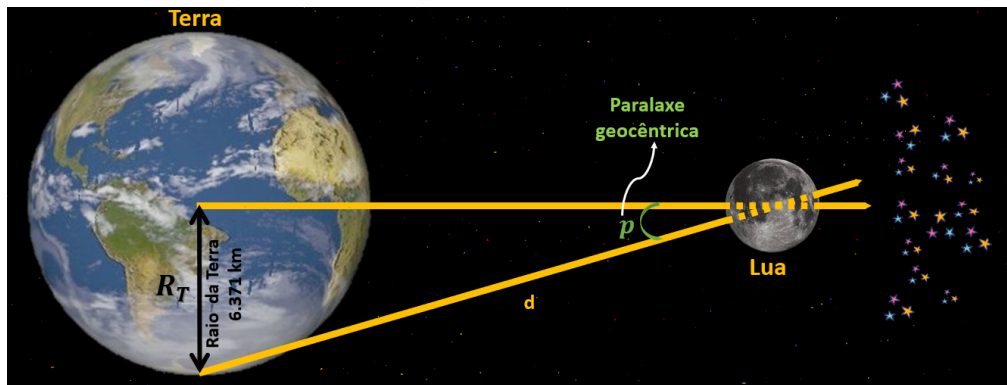
4.1.1 Paralaxe geocêntrica

Como bem definido por Filho e Saraiva (2017) e Saraiva, Filho e Müller (2010), "A distância da Terra à Lua e aos planetas mais próximos, hoje, é feita com a utilização de radares, mas, antes de sua invenção, os astrônomos mediam a distância desses objetos à Terra usando a

paralaxe resultante da observação em pontos extremos da Terra" (SARAIVA; FILHO; MÜLLER, 2010, p. 04).

Assim, a "paralaxe geocêntrica é definida como a metade da variação na direção de um objeto astronômico, em relação às estrelas de fundo, quando observado de lados opostos da Terra" (SARAIVA; FILHO; MÜLLER, 2010, p. 04).

Figura 6 – Representação fora de escala da paralaxe geocêntrica: o triângulo paralático tem como linha de base o raio da Terra e a paralaxe é o ângulo (p).



Fonte – Elaborada pela autora.

A paralaxe é o ângulo (p) entre a direção do objeto visto da superfície da Terra e a direção que o objeto teria se fosse visto do centro da Terra. Assim, recordamos que o seno de um ângulo é a razão entre o cateto oposto ao ângulo, neste caso o raio da Terra (R_{Terra}), pela hipotenusa (d). Podemos obter a distância da Terra à Lua, já que o seno de p é um valor conhecido. De forma imediata temos a paralaxe geocêntrica (p) dada por:

$$\text{sen}(p) = \frac{R_{Terra}}{d}.$$

Este valor, na verdade, é aproximadamente o próprio p , pois para arcos muito pequenos e medidas em radianos, podemos usar a aproximação $\text{sen}(p) \approx p(\text{rad})$.

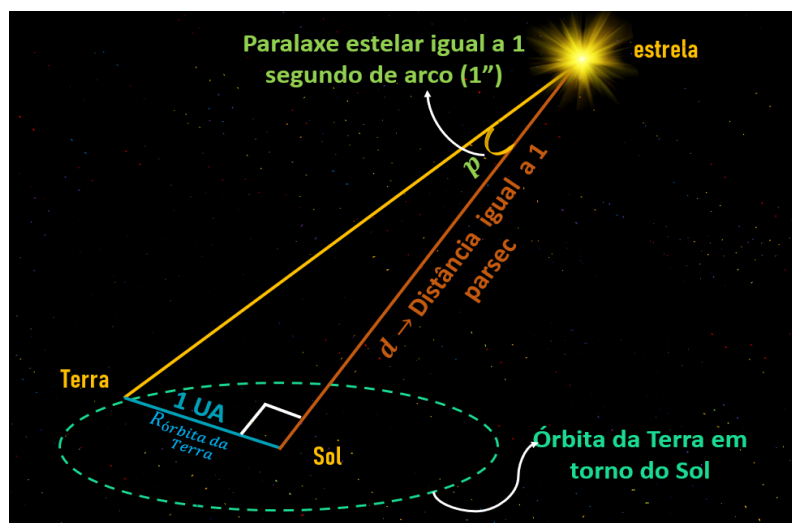
$$p(\text{rad}) = \frac{R_{Terra}}{d}. \quad (4.4)$$

É importante salientar que a paralaxe geocêntrica era utilizada antes da invenção dos radares que atualmente são os responsáveis pela realização das medidas.

4.1.2 Paralaxe heliocêntrica

O astrônomo Tycho Brahe pensava que estrelas giravam em torno da Terra. Da nossa moderna perspectiva, a mudança de posição das estrelas se dá devido à rotação terrestre em torno do Sol. Assim, "as posições das estrelas próximas parecem mudar ligeiramente contra o fundo mais distante, em diferentes partes da órbita da Terra" (GOSSAN; OTT, 2002, p. 02). Dessa forma, segundo Comins e Kaufmann (2011, p. 339), e como visto anteriormente, o movimento aparente que gera a paralaxe estelar é um fenômeno cotidiano. E para determinar a paralaxe heliocêntrica fazemos uso da distância média da Terra ao Sol, conforme representado na figura 07 a seguir.

Figura 7 – Representação fora de escala da paralaxe heliocêntrica: O triângulo paralático tem como linha de base a órbita terrestre e a paralaxe é dada pelo ângulo (p).



Fonte – Elaborada pela autora.

A paralaxe anual é definida como sendo a diferença de posição de uma estrela com vista da Terra e do Sol. Mas como é impossível ver esta estrela na posição do Sol, a observação deve ser feita a partir de dois pontos opostos da órbita da Terra e o resultado dividido por 2. O parsec¹ é a distância para a qual a paralaxe anual é de um segundo de arco ou arcseg. Sendo que o parsec vale a 3,26 anos-luz, ou seja $1pc = 3,26a.l$. Assim, a distância de um objeto em

¹ O parsec, uma unidade de comprimento normalmente usada pelos astrônomos. Antes de definir o parsec, é importante ressaltar a unidade astronômica — UA que se refere a distância média da Terra ao Sol, atualmente sabemos que o valor da UA possui quatro algarismos significativos, e corresponde a 149 600 000 km. Deste modo o parsec é definido como a distância na qual 1 UA perpendicular à linha de vista de um observador faz um ângulo de 1 arcseg.

parsecs pode ser calculada do inverso de sua paralaxe:

$$d = \frac{R}{tg(p)}.$$

Podemos escrever uma equação especialmente simples para a distância das estrelas, pois $R = R_{\text{Órbita da Terra}} = 1UA = 1pc$ e para ângulos muito pequenos podemos admitir que $tg(p) \approx p$. Assim, a distância de uma estrela em parsec (pc) é o do ângulo de paralaxe da estrela em segundo de arco (") que podemos escrever da seguinte forma:

$$\text{distância de uma estrela em pc} = \frac{1}{\text{ângulo de paralaxe da estrela em segundo de arco}},$$

ou seja,

$$d_{(pc)} = \frac{1}{p''}. \quad (4.5)$$

Onde $d_{(pc)}$ é a distância da estrela em parsec e p é o ângulo de paralaxe em arcosegundo. Como usaremos principalmente o ano-luz (al) como unidade mais intuitiva, a mesma equação torna-se:

$$d_{(ano-luz)} = \frac{3,26}{p''}. \quad (4.6)$$

Sendo agora $d_{(ano-luz)}$ a distância até a estrela em anos-luz. Assim, para a estrela mais próxima, o sistema *Alfa Centauri*, que segundo Dumusque *et al.* (2013) está a uma distância de 1,3 parsecs, sendo o sistema estelar mais próximo ao Sol, composto por *Alpha Centauri B*, *Alpha Centauri A* e *Proxima Centauri*, podemos determinar sua paralaxe facilmente, ou seja: $1,33 = \frac{1}{p''} \rightarrow p \approx 0,76''$. Logo, podemos afirmar que a estrela Alpha Centauri B está a cerca de 1,33pc ou 0,76" ou ainda 4,36 ano-luz de distância do sistema solar. Portanto, sabendo-se que 1 parsec vale 206265 unidades astronômicas e é igual a 3,26 anos-luz.

$$d_{(UA)} = \frac{1}{p(rad)} = \frac{206265}{p''} \quad (4.7)$$

Portanto, através das equações (4.5), (4.6) e (4.7) podemos encontrar a paralaxe heliocêntrica em qualquer unidade de distância astronômica.

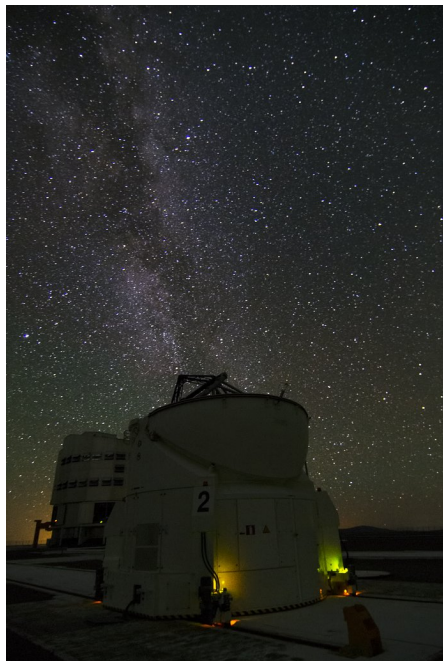
4.2 AS ESTRELAS

“Somos todos poeira de estrelas.”

- Carl Sagan

Carl Sagan explica liricamente nossas origens no Universo afirmando que há bilhões de anos estrelas morreram e espalharam pelo espaço matéria composta de elementos químicos que viriam a nos constituir tempos depois². Ao olharmos para o céu vemos tantas estrelas que nem conseguimos contá-las. Na figura 8, temos uma fotografia da Via Láctea, mostrando as inúmeras estrelas que nos deixam fascinados com tamanha beleza.

Figura 8 – Fotografia da Via Láctea e telescópio auxiliar VLT no Cerro Paranal - Chile.



Fonte – Jones (2013).

É na imensidão da Via Láctea que se encontram diversas estrelas, classificadas de acordo com suas características físicas e químicas. Nesta seção, buscaremos apresentar algumas das principais características físicas das estrelas, partindo da classificação espectral.

4.2.1 Classificação espectral

Antes de falarmos sobre o grupo local de estrelas devemos entender que as estrelas possuem características que as classificam de acordo com suas propriedades físicas, como por

² Leia mais em: <https://super.abril.com.br/historia/somos-poeira-de-estrelas/>

exemplo, a temperatura, que determina a cor visível da estrela ou com o entendimento dos subníveis da estrutura atômica, que possibilitou a esquematização para a classificação espectral.

No meio do século passado, quando ainda não se compreendia como os átomos produziam linhas espectrais, as primeiras classificações das estrelas foram baseadas nas intensidades das linhas de hidrogênio. De início, a classificação das estrelas seguia a ordem alfabética, **A, B, C, ... , P**. Esta sequência era usada para a nomenclatura das classes espectrais, sendo que as estrelas do tipo **A** possuíam as linhas de hidrogênio mais fortes, e as intensidades das linhas diminuía na medida que se ia de **A** a **P**, BBC (2019) e Marchi (2017).

No entanto, hoje só restam algumas letras, sequenciadas em: **O, B, A, F, G, K e M**. Cabe ressaltar que essa sequência não foi a primeira, houve algumas alterações nas quais algumas letras foram suprimidas e a ordem alterada. Esta sequência só foi melhor elaborada por volta de 1920, com a compreensão dos subníveis de energia da estrutura do átomo, que estabelecia uma sequência mais significativa que girara em torno da temperatura da estrela. Assim, conforme Marchi (2017) e Hertem (1998), na sequência **O, B, A, F, G, K, M** temos que, as estrelas da classe **O** são as estrelas mais quentes, enquanto as estrelas da classe **M** são as “estrelas mais frias”³. A seguir, apresentamos um modelo representativo, fora de escala, mas com o intuito visual de apresentar e diferenciar os grupos estelares, que vão das estrelas mais quentes as mais frias. Sendo as estrelas do tipo **M**, estrelas frias - anãs vermelhas, as mais comuns no universo, sendo ainda a categoria de estrela mais quente dos grupos das estrelas anãs sequenciadas pelas letras **M, D, T, Y, L**.

Figura 9 – Modelo representativo da classificação espectral das estrelas (fora de escala).



Fonte – Elaborada pela autora.

Segundo Hertem (1998), as estrelas de tipo mais próximo de *O*, no início da sequência, são chamadas de estrelas de primeiro tipo (do inglês *early type*), enquanto os tipos mais

³ Dentro desta classificação estas estrelas são as mais frias, no entanto, hoje conhecemos o grupo de estrelas anãs que possuem temperaturas inferiores a temperaturas de estrelas na classe M.

próximos de M, no final da sequência, são chamados de tipos tardios (*late type*), conforme representado abaixo.

Figura 10 – Classificação espectral de Harvard.



Fonte – Cepa *apud*. Hertem (1998).

Cada tipo espectral é subdividido em dez subgrupos, indo de 0 (primeiros) a 9 (tardios). Assim, os tipos espectrais estão subscritos da seguinte forma: ..., O0, O1, ..., O8, O9, ..., M0, M1, M2, ... , M9. A primeira sequência espectral, adotada internacionalmente, foi desenvolvida por volta de 1910 no observatório de Harvard, por Annie Jump Cannon e suas colaboradoras, essa sequência recebe o nome de Classificação de Harvard, (HERTEM, 1998) e (BRITANNICA, 2021).

Figura 11 – Fotografia de Annie Jump Cannon e astrônomas colaboradoras no observatório de Harvard



(a)

(b)

A primeira classificação das estrelas desenvolvida no observatório de Harvard foi desenvolvida por Annie Jump Cannon (a) e colaboradoras (b) em 1890, Harvard Computers no trabalho. Henrietta Swan Leavitt, terceira sentada a partir da esquerda, com uma lupa (1868–1921), Annie Jump Cannon (1863–1941), Williamina Fleming de pé no centro (1857–1911) e Antonia Maury (1866–1952).

Fonte – Comins e Kaufmann (2011).

A fotografia de 1890⁴ apresenta algumas das astrônomas que trabalharam no observatório de Harvard. Elas só vieram ter espaço após 1877 com a nomeação de diretor de Edward C. Pinckering, que tinha grande interesse em fotometria e fotoastronomia e contratou este grupo de mulheres astrônomas para fazer os cálculos astronômicos, analisar, classificar e catalogar as

⁴ Disponível para download em: (a) [Colonialschooldistrict](http://www.colonialschooldistrict.org/pt/blog/we-celebrate-annie-jump-cannon/) que está disponível em: [<http://www.colonialschooldistrict.org/pt/blog/we-celebrate-annie-jump-cannon/>](http://www.colonialschooldistrict.org/pt/blog/we-celebrate-annie-jump-cannon/) e (b) [leganerd](https://leganerd.com/2016/06/15/le-donne-computer-di-harward/) que está disponível em: [<https://leganerd.com/2016/06/15/le-donne-computer-di-harward/>](https://leganerd.com/2016/06/15/le-donne-computer-di-harward/).

estrelas. Estas mulheres ficaram conhecidas com *Harvard Computers*⁵.

4.2.2 Grupo local de estrelas — A vizinhança do Sol

Tabulamos um grupo pequeno de 14 sistemas com um total de 16 estrelas distribuídas em um raio próximo de 10 anos-luz do Sol, estes astros fazem parte do grupo local de estrelas, como pode ser constatado na tabela (2). É importante destacar que 10 das 16 estrelas da nossa vizinhança são do grupo **M**, representando 62,5% do total de estrelas. De modo geral, "as estrelas mais comuns são estrelas vermelhas (frias) e de baixa luminosidade, chamadas de anãs vermelhas" Filho e Saraiva (2017, p. 231).

Tabela 2 – Lista de estrelas próximas na vizinhança do Sol em um raio de 10 anos-luz

Nº	Sistema / Constelação	Estrela(s)	Distância em ano-luz	Classificação estelar
1	<i>Solar</i>	Sol	—	G2
2	<i>Alpha Centauro</i>	Próxima Centauri Centauri A Centauri B	4,3	M5 G2 K1
3	<i>(Serpentário)</i>	Estrela de Barnard	5,9	M4
4	<i>Luhman 16</i>	Luhman 16 A Luhman 16 B	6,5	L8 T1
5	<i>WISE 0855-0714</i>	WISE 08550714	7,2	Y
6	<i>(Leão)</i>	Wolf 359	7,7	M6
7	<i>(Ursa Maior)</i>	Lalande 21185	8,2	M2
8	<i>Sirius (Cão Maior)</i>	Sirius A Sirius B	8,5	A1 D
9	<i>Luyten (Eetus)</i>	Luyten 726-8 A (BL Ceti) Luyten 726-8 B (UV Ceti)	8,7	M5 M6
10	<i>(Sagitário)</i>	Ross 154	9,6	M3
11	<i>(Andromedae)</i>	Ross 248	10,3	M5
12	<i>(Eridanus)</i>	Épsilon Eridani	10,5	K2
13	<i>(Piscis Austrinus)</i>	Lacaille	10,7	M1
14	<i>(Virgo)</i>	Ross 128	10,9	M4

Fonte – Elaborado pela autora.

4.3 FOTOMETRIA — NATUREZA E PROPRIEDADES FÍSICAS DA LUZ DAS ESTRELAS

A imensa maioria do conhecimento que temos hoje do sistema solar, da galáxia e do universo é devido ao estudo da luz dos corpos celestes (HORVATH, 2008, P. 89). Assim, a fotometria se volta ao estudo da luz visível tal como ela é percebida pelo olho humano, enquanto a radiometria se volta ao estudo de toda a radiação emitida por uma fonte de ondas

⁵ Calculadoras de Harvard

eletromagnéticas, seja ela visível ou não.

A luz traz a história de objetos distantes até nós, podendo-se afirmar que é a verdadeira mensageira cósmica, Filho e Saraiva (2017, p. 157), assim através da análise da luz das estrelas, podemos conhecer suas propriedades como brilho, cor, composição química, temperatura, densidade, estrutura interna, dentre outras coisas.

Até o fim da Idade Média, o meio mais importante de observação astronômica era o olho humano, ajudado por vários aparatos mecânicos para medir a posição dos corpos celestes. Depois veio a invenção do telescópio, no começo do século XVII, e as observações astronômicas de Galileo. A fotografia astronômica iniciou no fim do século XIX e durante as últimas décadas muitos tipos de detectores eletrônicos são usados para estudar a radiação eletromagnética do espaço. Todo o espectro eletromagnético, desde a radiação gama até as ondas de rádio são atualmente usadas para observações astronômicas (FILHO; SARAIVA, 2017, p. 157).

Diferentemente das ondas mecânicas, que necessitam de um meio material para se propagar, a luz atravessa o espaço até chegar a Terra na forma de ondas eletromagnéticas⁶. Essa radiação pode ser estudada em função de sua intensidade, numa dada faixa de comprimento de onda, ou na forma de luz dispersada num espectro visível.

4.3.1 Intensidade específica

A intensidade específica de uma fonte isotrópica⁷ em um meio homogêneo⁸ centrada na origem de uma esfera é definida por Filho e Saraiva (2017, p. 159) como a "energia que atravessa a unidade de área da fonte, por unidade de tempo e por unidade de ângulo sólido⁹", ou seja:

$$I_{\perp} = \frac{dE}{dt dA d\omega}$$

O raio de propagação da luz aumenta na medida que a luz se propaga. A intensidade específica monocromática é obtida considerando apenas a energia emitida por um intervalo de comprimento de onda dv :

$$I_{v\perp} = \frac{dE}{dt dA d\omega dv}$$

⁶ Não necessitam de meio material para se propagarem.

⁷ fonte pontual que emite de energia igualmente em todas as direções.

⁸ meio em que a propagação da luz e as demais propriedades ópticas independem da direção em que é realizada a medida, visto que a propagação é contante em todas as direções.

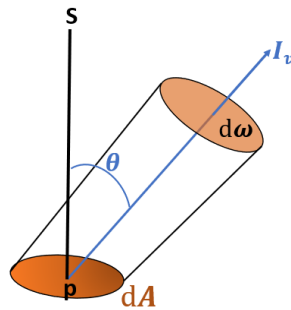
⁹ Pode-se definir como um "setor" de uma esfera, definida pela razão entre o elemento de área na superfície da esfera e seu raio ao quadrado $\omega = \frac{A}{r^2}$ (FILHO; SARAIVA, 2017, p.158).

Assim para o caso geral, a energia não se propaga isotropicamente, ou seja, ela tem uma dependência do ângulo θ formado entre a direção e a normal à área, ou seja:

$$I_v = \frac{dE \cos \theta}{dt dA d\omega dv}. \quad (4.8)$$

Como pode ser visto na figura 12, a intensidade específica luminosa na direção θ dentro de um ângulo sólido $d\omega$ pode ser definido em coordenadas polares como $d\omega = \sin \theta d\theta d\phi$, onde PS indica a normal à superfície dA .

Figura 12 – Intensidade específica luminosa na direção θ



Fonte – Adaptada de Filho e Saraiva (2017).

A intensidade específica monocromática, conforme (FILHO; SARAIVA, 2017), pode ser definida em função do comprimento de onda λ , como expresso na equação (4.9) a seguir:

$$I_v |dv| = I_\lambda |d\lambda|. \quad (4.9)$$

Assim, a intensidade específica integrada em todo o espectro de frequências é dado por:

$$I = \int_0^\infty I_v dv = \int_0^\infty I_\lambda |d\lambda|. \quad (4.10)$$

Como a quantidade de energia no ângulo sólido permanece constante, segundo Filho e Saraiva (2017), a intensidade específica não varia com a distância. A intensidade luminosa é medida no sistema MKS em: $Jm^{-2} s^{-1} sr^{-1} Hz^{-1}$ e no sistema cgs é medido em: $erg cm^{-2} s^{-1} sr^{-1} Hz^{-1}$. Lembrando-se que $1erg = 1 \times 10^{-7} J$.

4.3.2 Fluxo

O fluxo luminoso (F) é a radiação total emitida por uma fonte luminosa para todas as direções, sendo uma dada quantidade de energia que varia por unidade de área, por unidade de tempo e por intervalo de frequência. Assim, podemos expressar a quantidade infinitesimal de fluxo (dF) como:

$$dF_v = \frac{dE \cos \theta}{dA dt dv} = I_{v \perp} \cos \theta d\omega. \quad (4.11)$$

Ao integramos a equação (4.11), teremos:

$$F_v = \int I_{v \perp} \cos \theta d\omega.$$

Podemos ainda escrever o angulo sólido explicitamente em coordenadas polares. Assim, obtemos o fluxo em uma frequência (ν)

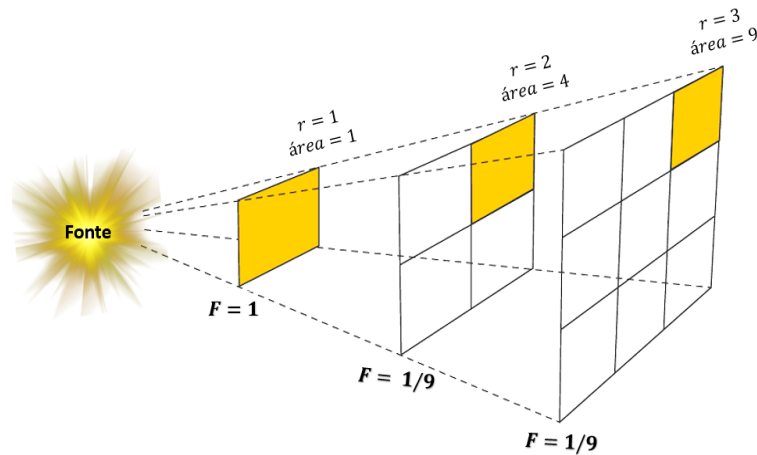
$$F_v = \int I_v d\omega = \int_0^{2\pi} \int_0^{\frac{\pi}{2}} I_{v \perp} \cos \theta \sin \theta d\theta d\phi. \quad (4.12)$$

Portanto, o fluxo é a potência através de uma superfície, medido por $erg \text{ cm}^{-2} \text{ s}^{-1}$ ou $watt \text{ m}^{-2}$. O fluxo integrado no espectro de frequências será:

$$F = \int_0^{\infty} F_v dv = \int_0^{\infty} F_\lambda d\lambda.$$

Ao contrário da intensidade específica, o fluxo de radiação cai com o quadrado da distância (r), como pode ser observada na figura 13 abaixo:

Figura 13 – Decaimento do fluxo com o quadrado da distância a fonte θ



Fonte – Elaborado pela autora.

O fluxo que chega na Terra é muito menor do que o fluxo na superfície do astro, reduzido por um fator de $\frac{1}{r^2}$. Dessa forma, o fluxo a uma distância r da estrela é diretamente proporcional a luminosidade (L) e inversamente proporcional ao quadrado da distância (r).

$$F(r) = \frac{L}{4\pi r^2}. \quad (4.13)$$

Enquanto que para uma estrela esférica de raio R , o fluxo decairá com o quadrado do raio da esfera.

$$F(R) = \frac{L}{4\pi R^2}, \quad (4.14)$$

sendo L a luminosidade intrínseca, ou seja, a energia emitida por unidade de área e de tempo em todas as direções.

$$L = F(r)4\pi r^2 = F(R)4\pi R^2 \Rightarrow L = FA. \quad (4.15)$$

Portanto, a luminosidade de uma estrela pode ser obtida diretamente multiplicando o fluxo dela pela área sobre a qual o fluxo se distribui, integrado sobre todas as frequências. Para objetos extensos (os que não têm aparência estelar), podemos definir ainda o brilho superficial, sendo o fluxo captado pelo observador dentro de um ângulo sólido unitário.

4.3.3 Magnitudes

Filho e Saraiva (2017, p. 162), questionam "*Porque o brilho de um astro é medido em Magnitudes?*". Os mesmos trazem em seu texto a resposta para tal questionamento. Segundo os autores, Hiparco (160-125 a.C) dividiu as estrelas visíveis a olho nu, e através do brilho aparente m definiu a magnitude 1 para as estrelas mais brilhantes e a magnitude 6 para as estrelas menos brilhantes (fracas). Porém, para sabermos o brilho real de uma estrela temos que trazê-la a uma distância conhecida, definindo a magnitude absoluta M . Assim, definiremos a seguir as magnitudes aparente e absoluta.

4.3.3.1 Magnitude aparente

A magnitude aparente m pode ser calculada em função do fluxo F de uma estrela medido por um observador na Terra, sendo dada por:

$$m = -k \log F + \text{constante}.$$

Sendo m uma medida logarítmica do fluxo observado e k uma constante de proporcionalidade, que podemos encontrar considerando as magnitudes definidas por Hiparco. Para isso, temos que saber que o fluxo de uma estrela de magnitude 1 é 100 vezes mais brilhante que uma estrela de magnitude 6. Deste modo, podemos comparar as magnitudes de duas estrelas ($m_1 = 1$ e $m_2 = 6$). Logo temos,

$$m_1 - m_2 = k \log \frac{F_1}{F_2} \rightarrow 1 - 6 = K \log(100) \rightarrow k = -2,5.$$

Assim, a magnitude aparente de uma estrela pode ser medida por:

$$m = -2,5 \log F + \text{constante}. \quad (4.16)$$

Portanto, a magnitude aparente é o brilho das estrelas medido sem considerar suas distâncias até a Terra¹⁰.

A diferença de magnitudes m_2 e m_1 corresponde a uma razão entre os fluxos F_2 e F_1 ,

$$m_2 - m_1 = -2,5 \log \frac{F_2}{F_1}. \quad (4.17)$$

¹⁰ (MACIEL, 1999), (COMINS; KAUFMANN, 2011).

Objetos com magnitudes aparentes negativas se mostram mais brilhantes do que aqueles que possuem magnitudes aparentes positivas – quanto mais negativa, mais brilhante. Por exemplo, o Sol com magnitude aparente $m = -26,74$ é mais brilhante do que Sírius que possui magnitude aparente $m = -1,46$.

4.3.3.2 Magnitude absoluta

Uma estrela pode ser muito luminosa, mas aparecer com pouco brilho no céu da Terra, por sua enorme distância. Ou não ser intrinsecamente tão luminosa, mas parecer brilhante no céu, como ocorre com o Sol, devido à comparativa pouca distância a que à Terra se encontra dele. (JATENCO-PEREIRA, 2011, p. 15)

E é isso que a magnitude absoluta vem desconstruir, uma vez que, a magnitude absoluta é a magnitude aparente que as estrelas teriam se estivessem a mesma distância de 10 parsec da Terra. Assim:

$$M = -2,5 \log[F(10 \text{ pc})] + \text{constante}. \quad (4.18)$$

A diferença entre a magnitude aparente e a Magnitude absoluta para estrelas de raio R a uma distância r é:

$$m - M = -2,5 \log F(r) + 2,5 \log[F(10 \text{ pc})].$$

Portanto, a diferença entre as magnitudes aparente e absoluta é:

$$m - M = -2,5 \log \frac{F(r)}{F(10 \text{ pc})}. \quad (4.19)$$

Sabendo-se que o fluxo é dado por $F(r) = \frac{L}{4\pi r^2}$ e $F(10 \text{ pc}) = \frac{L}{4\pi (10 \text{ pc})^2}$, logo temos que $\frac{F(r)}{F(10 \text{ pc})} = \frac{100}{r^2}$. Substituindo na equação (4.19) encontramos o chamado módulo da distância:

$$m - M = 5 \log r - 5. \quad (4.20)$$

Nesta equação a distância r da estrela tem que ser medida em parsecs. Logo:

$$r(\text{pc}) = 10^{\frac{m-M+5}{5}}.$$

4.3.4 Índices de cor

Em qualquer sistema de magnitudes multicolor definem-se os índices de cor como a razão entre os fluxos em duas bandas diferentes, ou equivalentemente, como a diferença entre duas magnitudes do sistema. Sendo as bandas espectrais: U de ultravioleta com $\lambda = 3600\text{Å}$, A banda B de *blue* (azul) com $\lambda = 4200\text{Å}$, e a banda V do visível (amarelo) com $\lambda = 5500\text{Å}$. Assim, telescópios equipados com esses filtros UBV pode medir as magnitudes aparentes de ondas no ultravioleta, azul e visível. Enquanto sistemas fotométricos também se estendem para outras faixas espectrais como, por exemplo, o vermelho.

Por exemplo, subtraindo a magnitude V da magnitude B temos o índice de cor B-V, subtraindo a magnitude B da magnitude U temos o índice de cor $U - B$, e assim por diante. A estrela *Vega* tem $(U - B) = (B - V) = 0,00$. O Sol tem $(U - B)_{\odot} = 0,17$ e $(B - V)_{\odot} = +0,68$. Para *Sírius*, $U - B = -0,04$ e $B - V = 0,00$. Os índices são convenientes, pois são obtidos por observações e variam de forma contínua e estão relacionados com as propriedades físicas das estrelas, em particular com a temperatura. O índice de cor $(B - V)$ de uma estrela é dado por:

$$m_B - m_V = 2,5 \log \frac{F_V}{F_B}. \quad (4.21)$$

A equação acima é semelhante a expressão (4.17), onde podemos aplicar a correção bolométrica que nos dá a magnitude das estrelas integrada em todos os espectros em função da luminosidade¹¹. Assim, o termo de correção bolométrico é dado pelo fluxo integrado F_i :

$$F_i = \int_i F_{\nu} d\nu,$$

onde a integral é feita em todas as frequências e o fluxo integrado F_i tem unidade $\text{erg cm}^{-2}\text{s}^{-1}$.

A magnitude bolométrica possui relação com o fluxo integrado. Este depende da distribuição de Planck para o corpo negro que nos diz que a energia tem dependência apenas da temperatura.

A temperatura de cor pode ser definida ajustando-se a distribuição de energia de uma determinada faixa espectral através da distribuição de corpo negro, de modo que a temperatura de excitação é definida pela equação de excitação de Boltzmann e a temperatura de ionização é definida pela equação de ionização de Saha. A temperatura efetiva T_{ef} é particularmente

¹¹ A magnitude bolométrica é dada por: $M_{bol}^2 - M_{bol}^1 = -2,5 \log \frac{L_2}{L_1}$, e geralmente a luminosidade é dada em termo da luminosidade do Sol $\frac{L}{L_{\odot}} = 10^{-0,4(M_{bol} - M_{bol}^{\odot})}$, onde $L_{\odot} = 3,83 \times 10^{33} \text{ erg/s}$. Considerando os casos extremos, as luminosidades das estrelas variam, em geral, entre $10^{-6}L_{\odot}$ até 10^6L_{\odot} .

importante, definida pelo fluxo integral total da estrela e calculada usando a função de Planck, sendo dada por:

$$F = \pi B(T) = \pi \int B_\nu(T) d\nu = \sigma T_{ef}^4, \quad (4.22)$$

sendo $B_\nu(T)$ a função de Planck

$$B_\nu(T) = \frac{2h\nu^3}{c^2} \frac{1}{e^{\frac{h\nu}{kT}} - 1}$$

e σ a constante de Stefan-Boltzmann que vale $5,67 \times 10^{-5} \text{ erg cm}^{-2} \text{ k}^{-4} \text{ s}^{-1}$.

Podemos ainda adicionar a correção balométrica a luminosidade destacada na equação (4.15). Para uma estrela de raio R temos:

$$L = 4\pi R^2 F = 4\pi R^2 \int F_\nu d\nu \quad (4.23)$$

, ou simplesmente:

$$L = 4\pi R^2 \sigma T_{ef}^4. \quad (4.24)$$

Segundo Maciel (1999, p. 21), para o Sol a temperatura efetiva é $T_{ef}^\odot = 5800K$, que pode ser obtida na equação (4.24) usando o raio solar $R_\odot = 6,96 \times 10^{10} \text{ cm}$. Geralmente a temperatura efetiva das estrelas variam entre $2\,000 \leq T_{ef}(K) \leq 50\,000$. Nebulosas planetárias podem alcançar valores maiores onde a $T_{ef} \simeq 200\,000K$.

4.4 DIAGRAMA HERTZSPRUNG RUSSELL - HR

Longair (2006), apresenta a origem do diagrama RH e afirma que Ejnar Hertzsprung e Henry N. Russell, em respectivamente 1911 e 1913, descobriram a existência da relação entre a temperatura das estrelas e a luminosidade.

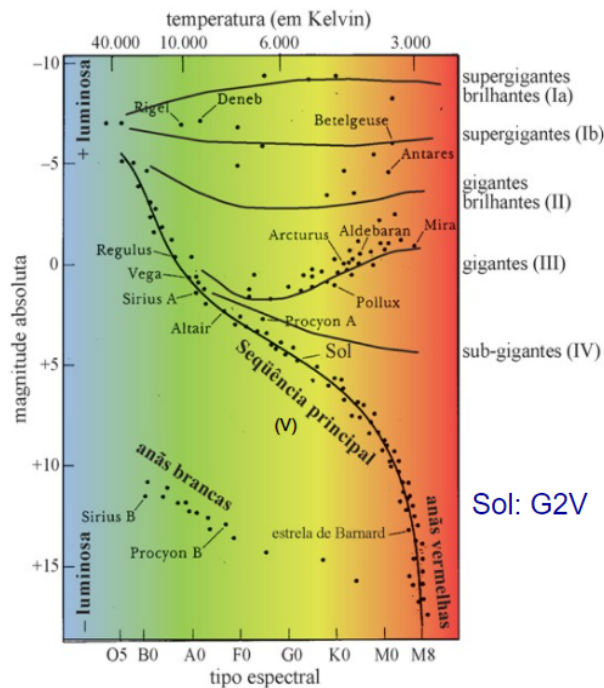
Deste modo, podemos determinar, segundo Filho e Saraiva (2017), que tanto a luminosidade (ou magnitude absoluta) como a temperatura superficial das estrelas podem facilmente serem identificadas no diagrama RH. As classes de luminosidade completam os tipos espectrais, visto na secção 4.2.1, construindo ambos uma classificação bidimensional. As principais classes estão descritas na tabela (3) a seguir:

Tabela 3 – Classes de luminosidade

Classe	Característica
Ia-0	supergigantes mais luminosas
Ia	supergigantes luminosas
Iab	supergigantes moderadamente luminosas.
Ib	supergigantes menos luminosas
II	gigantes brilhantes
III	gigantes normais
IV	subgigantes
V	anãs
VI	subanãs
VII	anãs brancas

Fonte – Maciel (1999).

As classes de luminosidade não são igualmente povoadas, há uma predominância na classe V das estrelas anãs - Sequência principal (SP) em particular nas regiões vizinhas ao Sol; a figura 14, mostra a posição dessas classes no diagrama RH.

Figura 14 – Posição das classes luminosas no diagrama RH

Fonte – Extraída da internet. Disponível em: <https://slideplayer.com.br/slide/369775/>

A figura 14 mostra a posição das principais classes de luminosidade no diagrama RH em termos da magnitude absoluta, da temperatura efetiva na escala Kelvin, bem como pelos tipos espectrais OBAFGKM. Através dele podemos determinar a posição do Sol, que está na classe V da sequência principal. Traçando uma linha na horizontal conseguimos encontrar sua magnitude.

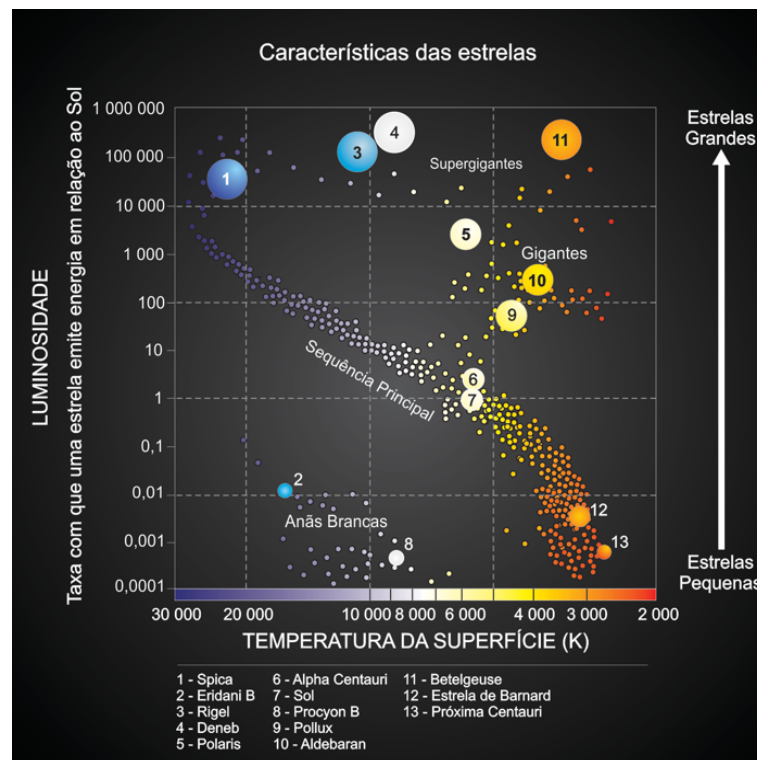
Fazendo o mesmo na vertical conseguimos identificar o tipo espectral e a temperatura.

As classes Ia, III e V, são frequentemente chamadas "estrelas nominais". São relacionadas para algumas subclasses representativas de cada classe.

A sequência principal está diretamente relacionada com a temperatura efetiva para cada classe de luminosidade e os índices de cores também estão relacionados com a temperatura efetiva ou tipo espectral.

Podemos ainda, na figura 15, mostrar a localização de algumas estrelas no diagrama RH, que apresenta desta vez a relação entre temperatura e luminosidade.

Figura 15 – Representação do diagrama RH - Localização de algumas estrelas



Fonte – (FILHO; SARAIVA, 2017).

Através da figura 15 podemos determinar a posição dentro do diagrama RH de 13 estrelas e identificar para cada estrela a luminosidade, a temperatura, o tipo e classe espectral, tornando assim o diagrama RH bem completo. Estima-se que em torno de 80% das estrelas nas vizinhanças do Sol são estrelas da sequência principal, cerca de 20% são anãs brancas e menos do que 1% são gigantes, supergigantes ou anãs marrons.

Por fim, o presente capítulo foi construído com a finalidade de formar os professores que utilização este trabalho em sala de aula, e o apresentamos de forma mais simplória com uma linguagem acessível aos alunos do ensino médio no apêndice B do produto educacional.

5 METODOLOGIA

A investigação-ação forma, transforma e informa. Informa através de uma produção de conhecimento sobre a realidade em transformação; transforma ao sustentar a produção da mudança praxiológica através de uma participação vivida, significativa e negociada no processo de mudança; forma, pois produz mudança [ao construir conhecimento] (FORMOSINHO, 2014, p. 33) (grifos nossos).

Para desenvolver o presente capítulo saímos das tradicionais metodologias que aplicam processos metodológicos engessados, que seguem com rigidez todas as etapas do processo de pesquisa e optamos por trabalhar com a pesquisa-ação, que busca através da investigação e da ação formar, transformar e informar. Deste modo, para o desenvolvimento desta metodologia de pesquisa, estudamos as obras de Creswell (2007), Thiollent (2006), Thiollent (2011), Gil (2002), Gil (2008) e Minayo (1994) e as utilizamos como base teórica para a construção dessa pesquisa.

Ainda buscaremos aqui introduzir um “conjunto de técnicas que possibilitam a construção da realidade e o “sopro divino” do potencial criativo do investigador” (MINAYO, 1994, p. 16 [grifos nossos]). Previamente, este capítulo pretende dentro de certas limitações apresentar ao leitor a metodologia utilizada na elaboração desta pesquisa, como também as técnicas usadas para a construção da sequência didática de ensino. Sem mais delongas, o presente capítulo está subdividido em quatro seções, nos quais trataremos das metodologias aplicadas à pesquisa e ao produto educacional; ainda apresentaremos as técnicas utilizadas para a coleta e análise dos dados, definiremos nosso público alvo, considerando o cenário social e os aspectos da realidade escolar ao qual esta pesquisa foi realizada. Por fim, apresentamos a metodologia e a fundamentação da sequência didática de ensino que constitui, em outras palavras, a aplicação do nosso produto educacional.

5.1 METODOLOGIA APLICADA À PESQUISA E AO PRODUTO EDUCACIONAL

5.1.1 Natureza da pesquisa

Já para a construção deste capítulo, fizemos revisão bibliográfica de fontes primárias e secundárias, através dos seguintes autores: Moreira (2011); Gil (2002); Thiollent (2006); Thiollent (2011); Streck (2006); Franco e Lisita (2014); Formosinho (2014); Gomes e Anastasiou (2014); entre outros trabalhos e artigos.

Neste trabalho, recorreremos ao método de pesquisa-ação e ainda a complementamos

através de método misto de pesquisa, tratando-se assim de abordagem quantitativa e qualitativa, pois conforme Creswell (2007):

a técnica de métodos mistos é aquela em que o pesquisador tende a basear as alegações de conhecimento em elementos pragmáticos (por exemplo, orientado para consequência, centrado no problema e pluralista). Essa técnica emprega estratégias de investigação que envolvem coleta de dados simultânea ou sequencial para melhor entender os problemas de pesquisa. A coleta de dados também envolve a obtenção tanto de informações numéricas (por exemplo, em instrumentos) como de informações de texto (por exemplo, em entrevistas), de forma que o banco de dados final represente tanto informações quantitativas como qualitativas (CRESWELL, 2007, p. 35).

A escolha da pesquisa-ação e das abordagens qualitativa e quantitativa serão descritas mais a diante assim como a natureza da metodologia usada na intervenção pedagógica que nomeamos: sequência didática de ensino.

5.1.2 Natureza do produto educacional: intervenção pedagógica

Antes, durante e após a intervenção pedagógica deste trabalho de pesquisa, buscamos através da aplicação do produto educacional investigar os aspectos subjetivos e descritivos, investigando a compreensão e interpretação das diversas formas de participação dos sujeitos pesquisados e ainda como os alunos interpretam a astrofísica estelar, se é através do conhecimento científico ou popular, pois como defendido pela pedagogia histórico-crítica¹, a função da escola é possibilitar o acesso aos conhecimentos previamente produzidos e sistematizados na sociedade.

Analisaremos principalmente a sequência didática de ensino aplicada junto ao modelo representativo em três dimensões do grupo local de estrelas, que batizamos de Móbilie 3D, como ferramenta pedagógica capaz de auxiliar no processo de ensino e aprendizagem dos estudantes, buscando assim verificar o potencial deste recurso em sala de aula, quando aplicados em conjunto.

Para realizarmos esta investigação utilizaremos o método da pesquisa-ação e o complementamos com a pesquisa mista de carácter quantitativo e qualitativo. Assim, podemos criar um conjunto de interrogações objetivas e subjetivas, de modo a avaliar as interações contínuas dos estudantes em todo o processo investigativo. Nas palavras de Creswell (2007, p. 221), estamos utilizando métodos mistos de pesquisa, e ao usá-los podemos “ganhar perspectivas de diferentes tipos de dados ou de diferentes níveis dentro do estudo”.

¹ A pedagogia histórico-crítica, de Demerval Saviani, defende que a classe trabalhadora tenha acesso ao patrimônio cultural humano historicamente desenvolvido, pois se entende que a educação traz condição para a transformação social, coloca o conteúdo como fundamental no processo de educação formal, visto que a aquisição de conteúdos pelos alunos passa a ser central no processo educativo.

5.1.3 Investigação através da pesquisa-ação

A pesquisa-ação é uma categoria de pesquisa advinda das ciências sociais², “concebida e realizada em estreita associação com uma ação de um problema coletivo” (THIOLLENT, 2011, p. 20). E se objetiva fundamentalmente, segundo Moreira (2011, p. 90), na melhoria da prática em vez de gerar conhecimento. No entanto, discordamos sistematicamente, pois a pesquisa-ação oportuniza o aprendizado tanto do pesquisador quanto dos sujeitos participantes da pesquisa, sendo uma prática coletiva, autorreflexiva que gera ação emancipatória, pois todos os sujeitos terão uma percepção completa de suas práticas. Como esta categoria de pesquisa permite intervenções e reajustes, seja no ato da formulação ou na execução, a qualquer momento o pesquisador poderá intervir para considerar as novas variáveis que surgiam no decorrer da pesquisa.

Apesar da pesquisa-ação advém das ciências humanas aplicadas às ciências sociais, ela vem ganhando espaço nas áreas da educação, gerenciamento, comunicação, serviço social, desenvolvimento local, tecnologias, desenvolvimento rural, práticas políticas, dentre outras áreas, Thiollent (2011) Thiollent (2006). No ensino, “o contexto da pesquisa-ação, se concebe como uma forma de pesquisa dirigida a compreender como traduz os valores educativos à formas concretas de práticas” (MOREIRA, 2011, p. 93). E, além disso, a pesquisa-ação “é realizada em um espaço de interlocução onde os atores implicados participam na resolução dos problemas, com conhecimento diferenciado, propondo soluções e aprendendo na ação” (THIOLLENT, 2006, p. 156), sendo que a pesquisa-ação “não se restringe a produzir dados e teorias sobre a atividade educativa” (FRANCO; LISITA, 2014, p. 53).

Thiollent (2011), afirma que não existe neutralidade na pesquisa-ação, pois segundo Minayo (1994), por trás das ciências sociais há sempre uma carga “intrínseca e extrinsecamente ideológica”, de modo que:

hoje ninguém ousa negar que toda ciência é comprometida. Ela vincula interesses e visões de mundo historicamente construídas, embora suas contribuições e seus efeitos teóricos e técnicos ultrapassem as interações de seu desenvolvimento. No entanto, as ciências física e biológicas participam de forma diferente do comprometimento social, pela natureza mesma do objeto que coloca ao investigador” (MINAYO, 1994, p. 14).

A parcialidade proposta em 1994 ainda é atual, pois, não há neutralidade, pois nossa visão de mundo está incorporada em todas as ações que desenvolvemos, assim como

² Minayo 1994 descreve as ciências sócias através de objetivo histórico, afirmando que “vivemos o presente marcado pelo passado e projetando o futuro, num embate constante entre o que está dado e o que está sendo construído” (MINAYO, 1994, p. 13).

nos processos de ensino. Deste modo, concordamos com Thiollent (2006), ao afirmar que, o professor pesquisador que planeja e desenvolve a pesquisa tem o papel de articulador e facilitador. E pelo fato de estar em contato direto e íntimo com os estudantes pode-se gerar manipulações que devem ficar sob controle metodológico e éticos da pesquisa.

Thiollent (2006), ainda ressalta a importância de se assumir a impossibilidade da neutralizada no processo de pesquisa-ação, pois “a pesquisa-ação torna-se-á mais rica se for realizada em grupo, já que a convivência e as trocas permitirão um enriquecimento só possível de alcançar por meio da relação intensa com os parceiros de pesquisa participantes³” (FRANCO; LISITA, 2014, p. 84). E estas relações se dão pela constante comunicação, “pela explicitação dos métodos e procedimentos utilizados e, sobretudo pela apreciação dos colaboradores” (GOMES; ANASTASIOU, 2014, p. 124). Por esta razão, esta categoria de pesquisa nem sempre é aceita por algumas instituições, pelo fato de que as relações pessoais muitas vezes recaem sobre a pesquisa, porém, cabe-nos enquanto pesquisadores separar esta variável na hora da coleta dos dados, sendo que no âmbito educacional este vínculo professor e aluno “não geram uma secundarização do processo de produção do conhecimento” (FRANCO; LISITA, 2014, p. 53). E embora esta linha de pesquisa já esteja bem difundida “no Brasil e noutros países” (THIOLLENT, 2011, p. 13), ela ainda está em “fase de discussão e não é objeto de unanimidade entre cientistas sociais e profissionais das diversas áreas” (THIOLLENT, 2011, p. 13).

No sentido pedagógico, a pesquisa-ação, conforme Thiollent (2011), não é considerada uma metodologia, mas sim um método ou uma estratégia de pesquisa, ou ainda “uma opção teórico-metodológica que expressa um determinado posicionamento acerca da sociedade, da escola, do ensino, da profissão docente do professor que se deseja formar” (FRANCO; LISITA, 2014, p. 41), neste caso do professor pesquisador.

Assim, para um melhor desenvolvimento da pesquisa-ação, Gil (2002), apresenta um conjunto de ações que embora não ordenados temporalmente, são fundamentais para sua aplicação, pois contrariamente a outros tipos de pesquisa, o planejamento de uma pesquisa-ação é muito flexível, não seguindo uma série de fases rigidamente ordenadas (THIOLLENT, 2011). Estas fases podem ser vistas como etapas, são elas:

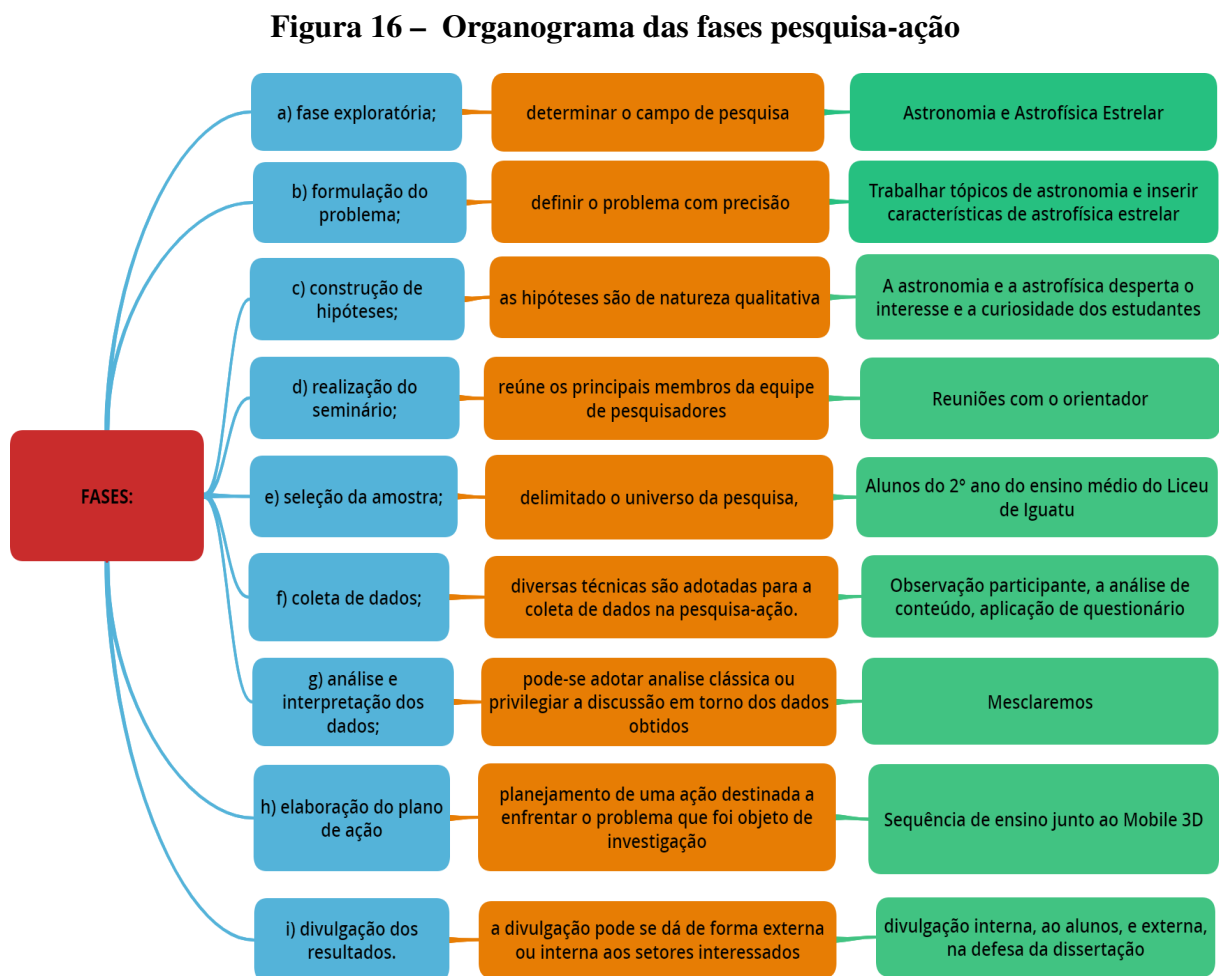
a) fase exploratória;

³ A pesquisa-ação e a pesquisa participantes em alguns casos são usadas como sinônimos, no entanto, Thiollent (2011) afirma que elas não devem ser confundidas, o autor ainda diz que “embora autores tenham chamado pesquisa participante concepções de pesquisa-ação que não se limita à aceitação dos pesquisadores no meio pesquisado, como no caso de simples ‘observação participante’. A participação dos pesquisadores é explicitada dentro de situações de investigação, com os cuidados necessários para que haja reciprocidade por parte das pessoas e grupos implicados nesta situação. Além disso, a participação dos pesquisadores não deve chegar a substituir a atividade própria dos grupos e suas iniciativas” (THIOLLENT, 2011, p. 22).

- b) formulação do problema;
- c) construção de hipóteses;
- d) realização do seminário;
- e) seleção da amostra;
- f) coleta de dados;
- g) análise e interpretação dos dados;
- h) elaboração do plano de ação;
- i) divulgação dos resultados (GIL, 2002, p. 143).

A pesquisa-ação pode ser organizada através de um roteiro que possui dois pontos fixos, o de partida que é a “fase exploratória” e o de chegada, sendo a “divulgação dos resultados”. Entre estas duas fases, conforme Thiollent (2011), há um vaivém entre as fases, de modo que se adaptam as variáveis que surgem na pesquisa.

E para melhor expressar a construção dessas etapas em nosso trabalho, o organograma, apresentado na figura (16) a seguir:



Fonte – Elaborada pela autora.

Assim, destacamos as fases apresentadas por Gil (2002) e como nosso trabalho se enquadra em cada fase. Dessa forma, os quadros em azul representam as fases da pesquisa-ação, os quadros em laranja apresentam o significado de cada fase, enquanto os verdes apresentam como nosso trabalho adapta-se em cada quadro.

As etapas descritas no organograma apresenta-se como o método⁴ utilizado para o desenvolvimento da intervenção pedagógica e aplicação da sequência didática de ensino. Não adentraremos na construção dos métodos da pesquisa-ação, apenas a aplicarmos neste trabalho.

5.1.4 A investigação através da abordagem quantitativa através da escala *likert* e da adaptação da avaliação *Net Promoter Score* – NPS

Os métodos qualitativos ganharam popularidade na década de 1960⁵ porque buscavam retratar os pontos de vista de todos os participantes, mesmo dos que não detinham poder nem privilégio, o que casava muito bem com as ideias democráticas da época (ANDRE, 1995).

Assim, concordamos com Gressler (2014) ao definir que a pesquisa quantitativa “estabelece hipóteses que exigem, geralmente, relação entre causa e efeito e [apoiam] suas conclusões em dados estatísticos, comprovações e testes [...]. Valoriza a experiência sensível, a verificação, o controle [...] quantitativo e a neutralidade científica” (GRESSLER, 2004, p. 43, grifos nossos).

No entanto, conforme Thiollent (2006), na pesquisa-ação não há neutralidade científica. Assim nos apoiaremos na pesquisa quantitativa para a coleta dos dados, pois consideraremos que durante a aplicação haverá interação com os estudantes com a finalidade de garantir a neutralidade científica e não influenciar na coleta de dados.

Para melhor caracterização da pesquisa quantitativa, no sistema de coleta de dados utilizaremos a escala *likert*⁶ que é uma escala que conforme estudos em estatística faz parte das escalas ordinais que segundo Freire (2021), “os valores das variáveis são também categorias como nas variáveis nominais⁷ (FREIRE, 2021, p. 25) o autor ainda afirma que as categorias

⁴ Caso haja interesse em saber mais sobre a construção dos métodos na pesquisa-ação indicamos a leitura das obras citadas ao longo desta subseção, principalmente a obra de Metodologia da Pesquisa-ação de Thiollent (2011).

⁵ A década de 1960 foi marcada por vários movimentos sociais, por lutas contra a discriminação racial e social e pela igualdade de direitos. Foi também nessa década que aconteceram as rebeliões estudantis da França, o que precipitou o interesse dos educadores pelo que estava se passando realmente nas escolas e das salas de aula e pelo uso da abordagem antropológica ou etnográfica para investigação do dia a dia escolar.

⁶ Desenvolvida em 1932 por Rensis Likert, essa escala busca identificar os níveis de aceitação e aprovação conforme suas experiências e influências sociais.

⁷ Escala nominal “é a escala de medição mais simples. Nesta escala, os valores da variável são categorias mutuamente exclusivas e exaustivas. As categorias não possuem uma ordem. Ex: religião, tipo sanguíneo,

podem ser ordenadas de acordo com alguns critérios, assim as variáveis:

que são medidas na escala ordinal são denominadas **variáveis categóricas ordinais**. Em geral, estas variáveis são descritas por meio do percentual de cada um dos seus valores possíveis, e visualizadas graficamente por meio de diagramas de barras ou diagramas de setores.

Quando o número de categorias é maior que 2, também utiliza-se o termo **variáveis multicategóricas** (FREIRE, 2021, p. 25).

Freire (2021) ainda destaca que quando existe apenas duas categorias, que é quando o questionamento é respondido com duas afirmativas como, por exemplo: concordo ou discordo, as estas variáveis podem ser chamadas categórica binária ou categórica dicotômica. Deste modo em nossa pesquisa trabalharemos com a escala likert na categoria de variáveis multicategóricas, pois nos permite obter informações sobre o nível dos sentimentos dos respondentes, o que nos dá mais liberdade, pois não se restringir ao simples concordo ou discordo. É importante destacar, segundo Oliveira (2001), que a escala *likert* fornece direções sobre a atitude do respondente em relação a cada afirmação, seja ela positiva ou negativa.

A escala *likert* ainda “é composta por um conjunto de frases (itens) em relação a cada uma das quais se pede ao sujeito que está a ser avaliado para manifestar o grau de concordância desde o discordo totalmente (nível 1), até ao concordo totalmente (nível 5, 7 ou 11)” (CUNHA, 2007, p. 24). Dentro de nossa pesquisa usaremos a escala *likert* de cinco pontos nominais, variando de 1 até 5, sendo que as variáveis multicategóricas servirão para investigar os níveis de: frequência, concordância, facilitação, satisfação e importância desta pesquisa e desta forma usaremos os dados obtidos para tabulação de dados e geração de gráficos que serão apresentados e discutidos posteriormente no capítulo 6 dos resultados e discussões. Ainda recorreremos à avaliação de satisfação do tipo *Net Promoter Score - NPS*⁸ que é uma métrica de zero a dez na qual podemos analisar o nível de interesse, aprendizado, satisfação entre outros critérios estabelecido na pesquisa.

5.1.5 A investigação através da abordagem qualitativa

Mesmo que de forma tímida recorreremos à investigação qualitativa, que envolve critérios descritivos e interpretativos e está intimamente ligada ao método propostos em pesquisa

nacionalidade. Variáveis medidas na escala nominal são denominadas **variáveis categóricas nominais**. Em geral, estas variáveis são descritas por meio do percentual de cada um dos seus valores possíveis, e visualizadas graficamente por meio de diagramas de barras ou diagramas de setores” (FREIRE, 2021, p. 24).

⁸ O NPS é um sistema desenvolvido em 2003 por Fred Reichheld é uma métrica desenvolvida para medir os níveis de lealdade, ela advém da área de administração e é uma métrica enumerada de zero a dez que relaciona a lealdade, dos consumidores e os divide em grupos.

de caráter social. Deste modo pode ser aplicado na pesquisa-ação e junto a abordagem quantitativa já descritas anteriormente já descrita. E concordamos com Minayo (1994) ao afirmar que não existe um “continuum” entre “qualitativo e quantitativo”, onde o qualitativo seria o lugar da intuição da exploração e da subjetividade enquanto o quantitativo seria o espaço do científico traduzido em dados matemáticos.

Minayo (1994) ainda afirma que a diferença entre o qualitativo e quantitativo é de natureza da pesquisa, pois a análise estatística advém dos fenômenos, já “a abordagem qualitativa aprofunda-se no mundo dos significados” (MINAYO, 1994, p. 22), e assim com a Minayo (1994), concordamos que os dados quantitativos e qualitativos não se opõem, mas pelo contrário se complementam, “pois pela realidade abrangida por eles interagem dinamicamente” (MINAYO, 1994, p. 22)⁹.

Assim as pesquisas com abordagem qualitativa podem também ser tabuladas, quantificadas e classificadas assim como defendido por Moreira (2015) ao relatar que “a estatística que usa é predominantemente descritiva. Ele não está preocupado em fazer inferências estatísticas, seu enfoque é descritivo e interpretativo ao invés de explanatório ou preditivo” (MOREIRA, 2015, p. 24).

Lüdke e André (1986, p. 18), estabelecem que em uma abordagem qualitativa “é rica em dados descritivos, tem um plano aberto e flexível e focaliza a realidade de forma complexa e contextualizada”. Sendo assim, podemos extrair, não só as respostas apresentadas no questionário, como também durante toda a investigação científica na fase de observação participante, ou seja, durante a aplicação da sequência didática de ensino, e ainda quando chegamos na fase de análise e discussão dos dados coletados podemos perceber que os dados são insuficientes e retornar a fase de coleta de dados a fim de suplementar as informações faltosas Gomes (1994), desta forma os encontros devem ser gravados para posterior conferência, o que substitui a utilização do caderno de campo.

É importante destacar ao longo do processo investigativo em sala de aula, sempre haverá momento de questionamentos por parte dos estudantes participantes da pesquisa, assim o professor pesquisador no ato de pesquisa-ação poderá a qualquer momento intervir, se necessário for, seja para responder os questionamentos levantados pelos alunos ou ainda para reorganizar o espaço físico sala de aula¹⁰ e se necessário chamar atenção dos alunos.

⁹ É importante destacar que essa postura teórica não é compatível com a ideologia levantado por correntes positivistas.

¹⁰ Neste caso sala de aula virtual, neste ambiente muitas vezes tem-se que voltar a fala devido “quedas” no sinal de internet, silenciar um microfone, adicionar ou remover alunos, enfim, nesta modalidade de ensino aparece

Por fim, é bom ter em mente que a pesquisa qualitativa, diferente da pesquisa quantitativa, obedece a um universo de significados da esfera da subjetividade, sendo os valores, as crenças, e os afetos variáveis que não se reduzem a operacionalização, pois não podem ser quantificadas, mas devem qualificar o resultado da pesquisa.

5.2 INSTRUMENTOS DE COLETAS DE DADOS E SUAS ANÁLISES

Independentemente da forma de coleta de dados, justifique o procedimento de coleta de dados usando argumentos baseados em pontos fortes e pontos fracos, custos, disponibilidade de dados e conveniência (CRESWELL, 2007, p. 162).

Nessa premissa defendida por Creswell (2007) baseamos nosso pensamento sobre a coleta de dados para posteriores análises, pois quando se usa diversos métodos dentro de uma pesquisa ela não se dá de forma tão clara, mas buscaremos aqui transacionar entre a coleta de dados da pesquisa-ação através de elementos em que sobressai o caráter misto, pois “o pesquisador reúne técnicas que estão incluídas tanto nos roteiros quantitativos como qualitativos (CRESWELL, 2007, p. 68).

Assim utilizamos observação participante durante a intervenção pedagógica, ou seja, na aplicação da sequência didática de ensino e para isso usamos praticas discursivas interrogativas com a finalidade de gerar discussões de grupos ou como denominado por Aires (2015) prática de grupo de discussão em contextos educativos¹¹, sendo uma técnica discussão que busca a integração, e em contexto escolar deve ser inserida naturalmente no decurso das atividades desenvolvidas Aires (2015, p. 40); O autor ainda define que "deve constituir uma actividade prevista no projecto de trabalho de professores e de alunos. Por isso, os participantes, os espaços e as temáticas dos grupos de discussão são os que fazem parte deste contexto sociocultural" (AIRES, 2015, p. 40).

O grupo de discussão é muito pertinente à pesquisa-ação, pois coleta de dados neste tipo de pesquisa “é efetuada por grupos de observações e pesquisadores sobre controle do seminário central” (THIOLLENT, 2011, p. 73), e ainda segundo o autor “os locais de investigação e os indivíduos ou grupos são escolhidos em função da amostragem” (THIOLLENT, 2011, p. 73), que delimitaremos o tópico a seguir. E justamente por este grupo de observação fazer parte do contexto escolar, unificamos estes dois pensamentos para fazer a coleta dos dados.

os mesmos problemas da sala de aula presencial e novos problemas referentes a tecnologia da informação e comunicação que não nos cabe aqui adentra-las.

¹¹ O grupo de discussão é uma técnica recente e, talvez por isso, menos divulgada e aplicada do que outras técnicas clássicas como o questionário, a entrevista aberta ou a entrevista em grupo (AIRES, 2015, p. 40).

Ainda para caráter documental Aires (2015) recomenda a gravação dos encontros em áudio e vídeo, e assim o faremos. Thiollent (2011), ainda destaca que ao lado de várias técnicas de coleta de dados em pesquisa-ação são “utilizáveis questionários convencionais que são aplicáveis em maior escala”, deste modo aplicaremos também um questionário semiestruturado correspondente a unificação de questionamentos qualitativos e quantitativos na forma de perguntas abertas e fechadas, e conforme Gil, 1999 *apud* Andrade (2010, p. 36) “o emprego desse instrumental, nessa etapa da pesquisa, justificou-se pela possibilidade de permitir o acesso a um número maior de sujeitos”.

Não obstante, aos questionários desenvolvidos em qualquer tipo de pesquisa, o questionário da pesquisa-ação obedece a algumas regras comuns a todo questionário: clareza das perguntas, perguntas abertas, fechadas de múltiplas escolhas ou mistas, há também nele diferenças, pois conforme Thiollent (2011) o questionário na pesquisa-ação não é suficiente; o processamento estatístico das respostas nunca é suficiente, assim este tipo de questionário deve ser testado antes da sua aplicação, permitindo-o assim o melhoramento da formulação. Thiollent (2011), no entanto, não julgamos necessário essa testagem, optamos pela revisão e avaliação do orientador.

Por este motivo criamos uma tabela, que se refere a categorização dos eixos temáticos explorados no questionário. Portanto, o questionário desta pesquisa está dividido em cinco eixos temáticos que visam explorar o perfil dos estudantes junto a coleta da autorização de participação da pesquisa através do termo de consentimento livre e esclarecido direcionado a gestora da escola (Apêndice A) e aos estudantes (no início do questionário - Apêndice C), ainda identificaremos a percepção e ensino de astronomia e astrofísica, identificar os recursos, a metodologia e problemáticas apresentadas pelo ensino remoto, estes eixos temáticos são detalhados na tabela (4):

Assim obedecendo ao caráter misto de natureza quantitativa e qualitativa, tendo no questionário é composto de questões abertas e fechadas, sendo que as questões fechadas seguem dois padrões de análise de dados distintos: a escala *likert* e a escala NPS. Sendo que através da escala *likert* podemos avaliar o grau de satisfação, interesse, importância e concordância dos estudantes pesquisados, pois, esta escala mede as opiniões e atitudes de um indivíduo. Enquanto a NPS é uma métrica que usada para medir o grau de satisfação e insatisfação dos estudantes.

Já as questões dissertativas permitem que o pesquisado possa argumentar e opinar, uma vez que é permitido a exposição de suas opiniões, desejos e ensejos; no entanto, dado que o questionário foi aplicado remotamente, entendemos que pode haver um compartilhamento de

Tabela 4 – Eixos temáticos abordados no questionário

Eixo temático	Objetivo
PERFIL DOS ESTUDANTES Termo de consentimento livre e esclarecido	Buscaremos identificar o perfil dos estudantes participantes da pesquisa, bem como coletar autorização de consentimento livre e esclarecido de participação da pesquisa
PERCEPÇÃO E ENSINO	Aqui nos vateremos a identificar se a percepção dos estudantes sobre o ensino de astronomia e astrofísica, ainda buscaremos contabilizar os meios de acesso ao ensino dessas áreas e faremos ainda levantamento sobre o nível de interesse por parte dos estudantes sobre o estudo de astronomia e astrofísica.
RECURSOS	Buscaremos compreender se os recursos utilizados durante as aulas da sequência didática de ensino foram importantes e motivacionais para a participação dos alunos.
METODOLOGIA DE ENSINO	Nesta etapa buscaremos compreender se a sequência didática de ensino utilizada favorece o aprendizado e quais impactos a metodologia de ensino utilizada durante os encontros pode ter gerado no aprendizado dos discentes.
ENSINO REMOTO	Buscaremos fazer breve sondagem sobre o ensino remoto e seu possível impacto no aprendizado do educando.

Fonte – Elaborado pelo autora.

respostas entre os estudantes, devido este fato foi cogitado a aplicação do questionário no formato de entrevista, no entanto, pelo curto intervalo de tempo e pela alta quantidade de estudantes participantes da pesquisa este modelo de aplicação para coleta de dados se torna inviável.

Portanto, o questionário será aplicado remotamente e de forma assíncrona¹², e para isso utilizamos a plataforma *google forms*¹³, recurso gratuito da *google* que proporciona aos usuários aplicar pesquisas e avaliações *online* e objetivamente, e os dados obtidos foram analisados de formas de forma analítica-interpretativa através de duas funções onde:

Uma se refere à verificação de hipóteses e/ou questões. Ou seja, através da análise de conteúdo, podemos encontrar respostas para as questões formuladas e também podemos confirmar ou não as afirmações estabelecidas antes do trabalho de investigação (hipóteses). A outra função diz respeito à descoberta do que está por trás dos conteúdos manifestos, indo além das aparências do que está sendo comunicado. As duas funções podem, na prática, se complementar e podem ser aplicadas a partir de princípios da pesquisa quantitativa ou da qualitativa (MINAYO, 1994, p. 74).

Pois, podemos analisar os dados com um ou mais conjunto de técnicas, assim como às duas destacadas por Minayo (1994).

Portanto, o questionário final, disponível no apêndice C, utiliza-se da escala *likert* de cinco pontos nominais, variando de 1 até 5, estas questões buscaram investigar o nível ou

¹² interações assíncronas não requerem simultaneidade no processo de interação entre os participantes, permitindo maior flexibilidade temporal e espacial Oliveira *et al.* (2020)

¹³ A plataforma do *google* vincula a diversos recursos para seus usuários, assim como *google* fotos, *google drive*, *google maps* e *google forms*, também é um recurso gratuito ao usuário e está diretamente vinculado ao endereço eletrônico (*e-mail*) do usuário e para acessá-lo basta pesquisar pelo nome *google forms* ou pelo *link* de direcionamento da página e dá início a criação de seu formulário *online*. Plataforma disponível em: <<https://www.google.com/intl/pt-br/forms/about/>>. Acesso em 14 de junho de 2021

grau da frequência, concordância, facilitação, satisfação e importância, ainda utilizamos a escala numérica NPS variando de 0 a 10, onde o participante desta pesquisa indicou os níveis de frequência e interesse sobre os pontos abordados nos cinco eixos temáticos que compõem o questionário, sendo os eixos: perfil dos estudantes junto ao termo de consentimento livre e esclarecido; percepção e ensino de astronomia e astrofísica; recursos; metodologia e ensino remoto, estes eixos já foram apresentados na tabela 4 acima.

5.3 SUJEITOS E LOCAL DA PESQUISA: CONTEXTO E ASPECTOS DA REALIDADE ESCOLAR

5.3.1 O contexto social na elaboração e aplicação da pesquisa

Pelo simples fato de sermos seres sociais, sabemos que a sociedade molda direta ou indiretamente a forma como vivemos, assim através de levantamentos feitos por cientistas sociais podemos afirmar que

a sociedade humana existe em um determinado espaço cuja formação social e configuração são específicas. Vivemos o presente marcado pelo passado e projetando o futuro, num embate constante entre o que está dado e o que está sendo construído (MINAYO, 1994, p. 13).

Deste modo, destacamos o cenário no qual este trabalho foi desenvolvido como histórico, e assim o destacamos aqui por considerar como parte integrante e essencial a elaboração e aplicação desta pesquisa, pois entendemos que os fatores sociais interferem no desenvolvimento escolar, assim como em todos os seguimentos da sociedade.

Ao final de 2019 até meados de 2021¹⁴ vivemos um cenário inimaginável, semelhante a roteiros de filmes de ficção científica, em que o planeta é atacado por um vírus que se espalha rapidamente e é extremamente agressivo ao organismo humano, e por consequência de sua letalidade toda a dinâmica social mundial foi modificada, onde passamos a ter que viver em isolamento social, a nos “adaptar” e nos “reinventar” ao novo cenário catastrófico mundial. É uma doença causada pelo vírus Sars-CoV-2, que gerou uma emergência internacional em saúde, em dezembro de 2019 inicialmente na cidade de Wuhan na China, onde apareceram os primeiros casos da doença causada por este vírus, a primeira fatalidade foi anunciada em 11 de janeiro de 2020 pelo governo Chinês, que mais tarde no dia 20 do mesmo mês declarou que surto era uma emergência sanitária de saúde. Ainda em janeiro a doença rompeu as fronteiras da China e foram reportados novos casos na Tailândia, no Japão e na Coreia e rapidamente a doença começou a se

¹⁴ Momento que estava sendo escrito este trabalho.

espalhar pelo mundo. No Brasil o primeiro caso foi detectado no dia 26 de fevereiro, na cidade de São Paulo. Na virada para o mês de março, a doença já ultrapassa a centena de casos em diversos países da Europa e da Ásia, a escalada da Covid-19 (nome dado a doença após muitos debates entre cientistas da área da saúde) a partir de então foi exponencial, e o aumento de casos passou a ser acompanhado pelo crescimento inimaginável do número de mortos¹⁵ (MARQUES; SILVEIRA; PIMENTA, 2020).

Não demorou muito para a doença se espalhar, e na noite do dia 15 de março foram confirmados três casos da doença no Estado do Ceará (CEARÁ, 2020b). Logo o comércio, as igrejas, escolas e universidades foram fechadas. As escolas públicas e privadas foram fechadas por decreto estadual, em que o governador decretou a suspensão das aulas presenciais, por 15 dias a partir do dia 17 de março¹⁶, em todo o Estado do Ceará (CEARÁ, 2021b). Com o avanço da pandemia, o ensino passou a ser a distância, e de imediato as aulas presenciais foram substituídas por aulas em meios digitais em toda rede estadual de ensino do Ceará, seguindo as orientações da portaria nº 343¹⁷ do Ministério da Educação.

Assim iniciou-se um tempo de incerteza a todos os setores sociais. A Secretaria da Educação do Estado do Ceará – Seduc junto do Sindicato dos Trabalhadores da Educação – Apeoc, no dia 28 de março, publicam um conjunto de diretrizes para subsidiar o processo de ensino à distância/domiciliar a ser organizado pelas unidades de ensino da rede pública estadual do Ceará, (CEARÁ, 2020c), buscando assim, o cumprimento da carga horária do trabalho escolar durante todo o período de suspensão das atividades educacionais presenciais por conta da pandemia do coronavírus.

No dia 2 de abril de 2020 a Seduc divulgou uma parceria firmada com a empresa Google

para a disponibilização do *G Suite*, plataforma que oferece uma série de ferramentas como *Google Sala de Aula*, *Drive*, *Gmail*, *Hangout* e agenda. Por meio dos acessórios, professores disponibilizam atividades pedagógicas de suas disciplinas e interagem com os estudantes, com o objetivo de dar suporte aos estudos realizados em casa de forma segura (CEARÁ, 2020a)

E apesar de historicamente uma vacina demorar cerca de dez anos para ser aprovada, no caso emergencial do coronavírus os processos regulatórios foram mais rápidos¹⁸. No dia 8 de

¹⁵ A ameaça da doença ascendeu à experiência do choque: a saturação dos serviços de saúde, a solidão dos moribundos, a morte sem ritos e sem despedidas, as covas coletivas, o ringue de patinação transformado em necrotério, a devastação dos asilos. A pandemia chegou como uma onda, invadindo tudo. Um tsunami. Tomou a vida em um golpe (MARQUES; SILVEIRA; PIMENTA, 2020, p. 231).

¹⁶ Artigo 3 do Decreto nº 33.510, de 16 de março de 2020 (CEARÁ, 2021b).

¹⁷ Portaria nº 343, de 17 de março de 2020, do Ministério da Educação (CEARÁ, 2021b).

¹⁸ Caso queira saber sobre como as vacinas contra COVID-19 ficaram prontas tão rápido, indico o vídeo Dr. Luiz

dezembro de 2020, quase um ano após o primeiro caso de covid-19, Margaret Keenan, cidadã britânica de 90 anos, tornou-se a primeira pessoa no mundo a receber a vacina da Pfizer¹⁹ contra a Covid-19 fora de um ensaio clínico (HOLTON, 2020). Já no Brasil a primeira pessoa a ser vacinada foi a enfermeira Mônica Calazans, de 54 anos, ela recebeu o imunizante Coronavac²⁰, desenvolvido no país pelo Instituto Butantan (BADDINI; FERNANDES, 2021).

No dia 29 de maio de 2021 os profissionais da educação das escolas públicas e privadas do Ceará começaram a receber a vacina contra a Covid-19 (CEARÁ, 2021a). Com a disponibilização da vacina para os profissionais da educação, segundo G1 (2021) as escolas públicas municipais e estaduais, bem como as instituições privadas, estão em níveis distintos de retorno²¹, no dia 4 de outubro de 2021 sobre decreto do Governo do Estado do Ceará em que determina a obrigatoriedade da priorização das atividades presenciais no Estado a medida foi autorizada em alusão à queda de casos confirmados e óbitos provocados pela Covid-19 no Estado.

A longo prazo não sabemos o quanto prejudicial esta pandemia está sendo ao sistema educacional de ensino. E não aprofundaremos nesta premissa, pois assim como o ensino remoto, tão pouco o ensino híbrido, não fazem parte do objeto de estudo, no entanto, o cenário pandêmico gerado pela propagação do novo coronavírus mudou a forma de aplicação da sequência didática de ensino no ato de intervenção pedagógica, certamente não poderíamos deixá-lo de lado nesta pesquisa.

5.3.2 Caracterização do público-alvo

O público alvo desta pesquisa de início eram 47 discentes do segundo ano letivo da Escola de Ensino Médio em Tempo Integral Liceu Doutor Jose Gondim²². No entanto, com as novas regulamentações e decretos estaduais referentes ao distanciamento social, o núcleo gestor

Vicente Rizzo diretor superintendente do Israelita de ensino e pesquisa Albert Einstein disponível na plataforma do Youtube através do endereço eletrônico: < <https://www.youtube.com/watch?v=Z-f8fsdDMI0>>. Acesso em 12 nov. 2021.

¹⁹ Vacina produzida e desenvolvida pela empresa BioNTech, esta vacina é do tipo Messenger ribonucleic acid - DNA mensageiro, esta vacina contém informações do RNA mensageiro, incluindo o “projeto” ou código de uma característica específica do vírus (antígeno do vírus). A informação permite que o corpo produza esse antígeno por conta própria. BIONTECH, **What is a mRNA vaccine and how do mRNA vaccines work?**. Disponível em: <<https://biontech.de/covid-19-portal/mrna-vaccines>>. Acesso em 12 nov. 2021

²⁰ Vacina produzida pela empresa farmacêutica Sinovac. Segundo o Instituto Butantan (2021) esta vacina utiliza a tecnologia de vírus inativado (morto), uma técnica consolidada há anos e amplamente estudada. Ao ser injetado no organismo, esse vírus não é capaz de causar doença, mas induz uma resposta imunológica. Disponível em: < <https://butantan.gov.br/covid/butantan-tira-duvida/tira-duvida-noticias/quais-sao-as-diferencas-entre-as-vacinas-contras-covid-19-que-estao-sendo-aplicadas-no-brasil>> Acesso 12 nov. 2021.

²¹ As instituições mesclavam entre volta parcial, semi-presencial, o que foi chamado de ensino híbrido.

²² Com CNPJ 07.954.514/0670-33, escola faz parte da rede pública estadual de ensino, e está localizada do município de Iguatu, região Centro-Sul do Estado do Ceará, na Rua 25 De Marco, S/N com cep: 63.500-005.

da escola junto aos professores aderiram ao ensino remoto.

Assim de início a escola adotou a unificação das quatro turmas de segundo ano presente na escola, assim o ensino remoto e a unificação dessas turmas impossibilitaram a aplicação da sequência didática de ensino.

Com o passar dos meses e nenhuma data concreta para o retorno das aulas presenciais, passamos a readaptar a sequência didática de ensino para o ensino remoto. Assim no ano de 2021 redefinimos nosso público-alvo, que passou a ser 177 alunos de quatro turmas que estavam distribuídos em duas turmas distintas remotas, que em alguns momentos tinham aulas conjuntas devido à necessidade da escola.

Dessa forma, tivemos que aplicar a sequência didática para um público bem maior do que o pensado inicialmente, nosso público-alvo passou de 45 para 177 alunos, pois foram unificadas 4 turmas cada uma com médias 44 alunos regularmente matriculados que estavam divididos em duas turmas remotas de aproximadamente 93 alunos. No entanto, no ensino remoto, devido a diversos fatores sociais²³, nunca tivemos todos os alunos em sala de aula virtual, este número normalmente varia entre 53 e 88 estudantes por turma e nas aulas semanais.

5.4 SEQUÊNCIA DIDÁTICA DE ENSINO: UMA INTERVENÇÃO PEDAGÓGICA NA ÁREA DE ASTRONOMIA E ASTROFÍSICA

Estando cientes da atual conjuntura, na qual estamos enfrentando uma pandemia e obedecendo às diretrizes para o período de suspensão das atividades educacionais presenciais e migração para as atividades de forma remota, e sabendo-se que pesquisa-ação envolve um plano de ação, esta seção apresenta-se como essencial à nossa pesquisa, sendo importante identificar os fatores que podem atrapalhar esta intervenção pedagógica.

De forma sucinta, nossa sequência didática de ensino foi baseada no entrelaçamento da pesquisa-ação defendida por Thiollent (2011) e a modelização defendida por Bunge (2017b). Com isso criamos nossa sequência didática de ensino destina-se o professor que deseja trabalhar tópicos de astronomia e astrofísica em suas aulas de física, ou porque não ampliar para todas as ciências da natureza, aqui, nesta seção que se segue, apresentamos a caracterização metodologia do que é a sequência didática de ensino e como ela é justificada no processo de ensino. De toda forma, no apêndice B, apresentamos sem "arrodeio" no real sentido da palavra sequência o que

²³ Falta de internet, falta de recursos tecnológicos celular/computados para assistir aulas, alunos com necessidades especiais e acompanhados pelos Atendimento Educacional Especializado – AEE, desmotivação, entre outros fatores que não foram investigados por esta pesquisa.

deve acontecer em cada encontro, mostrando inclusive as ferramentas que podem ser usadas nas aulas e sugestão de aplicação tanto na forma presencial, como remota.

No entanto, aqui descrevemos como se deu a realização da intervenção pedagógica através da aplicação da sequência didática de ensino desenvolvida, e para tal aplicação foi utilizado o suporte técnico da plataforma G suíte da empresa *Google*, disponibilizada pela Seduc aos professores da rede estadual de ensino. Através desta plataforma podemos utilizar algumas das ferramentas digitais próprias da plataforma como, por exemplo: *Google meet*, *Google classroom*, *Google formes*, fizemos também uso de outras ferramentas digitais que estão fora do servidor *Google* e que aparecerão ao longo da intervenção pedagógica, na sequência didática de ensino (apêndice - B). Você deve estar se perguntando: *Afinal o que é uma sequência didática de ensino? É uma intervenção pedagógica?*

Assim antes de apresentar nossa sequência didática de ensino, é pertinente explicar o que ela e a intervenção pedagógica são. Em concordância com Zabala (1998) e (KOBASHIGAWA *et al.*, 2008, p. 3) a sequência didática é um conjunto de atividades intencionalmente planejada que aborda determinada temática, ainda para Zabala (1998, p. 18, grifos do autor) trata-se de “um conjunto de atividades ordenadas, estruturadas e articuladas para a realização de certos objetivos educacionais, que têm um princípio e um fim conhecidos tanto pelos professores como pelos alunos”, já Kobashigawa *et al.* (2008) destaca que uma sequência didática,

é composta de várias atividades, as quais consideramos como o encadeamento de indagações, atitudes, procedimentos e ações que o aluno irá realizar sob mediação do professor. As atividades que compõem uma sequência didática seguem um aprofundamento crescente do tema discutido e proporciona ao aluno trabalhar tema utilizando várias estratégias, tais como: experimentos, pesquisas, trabalhos de campo, etc. (KOBASHIGAWA *et al.*, 2008, p. 3).

Zabala (1998) utiliza uma proposta metodológica que inclui além de certas atividades ou tarefas determinadas, uma forma de agrupar em sequência de atividades que segundo ele:

As sequências de atividades de ensino/aprendizagem, ou sequências didáticas, são uma maneira de encadear e articular as diferentes atividades ao longo de uma unidade didática. Assim, pois, poderemos analisar as diferentes formas de intervenção segundo as atividades que se realizam e, principalmente, pelo sentido que adquirem quanto a uma sequência orientada para a realização de determinados objetivos educativos. As sequências podem indicar a função que tem cada uma das atividades na construção do conhecimento ou da aprendizagem de diferentes conteúdos e, portanto, avaliar a pertinência ou não de cada uma delas, a falta de outras ou a ênfase que devemos lhes atribuir (ZABALA, 1998, p. 20).

Concordamos com Soares e Nobre (2017) ao afirmarem que na literatura não há uma definição formal entre sequência didática e sequência de ensino. Deste modo enfatizaremos

a diferenciação dos termos e explicaremos porque de unificarmos as duas vertentes em nosso trabalho. A autora Maria José A. Souza (2013) diferencia sequência didática, de situação didática e da sequência de ensino da seguinte forma apresentado na tabela (5) a seguir.

Tabela 5 – Comparativo conceitual entre Sequência Didática e Sequência de Ensino segundo Souza (2013)

	Sequência Didática	Sequência de Ensino
Definição	Refere-se à organização de uma sequência de aulas, geralmente planejadas para pesquisas relacionadas à Didática, podendo ser também uma produção para o próprio ensino.	Refere-se à organização de um determinado saber, em etapas sequenciais, como forma de produzir um conhecimento específico.
Objetivos	- Desenvolver pesquisas - Organizar e orientar produções voltadas para o ensino	- Organizar, em etapas sequenciais, produções específicas de ensino

Fonte – Adaptação de Souza (2013, p.50-51)

Souza (2013) em seu artigo mostrou que existe uma definição para os termos sequência didática e sequência de ensino, que embora muito utilizados em trabalhos na área de ensino da matemática, nem sempre são bem definidos e muitas vezes são utilizados como sinônimos. A autora ainda afirma “que eles se referem basicamente a dois contextos: o ensino e a pesquisa. Apesar de possuírem uma inter-relação e por estarem associados a contextos educacionais, podem ser trabalhados separadamente ou de forma conjunta, de acordo com os objetivos da proposta em que estiverem inseridos” (SOUZA, 2013, p. 51).

Zabala (1998) retrata o papel do professor e dos alunos, entende que existe um vínculo afetivo entre eles, pois as relações produzidas em sala de aula, afetam o grau de comunicação e os vínculos de convivência. Sendo, os “tipos de comunicações e vínculos que fazem com que a transmissão do conhecimento ou os modelos e as propostas didáticas estejam de acordo ou não com as necessidades de aprendizagem” (ZABALA, 1998, p. 20), o que se alinha perfeitamente com a ideia de imparcialidade levantada pela pesquisa-ação, pois o professor e o alunos possuem um vínculo afetivo e ambos estão inseridos na ação investigativa da pesquisa.

Assim, entendemos o processo de ensinar e aprender como ações investigativas do tipo pesquisa-ação, pois, nós professores, a todo momento reavaliamos os métodos e as metodologias que utilizamos em sala de aula, de forma que fazemos intervenções sempre que necessário a fim de manter a linha de raciocínio, manter a ordem, ou até mesmo relatar, exemplificar ou responder questionamentos pertinentes ao conteúdo que aparecem e em qualquer fase da aula, do bimestre ou da sequência didática de ensino são incontáveis às vezes que mudamos nosso plano original para atender que demandas vão surgindo, claro sem tirar o

foco que é o ensinar o conteúdo já previsto pelo planejamento. Assim para a elaboração dessa sequência didática de ensino não diferiu, e dentro de todo o processo de pesquisa sobre sequência de ensino encontramos um *template*²⁴ mostrando como elaborá-la, o modelo disponibilizado no site do professor Guedes (2020) aponta oito pontos que devem estar contido em uma sequência de ensino e são eles:

1. Disciplina, identificação do professor e turma (série/ano);
2. Tema que será trabalhado;
3. Lista dos conteúdos (conceituais, procedimentais e atitudinais);
4. Habilidades da BNCC (ou do currículo do seu sistema de ensino);
5. Tempo de duração desta sequência;
6. Forma de organização da turma;
7. Descrição das aulas pensando em introdução, desenvolvimento e conclusão.
8. Finalização da sequência didática (GUEDES, 2020).

Entendemos que a elaboração da sequência didática de ensino é a parte mais importante dentro desse projeto de pesquisa e nos atentamos a desenvolver uma sequência que melhor se adaptasse ao ensino remoto, no entanto, a sequência inicial que já havia sido feita numa perspectiva de aulas presenciais foi readaptar, na pesquisa-ação isto é aceitável, ainda fizemos algumas modificações no modelo de sequência didática sugerido pelo professor Guedes (2020) que casa com a pesquisa-ação, a fim de adaptar a nossa necessidade, pois conforme Zabala (1998) em uma sequência de ensino é “necessário introduzir atividades que estimulem os alunos a expressar o que pensam sobre o tema tratado, de forma que nos dêem pistas acerca dos diferentes níveis de complexidade que deve ter a exposição” (ZABALA, 1998, p. 35).

Aires (2015), ainda apresenta uma breve roteirização da aula que também está presente na nossa sequência didática de ensino

A duração da actividade depende das dinâmicas do grupo e das estratégias definidas pelo entrevistador, no entanto, não ultrapassa, por regra, duas horas. A *organização do espaço* é a que normalmente se adapta em actividades de discussão e debate: disposição circular, semi- circular ou em U das cadeiras. No que se refere às *estratégias de registo* recorre-se à gravação áudio e vídeo (AIRES, 2015, p. 41).

E assim o fizemos, determinamos o tempo necessário para aplicação de cada encontro que de início seriam no formato de aulas presenciais regulares, no entanto, como já explanado no item 5.3.1 que devido à pandemia da Covid-19, toda a sequência didática de ensino foi readaptada para o formato de ensino remoto, dificultando assim a aplicação e a coleta de dados, no entanto, sendo possível a promoção do diálogo, que para Aires (2015),

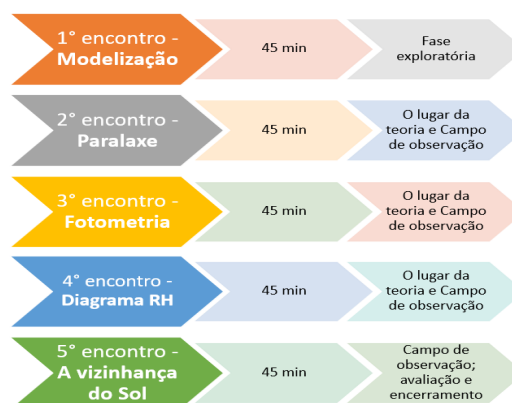
²⁴ Do inglês *template* significa modelo, é um documento pré-desenvolvido que poderá ser usado como modelo.

O diálogo com o grupo deve iniciar-se com uma breve explicação dos objectivos da pesquisa e do âmbito da discussão, e com a justificação da necessidade do registo em áudio e vídeo. Depois do momento inicial competirá ao grupo configurar o seu próprio discurso, e ao coordenador reajustar sistematicamente as suas estratégias em função da dinâmica do debate. O coordenador vai gerindo essa dinâmica devolvendo sistematicamente a palavra ao grupo e evitando situações de teorização excessiva. Uma vez iniciada a discussão pretende-se que as falas individuais se integrem no espaço de convergência do próprio grupo e que nesse mesmo espaço o discurso social disseminado se revele. Ao coordenador compete sobretudo manter a discussão, evitar que esta enverede por caminhos alheios à investigação e orientá-la para o aprofundamento da temática em estudo (AIRES, 2015, p. 41).

De modo geral o diálogo é fundamental a qualquer processo de ensino e quando se trata de ensino remoto o diálogo deve ser nossa fundamental ferramenta de trabalho, pois nossos alunos estão solitários do outro lado da tela. Então esta conversa deve ser num tom convidativo para que o estudante mesmo distante se sinta parte do processo de pesquisa e da ação, claro que teremos em certos momentos refletir a prática e ação e através do diálogo ver se há necessidade de fazer adaptações, e se for o caso não tenha medo da mudança, pois o planejamento original não será descartado, ele apenas será readaptado a realidade, pois mesmo com as mudanças no caminho há um ganho de informações e conhecimentos.

Deste modo os encontros de formação realizados nesta intervenção pedagógica têm como objetivo trabalhar conceitos de astronomia e introduzir conceitos e formulações da astrofísica, e para isso, utilizamos abordagem expositiva e dialogada, tanto do ponto de vista metodológico, quanto dos elementos pedagógicos fundamentais. O processo de intervenção ocorreu em cinco encontros de 45 minutos, distribuídos ao longo de cinco semanas, sendo que cada encontro representava uma fase, conforme indicado na figura (17) abaixo.

Figura 17 – Distribuição dos encontros com suas respectivas durações no ensino remoto e fase dentro da perspectiva da pesquisa-ação



Fonte – Elaborada pela autora

Assim a fase exploratória na pesquisa-ação “consiste em descobrir o campo da pesquisa” (THIOLLENT, 2011, p. 56), ainda segundo o autor os pesquisadores estabelecem um primeiro levantamento ou diagnóstico, assim concordamos com Thiollent (2011) que nessa fase o “os pesquisadores tendem a identificar as expectativas, os problemas da situação, as características da população e outros aspectos que fazem parte do que é tradicionalmente chamado de ‘diagnóstico’” (THIOLLENT, 2011, p. 56-57), no entanto, essa fase antecede nosso primeiro encontro e está além do mesmo, pois a fase exploratória permeia todo o planejamento da pesquisa-ação, e optamos por nomear o primeiro encontro como fase exploratória, pois é nele identificamos a concepção de modelização trazida pelos estudantes.

O lugar da teoria e o campo da observação entende-se como a fase de onde é aplicado o tema da pesquisa, apresentando os conceitos, ideias e fundamentos teóricos específicos ao conteúdo abordado, aqui daremos sentido e melhorar a compreensão dos conceitos, pois entendemos que a nossa sequência didática de ensino é articulada com foco na pesquisa-ação visando promover a participação dos estudantes. A última fase de aplicação dessa sequência de ensino, efetuiremos a avaliação de todo o processo metodológico aplicado ao decorrer da sequência didática de ensino, como é incentivado por Thiollent (2011) não trataremos apenas de observar e descrever, pois, o

“aspecto principal é projetivo e remete à criação ou ao planejamento. O problema consiste em saber como alcançar determinados objetivos, produzir determinados efeitos, conceber objetos, organizações, práticas educacionais e suporte materiais como características e critérios aceitos pelos grupos interessados. (THIOLLENT, 2011, p. 85)

Assim, nesses encontros, fundamentaremos incentivar e refletir com os educandos sobre tópicos de astronomia e astrofísica, a partir do desenvolvimento de temas relacionados à área compreendidos na sequência didática de ensino que está mais detalhada no apêndice B do presente trabalho, lá apresentamos o passo a passo para o desenvolvimento de cada encontro, bem como as ferramentas digitais, ainda disponibilizamos os links de acesso aos materiais digitalizados que foram utilizados no decorrer dos encontros incluindo o *slide*, assim para o leitor que deseja aplicar nossa sequência didática de ensino, indico a leitura dos tópicos seguintes bem como do apêndice B. Pois aqui relataremos sobre cada encontro sucintamente de modo a justificar a escolha dos meios e métodos utilizados para cada encontro.

5.4.1 Primeiro encontro – Modelização

Iniciamos nosso primeiro encontro através de breve apresentação sobre o projeto de pesquisa, informando que durante os próximos quatro encontros daremos continuidade a aplicação da pesquisa que faz parte de uma intervenção pedagógica com a finalidade de investigar a potencialidade da sequência didática de ensino, junto aos recursos didáticos Maquete Representacional 3D, que carinhosamente chamaremos Móbile 3D, recursos estes planejados, produzidos e aplicados nesta investigação, estes recursos visam estimular, incentivar e inserir os conceitos de astronomia e astrofísica estelar em sala de aula.

Posterior a apresentação dos objetivos e duração do projeto, deu-se início a aplicação da sequência didática de ensino, tão logo os estudantes em folhas de caderno ou folhas de papel A4 deveriam realizar um modelo representativo em que eles apresentariam na forma de desenho e partindo de sua concepção, como julgam que as estrelas estão distribuídas em torno do Sol, pois como defendido por Bunge (2017b) uma coisa pode ser representada esquematicamente por desenhos.

Para Zabala (1998, p. 14) “o problema não consiste em se temos ou não suficientes conhecimentos teóricos; a questão é se para desenvolver a docência é necessário dispor de modelos ou marcos interpretativos”. Deste modo nosso primeiro encontro consiste em trabalhar a conspeção dos estudantes sobre como eles modelizam as estrelas que etão da vizinhança do Sol, tudo isso através de seu pensamento intuitivo, não nos cabe aqui julgar se a representação estará certa ou errada, visto que os modelos unidimensionais que serão produzidos pelos estudantes terão vários caráteres, seja teórico ou artístico, podendo-se ainda unificar às duas vertentes, seja pela reflexão de um modelo representativo na forma de desenho por uma representação já conhecida e podendo usar como comparação, por exemplo, as constelações, pois “toda teoria mesmo abstrata pode ser acompanhada de um diagrama mais ou menos representativo dos objetam que tratam a teoria” (BUNGE, 2017b, p. 26).

Assim no objetivo desse encontro que exploramos o conhecimento prévio dos estudantes através da modelização da vizinhança do Sol, pois entendemos que alto reflexão sobre: como as estrelas estão distribuídas em torno do Sol? Trará representações diversas que devem ser debatidas em sala de aula virtual²⁵ e posteriormente apresentadas e discutidas aqui no capítulo 6 de resultados e discussões.

Ao fim do primeiro encontro, visando estimular a pesquisa e gerar discussões para

²⁵ As aulas aconteceram de forma síncrona.

aula seguinte, orientamos que os estudantes pesquisassem o conceito de paralaxe e definissem as unidades astronômicas (unidade astronômica, ano-luz e parsec), julgamos importante a utilização da pesquisa para o desenvolvimento intelectual dos estudantes seja qual for o nível de ensino e não podemos supor “que o professor é mero executor de propostas teóricas significa, nesses termos, negar a práxis é incapacitá-lo a entender a dimensão da educação como prática de liberdade humana” (OLIGURSKI; PACHANE, 2010, p. 258) pois o ato de pesquisar segundo Triviños (1987) torna investigador um ator que contribui com suas peculiaridades aprofundando suas concepções do mundo, teorias, e valores.

5.4.2 Segundo encontro – Paralaxe

É de conhecimento de todos que as ciências geralmente utilizam uma linguagem própria, a linguagem científica. Esse linguajar muitas vezes dificulta a compreensão do aluno por não fazer parte de seu campo lexical. E é aí que a escola entra com o papel de formadora e emancipatória, e através da pesquisa-ação conseguimos empregar esse caráter emancipatório nos nossos aprendizes, pois “a educação é um fenômeno social e cultural que ganha vida com a prática social completa” (FRANCO; LISITA, 2014, p. 73), e para essa prática social ser completa é fundamental inserir a linguagem científica, na prática escolar.

Neste sentido, neste encontro, busca-se através de pesquisa previa realizadas pelos estudantes dialogar sobre as unidades de medidas própria da astronomia e utilizando-se da linguagem científica e relacionando os conceitos científicos com as situações reais que estão presentes no cotidiano tornando assim os conceitos menos abstratos. Dito isto é necessário as identificar as concepções e crenças que os estudantes trazem da sua realidade social e problematizar a distorção dos conceitos sobre unidades de medidas e assim reorientá-los na perspectiva teórica e/ou metodológica da linguagem científica.

Este encontro objetiva-se em apresentar e discutir as unidades de medidas astronômicas e formular junto aos alunos conceitos de paralaxe partindo da concepção previa adquirida através da pesquisa, designada e orientada no encontro anterior, que deve ser partilhada no início do segundo encontro, pois “é consagrada a ideia de que a pesquisa-ação tornar-se-á mais rica se for realizada em grupo, já que a convivência e as trocas permitirão o enriquecimento só possível de alcançar por meio da relação da parceria” (FRANCO; LISITA, 2014, p. 87) entre o professor pesquisador e os estudantes participantes da pesquisa. No entanto, a pesquisa devido ao ensino remoto se dará individualmente enquanto a partilha deve ser coletivamente.

Posterior ao debate sobre a pesquisa o professor deve mostrar os métodos de calcular distâncias utilizando o método da triangulação, posteriormente associa-lo a paralaxe, neste encontro é fundamental usar materiais visuais, pois facilitam a compreensão do estudante, pois “toda representação, mesmo visual, é convencional em algum grau: há sempre um código familiar e tácito ou especial e explícito que nos permite interpretar o desenho como sendo um certo modelo de um objeto concreto” (BUNGE, 2017b, p. 25).

Assim ao fim desse encontro o aluno deverá compreender que existem unidades de medidas usadas para calcular distâncias astronômicas e que a paralaxe é um método utilizado para determinar a distância das estrelas vista da Terra, ainda, deverá diferenciar paralaxe geocêntrica da heliocêntrica, bem como ter competência para calcular a paralaxe das estrelas.

5.4.3 Terceiro encontro – Fotometria e Radiometria

A fotometria e a radiometria são área da física que se dedica à medição da luz, sendo que a fotometria se volta ao estudo da luz visível tal como ela é percebida pelo olho humano e enquanto a radiometria se volta ao estudo de toda a radiação emitida por uma fonte de ondas eletromagnético seja ela visível ou não-visível.

Assim no terceiro encontro será abordado aspectos da astrofísica entendendo o que os conceitos próprios da fotometria e a radiometria nos informa sobre a estrelas, deste modo tal encontro tem como principal objetivo introduzir tópicos de astrofísica assim como apresentar e conceituar propriedades próprios a fotometria e a radiometria de modo a enfatizar a luz como uma pequena faixa visível do espectro eletromagnético. Busca-se, ainda, enunciar e diferenciar algumas das grandezas físicas da radiação. Este encontro é bastante denso, pois engloba uma quantidade bem significativa de conceitos, ideias e equações matemáticas presente na fotometria e na radiometria, assim sugerimos pontos específicos a serem abordados nesse encontro com a finalidade de otimizar o uso do tempo e direcionar o estudo do professor que buscará usar esta sequência didática de ensino em sua aula. Assim os conteúdos que devem ser abordados neste encontro são:

- Introdução de fotometria e a radiometria,
- Espectro eletromagnético;
- Informação trazida pela luz das estrelas;
- Definição de ângulo sólido;
- Intensidade específica;

- Fluxo
- Magnitude aparente;
- Relação entre magnitude aparente e o brilho luminoso;
- Índice de cor;
- Magnitude absoluta M ;

Como este encontro é bastante denso, orientamos que ele seja mais objetivo, e seja desenvolvido em duas aulas de 50 minutos cada, de preferência em aulas sequenciadas de 100 minutos corridos. Pois, pela complexibilidade do conteúdo que deve ser trabalhado na aula, no entanto, na efetiva aplicação desse produto educacional, ou seja, da sequência didática de ensino, utilizaremos apenas 45 (quarenta e cinco) minutos, pois será aplicado remotamente e com o auxílio do *slide* como recurso visual que permite a otimização do tempo.

Este encontro dar-se-á através de aula expositiva e dialogada, visto que os conteúdos abordados são bem densos e devem ser aplicado em um curto intervalo de tempo, Cabral (2017), enfatiza que a “ádua tarefa de associar conteúdo curriculares às metodologias mais adequadas ao ensino não é definitivamente uma tarefa fácil” e mesmo sem esta facilidade julgamos eficientes a escolha dos conteúdos bem como a sua aplicação no formato tradicional, pois é necessário trabalhar estes conteúdos de fotometria e radiometria objetivamente sem haver ruptura da linha de raciocínio do estudante além de manter a continuidade a sequência didática de ensino.

5.4.4 Quarto encontro – Diagrama de Hertzsprung-Russell - Diagrama RH

O quarto encontro é inteiramente voltado para o estudo do Diagrama de Hertzsprung-Russell, ou simplesmente Diagrama RH. Este encontro é o mais interessante, pois deste através encontro é possível identificar, classificar e catalogar as estrelas de acordo com sua luminosidade.

Assim para iniciar este encontro questione: *Ao comparar o Sol com outras estrelas, vocês julgam que o Sol é uma estrela quente ou fria? Se é uma estrela grande, intermediária ou pequena? ainda questione sobre a luminosidade, e ainda comparado a outras estrelas o Sol é uma estrela luminosa ou fraco?.* Estes questionamentos iniciais podem promover um debate interessante entre os estudantes: eles apresentarão suas concepções seus conhecimentos prévios.

O ato de questionar estimula o pensamento, no entanto, é de extrema importância mediar e orientar ao questionamento, pois a “educação se faz em processo, em diálogos, nas múltiplas contradições, que são inexoráveis, entre sujeitos e natureza, que mutuamente se transformam” (FRANCO, 2016, p. 534).

Assim este encontro tem por objetivo apresentar Diagrama RH e classificar as estrelas de acordo com sua luminosidade, temperatura e cor, desta forma o aluno deverá ter competência para interpretar o Diagrama de Hertzsprung e Russell, além de apresentar o sistema de classificação espectral desenvolvido enfatizaremos o grupo de mulheres, que trabalhavam no laboratório de astronomia de Harvard, e fizeram grandes descobertas, entre elas, galáxias, nebulosas e a criação de métodos para medir distâncias no espaço (BBC, 2019) (BBC, 2019), daremos um destaque maior a Annie Jump Cannon que criou o método de catalogação das estrelas e Cecilia Payne que descobriu a composição química estelar, em outras palavras ela descobriu que as estrelas são compostas basicamente de Hidrogênio e Hélio.

Ainda neste encontro identificaremos a sequência principal no Diagrama RH, e buscaremos através da observação do Diagrama RH mostrar a relação entre a luminosidade da estrela com sua massa, e dessa forma mostrar que as estrelas podem ser divididas em dois grupos, o das estrelas massivas e o das menos massivas.

Ao fim desse encontro, retornaremos a pergunta norteadora da aula: *Comparado com outras estrelas, o Sol é quente ou frio? É grande ou pequeno? É luminoso ou fraco?*”, assim ao responder novamente este questionamento o aluno pode demonstrar se houve ou não aprendizado conforme Formosinho (2014), a investigação-ação é uma aprendizagem experiencial e contextual, reflexiva e colaborativa.

5.4.5 Quinto encontro – A vizinhança do Sol

Desde a infância aprendemos a informar onde moramos, sempre sabemos dizer onde é nossas casas e se preciso for podemos informar até pontos de referência que ajude alguém a encontrar-nos. No entanto, nossa localização não se resume ao mero ponto na Terra onde residimos ou estamos, podemos ir mais adiante informando que moramos no planeta Terra, entre Vênus e Marte, no sistema solar, que está localizado no braço de Órion interior da Via Láctea. Podemos ainda destacar o Sol e visualizar a estrelas vizinhas, como elas estão distribuídas.

A priori realizaríamos uma oficina em que confeccionaríamos, junto aos estudantes, um modelo representativo, uma maquete/móvil tridimensional, da vizinhança do Sol, assim poderíamos visualizar um esquema aproximativo do mapa das estrelas locais em três dimensões. No entanto, assim como os encontros anteriores, tivemos que traspor esta aula para o formato remoto, e assim, mudar nosso objetivo que era de **construir** um modelo representativo da vizinhança do Sol, que batizamos de Móvil 3D, para **apresentar** um modelo representativo da vizinhança do

Sol, no caso o Móbile 3D do grupo local de estrelas em um raio de aproximadamente 10 ano-luz.

Podemos considerar que frente a um modelo geralmente expositivo e configurador da denominada aula magistral, surgiu uma diversidade de propostas nas quais a seqüência didática se torna cada vez mais complexa. Não é tanto a complexidade da estrutura das fases que a compõem, mas a das próprias atividades (ZABALA, 1998, p. 54).

Concordamos com Zabala (1998) sobre a complexidade da aula dentro de todos os encontros, no entanto, essa complexidade se torna mais visível. Neste quinto encontro ao transpormos do modelo de aula presencial para o ensino remoto, visto que toda a dinâmica inicialmente pensada foi readapta, e, porque não dizer modificada, para atender uma variável externa a pesquisa da pesquisa²⁶ que foge ao nosso controle. Deste modo o processo de ensino e aprendizagem é dificultado para o professor e para o aluno, visto que a essência da construção coletiva do modelo representativo da vizinhança do Sol é perdida.

Assim este tem por objetivo apresentar um modelo representativo da vizinhança do Sol bem como identificar nosso lugar na via láctea e avaliar metodologia de ensino utilizada para o desenvolvimento da seqüência didática de ensino, ao invés de montar junto aos estudantes o modelo representativo em três dimensões da vizinhança do Sol.

Geralmente neste encontro apresentaremos na forma de imagens nossa localização no universo e exploraremos a vizinhança do Sol utilizando a uma simulação online 1.000 *star*²⁷ para mostrar a complexidade de informar nossa real localização no espaço, ainda compararemos o modelo representativo desenvolvido pelos estudantes no primeiro encontro com o Móbile 3D, de modo a mostrar que identificar quais dos modelos apresentados pelos estudantes se caracteriza mais com o modelo teórico representativo. Assim ao fim deste encontro aplicaremos o questionário estruturado (apêndice C), onde investigamos junto aos estudantes a importância da nossa seqüência didática de ensino junto conforme os eixos temáticos abordados na tabela 4, os estudantes responderem este questionário através do *google forms*.

²⁶ Pandemia de covid 19 e o isolamento social, que resultou no ensino remoto.

²⁷ Simulação *online* desenvolvida para o navegador *Google Chrome*, através dele podemos explorar a via Láctea através de visualização 3D interativa, assim podemos “conhecer” a vizinhança estelar sem necessitar de telescópios, a simulação inclui mais de 100.000 estrelas próximas e permite uma navegação de forma realista pela Via Láctea, os desenvolvedores deste simulador usaram dados reais derivados de vários catálogos estelares, e assim, traçaram a posição de 119.617 estrelas próximas e para sua formulação geral foi utilizada diversas recursos presentes na linguagem de programação HTML5 e está disponível em < <https://stars.chromeexperiments.com/>>

6 RESULTADOS E DISCUSSÕES

Quem pesquisa sabe que em algum lugar e de alguma forma terá de fazer seus registros. São notas em cadernos, gráficos, diários de campo, fotos, vídeos, entrevistas além das imagens e gestos que simplesmente ficam gravados na memória. Enquanto isso, ou ao fim, organizam-se essas notas e procura-se auscultá-las e dar-lhes sentido (STRECK, 2006, p. 259).

Em concordância com Streck (2006) neste capítulo apresentaremos os dados obtidos durante a aplicação da intervenção pedagógica, assim dividimos este capítulo em três seções fundamentais, nas quais apresentaremos a caracterização dos sujeitos; exibiremos a análise da observação participante e por fim divulgaremos os dados obtidos na aplicação do questionário.

6.1 CARACTERÍSTICAS DOS SUJEITOS

Os sujeitos pesquisados correspondem aos alunos regularmente matriculados no segundo ano letivo da Escola de Ensino Médio em Tempo Integral Liceu Dr. José Gondim, conforme apresentado na metodologia deste trabalho, dos 177 estudantes do 2º ano desta escola, obtivemos adesão de 86 estudantes equivalendo a um percentual de 48,58% dos alunos do 2º ano letivo desta unidade de ensino. Sendo destes 65,1% do sexo masculino e 34,9% do sexo feminino, e a divisão percentual de estudantes por turma está expresso na tabela (6) abaixo.

Tabela 6 – Participação de estudantes por turma

Turma	Nº de alunos	Percentual
2º ANO A	14	16,3%
2º ANO B	34	39,5%
2º ANO C	19	22,1%
2º ANO D	19	22,1%

Fonte – Elaborado pela autora

24,4% dos estudantes que fizeram parte desta pesquisa, no ensino fundamental, estudaram exclusivamente na rede privada; enquanto 29,1% dos alunos estudaram parcialmente na rede priva e na rede pública e 40,5% dos discentes estudaram integralmente na rede pública de ensino. É importante destacar que alguns dos estudantes que fazem parte desta pesquisa não compareceram em algum dos encontros, no entanto, os 86 pesquisados concordaram em ter seus dados divulgados consoante aos termos de consentimento livre e esclarecido (junto ao questionário — Apêndice C).

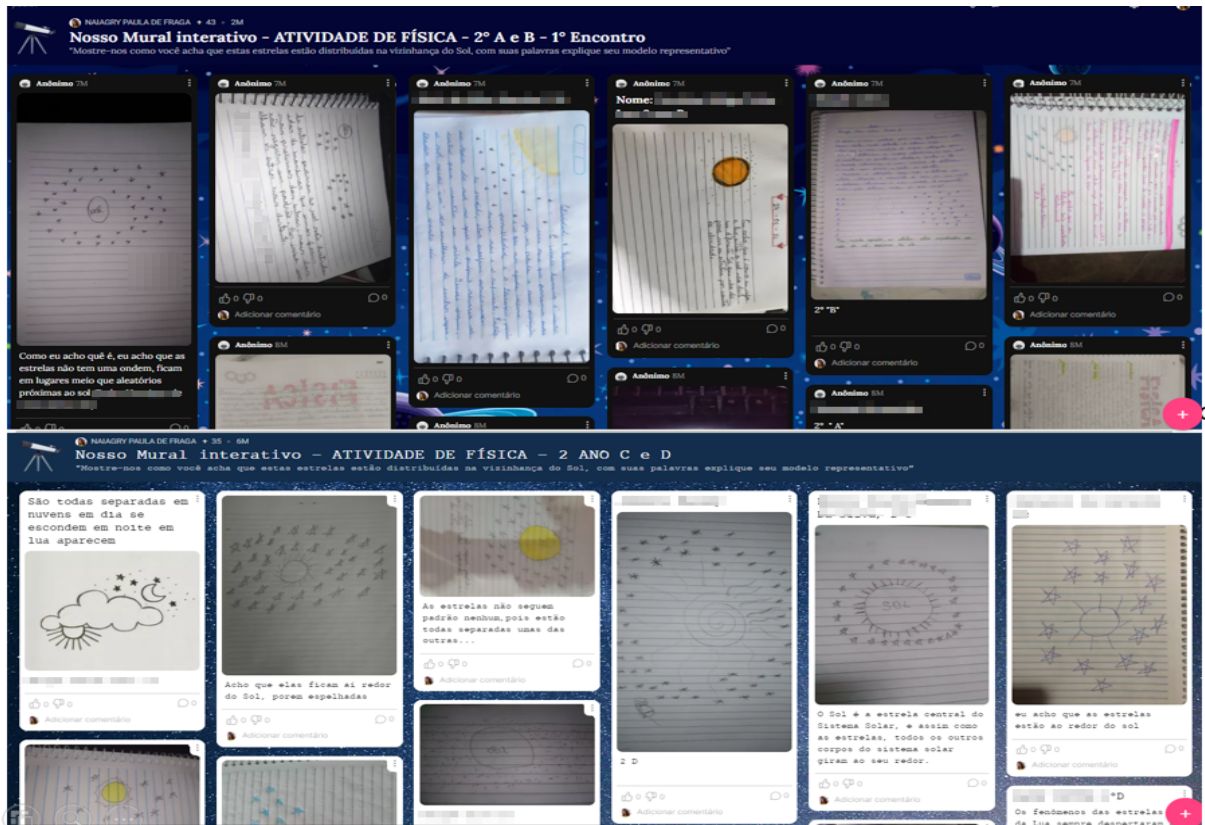
6.2 OBSERVAÇÃO PARTICIPANTE

O objetivo desta pesquisa é desenvolver e aplicar uma sequência didática de ensino voltada ao aprendizado de astrofísica estelar, estudando características físicas das estrelas e aplicando ao grupo local da vizinhança do Sol, como também trabalhar com modelagem representativa através de desenhos e da representação de um modelo tridimensional¹. Com isso buscamos auxiliar a prática pedagógica de física, de modo a investigar o potencial pedagógico desta metodologia através da percepção dos discentes da educação básica que participaram da construção desta pesquisa.

6.2.1 Observação participante - primeiro encontro

Neste encontro os estudantes foram estimulados a produzir uma representação em forma de desenho sobre como eles julgam que as estrelas estão distribuídas na vizinhança do Sol, e posteriormente de forma coletiva foi construído um mural, figura 18.

Figura 18 – Mural: Modelo representativo da vizinhança do Sol



Fonte – Elaborada pela autora.

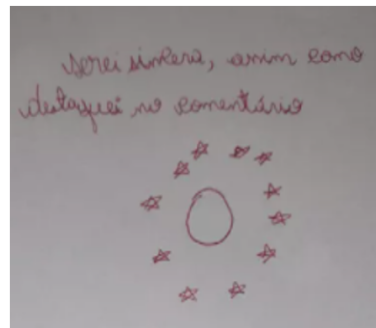
¹ Mobile 3D da vizinhança do Sol.

Como pode ser visto os estudantes possuem uma ideia de "universo miscelânea", como defendido por Longhini (2009), pois as representações apresentam-se soltas, sem relações de escalas de distância ou de tamanho. Ainda, as demais estrelas são postas em todas as representações como inferiores ao Sol. Nos desenhos, os estudantes apresentam um sistema de distribuição heliocêntrico até mesmo pela forma orientada para a construção dos modelos. Na figura 19, é verificável que 6 estudantes acreditam que as estrelas formam um fundo circular fixo em torno do Sol.

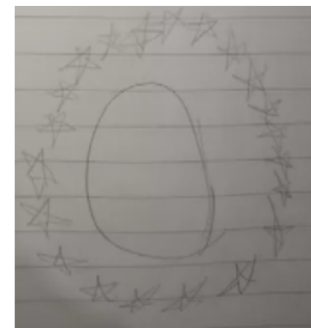
Figura 19 – Modelo representativo da vizinhança do Sol: Estrelas fixas



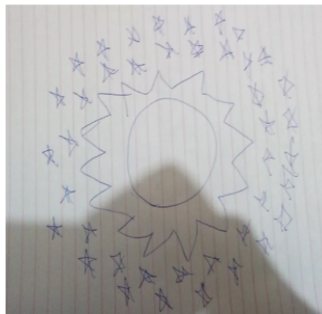
O(a) estudante não se identificou



ALUNA 43



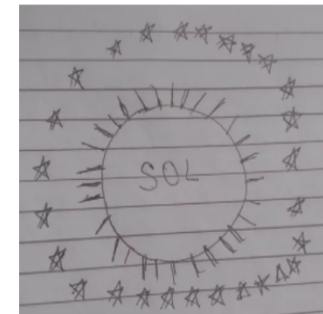
ALUNO 21



O(a) estudante não se identificou



ALUNO 01



ALUNO 24

Fonte – Elaborada pela autora.

No estudo de modelos cosmológicos do universo, a ideia de estrelas fixas é tão antiga quanto a própria astronomia. Esta ideia se manteve por muitos séculos e pode ser resgatada nos modelos hipotético-dedutivos, como, por exemplo: o modelo de planetário de Filolau de Crotona² do século V a.C; modelos de Eudoxo³ e Aristóteles⁴ no século IV a.C; modelo de

² O Filósofo pré-socrático discípulo de Pitágoras, propôs seu sistema cosmológico a partir dos elementos de Copérnico (terra, ar, fogo e água), primeiro a supor que a Terra caminha pelo espaço., supunha que o centro do universo era composto por um fogo central, casa de Zeus, e em órbitas circulares estariam os demais astros (Terra, anti-terra, Lua, Sol e os planetas conhecidos na época) e o universo era finalizado por uma camada de estrelas fixas (MORAIS, 2009).

³ Foi na época de Platão, que surgiu o modelo que descrevia o universo por meio de esferas. Este modelo tornou-se popular e consistia de uma Terra esférica colocada no seu centro, circundada por uma esfera externa formada por estrelas. Entre estas duas esferas os planetas se moviam de um modo não determinado (ON, 2015).

⁴ No sistema cosmológico aristotélico, a Terra esférica e “imperfeita” estava situada no centro do Universo (visão

Aristarco de Samos⁵ do século III a.C, entre outros modelos. Assim, a ideia de estrelas fixas também se faz presente nos modelos apresentados pelos estudantes secundaristas.

Em alguns casos os estudantes não sabem diferenciar os astros, como pode ser visto através da fala dos estudantes: "sendo sincera, eu fiz primeiro esse desenho [...] ai nele coloquei o sol no centro do universo e não tinha noção que o sol e as outras estrelas são a mesma coisa, ai como estou em casa com meu celular na mão pesquisei e vi que meu desenho está errado as outras estrelas não estão no mesmo canto, elas, o sol, as nebulosas, que nem sei o que é, e um monte de coisa, há tem a terra e os planetas estão tudo girando não entendi porque" (ALUNA 43) e "Eu acho que elas não seguem o padrão perfeito, pois sempre se deslocam de um lugar para o outro. A famosa "estrela cadente" que se deslocam pra outro lugar" (ALUNO 26). Na fala da aluna 43 podemos perceber que a utilização da pesquisa fez com ela compreendesse o conceito físico mesmo que de forma incompleta, e trazemos aqui a importância da proatividade por parte do estudante, já na fala do estudante 26 é notório a crença que estrelas e "estrelas cadentes" nome popular dados a meteoritos⁶, trata-se de estrela.

Todas as representações são heliocêntricas e assim separamos os modelos representativos em dois grupos: os dos estudantes que julgam que as estrelas seguem um padrão de distribuição na vizinhança do Sol, e o segundo grupo dos estudantes que acreditam que a distribuição se dá de forma aleatória.

Na figura 20, o aluno 22 e a aluna 40, apresentam em suas falas a crença em uma distribuição padrão, justamente pelo conhecimento prévio trazido por ambos sobre as constelações, que segundo Filho e Saraiva (2017) são agrupamentos aparentes de estrelas, os quais astrônomos da antiguidade imaginaram formas e imagens. A ideia de constelação "pode levar o aluno a crer que aquelas estrelas estão fisicamente próximas umas das outras, formando um conjunto espacial e interagindo-se gravitacionalmente" (LANGHI; NARDI, 2007, p. 94).

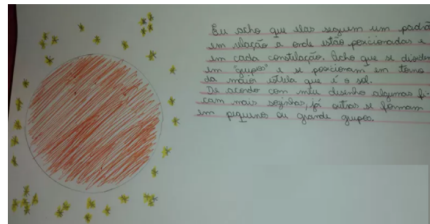
geocêntrica). A Terra é circundada por 11 esferas concêntricas feitas de um "quinto elemento" inalterável, uma substância perfeitamente transparente conhecida como "quintessência" ou "éter". As três primeiras esferas contêm água, ar e fogo. As outras 8 esferas "seguram" os corpos celestes conhecidos na época: a Lua, Mercúrio, Vênus, Sol, Marte, Júpiter, Saturno e as estrelas. As estrelas são fixas, não se movem. O "Reinado dos Céus" está localizado além da décima esfera (ON, 2015).

⁵ No ano 290 a.C o astrônomo grego Aristarco de Samos já havia formulado o modelo heliocêntrico em que os planetas giravam em torno do Sol, em defesa de seu modelo formulou a hipótese de que as estrelas pareciam fixas em virtude do movimento anual do Sol, hoje sabemos que isso ocorre pela paralaxe estelar (BASSALO, 2019).

⁶ Conforme Zucolotto, Fonseca e Antonello (2006), os meteoritos são fragmentos de diversos corpos do sistema solar que trazem informações diversas sobre a formação e evolução do universo.

Figura 20 – Modelo representativo: Estrelas distribuídas de forma padrão

“Acredito que tenha um padrão sim por conta da existência de constelações. E acredito que não conseguimos ver as mesmas estrelas todos os dias por conta do movimento de translação que a terra fez e então vemos um céu de uma perspectiva diferente todos os dias” ALUNO 22



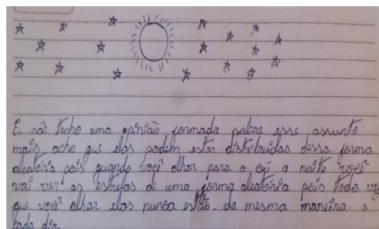
“Eu acho que elas seguem um padrão em relação a onde estão posicionadas e cada constelação. Acho que se dividem em “grupos” e se posicionam em torno da maior estrela que é o Sol.

De acordo com meu desenho algumas ficam mais sozinhas, já outras se formam em pequenos ou grande grupo.” ALUNO 40

Fonte – Elaborada pela autora.

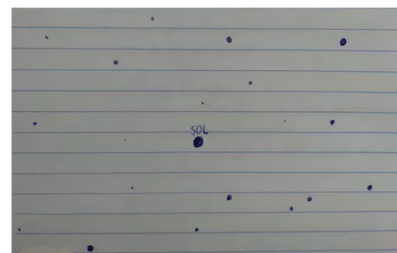
Já nas representações trazidas na figura 21 os estudantes julgaram não haver uma ordem para a distribuição das estrelas, pois como apresentado pela estudante "não segue padrões, porque ficam espalhadas e estão bem longe" (ALUNA 55).

Figura 21 – Modelo representativo: Estrelas distibuídas aleatoriamente



“Eu não tenho uma opinião formada sobre esse assunto mais acho que elas podem estar distribuídas dessa forma aleatória pois quando olhamos para o céu a noite você vai ver as estrelas de uma forma aleatória pois toda vez que você olhar nunca estão da mesma maneira a cada dia” ALUNA 04

“Acho que não existe um padrão, pois elas podem estar muito distante umas das outras ou até mesmo bem próxima sem nenhum padrão específico. Por isso fiz meu desenho com nada em comum entre elas.” ALUNA 62



Fonte – Elaborada pela autora.

O aluno 66 afirma que "quando a pessoa está observando as estrelas dá para perceber algumas coisas que elas formam, tipo, às três Marias que são bem conhecida, mais para decifrar assim como ela bem específica não tem como" (ALUNO 66). Na fala do estudante ele busca mostrar que não é possível criar um sistema representativo da vizinhança do Sol quando estamos na terra e não temos uma visão geral do universo, sendo complementado pela aluna 03 que

afirma que "eu gosto de olhar o céu a noite, pois ele é muito bonito, porém não consigo imaginar uma representação para isso, pois é como que eu ficasse flutuando no espaço para ver essas outras estrelas e conseguir fazer o desenho" (ALUNA 03). Do ponto de vista de (BISCH, 1998), os estudantes fazem uma apreciação estética do céu, pois se transformou numa relação muito mais interessante, pois despertar o interesse e curiosidade dos mistérios do universo e estimula ao uso da imaginação na sua compreensão.

Ainda damos destaque ao modelo representado pela estudante 85 que traz a seguinte representação:

Figura 22 – Modelo representativo: Sistema solar



não sei ao certo se a maneira que desenhei está correta, mas esse é o meu ponto de vista em relação a como as estrelas são distribuídas ao redor do Sol, elas não ficam alinhadas de maneira reta, todas elas ficam espalhadas de maneiras e formas diferentes ao redor do Sol (ALUNA 85)

Fonte – Elaborada pela autora.

Como pode ser visto a estudante confunde os planetas com estrelas, pois em sua fala afirma que "as estrelas são distribuídas ao redor do Sol" no entanto, em sua representação há apenas o Sol e os planetas pertencentes ao sistema solar. A confusão entre estrelas e planetas ocorre, pois, conforme Aguiar (2010), na educação básica, muito pouco ou quase nada se fala de astronomia e astrofísica. E o "sistema solar, até há poucos séculos, constituía todo o Universo conhecido. É relativamente recente a noção de que as estrelas que vemos no céu são astros similares ao Sol" (RODRIGUES, 2018, p. 3-3).

Os modelos representativos produzidos pelos estudantes são bem arcaicos e fogem da realidade, e de modo geral, nenhum aluno teve uma percepção em tridimensional da vizinhança do Sol. No fim do primeiro encontro, foi perguntado aos estudantes se sabiam quais eram as unidades de medida de distância, a aluna 5 respondeu ser "o metro", e os demais concordaram com a estudante, assim questionamos: *E na astronomia podemos usar o metro como unidade de distância?*. Esta pergunta não foi respondida, deixada como atividade de pesquisa para ser

discutida no início do segundo encontro.

6.2.2 Observação participante - segundo encontro

Iniciamos o segundo encontro debatendo sobre as unidades de medida, com a finalidade de introduzir as unidades de comprimento usuais na astronomia, como: unidade astronômica (UA); ano-luz (a.l) e parsec (pc). Assim, o aluno 37 compartilha sua pesquisa, definindo que a unidade astronômica é a distância da Terra ao Sol, "e passa ser usada por o número é muito grande e assim podemos simplificar a escrita, já o ano-luz é distância que a luz percorre em um ano, mais essa unidade não é usada pelos cientistas, eles usam o parsec, sendo um valor de 3,26 anos-luz ou 206 mil unidades astronômicas (...)". Deste modo, definimos as unidades astronômicas. Posteriormente, definimos a paralaxe como sendo um método comumente usado para determinar distâncias de objetos, como, por exemplo, estrelas. Neste encontro, exploramos os modelos representativos na sua forma visual, com a utilização de gravuras, pois entendemos que a visualização da teoria facilita na compreensão da mesma e como defendidos por Bunge (2017a, p. 25) "toda representação, mesmo visual, é convencional em algum grau".

6.2.3 Observação participante - terceiro encontro

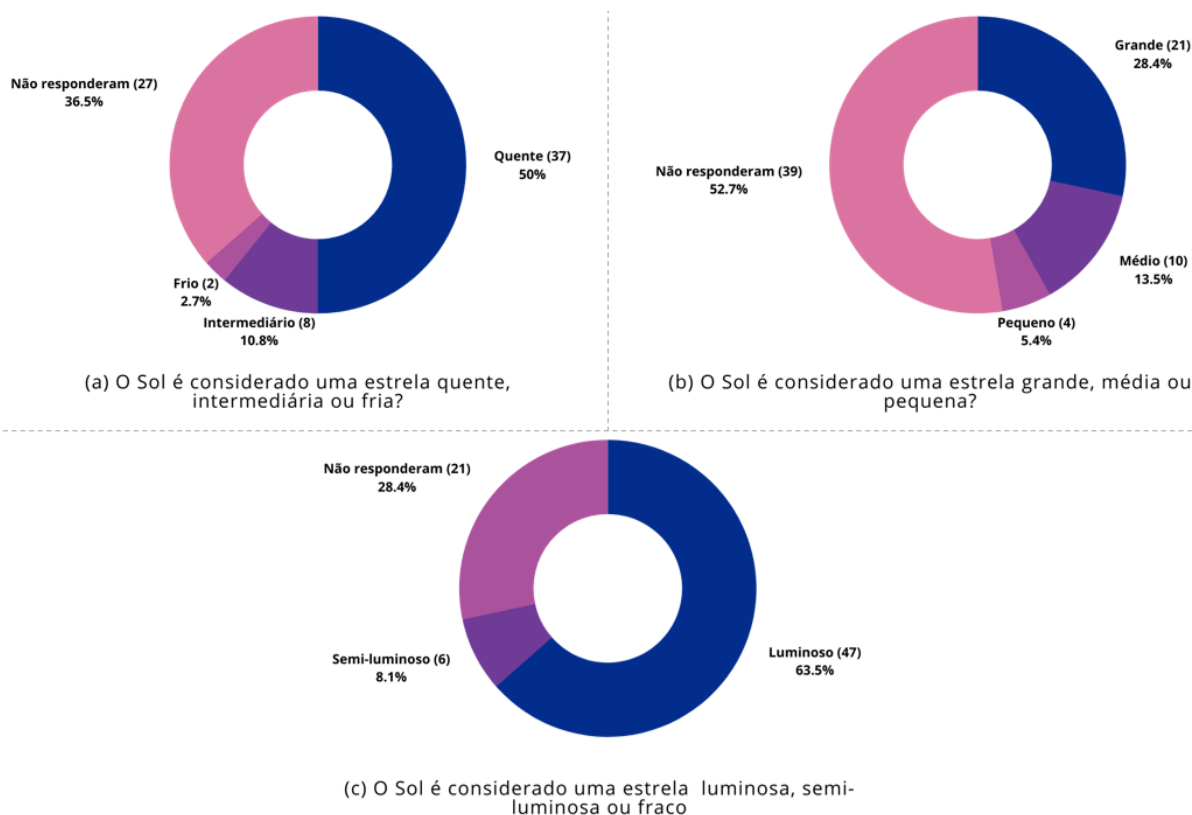
No terceiro encontro abordamos conceitos próprios a fotometria, com um aspecto de aula mais tradicional, observamos que nesta aula os alunos ficaram mais silenciosos, com pouca intervenção e participação, acreditamos que isso tenha ocorrido pela paróia organização tradicional, que traz consigo um roteiro mais fechado, e na busca de diferenciar grandezas físicas da fotometria e a radiometria que são conteúdos não lecionados nas séries anteriores.

6.2.4 Observação participante - quarto encontro

O quarto encontro é um dos mais importantes de toda nossa sequência de ensino, pois a partir dele é possível compreender a relação das grandezas físicas estudadas nos encontros anteriores e relacionar a luminosidade das estrelas com suas temperaturas, além de categorizar as estrelas no sistema de classificação de Harvard. Assim, no início da aula questionamos os estudantes sobre se o Sol quando comparado com outras estrelas, é uma estrela "*quente*", "*fria*" ou "*intermediária*"?. Com relação ao seu tamanho, buscamos saber se para os estudantes o Sol é uma estrela "*grande*" "*intermediária*" ou "*pequena*"? E com relação ao brilho, interrogamos se os estudantes consideravam uma estrela "*luminosa*", "*semi-luminosa*" ou "*fraca*", e através da

utilização da ferramenta *mentimeter*, obtivemos as repostas representadas no gráfico (1) *a,b,c*.

Gráfico 1 – Comparando o Sol com outras estrelas



Fonte – Elaborado pela autora.

Participaram 74 discentes deste encontro, porém como pode ser observado nos gráficos acima alguns estudantes não conseguiram responder algumas das perguntas, isso ocorreu devido a problemas relacionados a conexão de *internet*, com tudo podemos perceber, que os alunos em sua maioria julgaram que o Sol é uma estrela quente, grande e luminosa.

Assim, ao decorrer do encontro e com a explanação do conteúdo, os estudantes conseguiram perceber que o Sol é apenas mais uma estrela, que utilizamos como ponto de referência, assim como afirmado pela aluna 59 e 63: "estava difícil entender essa relação das estrelas, porém, agora com esse gráfico [diagrama RH] é fácil entender que o Sol é uma estrela simples, nem é uma estrela tão importante olhando essa sequência principal" (ALUNA 59), "e podemos saber sua temperatura e sua luminosidade e se jogar na tabela das letras [figura 9] de 6 mil Kelvin e luminosidade 1 que vai ser o ponto de referência" (ALUNA 63), as alunas (59 e 63) sintetizam bem os conceitos abordados no decorrer dos encontros, para validar a locução das alunas citamos Franco e Lisita (2014) que afirma que a pesquisa-ação permite a troca de saberes e tornando-se mais rica quando realizada em grupo.

6.3 ANÁLISE DO QUESTIONÁRIO

Apresentaremos nesta secção os dados obtidos através da aplicação do questionário e para isso apresentaremos quatro subsecções nas quais abordaremos a percepção dos estudantes sobre o ensino de astronomia e astrofísica; sobre os recursos utilizados ao longo dos encontros; assim como, os impactos gerados pelo ensino remoto.

6.3.1 Percepção e ensino: astronomia e astrofísica

Iniciamos o questionário analisando a percepção dos estudantes sobre o ensino de astronomia e astrofísica, de início, pedimos para que os estudantes indicassem a frequência com que tiveram acesso (na vida escolar e anterior aos encontros), e contato com: *i. conteúdo de astronomia* *ii. conteúdo de astrofísica*. E obtivemos os seguintes resultados:

Tabela 7 – Em sua vida escolar e anterior as aulas que tiveram sobre astronomia e astrofísica, indique-nos com que frequência você já havia tido contado com conteúdo de:

	i. astronomias	ii. astrofísica
Muito frequentemente	8,1%	4,7%
Frequentemente	23,3%	22,1%
Ocasionalmente	19,8%	19,8%
Raramente	26,7%	25,6%
Nunca	22,1%	27,9%

Fonte – Elaborado pela autora.

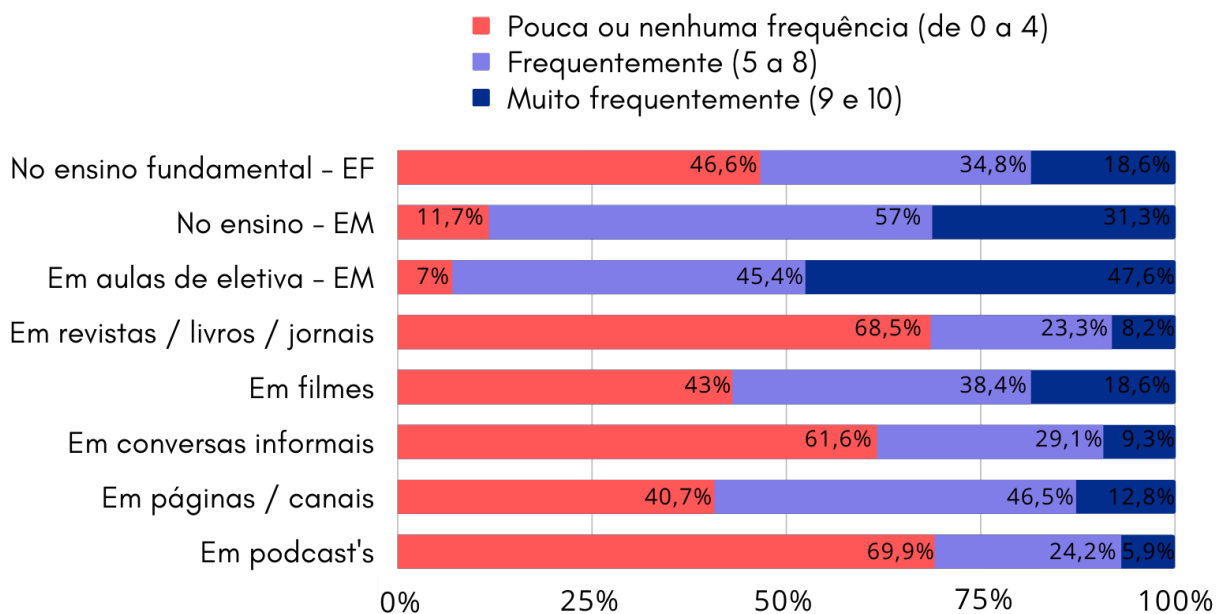
Apesar da temática de astronomia e astrofísica não está inserida como disciplina na educação básica, os PCNs já recomendavam a abordagem de aspecto do estudo do Sistema Solar, Evolução Estrelar e pontos mais complexos como o Big Bang e a cosmologia. No entanto, é notório que os estudantes pouco tiveram acesso a conteúdos de astronomia e astrofísica, fato este que justifica a intensificação da inserção destes conteúdos na educação básica.

A BNCC para o ensino fundamental afirma que no currículo de ciências da natureza na unidade Terra e Universo o estudante tenha “compreensão de características da Terra, do Sol, da Lua e de outros corpos celestes – suas dimensões, composição, localizações, movimentos e forças que atuam entre eles” (BRASIL, 2018, p. 328).

Consoante a questão anterior e em escala de zero a dez, os estudantes indicaram

com relação ao ensino fundamental e médio; com aulas de eletivas⁷, além de meios não formais como os de entretenimento (em leituras, conversas e filmes) além das redes sociais (em páginas, canais e *podcast's*). Deste modo os estudantes indicaram o nível de contato com astronomia e astrofísica, como apresentado no gráfico (2) a seguir.

Gráfico 2 – Índice de contato com o ensino de astronomia e astrofísica



Fonte – Elaborado pela autora.

O zero indica o nível de nenhum contato enquanto o 10 representa um contato muito frequente, assim para facilitar a leitura dos dados subdividimos em três categorias: pouca ou nenhuma frequência; frequentemente e muito frequentemente. Assim apesar da escola (EF e EM) não se apresentar como grande divulgadora das astronomia e astrofísica comparada com os demais meios é nela que os estudantes veem mais os conteúdos de astronomia e astrofísica, dando um destaque maior ao ensino médio, pois no Estado do Ceará as escolas em tempo integral apresenta um catálogo de eletivas, e na escola em que esta pesquisa foi aplicada a eletiva de astronomia básica é uma das que possui grande procura pelos estudantes.

Ainda conforme o gráfico apesar de os estudantes estarem inseridos nas redes sociais eles não seguem páginas e canais de divulgação científica o que justifica os 40,7% a baixa frequência em contato com astronomia através deste meio. O fato de nossos alunos, não são bons leitores o que indica que apenas 8,2% tiveram um contato devido leitura de livros, revistas ou jornais, pois como defendido por Cunha (2008) os livros, revistas, atlas e outros

⁷ Nomeado pela BNCC de *itinerários formativos* (BRASIL, 2018).

portadores de textos são importantes para formação social, pois através da leitura pode-se adquirir conhecimento técnico, científico e social.

E quando indicado que fizessem uma reflexão sobre: *o que fez e/ou faz com que você se encante pela astronomia. Quem e/ou o que te inspirou a se interessar por esta ciência?* obtivemos as seguintes respostas:

Tabela 8 – Reflexões sobre interesse em astronomia

Alunos(as)	Afirmativas
Aluno 4	Meu maior interesse vem da questão de ser um estudo que é infinito, pois ainda não foi totalmente explorado. Eu só tive interesse por essa ciência nestas aulas, pois eu nunca tinha visto esse conteúdo.
Aluna 12	A importância de conhecer melhor as estrelas, as galáxias e o planeta, me interessei agora no ensino médio com suas aulas.
Aluna 23	Somente neste ano passei a me interessar por Astronomia, eu não gosto muito da física, na verdade acho bem difícil, mais as aulas desse bimestre despertaram meu interesse.
Aluna 33	A astronomia aborda estudos sobre universos a nossa volta, que por sinal são milhares e por esse motivo fez com que meu interesse aumente cada vez mais no assunto, pois é algo completamente grande e difícil de ser explorado com pouca tecnologia.
Aluna 50	Acho que o interesse pelo o estudo das galáxias por exemplo, em saber sobre o ano-luz, e estudar sobre as estrelas é bem interessante e legal.
Aluna 59	Os filmes da Marvel que se passam nesse universo que estuda a astronomia e a ciência me fizeram criar gosto e no meu 7º ano fiz a primeira olimpíada de astronomia.
Aluna 69	Quem me inspirou foi uma professora que eu tive de ciências no 9º ano é a parte que mais gosto é as constelações.
Aluna 70	Eu gosto muito da astronomia, porque é um assunto totalmente diferente do que estamos acostumados. Gosto de saber curiosidades sobre o nosso universo e sobre novas descobertas que fazem. Gosto de conhecer os planetas e os diferentes astros existentes, eu acho muito interessante, pois é algo que ainda falta muito para estudar e eu sempre quis ficar mais por dentro da Astronomia.
Aluna 77	O universo é misterioso e imenso, a cada estudo pode-se encantar ainda mais e a cada nova descoberta você percebe o quão grande é o universo, a curiosidade e a ambição de saber mais sobre é o que faz com que eu me encante pela astronomia.
Aluna 79	Me encantei por astronomia quando comecei a ler livros sobre, já cheguei a pesquisar muito e cogitei fazer faculdade disso.
Aluna 85	O que me inspirou foi apenas o fato de eu ter me apaixonado pela forma que tudo que envolve astronomia é fascinante a olho nu, fico imaginando o quando deve ser mais lindo ainda observar com um telescópio, tudo isso é muito maravilhoso e me deixou com várias curiosidades, pois tudo que envolve a astronomia é intrigante e curioso e me chamou a atenção.

Fonte – Elaborada pela autora

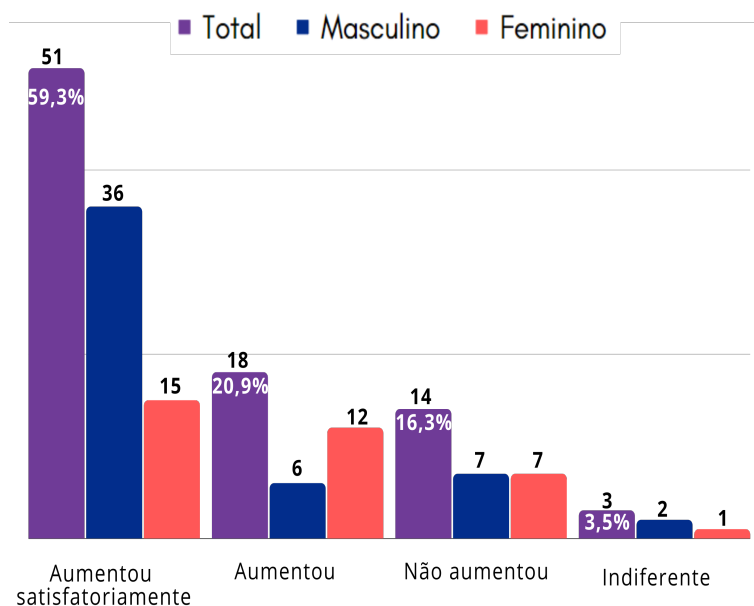
Apesar de nas aulas as alunas não participarem tanto trazendo contribuições, dúvidas e/ou reflexões, no questionário elas melhor se expressaram, e com suas reverberações conseguimos de certa forma aproximar as estudantes da ciência, sendo ainda hoje um grande desafio, pois o "preconceito de gênero, como produto social, cultural e histórico, que institui e determina constantemente uma imagem negativa e inferiorizada das mulheres, nem sempre se dá de forma explícita; muitas vezes, ele se dá de forma velada, sutil, e aí residem, justamente, sua força e

eficácia" (SILVA; RIBEIRO, 2014, p. 455).

Analisando as reflexões levantadas pelas estudantes, percebemos que a cultura e arte não estão apartadas do conhecimento científico, pois mesmo filmes de ficção científica e fantasia, como por exemplo os da Marvel, conseguem despertar interesse nos adolescentes sobre tópicos da astronomia e astrofísica. Assim podemos pelo menos pisar em terreno firme e motivar os alunos irem além da astronomia do sistema Sol-Terra-Lua, Horvath (2013).

Após refletir sobre seu interesse pela Astronomia e baseado nas nossas últimas aulas, responda: Seu nível de interesse e sua percepção após nossas aulas mudaram? Finalizamos esta etapa da pesquisa, questionando: *Após refletir sobre seu interesse pela astronomia e baseado nas nossas últimas aulas, responda: Seu nível de interesse e sua percepção após nossas aulas mudaram? Justifique*, assim tabulamos as respostas dos estudantes, gráfico 3.

Gráfico 3 – Nível de interesse após aplicação da sequência didática de ensino



Fonte – Elaborado pela autora.

A maioria dos estudantes 59,9% afirmaram ter aumentado satisfatoriamente o nível de interesse após a aplicação da sequência didática de ensino, nesta análise é perceptivo que os estudantes do sexo masculino tiveram um aumento do nível de interesse, apesar de na tabela 8 sobre as reflexões pelo interesse de astronomia as alunas apresentarem melhores contribuições a esta pesquisa, apesar de não podermos generalizar a toda turma, acredito que em parte isto seja reflexo da falta de representatividade femininas na área das ciências, como afirmado em sala de aula:

É difícil gostar de uma coisa que não nos vemos nela, vim gostar de ciência no

nono ano porque eu tive uma professora mulher, e antes dessas aulas eu nunca ia imaginar que uma mulher catalogou todas as estrelas e fez um sistema de classificação e identificação, ai, professora estou me perguntando porque não colocaram o nome delas? e por que ficaram conhecidas como calculadoras de Harvard? (ALUNA 69).

Justificamos a fala da aluna através do olhar de Silva e Ribeiro (2014), que afirma que a "trajetória das mulheres na ciência é constituída numa cultura baseada no modelo masculino de carreira, [...] [que], dificultam, restringem e direcionam a participação das mulheres nesse contexto" (grifos nossos).

6.3.2 Recursos

Analisamos os recursos (*padlet*; *slides*⁸; Mobile 3D) utilizados durante a aplicação da sequência didática de ensino, para isto criamos um bloco contendo cinco perguntas fechadas com duas abertas para justificativas, e tabulamos os resultados.

Tabela 9 – Ferramentas digitais - *padlet*; *slides*; Mobile 3D

	Nível de facilitação / concordância	Percentual
A utilização da ferramenta digital <i>padlet</i> (mural), usada para a construção do mural, tornou a atividade mais interativa	Concordo totalmente	27,9%
	Concordo	53,5%
	Indeciso	16,2%
	Discordo	1,2%
	Discordo totalmente	1,2%
Os recursos visuais presentes nos slides facilitaram sua compreensão do conteúdo?	Facilitou totalmente	36%
	Facilitou parcialmente	37,2%
	Facilitou razoavelmente	22,1%
	Não facilitou	3,5%
	Dificultou	1,2%
O modelo representativo – Mobile 3D utilizada na última aula facilitou sua compreensão de como as estrelas estão distribuídas:	Facilitou totalmente	45,6%
	Facilitou parcialmente	39,5%
	Facilitou razoavelmente	12,8%
	Não facilitou	2,1%
	Dificultou	0%

Fonte – Elaborado pela autora.

A maioria dos estudantes concordou que a utilização do *padlet* tornou a aula mais interativa, e como visto na subseção 6.2.1 da observação participante do primeiro encontro, os estudantes apresentaram através desde recursos seus modelos hipotéticos-dedutivos de modo participativo e em cenário de aulas remotas é fundamental recorrer a recursos geradores de interação e estímulo, pois nossos estudantes segundo Marc Prensky (2001) são nativos digitais, pois já "nasceram usando a tecnologia e sua linguagem própria". Os estudantes são estimulados

⁸ Estão disponibilizados nos apêndices do apêndice B

por telas e gráficos como os presentes nas ferramentas digitais, e "com acesso facilitado à Internet e a outras tecnologias digitais" (PESCADOR, 2001, p. 2) eles podem ser diferenciados das gerações anteriores.

Devido ao grau de abstração e da necessidade de se pensar em modelos tridimensionais, grande parte dos conceitos básicos da astronomia são, na maioria das vezes, de difícil compreensão (CARDINOT; NAMEN, 2017, p. 70). E é neste sentido que 45,6% dos estudantes atribuí que a utilização do Móbile 3D facilita totalmente o aprendizado.

Na tabela 9, podemos constatar que as ferramentas digitais facilitam desde razoavelmente a totalmente a abordagem dos conteúdos. Estes valores positivos se dão pelo fato dos nativos digitais não se concentrarem totalmente em aulas expositivas. E nos perguntamos: *Se tivéssemos realizados encontros com aulas totalmente expositivas, usando-se de métodos tradicionais e construindo junto aos estudantes o modelo representativo (maquete/móbile), que resultados obteríamos?*, este questionamento permanecerá em aberto.

Ainda por uma análise mais subjetiva através das justificativas dos estudantes, as ferramentas digitais são "bastante inovadoras e diferentes do que estamos acostumados" (ALUNA 28), e "ajudou muito nesse período de aula online" (ALUNO 23) e através delas "a turma consegue prestar mais atenção" (ALUNO 80) e pode ser percebida como "uma maneira divertida de todo mundo expressar seu ponto de vista" (ALUNA 85).

Tabela 10 – Parâmetro geral sobre a utilização das ferramentas digitais como recurso aplicada a sequência didática de ensino

	Nível de concordância / satisfação	Percentual
Em geral, os recursos digitais usados ao longo da sequência de ensino despertaram interesse pela aula	Concordo totalmente	16,3%
	Concordo	26,7%
	Indeciso	16,3%
	Discordo	4,7%
	Discordo totalmente	0%
Qual seu nível de satisfação em relação aos conteúdos de astronomia estudados durante os encontros	Muito satisfeito	14%
	Satisfeito	54,7%
	Razoavelmente satisfeito	25,6%
	Pouco satisfeito	4,7%
	Insatisfeito	1,2%

Fonte – Elaborado pela autora.

Não temos pretensão de eleger aqui uma técnica única e melhor que outros modelos e de sequência de ensino-aprendizagem, mas enfatizar a importância e contribuições positivas das ferramentas metacognitivas na autonomia do aprendiz. Nesse sentido, o presente estudo

utilizou-se de recursos digitais para uma melhor aplicação da sequência didática de ensino, em especial a utilização da modelização na busca de facilitar a compreensão e a visualização dos estudantes.

6.3.3 Metodologia de ensino

Investigamos junto aos estudantes sobre a metodologia de ensino utilizada durante a aplicação da sequência didática de ensino, e obtemos os seguintes dados:

Tabela 11 – Metodologia de ensino

	Nível de facilitação /importância	Percentual
A sequência de ensino facilitou seu processo de aprendizagem?	Facilitou totalmente	23,3%
	Facilitou parcialmente	40,7%
	Facilitou razoavelmente	31,4%
	Não facilitou	4,7%
	Dificultou	0%
Com relação a metodologia de ensino utilizada nas aulas de astrofísica estelar, qual nível de importância você atribui à utilização a sequência de ensino abordada?	Muito importante	23,3%
	Importante	46,5%
	Razoavelmente importante	27,9%
	Pouco importante	2,3%
	Sem importância	0%
Você julga importante inserir tópicos de astronomia e astrofísica no currículo escolar, seja compondo uma disciplina isolada, seja estando agregadas a outras já existentes?	Muito importante	20,9%
	Importante	38,4%
	Razoavelmente importante	31,4%
	Pouco importante	5,8%
	Sem importância	3,5%

Fonte – Elaborado pela autora.

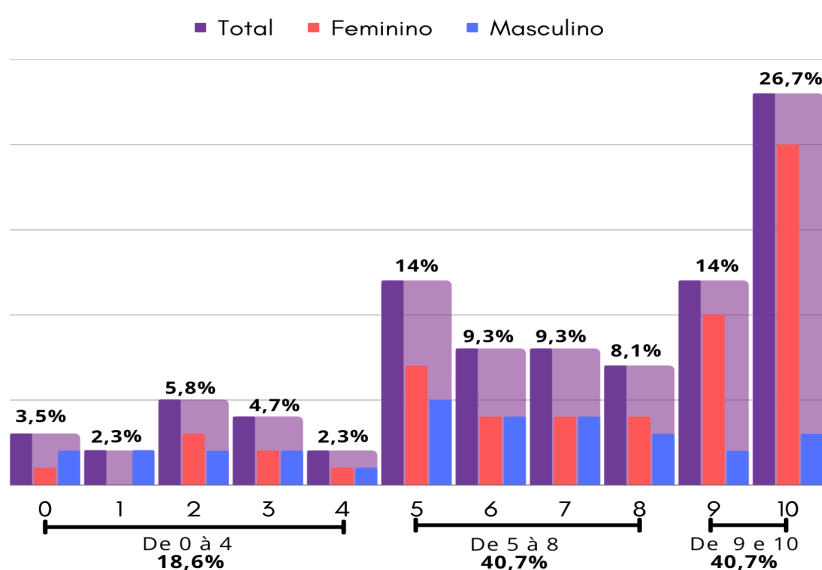
É notório que os resultados obtidos são positivos, pois através do questionamento (*A sequência de ensino⁹ facilitou seu processo de aprendizagem?*) podemos observar que a sequência didática de ensino facilitou o processo de aprendizagem nos estudantes, enquanto apenas 2,3% dos estudantes conjecturaram que a metodologia utilizada tinha pouca importância e nenhum estudante a considerou sem importância. Sendo que um dos pontos mais importantes deste trabalho é a inserção dos tópicos de astronomia e astrofísica na educação básica pois, conforme Aguiar (2010), os estudantes devam ter uma percepção desde as escalas microscópicas, das partículas elementares, até as escalas cosmológicas, dos reinos das galáxias e dos astros que compõem o universo, assim como da evolução estelar, da cosmologia.

⁹ Para os estudantes utilizamos um termo mais compactado, fazendo alusão as aulas/encontros realizados ao longo das cinco semanas, no entanto. Já para o leitor desta dissertação alusão se dá a sequência didática de ensino.

6.3.4 Ensino remoto

Devido à necessidade de aplicar a sequência didática de ensino de forma remota verificamos seu impacto em nossa pesquisa, assim, mensuramos em uma escala de zero a dez o quanto as aulas remotas dificultaram o aprendizado dos estudantes, gráfico 4.

Gráfico 4 – Em escala de zero a dez, quanto as aulas remotas dificultaram sua aprendizagem?



Fonte – Elaborado pela autora.

Dentro desta escala o zero para indicar que não houve nenhuma dificuldade e dez para indicar alta dificuldade, assim notamos 81,4% dos estudantes julgaram que as aulas remotas dificultaram sua aprendizagem, 26,7% dos estudantes indicaram ter um alto grau de dificuldade, sendo as mulheres mais afetadas, isso se dá pelo fato das estudantes terem que "conciliar os afazeres domésticos com aulas" como afirmado pela estudante 57.

Tabela 12 – Reflexões e justificativas - Aulas no formato presencial

Alunos(as)	Afirmativas
Aluna 34	além de mais interessante, o aprendizado é mais fácil, tenho dificuldade com ead
Aluna 26	Bem mais, acredito que íamos ficar bem mais interessados pelo conteúdo
Aluna 68	muito interessantes, pq alguns alunos como eu n tem essa facilidade de falar nas aulas por vergonha ou outras coisas, no modo presencial seria mais diferente e mais interessante de participar, e a maquete com as estrelas era bem melhor de entender e visualizar sem falar que eu não ia ter que ficar na aula e cuidando da minha irmã
Aluno 52	Sim, por que o ensino a distância dificulta na questão de dúvidas, as vezes a gente não se sente a vontade de fazer perguntas sobre o conteúdo!

Fonte – Elaborada pela autora.

Na tabela (12), está contido relatos de alguns estudantes sobre porque se as aulas presenciais seriam mais interessantes. Em geral os estudantes afirmaram que aulas no formato presencial são mais interessantes pois conseguiriam solucionar suas dúvidas, interagir nas dinâmicas, compreenderiam os conteúdos, além de visualização do Móvil 3D e da interação com colegas.

7 CONSIDERAÇÕES FINAIS E PERSPECTIVAS FUTURAS

“Mais fácil me foi encontrar as leis com que se movem os corpos celestes, que estão a milhões de quilômetros, do que definir as leis do movimento da água que escoam frente aos meus olhos.”

GALILEU GALILEI

A astronomia e a astrofísica com toda sua beleza e singularidade, consegue despertar interesse e curiosidade nos estudantes, facilitando assim, a conversa-ação entre professor e alunos. Pois os estudantes se motivam a compreender os novos conceitos e trazem seus questionamentos ao debate, portanto o professor deve ter domínio do conteúdo e gestão da sala de aula.

"Somente modelos construídos por meio da intuição e da razão e submetidos à prova da experiência foram bem sucedidos, e sobretudo são suscetíveis de ser corrigidos segundo a necessidade"(BUNGE, 2017b, p. 15), assim para trabalhar com o conceito de modelização, especificamente com modelo representativo de Mario Bunge junto da pesquisa-ação é uma tarefa que exige estudo, dedicação, reflexão e aperfeiçoamento constante. O estudo desenvolvido durante a construção dessa dissertação demonstrou essa afirmação de várias formas, desde a ideia da construção de um móbil em três dimensões para a representação da distribuição das estrelas na vizinhança do Sol, até sua efetiva construção e realocação na sequência didática de ensino. Embora o modelo representativo tenha sido construído sem o auxílio dos estudantes, estes ao fim da sequência didática de ensino tiveram um contato com o Móbil 3D mesmo que apenas por apresentação em aula *online* pelo *google meet*.

Sem dúvidas a ação docente de modo presencial tem grande relevância para o processo de ensino, no entanto, durante a realização deste trabalho essa complexa vivência necessitou ser reajustada ao ensino remoto, e como utilizamos a pesquisa-ação que oportuniza a flexibilização do planejamento podendo assim adaptar-se ao cenário que esta é aplicada além de se tratar de uma prática coletiva e auto reflexiva.

Assim, o objetivo inicial deste trabalho era a construção de um modelo representativo da vizinhança do Sol e aplicá-lo ao ensino de astronomia. No entanto, devido à pandemia de Covid-19 tivemos que readaptar todo nosso trabalho para ser trabalhado de forma remota, e para isto, reformulamos nossos objetivos, tornando a sequência didática de ensino como ponto central a este trabalho e secundarizando o modelo representativo da vizinhança solar. Contudo, é notório que o Móbil 3D pode ser trabalhado no início ou ao fim da sequência didática de ensino. E caso não consiga reproduzi-lo pode-se recorrer à representação na forma de imagem, que ainda sim, haverá o impacto conceitual.

No ensino remoto a aplicação da sequência didática de ensino, junto ao modelo representativo e as ferramentas digitais é sem dúvida uma alternativa muito interessante no processo de ensino-aprendizagem da astronomia e astrofísica em sua totalidade, pois permitem introduzir uma vasta variedade de conceitos científicos, que ampliam as habilidades que devem ser adquiridas ao longo da vida escolar, como indicado na BNCC.

Com isso, comprovamos que o tempo destinado aos encontros seria melhor aproveitados em aulas presenciais, e mesmo nesta modalidade de ensino esta carga horária deve ser ampliada, pois devido a complexionalidade dos temas e o auto grau de abstração em algumas partes da astrofísica, um conjunto de cinco encontros com um total de 10 aulas não foi suficiente para aprofundamento dos temas trabalhados junto à sequência didática de ensino aqui apresentada.

A fluidez das novas descobertas na área de astrofísica faz com que professores e alunos não consigam as novas informações, e este aspecto faz com que o ensino de astronomia para alguns seja um ponto desmotivador, porém o ensino de astrofísica e astronomia na educação básica é possível, desde que, seja planejado, não necessitando limitar-se a questões básicas, mas sim apresentando pontos fundamentais e conceituais, como por exemplo os apresentados em nossa sequência didática de ensino.

Ainda notamos que para haver uma melhor compreensão dos conteúdos de astronomia e astrofísica por parte dos estudantes, é necessário incentivá-los a leitura, dito isto, sugerimos se assim queiram, <https://www.overleaf.com/project/6037b4194e706d00da7892b7> acrescentar junto à sequência didática de ensino atividades de leitura e pesquisa, pois nem só os encontros formadores são suficientes para reduzir a defasagem no ensino de astronomia e astrofísica.

Ainda e apesar de não ser nosso objeto de estudo, verificamos que a utilização das ferramentas digitais tornaram as aulas mais interativas, e mesmo sendo pensados para encontros remotos, as ferramentas também devem ser utilizadas nos encontros presenciais. É necessário a todo momento rever e reinventar a prática docente na busca de tornar as aulas mais atrativas e buscar resultados satisfatórios ao aprendizado de nossos alunos.

Com a defesa desta dissertação podemos perceber que nosso produto educacional tem grande potencial didático e pode ser utilizado também para uma educação inclusiva, deste modo deixamos como uma perspectiva futura trabalhar conceitos de astronomia e astrofísica com alunos deficientes visuais, e para isso usaremos o Móbile 3D com a representação do grupo local de estrelas e aplicá-lo de modo a ampliar nossa sequência didática de ensino para uma educação inclusiva obedecendo aos critérios de educação inclusiva e adaptando o material explicativo para

a linguagem brasileira de sinais.

Ainda tornamos ao questionamento gerado no capítulo 6 dos resultados e discussões, em que nos questionamos: *Se tivéssemos realizados encontros com aulas totalmente expositivas, usando-se de métodos tradicionais e construindo junto aos estudantes o modelo representativo (maquete/móbile), que resultados obteríamos?*, este questionamento permanecerá em aberto e seguirá como uma perspectiva futura deste trabalho, pois buscaremos ainda reaplicá-lo de forma presencial e buscar comparar os resultados, no entanto, teremos que redefinir um novo grupo de estudantes, o que acreditamos que desviará um pouco os resultados.

Por fim, concluímos que este trabalho sozinho não resolve a grande lacuna que é o ensino de astronomia e astrofísica, mas assim como muitos outros trabalhos na área, é apenas mais uma possível solução para o professor que deseja mesmo que sutilmente introduzir pequenos conceitos em suas aulas. E como dito anteriormente inserir alguns tópicos de astronomia e astrofísica na educação básica não é suficiente, acreditamos que esta lacuna seria parcialmente preenchida acrescentando ao currículo da educação básica a disciplina de astronomia e astrofísica. Assim, deixamos esta questão em aberto para trabalhos futuros.

REFERÊNCIAS

- AGUIAR, I. R. **Ópicos de Astrofísica e Cosmologia: uma aplicação de Física Moderna e Contemporânea no Ensino Médio**. 204f. Dissertação de Mestrado em Ensino de Física / - Ensino de Ciências Física, Química e Biologia) Universidade de São Paulo, São Paulo - SP, 2010. Disponível em: <<https://teses.usp.br/teses/disponiveis/81/81131/tde-25012011-112911/pt-br.php>>. Acesso em: 19 jan. 2021.
- AIRES, L. **Paradigma qualitativo e práticas de e investigação educacional**. Porto Alegre - RS: Universidade Aberta, 2015.
- ALVES, B. W. d. F. **Uma proposta metodológica de uma oficina de Astrofísica no Ensino Médio**. 56 f, Trabalho de Conclusão de Curso de graduação / (Centro de Ciências, Curso de Ciências Biológicas), Universidade Federal do Ceará, Fortaleza - CE, 2018. Disponível em: <http://www.repositorio.ufc.br/bitstream/riufc/48309/1/2019_tcc_bwfalves.pdf>. Acesso em: 10 jan. 2021.
- ANDRADE, L. B. P. d. **Educação infantil: discurso, legislação e práticas institucionais**. São Paulo - SP: Cultura Acadêmica - Coleção PROPG Digital - UNESP, 2010.
- ANDRE, M. E. D. A. **Etnografia da Prática Escolar**. Campinas - SP: Papyrus, 1995.
- BADDINI, B.; FERNANDES, D. **Primeira pessoa é vacinada contra Covid-19 no Brasil**. São Paulo - SP: [s.n.], 2021. Disponível em: <<https://www.cnnbrasil.com.br/nacional/2021/01/17/primeira-pessoa-e-vacinada-contracovid-19-no-brasil>>. Acesso em: 29 jun. 2021.
- BASSALO, J. M. **Heraclides de Pontos, Apolônio de Perga e Tycho-Brahe: Modelo Geoheliocêntrico; Aristarco de Samos e Copérnico: Modelo Heliocêntrico**. Fortaleza - CE: [s.n.], 2019. Disponível em: <<https://seara.ufc.br/wp-content/uploads/2019/03/folclore203.pdf>>. Acesso em: 26 jan. 2021.
- BASTOS, C. F. **Interdisciplinaridade, uma proposta viável?** São Paulo - SP: Editora Dialética, 2022.
- BBC. **Mundo, Cecilia Payne-Gaposchkin, a mulher que descobriu do que são feitas as estrelas**. São Paulo - SP: [s.n.], 2019. Disponível em: <<https://www.bbc.com/portuguese/geral-47940149#:~:text=V%C3%ADdeos-,Cecilia%20Payne%20Gaposchkin%2C%20a%20mulher%20que%20descobriu%20do,que%20s%C3%A3o%20feitas%20as%20estrelas&text=Ela%20tinha%20apenas%2025%20anos,que%20eram%20feitas%20as%20estrelas.&>>. Acesso em: 20 set. 2021.
- BISCH, S. M. **Astronomia no Ensino Fundamental: Natureza e Conteúdo do Conhecimento de Estudantes e Professores**. 1998, 310, Tese de doutoramento / FEUSP / São Paulo - SP) Universidade Estadual de São Paulo, 1998. Disponível em: <http://www.educadores.diaadia.pr.gov.br/arquivos/File/2010/artigos_teses/2010/Ciencias/teses/tese3astronomia.pdf>. Acesso em: 31 jan. 2022.
- BRASIL. **Base Nacional Comum Curricular - Educação é a Base**. Brasília - DF: MEC, 2018. Disponível em: <http://basenacionalcomum.mec.gov.br/images/BNCC_EI_EF_110518-versaofinal_site.pdf>. Acesso em: 23 out. 2020.
- BRASIL. **Constituição da República Federativa do Brasil de 1988**. Brasília - DF: Supremo Tribunal Federal, 2019. Disponível em: <<https://www2.senado.leg.br/bdsf/handle/id/572694>>. Acesso em: 01 nov. 2020.

BRASIL. **Lei de Diretrizes e Bases da Educação Nacional Lei nº 9394/96**. Brasília - DF: MEC, 2020. Disponível em: <https://www2.senado.leg.br/bdsf/bitstream/handle/id/572694/Lei_diretrizes_bases_4ed.pdf?sequence=1&isAllowed=y>. Acesso em: 20 nov. 2020.

BRITANNICA. **Annie Jump Cannon - American astronomer**. São Paulo - SP: [s.n.], 2021. Disponível em: <<https://www.britannica.com/biography/Annie-Jump-Cannon>>. Acesso em: 18 de nov. 2021.

BUNGE, M. **Matéria e Mente**. São Paulo - SP: Perpectiva, 2017a.

BUNGE, M. **Teoria e Realidade**. São Paulo -SP: Perpectiva, 2017b.

CABRAL, N. F. **Sequências didáticas: estrutura e elaboração**. Belém - PA: SBEM / SBEM-PA, 2017.

CANIATO, R. **Um projeto brasileiro para o ensino de física**. 586f. Tese de Doutorado / Programa de Pós-Graduação em Educação / Faculdade de Educação), Universidade Estadual de Campinas, Campinas - SP, 1973. Disponível em: <<https://www.btdea.ufscar.br/teses-e-dissertacoes/um-projeto-brasileiro-para-o-ensino-de-fisica>>. Acesso em: 12 dez. 2020.

CARDINOT, M.; NAMEN, A. Astronomia no ensino de física: Uma abordagem com o uso de simulações de chuvas de meteoros em um planetário virtual. **CD-Revista Eletrônica da FAINOR**, Vitória da Conquista - BA, v. 10, n. 1, p. 65–83, 2017.

CEARÁ. **arceria entre Seduc e Google permite acesso de estudantes e professores a ferramentas educacionais online**. 2020. Disponível em: <<https://www.ceara.gov.br/2020/04/02/partneria-entre-seduc-e-google-permite-acesso-de-estudantes-e-professores-a-ferramentas>>. Acesso em: 29 jun. 2021.

CEARÁ. **Ceará confirma três casos do novo coronavírus**. 2020. Disponível em: <<https://www.saude.ce.gov.br/2020/03/15/ceara-confirma-tres-casos-do-novo-coronavirus/>>. Acesso em: 29 ju. 2021.

CEARÁ. **Diretrizes para unidades de ensino durante período de suspensão de aulas presenciais**. SEDUC: APEOC, 2020. Disponível em: <<https://www.seduc.ce.gov.br/2020/03/28/seduc-e-apeco-divulga-diretrizes-para-escolas-durante-periodo-de-suspensao-de-aulas>>. Acesso em: 29 jun. 2021.

CEARÁ. **Ceará inicia vacinação de profissionais da educação**. 2021. Disponível em: <<https://www.ceara.gov.br/2021/05/29/ceara-inicia-vacinacao-de-profissionais-da-educacao/>>. Acesso em: 29 ju. 2021.

CEARÁ. **DECRETO Nº33.510, de 16 de março de 2020**. 2021. Disponível em: <<http://imagens.seplag.ce.gov.br/PDF/20200316/do20200316p01.pdf>>. Acesso em: 29 ju. 2021.

CESTARI, T. N. **Uma proposta de ensino de fundamentos de astronomia e astrofísica via ensino sob medida**. 129 f, Dissertação (Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física), Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Tramandaí - RS, 2018. Disponível em: <<https://lume.ufrgs.br/handle/10183/193228>>. Acesso em: 05 jan. 2021.

COMINS, N. F.; KAUFMANN, W. J. **Descobrimos o universo**. 8ª. ed. Porto Alegre - RS,: Bookman, 2011.

CRESWELL, J. W. **Projeto de pesquisa: métodos qualitativo, quantitativo e misto**. 2ª. ed. Porto Alegre - RS: Artmed, 2007.

CUNHA, J. C. da. **O discurso das professoras sobre as práticas de leitura na sala de aula do ensino fundamental**. 85 f, Dissertação (Mestrado pelo Programa de Pós-graduação em Linguística), Universidade Federal da Paraíba, 2008. Disponível em: <<https://repositorio.ufpb.br/jspui/bitstream/tede/6413/1/arquivototal.pdf>>. Acesso em: 01 maio 2022.

CUNHA, L. M. A. da. **Modelos Rasch e Escalas de Likert e Thurstone na medição de atitudes**. 78 f, Dissertação (Mestrado em Probabilidades e Estatística), Universidade de Lisboa, Portugal, 2007. Disponível em: <https://repositorio.ul.pt/bitstream/10451/1229/1/18914_ULFC072532_TM.pdf>. Acesso em: 05 jan. 2021.

CUPANI, A. O.; PIETROCOLA, M. A relevância da epistemologia de mario bunge para o ensino de ciências. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, Florianópolis - SC, v. 19, n. especial, p. 100–125, 2002. Disponível em: <<https://periodicos.ufsc.br/index.php/fisica/article/view/10057/15387>>. Acesso em: 22 jun. 2020.

CÂMARA, R. H. Análise de conteúdo: da teoria à prática em pesquisas sociais aplicadas as organizações. **Gerais: Revista Interinstitucional de Psicologia**, n. 6, p. 179–191, 2013. Disponível em: <<http://pepsic.bvsalud.org/pdf/gerais/v6n2/v6n2a03.pdf>>. Acesso em: 11 nov. 2021.

DAVOGLIO, T. R.; SANTOS, B. S. d. Motivação docente: reflexões acerca do construto. **Avaliação**, Campinas - SP, v. 22, n. 3, p. 772–792, 2017.

DUMUSQUE, X.; PEPE1, F.; LOVIS, C.; SÉGRANSAN, D.; SAHLMANN, J.; BENZ, W.; BOUCHY, F.; MAYOR, M.; QUELOZ, D.; SANTOS, N.; UDRY, S. An earth mass planet orbiting alpha centauri b. **European Southern Observato**, 2013. Disponível em: <<https://www.eso.org/public/archives/releases/sciencepapers/eso1241/eso1241a.pdf>>. Acesso em: 18 jun. 2021.

FEYNMAN, R. P.; LEIGHTON, M. **Lições de física de Feynman: edição definitiva**. Porto Alegre - RS: Bookman, 2008. v. 2.

FILHO, K. d. S. O.; SARAIVA, M. d. F. O. **Astronomia e Astrofísica**. Porto Alegre - RS: livraria da física, 2017.

FORMOSINHO, J. O. A investigação-ação e a construção de conhecimento profissional relevante. In: PIMENTA, S. G.; FRANCO, M. A. S. (ORG.S). **Pesquisa em educação: possibilidades investigativas, formativas da pesquisa-ação**. São Paulo - SP: Loyola, 2014.

FRAGA, N. P. de. **Experimentos mentais e paradoxos no ensino de relatividade restrita**. 65 f. Trabalho de Conclusão de Curso (graduação em licenciatura plena em física), Universidade Estadual do Ceará, Iguatu - CE, 2018. Disponível em: <http://www.uece.br/fecli/wp-content/uploads/sites/34/2021/08/monografia_naiagry_paula.pdf>. Acesso em: 19 jan. 2020.

FRANCO, A. S.; LISITA, V. M. S. d. S. A investigação-ação: limites e possibilidades na formação docente. In: PIMENTA, S. G.; FRANCO, M. A. S. (ORG.S). **Pesquisa em educação: possibilidades investigativas, formativas da pesquisa-ação**. São Paulo - SP: Loyola, 2014.

FRANCO, M. A. d. R. S. Prática pedagógica e docência: um olhar a partir da epistemologia do conceito. **Revista brasileira de educação pedagógica (online)**, scielo, v. 97, n. 248, p. 534–551, 2016. Disponível em: <<https://www.scielo.br/j/rbeped/a/m6qBLvmHnCdR7RQjJVSPzTq/?lang=pt>>. Acesso em: 06 set. 2021.

FREDERICO, F. T.; GIANATTO, D. E. P. Contribuição das imagens para o ensino de física numa perspectiva da teoria da dupla codificação. **Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias**, v. 17, n. 1, p. 200–222, 2018. Disponível em: <http://reec.uvigo.es/volumenes/volumen17/REEC_17_1_10_ex1140.pdf>. Acesso em: 10 jan. 2020.

FREIRE, S. M. **Bioestatística Básica**. 4ª. ed. 2021: Creative Commons, 2021.

FRÓES, A. Astronomia, astrofísica e cosmologia para o ensino médio. revista brasileira de ensino de física. **Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias**, v. 36, n. 3, p. 3504–01/15, 2014. Disponível em: <<http://www.sbfisica.org.br/rbef/pdf/363504.pdf>>. Acesso em: 06 nov. 2020.

G1. **Retorno às aulas presenciais no Ceará: confira como está a situação das escolas municipais de Fortaleza, estaduais e particulares**. G1 Verdes Mares: G1 Verdes Mares, 2021. Disponível em: <<https://g1.globo.com/ce/ceara/noticia/2021/10/13/retorno-as-aulas-presenciais-no-ceara-confira-como-esta-a-situacao-das-escolas-municipais-de-fortaleza-es.html>>. Acesso em: 23 set. 2022.

GERALDI, L. M. A.; SCADELAI, L. M.; BOLZAN, W. J. **Pesquisa Em Educação Matemática: Desafios à Prática Docente**. Jaboticabal - SP: NDE, 2012.

GIL, A. C. **Como elaborar um projeto de pesquisa**. 4ª. ed. São Paulo - SP: Atlas, 2002.

GIL, A. C. **Métodos e técnicas de pesquisa social**. 6ª. ed. São Paulo - SP: Atlas, 2008. Disponível em: <<https://ayanrafael.files.wordpress.com/2011/08/gil-a-c-mc3a9todos-e-tc3a9nicas-de-pesquisa-social.pdf>>. Acesso em: 14 nov. 2020.

GOMES, M. d. O.; ANASTASIOU, L. d. G. C. Formar e formar-se: a voz dos professores. In: PIMENTA, S. G.; FRANCO, M. A. S. (ORG.S). **Pesquisa em educação: possibilidades investigativas, formativas da pesquisa-ação**. São Paulo - SP: Loyola, 2014.

GOMES, R. A análise de dados em pesquisa qualitativa. In: MINAYO, M. C. S. (ORG.). **Pesquisa Social: Teoria, método e criatividade**. 21ª. ed. Rio de Janeiro - RJ: Vozes, 1994.

GOSSAN, S.; OTT, C. Methods of measuring astronomical distances. **LASER INTERFEROMETER GRAVITATIONAL WAVE OBSERVATORY - LIGO**, v. 1, n. T1200427, p. 1–14, 2002. Disponível em: <<https://dcc.ligo.org/public/0096/T1200427/001/distance-ladder.pdf>>. Acesso em: 26 jun. 2020.

GRESSLER, L. A. **Introdução à pesquisa: projetos e relatórios**. 2ª. ed. São Paulo - SP: Loyola, 2004.

GUEDES, I. C. **O que é sequência didática**. blog: icguedes, 2020. Disponível em: <<https://www.icguedes.pro.br/sequencia-didatica-passo-a-passo/>>. Acesso em: 30 jul. 2020.

HERTEM, J. C. G. **Classificação estrelar: as estrelas não são iguais**. Usp/univesp. São Paulo - SP: [s.n.], 1998. Disponível em: <https://midia.atp.usp.br/impressos/lic/modulo01/estrelas_PL0006/Estrelas_top02.pdf>. Acesso em: 12. jan. 2021.

HORVATH, J. Uma proposta para o ensino da astronomia e astrofísica estelares no ensino médio. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v. 35, n. 4, p. 4501–1–4501–8, 2013. Disponível em: <<https://www.scielo.br/j/rbef/a/cQ7WGXc3QJvJYFLvRk6fTvd/abstract/?lang=pt>>. Acesso em: 15 mai. 2022.

HORVATH, J. E. **O ABCD da astronomia e astrofísica**. São Paulo - SP: livraria da física, 2008.

JALES CÍNTIA; SILVEIRA, M. I. d. Pré-história. visões do céu. **O Liberal - Encarte Amazônia Sustentável**, Belém - PA, p. 72–75, 2010.

JATENCO-PEREIRA, V. O céu que nos envolve - introdução à astronomia para educadores e iniciantes. In: ENOS PICAZZIO (ORG.). **O Sol**. São Paulo - SP: Odysseus Editora, 2011.

JONES, D. A vlt auxiliary telescope watches the milky way. **European Southern Observato**, 2013. Disponível em: <<https://www.eso.org/public/brazil/images/dave-jones-19/>>. Acesso em: 18 jun. 2021.

JR, R. C. F.; KANAAN, A.; GOMES, J. M. S. de M. **As ferramentas do Astrônomo: O que medimos, como medimos e o que aprendemos**. Florianópolis - SC: Observatórios Virtuais UFSC - online, 2002. Disponível em: <<http://www.telescopiosnaescola.pro.br/ferramentas.pdf>>. Acesso em: 11 nov. 2021.

JUSTI, R. Relações entre argumentação e modelagem no contexto da ciência e do ensino de ciências. **Revista Ensaio**, Belo Horizonte - BH, v. 17, n. especial, p. 31–48, 2015. Disponível em: <<https://www.scielo.br/pdf/epec/v17nspe/1983-2117-epec-17-0s-00031.pdf>>. Acesso em: 09 jun. 2020.

KOBASHIGAWA, A.; ATHAYDE, B.; MATOS, K. d. O.; CAMELO M.AND FALCONI, S. Estação ciência: formação de educadores para o ensino de ciências nas séries iniciais do ensino fundamental. **IV Seminário Nacional ABC na Educação Científica**, n. 6, p. 212–217, 2008. Disponível em: <<https://docplayer.com.br/54659874-Estacao-ciencia-formacao-de-educadores-para-o-ensino-de-ciencias-nas-series-iniciais-do-ensino.html>>. Acesso em: 11 nov. 2021.

LAGO, L.; ANDRADE, R.; LOCATELLI, R. **Astronomia no Ensino de Ciências da Natureza**. São Paulo: Livraria da física, 2017.

LANGHI, R.; NARDI, R. Justificativas para o ensino de astronomia: o que dizem os pesquisadores brasileiros? **Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências**, Bauru - SP, v. 14, n. 3, p. 65–83, 2014.

LONGAIR, M. S. **The cosmic century: A history of astrophysics and cosmology**. New York: Cambridge, 2006.

LONGHINI, M. D. O universo representado em uma caixa: introdução ao estudo da astronomia na formação inicial de professores de física. **Revista Latino-Americana de Educação em Astronomia**, v. 7, p. 31–42, 2009. Disponível em: <<https://www.relea.ufscar.br/index.php/relea/article/view/125>>. Acesso em: 26 ago. 2020.

LÜDKE, M.; ANDRÉ, M. E. D. A. **Pesquisa em Educação: Abordagens qualitativas**. São Paulo - SP: EPU, 1986. Disponível em: <https://moodle.ufsc.br/pluginfile.php/2431625/mod_resource/content/1/Pesquisa>. Acesso em: 15 nov. 2020.

MACHADO, J.; BRAGA, M. A conceitualização de modelos em física: Aproximações e distanciamentos entre as visões de mario bunge e gÉrard vergnaud. **Ens. Pesqui. Educ. Ciênc.**, v. 22, p. e10560, 2020. Disponível em: <<https://www.scielo.br/pdf/epec/v22/1983-2117-epec-22-e10560.pdf>>. Acesso em: 15 set. 2020.

MACHADO, J.; CRUZ, S. M. S. Conhecimento, realidade e ensino de física: modelização em uma inspiração bungeana. **Ciência Educação**, Bauru - SP, v. 17, n. 4, p. 887–902, 2011.

MACIEL, W. J. **Introdução à Estrutura e Evolução Estelar**. São Paulo - SP: EdUsp, 1999.

MARCHI, M. C. d. B. d. **A contribuição de Annie Jump Cannon para a Classificação Espectral de Harvard**. Dissertação (Doutorado em História da Ciência) — Pontifícia Universidade Católica de São Paulo, São Paulo - SP, 2017. Disponível em: <<https://sapientia.pucsp.br/bitstream/handle/20080/2/Magali%20Concei%20a7%20a3o%20de%20Barros%20de%20Marchi.pdf>>. Acesso em: 18 jun. 2021.

MARQUES, R. d. C.; SILVEIRA, A. J. T.; PIMENTA, D. N. A pandemia de covid-19: intersecções e desafios para a história da saúde e do tempo presente. In: REIS, T. S. ET AL. (ORGS.). Roraima - RR: UFRR, 2020. Disponível em: <https://www.ufrgs.br/redecovid19humanidades/_files/view.php/download/pasta/6/5fa5588b1ed7e.pdf>. Acesso em: 16 jul. 2021.

MEC. **Secretaria de Educação Básica**. Brasília - DF: Ministério da Educação, 2018. Disponível em: <<http://portal.mec.gov.br/secretaria-de-educacao-basica/apresentacao#:~:text=Atualmente%20os%20documentos%20que%20norsteiam,26%20de%20junho%20de%202014.>> Acesso em: 18 dez. 2020.

MINAYO, M. C. d. S. Ciência, técnica e arte: o desafio da pesquisa social. In: MINAYO, M. C. S. (ORG.). **Pesquisa Social: Teoria, método e criatividade**. 21^a. ed. Rio de Janeiro - RJ: Vozes, 1994.

MORAIS, A. M. A. **Gravitação e cosmologia: uma introdução**. São Paulo - SP: Livraria da Física, 2009.

MOREIRA, M. A. **Metodologia de pesquisa em ensino**. [S.l.: s.n.], 2011.

MOREIRA, M. A. Orientações sobre o currículo. **Programa de Pós-Graduação em Física**, Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física, 2015. Disponível em: <<http://www.if.ufrgs.br/~moreira/pesquisaemensino.pdf>>. Acesso em: 27 maio 2018.

NATIONAL-GEOGRAPHIC. **O que é o solstício: tudo que você precisa saber sobre o evento**. São Paulo - SP: [s.n.], 2022. Disponível em: <<https://www.nationalgeographicbrasil.com/ciencia/2022/06/o-que-e-o-solsticio-tudo-o-que-voce-precisa-saber-sobre-o-evento>>. Acesso em: 17 nov. 2022.

NETO, J. L. H. **Avaliações externas e seus efeitos sobre as políticas educacionais: uma análise comparada entre a União e os estados de Minas Gerais e São Paulo**. 358 f. Tese (Programa de pós-graduação em política social), Universidade de Brasília, Brasília - DF, 2013. Disponível em: <https://repositorio.unb.br/bitstream/10482/14398/1/2013_JoaoLuizHortaNeto.pdf>. Acesso em: 19 fev. 2021.

NUSSENZVEIG, H. M. **Curso de Física Básica 3: Eletromagnetismo**. São Paulo - SP: Blucher, 1997. v. 3.

OLIGURSKI, E. M.; PACHANE, G. G. A possibilidade de incorporar a pesquisa na prática cotidiana do professor do ensino fundamental. **Educação em Revista** 1, v. 26, n. 2, p. 249–276, 2010. Disponível em: <11ago.2021>. Acesso em: <https://www.scielo.br/j/edur/a/3dBtZxWzbnJdjtSB6pZYBLk/?lang=ptModalTutors>.

OLIVEIRA, M. d. S. d. L.; DANTAS, D. M. d. M.; LEMOS, A. C. M. d.; ALMEIDA, A. C. S.; BEZERRA, E. L. d. S.; SILVA, F. B. M. d.; ALVES, M. d. S. V. **Diálogos com docentes sobre ensino remoto e planejamento didático**. Recife - PE: EDUFRPE, 2020. Disponível em: <http://www.decon.ufrpe.br/sites/ww4.deinfo.ufrpe.br/files/di%C3%A1logo.com_.docentes.ensino.remoto.planejamento.did%C3%A1tico.pdf>. Acesso em: 09 set. 2020.

OLIVEIRA, T. M. V. d. Escalas de mensuração de atitudes: Thurstone, osgood, stapel, likert, guttman, alpert. **Revista Administração On-Line – FECAP**, São Paulo - SP, v. 01, n. 2, 2001. Disponível em: <https://pesquisa-eaesp.fgv.br/sites/gvpesquisa.fgv.br/files/arquivos/veludo_-_escalas_de_mensuracao_de_atitudes_thurstone_osgood_stapel_likert_guttman_alpert.pdf>. Acesso em: 1 jul. 2021.

ON. **Ensino à Distância cosmologia da origem ao fim do universo - Módulo 1: A história da Cosmologia**. Rio de Janeiro - CE: [s.n.], 2015. Disponível em: <<http://deviante.com.br/wp-content/uploads/2016/03/MODULO-1.pdf>>. Acesso em: 26 jan. 2021.

PARANÁ. **Diretrizes curriculares da educação básica ciências paraná**. Paraná - PR: Secretaria de Educação do Estado do Paraná, 2008. Disponível em: <http://www.educadores.diaadia.pr.gov.br/arquivos/File/diretrizes/dce_cien.pd>. Acesso em: 14 out. 2019.

PEIXOTO, D. E. **Astronomia como disciplina integradora para o ensino de ciências**. 29f. Tese de Doutorado / Instituto de Física Gleb Wataghin), Universidade Estadual de Campinas - São Paulo - SP, 2018. Disponível em: <http://repositorio.unicamp.br/jspui/bitstream/REPOSIP/332140/1/Peixoto_DenisEduardo_D.pdf>. Acesso em: 13 ago. 2020.

PESCADOR, C. M. Tecnologias digitais e ações de aprendizagem dos nativos digitais. **NCB University Press**, v. 9, n. 5, 2001.

PRENSKY, M. Digital natives, digital immigrants. **NCB University Press**, v. 9, n. 5, 2001.

RODRIGUES, C. V. Introdução à astronomia e astrofísica. In: MILONE, A.C; WUENSCHÉ, C.A; RODRIGUES C.V; D'AMICO, F; JABLONSKI, F.J; CAPELATO H.V; BRAGA, J; CECATTO, J.R; BOAS, J.W.V; AGUIAR, O.D; MIRANDA, O.D. (ORG.S). **O Sistema Solar**. São José dos Campos - SP: INPE, 2018.

RODRIGUES, F. M.; BRICCIA, V. O ensino de astronomia e as possíveis relações com o processo de alfabetização científica. **Revista Latino-Americana de Educação em Astronomia - RELEA**, São Carlos - SP, n. 29, p. 95–111, 2019.

SANTOS, D. P. **Modelos cosmológicos contemporâneos como ferramentas para o ensino de Física Moderna**. 49f. Trabalho de Conclusão de Curso de Graduação em Licenciatura de Física), Instituto Federal de Sergipe, Lagarto - PE, 2019. Disponível em: <<https://repositorio.ifs.edu.br/biblioteca/handle/123456789/1229>>.

SANTOS, F. M. dos. Análise de conteúdo: a visão de laurence bardin. **Revista Eletrônica de Educação**, v. 6, n. 1, p. 383–38, 2012. Disponível em: <<http://www.reveduc.ufscar.br/index.php/reveduc/article/view/291/156>>. Acesso em: 15 Jun. 2021.

SANTOS, W. L. P. dos. Educação científica na perspectiva de letramento como prática social: funções, princípios e desafios. **Revista Brasileira de Educação**, v. 12, n. 36, p. 474–550, 2007. Disponível em: <<https://www.scielo.br/j/rbedu/a/C58ZMt5JwnNGr5dMkrDDPTN/?format=pdf&lang=pt>>. Acesso em: 18 Set. 2022.

SARAIVA, M. de F. O.; FILHO, K. de S. O.; MÜLLER, A. M. **Astronomia Astrofísica: Aula 11: Distâncias astronômicas**. Porto Alegre - RS: UFRGS, 2010. Disponível em: <<http://www.if.ufrgs.br/~fatima/fis2010/Aula11-132.pdf>>. Acesso em: 11 jun. 2020.

SAYER, A. Características chave do realismo crítico na prática: um breve resumo". **Rev. do Prog. de Pós-Graduação em Sociologia da UFPE**, n. 6, p. 7–32, 2020. Acesso em: 18 Set. 2022.

SCHAPPO, M. G. Estudando a estabilidade nuclear no ensino médio física na escola. **Física na Escola**, Florianópolis - SC, v. 11, n. 2, p. 22–26, 2010.

SILVA, F. F. da; RIBEIRO, P. R. C. Trajetórias de mulheres na ciência: “ser cientista” e “ser mulher”. **Ciênc. Educ.**, v. 20, n. 2, p. 449–466, 2014. Disponível em: <<https://www.scielo.br/j/ciedu/a/wNkT5PBqydG95V9f4dJH4kN/?format=pdf&lang=pt>>. Acesso em: 15 mai. 2022.

SILVA, F. S. d.; CATELLI, F. Os modelos na ciência: traços da evolução histórico-epistemológica. revista brasileira de ensino física. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, São Paulo - SP, v. 41, n. 4, p. e20190029/1–9, 2019.

SOARES, M. **Letramento: um tema em três gêneros**. 4^a. ed. Belo Horizonte - MG: Autêntica, 2010.

SOARES, T. A.; NOBRE, F. A. S. A contribuição da sequência de ensino fedathi no processo de ensino aprendizagem em física. **Revista do Professor de Física**, v. 1, n. 2, p. 37–53, 2017. Disponível em: <<https://periodicos.unb.br/index.php/rpf/article/view/7071>>. Acesso em: 13 set. 2021.

SOUZA, M. J. A. Sequências no ensino da matemática: Retrospectiva histórica de dewey a fedathi. In: SOUSA, F. E. E.; VASCONCELOS, F. L.; NETO, H. B.; LIMA, I. P.; SANTOS, M. J. C.; ANDRADE, V. S. DE (ORG.). **Sequência Fedathi: Uma proposta pedagógica para o ensino de matemática e ciências**. 1^a. ed. Fortaleza - CE: Edições UFC, 2013.

STRECK, D. R. Notas sobre método e metodologia. In: BRANDÃO, C. R.; STRECK, D. (ORG.S). **Pesquisa participante a partilha do saber**. São Paulo - SP: Ideias letras, 2006.

THIOLLENT, M. A inserção da pesquisa-ação no contexto da extensão universitária. In: BRANDÃO, C. R.; STRECK, D. (ORG.S). **Pesquisa participante a partilha do saber**. São Paulo - SP: Ideias letras, 2006.

THIOLLENT, M. **Metodologia da pesquisa-ação**. 18^a. ed. São Paulo - SP: Cortez, 2011.

TIBA, I. **Ensinar aprendendo: Como superar os desafios do relacionamento professor-aluno em tempos de globalização**. São Paulo - SP: Editora Gente, 1998.

TONEL, A. P.; MARRANGHELLO, G. F. O movimento aparente da lua. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, Bagé - RS, v. 35, n. 2, p. 887–902, 2013.

TRIVIÑOS, A. N. S. **Introdução à pesquisa em ciências sociais: a pesquisa qualitativa em educação.** São Paulo - SP: Atlas, 1987. Disponível em: <<http://www.hugoribeiro.com.br/biblioteca-digital/Trivinos-Introducao-Pesquisa-em-Ciencias-Sociais.pdf>>. Acesso em: 05 abr. 2018.

TYSON, N. d. G.; GOLDSMITH, D. **Origens: catorze milhões de anos de evolução cósmica.** 8ª. ed. São Paulo - SP: Planeta do Brasil, 2015.

ZABALA, A. **A prática educativa: como ensinar.** Porto Alegre - RS: ArtMed, 1998.

ZANETIC, J. Física e arte: uma ponte entre duas culturas. **Pro-Posições**, Campinas - SP, v. 17, n. 1, p. 39–57, 2006.

ZUCOLOTTO, M. E.; FONSECA, A. C.; ANTONELLO, L. L. **Decifrando os Meteoritos.** Ufrj. Rio de Janeiro - RJ: Museu Nacional, 2006.

APÊNDICES

APÊNDICE A – TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO



MNPEF Mestrado Nacional
Profissional em
Ensino de Física



Universidade Regional do Cariri
Centro de Ciência e Tecnologia
Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física
Polo 31 URCA – Juazeiro do Norte – CE



TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO

Estimada Diretora, _____

Por este meio informamos o desenvolvimento da pesquisa intitulada: “**As vizinhas do Sol: Construindo um modelo representativo do grupo local de estrelas e aplicando-o no ensino de Astronomia e Astrofísica**”. A pesquisa está sendo realizada pela professora **NAIAGRY PAULA DE FRAGA**, mestranda em Ensino de Física do Programa de Pós-Graduação em Mestrado Profissional em Ensino de Física (MNPEF) da Universidade Regional do Cariri (URCA). O objetivo desta pesquisa é desenvolver e aplicar sequência de ensino voltada o aprendizado de astrofísica estelar estudando assim as características das estrelas e aplicando ao grupo local de que estão na vizinhança do Sol, bem como trabalhar com modelagem representativa através de desenhos representativos e modelo tridimensional, auxiliando assim a pratica pedagógica de Física, e desta forma investigar o potencial pedagógico desta metodologia através da percepção dos discentes da Educação Básica. Realizaremos essa pesquisa em sala de aula virtual, seguindo uma sequência ensino planejada, utilizaremos recursos de **formulário avaliativo e gravações em vídeo** das aulas que comporão o processo de geração dos dados. Ressalto que o material gerado neste estudo será tratado de forma anônima e confidencial, isto é, em nenhum momento será divulgado o nome dos estudantes participantes da pesquisa. Quando for necessário exemplificar determinada situação, a privacidade dos participantes será assegurada uma vez que mantereí o nome dos alunos em sigilo. Os dados coletados serão utilizados apenas NESTA pesquisa e os resultados serão publicados em eventos e/ou revistas científicas.

A participação é voluntária e a qualquer momento pode-se desistir de autorizar a participação do estudante e pedir para retirar o seu consentimento, seja antes ou depois da coleta de dados, independentemente do motivo e sem nenhum prejuízo ao estudante. Sua recusa não trará nenhum prejuízo em sua relação com o pesquisador ou com a instituição.

A sua participação no estudo não traz riscos e nem complicações legais. O benefício será a contribuição da pesquisa para fortalecer o campo de estudos científicos que trata sobre o Ensino de Física, particularmente sobre o uso dos modelos representativos no ensino desta disciplina na Educação Básica. O estudante não terá nenhum tipo de despesa para participar desta pesquisa, bem como nada será pago por sua participação.

Você receberá uma cópia deste termo onde consta o telefone e o endereço da pesquisadora, podendo tirar suas dúvidas sobre a pesquisa e sobre a sua participação, agora ou a qualquer momento.

Após estes esclarecimentos, solicito abaixo o seu consentimento de forma livre para autorizar a participação dos estudantes nesta pesquisa.

CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO

Tendo compreendido a temática, os objetivos, a forma como será desenvolvida a pesquisa, a minha colaboração no estudo, e estando consciente dos riscos e dos benefícios que a participação do estudante implica, concordo em autorizar a participação dos estudantes na pesquisa e para isso eu dou o meu consentimento livre e esclarecido.

Iguatu-CE, 10 de maio de 2021.

Nome completo do(a) diretor(a) escolar

(assinatura e carimbo do(a) diretor(a) escolar)

NAIAGRY PAULA DE FRAGA

Pesquisadora

CONTATO DA PESQUISADORA:

E-MAIL: naiagry.paula@urca.br;

APÊNDICE B – PRODUTO EDUCACIONAL - AS VIZINHAS DO SOL: Sequência didática de ensino e sugestão de construção de um modelo representativo do grupo local de estrelas em três dimensões

MNPEF Mestrado Nacional
Profissional em
Ensino de Física
POLO 31 - URCA



**UNIVERSIDADE REGIONAL DO CARIRI
CENTRO DE CIÊNCIAS E TECNOLOGIA
DEPARTAMENTO DE FÍSICA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM FÍSICA — POLO 31**

NAIAGRY PAULA DE FRAGA

PRODUTO EDUCACIONAL

AS VIZINHAS DO SOL: Sequência didática de ensino e sugestão de construção de um modelo representativo do grupo local de estrelas em três dimensões.

JUAZEIRO DO NORTE — CE

2022

Naiagry Paula de Fraga

Produto educacional desenvolvido como parte dos requisitos necessários à obtenção do título de Mestra em Ensino de Física, pelo Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física da Sociedade Brasileira de Física no polo 31 da Universidade Regional do Cariri.

Área de Concentração: Ensino de Física

Linha de Pesquisa: Astrofísica Estelar

Orientador: Prof. Dr. Celio Rodrigues Muniz

© 2022 desenvolvido por Naiagry Paula de Fraga sobre orientação do Prof. Dr. Celio Rodrigues Muniz. Qualquer parte desta publicação pode ser reproduzida, desde que citada a fonte.

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO.....	
1.1	OBJETIVOS.....	5
1.1.1	Objetivo Geral.....	5
1.2.2	Objetivo Específicos.....	5
2	SEQUÊNCIA DIDÁTICA DE ENSINO.....	6
2.1	PRIMEIRO ENCONTRO: MODELIZAÇÃO.....	9
2.2	SEGUNDO ENCONTRO: PARALAXE.....	12
2.3	TERCEIRO ENCONTRO: FOTOMETRIA E RADIOMETRIA.....	14
2.4	QUARTO ENCONTRO: DIAGRAMA DE HERTZSPRUNG-RUSSELL (DIAGRAMA RH).....	17
2.5	QUINTO ENCONTRO A: A VIZINHANÇA DO SOL.....	20
2.6	FINALIZAÇÃO DA SEQUÊNCIA DIDÁTICA DE ENSINO.....	25
3	SUGESTÃO DE CONSTRUÇÃO DE MODELO REPRESENTATIVO EM 3D PARA A VIZINHAÇA DO SOL.....	25
3.1	VANTAGENS DO MÓBILE 3D	25
3.2	DESVANTAGENS DO MÓBILE 3D.....	26
3.3	MATERIAIS.....	26
3.4	ESTRUTURA E MONTAGEM.....	27
3.4.1	Orientação para as impressões.....	30
3.4.2	Orientação para o posicionamento das estrelas	30
4	DETERMINAÇÕES DE DISTÂNCIAS.....	34
4.1	UNIDADES DE MEDIDA USADAS NA ASTRONOMIA.....	35
4.2	TRIANGULAÇÃO – PARALAXE TRIGONOMÉTRICA.....	38
4.3	PARALAXE.....	41
4.3.1	Paralaxe geocêntrica.....	43
4.3.2	Paralaxe heliocêntrica.....	44
5	AS ESTRELAS: NOSSA LOCALIZAÇÃO NA VIA LÁCTEA.....	46
5.1	CLASSIFICAÇÃO ESPECTRAL.....	48
5.2	AS VIZINHAS DO SOL – GRUPO LOCAL DE ESTRELAS.....	51
5.3	FOTOMETRIA E RADIOMETRIA.....	52
5.3.1	Grandezas típicas do campo de radiação.....	54
5.3.1.1	<i>Intensidade específica.....</i>	54
5.3.1.2	<i>Fluxo.....</i>	56
5.3.1.3	<i>Magnitudes.....</i>	56
5.3.1.3.1	<i>Magnitude aparente.....</i>	57
5.3.1.3.2	<i>Magnitude absoluta.....</i>	59
5.3.1.4	<i>Índice de cor.....</i>	60
5.4	DIAGRAMA HERTZSPRUNG-RUSSELL.....	61
	REFERÊNCIAS.....	64
	APÊNDICES.....	66
	APÊNDICE A — LISTA DE ESTRELAS PRÓXIMAS AO SOL.....	67
	APÊNDICE B — MAPA UNIDIMENSIONAL DA POSIÇÃO DAS ESTRELAS VIZINHAS AO SOL.....	68
	APÊNDICE C — SLIDES COM O ROTEIRO DOS ENCONTROS.....	69

1 INTRODUÇÃO

Embora interessante e complementar aos conteúdos de Física, a Astronomia e Astrofísica são pouco pautadas em sala de aula, seja pela falta de formação do professor ou simplesmente pelo currículo do ensino médio que visa a abordagem dos conteúdos tradicionalmente cobrados nas avaliações externas. Apesar deste fato ser recorrente na educação básica, não há um total apagamento destes conteúdos, pois, sempre há aquela velha exemplificação trazida pelo professor, ou aquele recorte de um filme, assim como aquele bom questionamento trazido pelos alunos até a sala de aula. E nesta perspectiva que trabalharemos na apresentação de conteúdos de astronomia e inserção de astrofísica estelar, sem fazer distinção entre às duas áreas, definimos assim com astrofísica estelar.

1.1 OBJETIVOS

1.1.1 Objetivo Geral

Apresentar produto educacional construído com a finalidade de subsidiar o professor da educação básica na aplicação de conteúdos de astrofísica estelar.

1.1.2 Objetivo Específicos

- Disponibilizar sequência didática de ensino;
- Orientar quanto a aplicação da sequência didática de ensino;
- Apresentar material de suporte ao professor com conteúdo de astronomia e astrofísica estelar;
- Sugerir elaboração de um modelo representativo em três dimensões da vizinhança do Sol;
- Orientar quando a impressão dos materiais que poderão ser usados juntos a esta sequência didática de ensino;
- Disponibilizar materiais para *download*.

Deste modo este produto educacional este dividido em quatro seções, sendo a primeira esta introdução com os objetivos deste material, seguidos pela sequência didática de ensino, que contém o modo de aplicações dos cinco encontros. Posteriormente sugerimos a produção de um modelo representativo da distribuição das estrelas na vizinhança do Sol e por fim trazemos os apêndices deste trabalho.

2 SEQUÊNCIA DIDÁTICA DE ENSINO

Tema:	Ensino de astronomia e astrofísica estelar
Turma:	2º ano do ensino médio (sugestão)
Objetivo:	Conhecer a vizinhança do Sol além de caracterizar e explorar conceitos de astronomia. Ainda inseriremos conceitos de astrofísica estelar, sem que realizar distinção das áreas de conhecimento.

Fonte - Elabora pela autora.

Conteúdos:	
Em astronomia	Em astrofísica estelar
<ul style="list-style-type: none"> ● Determinação de distâncias; ● Unidades astronômicas: <ul style="list-style-type: none"> ▪ unidade astronômica (UA); ▪ ano-luz (a.l); ▪ parsec (pc); ● Paralaxe heliocêntrica e geocêntrica; ● Modelização da vizinhança do Sol; 	<ul style="list-style-type: none"> ● Fotometria: <ul style="list-style-type: none"> ▪ Definição de ângulo sólido ω; ▪ Intensidade específica I_ν; ▪ Fluxo $F(r)$; ▪ Magnitude aparente m; ▪ A relação entre a Magnitude m e o brilho/fluxo luminoso $F(r)$; ▪ Índice de cor; ▪ Magnitude absoluta M; ● Classificação espectral das estrelas; ● Diagrama HR e sequência principal.

Fonte - Elabora pela autora.

Habilidades da BNCC:	As habilidades seguem em ordem de numeração crescente e foram extraídas da própria base, tal ordem não reflete a sequência de ensino aqui proposta.
	<ul style="list-style-type: none"> ● (EM13CNT201) Analisar e discutir modelos, teorias e leis propostos em diferentes épocas e culturas para comparar distintas explicações sobre o surgimento e a evolução da Vida, da Terra e do Universo com as teorias científicas aceitas atualmente. ● (EM13CNT204) Elaborar explicações, previsões e cálculos a respeito dos movimentos de objetos na Terra, no Sistema Solar e no Universo

	<p>com base na análise das interações gravitacionais, com ou sem o uso de dispositivos e aplicativos digitais (como softwares de simulação e de realidade virtual, entre outros).</p> <ul style="list-style-type: none"> ● (EM13CNT209) Analisar a evolução estelar associando-a aos modelos de origem e distribuição dos elementos químicos no Universo, compreendendo suas relações com as condições necessárias ao surgimento de sistemas solares e planetários, suas estruturas e composições e as possibilidades de existência de vida, utilizando representações e simulações, com ou sem o uso de dispositivos e aplicativos digitais (como softwares de simulação e de realidade virtual, entre outros). ● (EM13CNT301) Construir questões, elaborar hipóteses, previsões e estimativas, empregar instrumentos de medição e representar e interpretar modelos explicativos, dados e/ou resultados experimentais para construir, avaliar e justificar conclusões no enfrentamento de situações-problema sob uma perspectiva científica.
--	--

Fonte - Elabora pela autora.

Número de encontros e tempo de execução da sequência didática de ensino:	5 encontros		Presencial	Remoto
		1°	50 min	45 min
		2°	50 min	45 min
		3°	100 min	45 min
		4°	100 min	45 min
Materiais necessários para a execução das atividades desta sequência:	Ferramentas e plataformas digitais listadas a seguir; ainda sugerimos a confecção junto aos alunos do Modelo Representativo em três Dimensões – MR3D das estrelas vizinhas ao Sol, que batizamos como Móbile 3D.			

Fonte - Elabora pela autora.

Ferramentas e plataformas digitais	Link de acesso
Google meet	https://workspace.google.com/intl/pt-BR/
Google Classroom	https://edu.google.com/intl/pt-BR/products/classroom/
Google forms	https://www.google.com/forms/about/

Apresentações Google – Slides	https://www.google.com/slides/about/
Padlet	https://padlet.com/
Mentimeter	https://www.mentimeter.com/
Simulação 100 000 estrelas	https://stars.chromeexperiments.com/

Fonte - Elabora pela autora.

Detalhamento dos encontros:

Devido à pandemia da Covid-19, tivemos que modificar a sequência didática de ensino, para adaptar-se as aulas remotas, neste sentido esta sequência pode ser utilizada por modalidades de ensino à distância — EaD, no entanto, ela foi inicialmente pensada para ser trabalhada presencialmente e foi readaptada para o formato remoto.

Outra informação que deve ser considerada, é a categoria de investigação da qual esta sequência didática de ensino faz parte, pois se trata da pesquisa-ação que é uma categoria de pesquisa advinda das ciências sociais, com “base empírica que é concebida e realizada em estreita associação com uma ação de um problema coletivo” (THIOLLENT, 2011, p. 20) oportunizando assim o aprendizado do professor e do estudante. Assim a pesquisa-ação trata-se de um método ou estratégia de ensino, ao qual podemos a agregar vários métodos ou técnicas no decorrer de sua aplicação. Ela permite ainda que as etapas sejam modificadas à medida que são executadas, pois, entende que haverá variáveis que estarão fora do nosso controle, como, por exemplo, a pandemia de Covid-19¹.

Ainda recorreremos aos pensamentos de Mario Bunge sobre modelização de modo a justificar a utilização de modelização para o ensino de astronomia e astrofísica. Assim essa sequência didática de ensino está dividida em 5 (cinco) encontros que detalharemos a seguir.

Fonte - Elabora pela autora.

¹ A doença é causada pelo vírus Sars-CoV-2, que gerou uma emergência internacional em saúde, em dezembro de 2019 na cidade de Wuhan na China onde apareceu os primeiros casos. A primeira vítima foi anunciada em 11 de janeiro de 2020 pelo governo chinês, que mais tarde no dia 20 do mesmo mês declarou que surto era uma emergência sanitária. Ainda em janeiro a doença havia rompido as fronteiras da China e os primeiros casos foram reportados na Tailândia, Japão e Coreia e rapidamente a doença começou a se espalhar pelo mundo. No Brasil o primeiro caso foi detectado no dia 26 de fevereiro. Na virada para o mês de março, a doença já ultrapassava a centena de casos em diversos países, a escalada da Covid-19 a partir de então foi exponencial, e o aumento de casos passou a ser acompanhado pelo crescimento inimaginável do número de mortos.

Observações importantes:

- i. Todos os apêndices utilizados para o desenvolvimento desta sequência didática de ensino encontram-se nos apêndices deste produto educacional e disponibilizamos em pasta pública *online* no google *drive* que pode ser acessado através do código QR *code* ou do endereço eletrônico ao lado.



<https://drive.google.com/drive/folders/198zzqGcs0gm_vR8jX9XZuQlxt-5zf5DW?usp=sharing>

2.1 PRIMEIRO ENCONTRO: MODELIZAÇÃO

TIPO DE ENSINO:	PRESENCIAL	REMOTO
Tempo de duração	50 min	45 min
Materiais e Recursos	Folha de papel A4; Lápis de cor, pincéis colorido e giz de cera (opcional); Cartolina 50 x 65 cm Diário de bordo - caderno de anotações (para uso do professor).	Folha de papel A4; Lápis de cor, pincéis colorido e giz de cera (caso o aluno tenha em casa); Google meet; <i>Slide</i> ; Câmera do celular (para os estudantes); Padlet ² (ferramenta digital).
Organização da turma	Separar os alunos em grupos de 4 ou 6 pessoas.	Desnecessária ao ensino híbrido, visto que a plataforma utilizada (google meet) não permite a separação de grupo.

² O Padlet é uma ferramenta digital disponível de para construção de murais virtuais colaborativos.

<p>Introdução</p>	<p>No início da aula será apresentado o tema e o roteiro a ser trabalhando na sequência didática de ensino aqui disposta, explicando que se trata de uma pesquisa na área de ensino de física e que todo o seu desenvolvimento será observado e avaliado conforme estabelecido pela categoria de pesquisa por nós proposto, no caso a pesquisa-ação³. Posteriormente questione-os sobre a importância de se estudar Astronomia e Astrofísica, verifique se os estudantes sabem a diferença e apresente esta diferença para a turma.</p> <p>OBS.: <i>Para ajudar na sua coleta de dados, os professores que estiverem aplicando presencialmente, sugerimos que tenham sempre em mãos diário de bordo para poder ir fazendo suas anotações ao transcorrer da aula. No caso da aplicação on-line pode optar por gravar a aula.</i></p>
<p>Objetivo</p>	<p>Apresentar a sequência didática de ensino de modo a explorar o conhecimento prévio dos estudantes através da utilização da modelização da vizinhança do Sol.</p>
<p>Desenvolvimento</p>	<p><i>i.</i> Inicialmente apresente o tema da aula;</p> <p><i>ii.</i> Através de questionamentos do tipo:</p> <p style="text-align: center;"><i>Você gosta de Astronomia? Você considera ser importante estudar essa ciência? O que te fascina nas astronomias?</i></p> <p style="text-align: center;"><i>Quem saberia diferenciar Astronomia de Astrofísica?</i></p> <p>Tais perguntas têm o objetivo de identificar o conhecimento prévio dos estudantes e verificar o nível de interesse apresentado por eles;</p> <p><i>iii.</i> Questione-os se sabem como o sistema solar é representado, em seguida;</p> <p><i>iv.</i> Entregue o material, ou no caso do ensino remoto, peça para utilizem o caderno e o material de desenho que tenham em casa, questione-os sobre como eles supõem que as estrelas estão</p>

³ Para os interessados indico a leitura do capítulo 5, referente a metodologia da dissertação de mestrado que acompanha este produto educacional, especificamente o tópico 5.1.3 Investigação através da pesquisa-ação.

- distribuídas na vizinhança do Sol. (pergunta retorica, eles não devem compartilhar neste momento suas respostas);
- v. Posteriormente, oriente que façam, individualmente, uma representação na forma de desenho, informando como julgam a distribuição das estrelas na vizinhança do Sol;
- vi. Em seguida peça para identificarem seus desenhos, com seus nomes e guardem para usar ao fim da aula. Em seguida divida a sala em grupos de até 6 integrantes, (este número é uma sugestão, dependerá da quantidade de aluno que se tenha em sala). No papel cartolina que será entregue a cada grupo, os alunos deverão representar o modelo da distribuição das estrelas na vizinhança do Sol, a qual o grupo debaterá e chegará a um consenso de como julguem que se dá essa representação;
- vii. Para finalizar, será construído o mural coletivo, onde todos os grupos devem descrever suas representações e explicar o como eles entendem a distribuição das estrelas, e se tiveram diversas concepções a respeito do modelo.

OBS 1.: A etapa *vi.* não será executada na aula remota, pela impossibilidade de gerar e organizar os grupos.

OBS 2.: Oriente que o aluno faça o relato ao lado de seu modelo representativo;

OBS 3.: Para a construção do mural coletivo, na aula remota, utilizaremos a plataforma Padlet⁴, para isso cada aluno deverá

⁴ Para criar seu *Padlet*, deve-se primeiramente cadastrar-se no site através do *link*: <<https://padlet.com/>>, em seguida na lateral esquerda em inscreva-se, adicione ou crie um endereço eletrônico e a senha, o site abrirá o painel inicial, onde você selecionará na parte superior esquerda o botão de (+) criar um Padlet, a página da internet lhe apresentará uma área de modelos, selecione o modelo mural, que será instantaneamente aberto, em seu mural onde você deve adicionar o título do Padlet, sugerimos: "Nosso mural interativo"; adicione a descrição: "Mostre-nos como você julga que estas estrelas estão distribuídas na vizinhança do Sol e com suas palavras explique seu modelo representativo", você pode personalizar seu mural. Ainda na mesma área, é interessante atribuir o nome do autor acima de cada publicação, para isso basta ativar a função atribuição, habilite também a área de comentários assim os alunos poderão interagir uns com os outros. Na área de reação sugiro deixar o curtir, pois, os alunos poderão "dar match" nas publicações dos colegas. Na área filtro de conteúdo ative o filtro de linguagem obscena, assim caso algum aluno adicione algum termo obsceno, pejorativo ou ofensivo o filtro removerá a palavra. Para compartilhar o mural com a turma, no canto superior direito da tela aparecerá o botão compartilhar, ao selecioná-lo ele abrirá um guia, onde ele lhe dará algumas opções de compartilhamento, indico que use o link, caso opte pelo código "QR code", lembre-se que alguns aparelhos

	fotografar seu modelo representativo e adicionar ao mural virtual na plataforma Padlet.
Conclusão	Será levantado questionamento sobre os modelos, que ficaram guardados e salvos para serem expostos na etapa final. Ainda será passada aos alunos uma atividade de pesquisa para ser realizada em casa. Assim o aluno deverá pesquisar: <i>O que é paralaxe? Quais são as unidades de medida usadas em astronomia e quais suas definições?</i> No segundo encontro iniciaremos questionando os estudantes sobre suas pesquisas.
Avaliação	Avaliação da participação dos alunos na produção dos seus modelos representativos bem como na construção do mural onde o aluno irá verbalizar/escrever/digitar sua explicação do seu modelo.

Fonte – Elaborada pela autora.

2.2 SEGUNDO ENCONTRO: PARALAXE

TIPO DE ENSINO:	PRESENCIAL	REMOTO
Tempo de duração	50 min	45 min
Materiais e Recursos	Data show, computador e Slide; Quadro branco, pincel e apagador;	Google meet; Slide; OpenBord (mesa digital/não obrigatória)
Organização da turma	Meia-lua	—

celulares não possuem tecnologia de leitor de QR code e isso fará seu aluno perder tempo instalando aplicativos para realizar essa leitura, neste caso sugiro sempre que for usar o código QR disponibilizar também o link de acesso. Ao fim desta atividade você poderá retornar a esta aba de compartilhamento e escolher o formato que deseja salvar seu mural. **OBS.:** Para aparecer o nome do aluno na parte superior, o aluno pode inscrever-se no site, ou adicionar o nome na área de título. O Padlet encontra-se disponível nas plataformas de aplicativos para celulares.

<p>Introdução</p>	<p>A pesquisa não só abre uma janela para o conhecimento ela abre uma porta, de modo a facilitar a entrada de novas informações e conhecimentos que contribuem para o progresso humano cultural, social, científico, político, tecnológico e educacional. Nesta perspectiva, inicia-se a aula questionando sobre os pontos levantados na aula anterior e deixados com atividade de pesquisa de casa.</p>
<p>Objetivo</p>	<p>Apresentar e discutir as unidades de medidas astronômicas e formular conceitos de paralaxe.</p>
<p>Desenvolvimento</p>	<p>i. Inicialmente questione sobre o que eles entenderam sobre a pesquisa deixada com atividade de casa, faça com que eles vejam e comparem as diversas definições sobre unidades astronômicas, indague-os sobre conceito que apresentarem desvios e incoerência, enfatize conceitos bem apresentados.</p> <p>ii. Deixe aberto durante toda a aula o espaço para o debate, visto que os alunos após fazerem suas pesquisas virão com um conhecimento prévio e com dúvidas sobre os temas pesquisados.</p> <p>iii. Inicie a aula de forma expositiva e dialogada;</p> <p>iv. Após o debate apresente os conceitos de:</p> <ul style="list-style-type: none"> ● Unidades astronômicas (UA); ● Ano-luz (al); ● Parsec (pc). <p>v. Posteriormente questione sobre: <i>O que é paralaxe?</i> E em seguida, sugerimos que, apresente os conceitos e as formas de se calcular distâncias de objetos distantes, sugerimos que conduza linearmente, seguindo a seguinte ordem:</p> <ul style="list-style-type: none"> ● Método da triangulação associado a paralaxe trigonométrica; <p>vi. Faça uma breve experiência mostrando na prática a mudança de percepção de um objeto, para isso:</p> <p style="text-align: center;"><i>Basta pedir para o aluno olhar para um objeto fixo que esteja a uma certa distância, que ele feche um dos olhos e cubra com o polegar o objeto, posteriormente sem mexer a</i></p>

	<p><i>mão e o polegar e ainda olhando para o objeto que ele de forma rápida, feche o olho que estava aberto e abra o olho fechado e relate o que observou.</i></p> <ul style="list-style-type: none"> ● Em seguida comente ao seu aluno que esta mudança aparente na posição do objeto se chama paralaxe e é o mesmo que acontece com objetos distantes como as estrelas. <p>vii.Em seguida diferencie:</p> <ul style="list-style-type: none"> ● Paralaxe heliocêntrica; ● Paralaxe geocêntrica. <p>viii. Finalize mostrando que é possível calcular a paralaxe, explique as expressões matemáticas que podemos utilizar para realizar este cálculo e exemplifique.</p>
Conclusão	<p>Ao fim desta aula calcule a distância da estrela mais próxima da terra usando a expressão que caracteriza a paralaxe estelar, mostre como as unidades astronômicas se relacionam, dessa forma ao fim desse encontro o aluno deverá saber que existem unidades de medidas próprias as distâncias astronômicas e que a paralaxe é um método utilizado para calcular a distâncias de objetos celestes muito distantes.</p>
Avaliação	Avaliação contínua e participativa.

Fonte – Elaborada pela autora.

2.3 TERCEIRO ENCONTRO: FOTOMETRIA E RADIOMETRIA

TIPO DE ENSINO:		
TIPO DE ENSINO:	PRESENCIAL	REMOTO
Tempo de duração	100 min	45 min
Materiais e Recursos	Data <i>show</i> , computador e <i>Slide</i> ; Quadro branco, pincel e apagador;	Google meet; <i>Slide</i> ; <i>Mentimeter</i>

Organização da turma	Formato tradicional, com cadeiras enfileiradas.	—
Introdução	<p>O olho humano é um órgão maravilhoso que reage à luz, tal como ela é percebida permitindo assim a visão, as células essenciais os cones e os bastonetes responsáveis pela visão, captam e diferentes comprimentos de onda, os valores medidos devem ter correlação com a sensação visual produzida em um observador humano, sem sérios problemas de visão, exposto a esta mesma radiação. A resposta visual humana é restrita a uma pequena faixa do espectro eletromagnético. Esta faixa do espectro está situada entre 380 e 770 nm, dependendo do observador. O olho humano pode distinguir cerca de 10 milhões de cores, e a íris pode regular a quantidade de luz incidente em nossos olhos. Fotometria é a medida da luz proveniente de um objeto, sendo que na idade média as observações eram realizadas através do olho humano, com o avanço das tecnologias e a invenção do telescópio em 1609, começam as observações astronômicas de Galileo, a astrofotografia iniciou no fim do século XIX, além de muitas categorias de detectores eletrônicos, produzidos nas últimas décadas, são usados para estudar a radiação eletromagnética do espaço. Todo o espectro eletromagnético, desde a radiação gama até as ondas de rádio são atualmente usadas para observações astronômicas e a todo estudo da radiação emitida por uma fonte de ondas eletromagnético seja ela visível ou não-visível damos o nome de radiometria.</p>	
Objetivo	<p>Introduzir tópicos de astrofísica e assim apresentar e conceituar propriedades próprios a fotometria e a radiometria de modo a enfatizar a luz como pequena faixa visível do espectro eletromagnético. Busca-se, ainda, enunciar e diferenciar algumas grandezas físicas da radiação.</p>	
Desenvolvimento	<p>Nesta aula será trabalhado fotometria estelar, associando assim as propriedades físicas da luz proveniente das estrelas. A sugestão</p>	

	<p>aqui é apresenta-la de forma clara e objetiva os conceitos associado a fotometria.</p> <ol style="list-style-type: none"> i. Inicie a aula explicando o que é a fotometria e a radiometria bem como apresentando o espectro eletromagnético; ii. Posteriormente apresente as grandezas físicas do corpo de radiação tais como: <ul style="list-style-type: none"> ● Definição de ângulo sólido ω; ● Intensidade específica I_v ● Fluxo $F(r)$; ● Magnitude aparente m; ● A relação entre a Magnitude m e o brilho/fluxo luminoso $F(r)$; ● Índice de cor ● Magnitude absoluta M; iii. As grandezas listadas a cima devem ser conceituadas bem como explorada suas expressões matemáticas afins de identificar as relações entre propriedades físicas da radiação e facilitando a compreensão teórica e matemática. iv. Ainda realizaremos comparações entre a magnitude de alguns astros. v. Para finalizar este encontro efetue um breve resumo de tudo que foi estudado nesta aula, visto que há uma densa quantidade de conceitos.
Conclusão	Para compreender os aspectos atórficos é fundamental entender as grandezas físicas presente na radiação.
Avaliação	Avaliação contínua e participativa.

Fonte – Elaborada pela autora.

2.4 QUARTO ENCONTRO: DIAGRAMA DE HERTZSPRUNG-RUSSELL (DIAGRAMA RH)

TIPO DE ENSINO:	PRESENCIAL	REMOTO
Tempo de duração	100 min	45 min
Materiais e Recursos	Data <i>show</i> , computador e <i>Slide</i> ; Quadro branco, pincel e apagador;	Google <i>meet</i> ; <i>Slide</i> ; <i>Mentimeter</i> ⁵
Organização da turma	Livre	—
Introdução	A classificação estrelar pelo tipo espectral utiliza o Diagrama Hertzsprung-Russell ou simplesmente Diagrama RH, um gráfico que relaciona os parâmetros ligados a luminosidade e cor, para as diferentes categorias de estrelas. Faremos uma descrição de como o Diagrama HR é construído de forma que ao olharmos conseguimos	

⁵ O *mentimeter* é uma plataforma *online* que permite criar apresentações interativas, como, por exemplo, nuvem de palavras, *ranking*, diagramas, etc. Para gerar a apresentação interativa deve-se primeiro cadastrar-se no *site* através do *link*: < <https://www.mentimeter.com/>>, ao criar uma conta e entrar, você será direcionado ao painel inicial, onde selecionará a função “*new presentation*”, aí dará um título a sua apresentação em seguida o sistema abrirá o painel de edição, na lateral esquerda dentre os modelos disponíveis você selecionará a opção “*ranking*” e adicionará abaixo de “*Your question*” a pergunta norteadora (*Comparado com outras estrelas, o Sol é quente ou frio? É grande ou pequeno? É luminoso ou fraco?*), em “*items*” você adicionará às nove alternativas {(quente/mediano/frio) (grande/médio/pequeno) (luminoso/semi-luminoso/fraco)}, caso não tenha nove itens, clique em “+ *Add another option*” em seguida baixe a seguinte figura <<https://static.escolakids.uol.com.br/2020/10/ponto-interrogacao.jpg>>. Volte ao *mentimeter*, clique em “*image*” e faça “*upload*” da imagem baixada no seu computador ou utilize o velho clique e arraste, selecione a na imagem baixada e arraste até o espaço com no nome “*image*”. Em seguida na lateral esquerda em cima do “*slide*” que acabou de criar, clique com o botão esquerdo do “*mouse*” e selecione a opção duplicar, assim você terá duplicado a questão que será usada ao fim da aula com intenção de pós teste. Agora para compartilhar com seus alunos você deve ir ao canto superior direito em “*share*” aparecerá um *link* de compartilhamento (“*voting link*” e um código “*QR code*”, você pode copiar o *link* ou baixar o “*QR code*” que compartilhará com seus alunos na hora da resolução da questão. Para apresentar a pergunta, vá à parte superior direita em “*Prent*” aperte a tecla S do teclado alfa numérico para esconder as respostas que seus alunos estão respondendo pelo *link*, caso algum aluno precise de um código de acesso, basta adicionar o número que aparece na parte superior central da sua apresentação, no canto inferior da apresentação aparecerá o número de alunos que responderam à pergunta norteadora. Para mostrar os resultados apertem a tecla S do teclado alfa numérico do computador, para sair do modo de apresentação aperte a tecla *Esc* do teclado alfa numérico e para voltar para o painel de configuração das perguntas aperte a tecla *Esc* novamente. Caso deseje mudar o *design* explore no painel do editor de apresentação a aba “*themes*”. Para o aluno responder às perguntas o *mentimeter* deverá estar em modo de apresentação “*Prent*”, assim antes de liberar a pergunta aos estudantes explique que ele deverá escolher três das nove alternativas, referente às três partes da pergunta.

	facilmente identificar as populações estelares, entretanto antes de explicarmos o identificarmos os elementos do Diagrama RH é fundamental entendermos o sistema de classificação das estrelas.																
Objetivo	Apresentar diagrama RH e classificar as estrelas de acordo com sua luminosidade temperatura e cor.																
Desenvolvimento	<p>i. Inicie a aula questionando: <i>Comparado com outras estrelas, o Sol é quente ou frio? É grande ou pequeno? É luminoso ou fraco?</i></p> <p>ii. Peça para que seu aluno anote sua resposta em um canto do caderno, após todos anotar incentive o compartilhamento rápido e objetivo das suas respostas e caso alguém sinta necessidade de justificar a resposta dê um breve espaço para a exposição</p>	<p>i. Inicie a aula questionando: <i>Comparado com outras estrelas, o Sol é quente ou frio? É grande ou pequeno? É luminoso ou fraco?</i></p> <p>ii. Utilize a ferramenta <i>mentimeter</i> para coletar as respostas dos alunos, para cada parte do questionário deve conter três respostas objetivas:</p> <table border="1" data-bbox="938 1048 1417 1462"> <thead> <tr> <th colspan="3"><i>Comparado com outras estrelas, o Sol</i></th> </tr> <tr> <th>É quente ou frio?</th> <th>É grande ou pequeno?</th> <th>É luminoso ou fraco?</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Quente</td> <td>Grande</td> <td>Luminoso</td> </tr> <tr> <td>Mediano</td> <td>Médio</td> <td>Semi-luminoso</td> </tr> <tr> <td>frio</td> <td>Pequeno</td> <td>Fraco</td> </tr> </tbody> </table> <p>Obs.: Oriente seu aluno que para cada parte da pergunta ele deverá escolher uma das três alternativas, assim ao fim ele deverá ter marcado três das nove alternativas vigentes.</p> <p>Após todos os alunos responderem compartilhe o gráfico contendo o resultado gerado na hora.</p> <p>iii. Em seguida apresente:</p>	<i>Comparado com outras estrelas, o Sol</i>			É quente ou frio?	É grande ou pequeno?	É luminoso ou fraco?	Quente	Grande	Luminoso	Mediano	Médio	Semi-luminoso	frio	Pequeno	Fraco
<i>Comparado com outras estrelas, o Sol</i>																	
É quente ou frio?	É grande ou pequeno?	É luminoso ou fraco?															
Quente	Grande	Luminoso															
Mediano	Médio	Semi-luminoso															
frio	Pequeno	Fraco															

- O sistema de classificação das estrelas;
- Faça um breve relato sobre quem desenvolveu esse sistema enfatizando que foi um grupo de mulheres e dando destaque a Annie Jump Cannon e Cecilia Payne;
- Cite às três leis da espectroscopia;
- Mostre o sistema de classificação de luminosidade.

iv. Em seguida dê um destaque maior ao diagrama de Hertzsprung-Russell – diagrama RH, mostrando ele é representado indicando o significado de cada parte dele, além de:

- Mostre como os grupos de estrelas estão distribuídos;
- Mostre como determinar a luminosidade utilizando a Lei de Stefan-Boltzmann;
- Explique que a luminosidade é diretamente proporcional ao raio da estrela e quarta potência da temperatura efetiva;
- Cite que porque buracos negros e estrelas de nêutrons não são representados no diagrama RH;

v. Posteriormente mostre que a sequência principal é também uma sequência de massas que possui relação com a luminosidade e diferencie:

- Estrelas massivas;
- Estrelas menos massivas

vi. Apresente o histograma do número relativo de estrelas nas proximidades do Sol;

vii. E para finalizar replique a questão norteadora

viii. Refaça a pergunta norteadora aos seus alunos “Comparado com outras estrelas, o Sol é quente ou frio? É grande ou pequeno? É luminoso

vii. Volte ao *mentimeter* e replique a pergunta norteadora da aula, “Comparado com outras estrelas, o Sol é quente ou frio? É grande ou pequeno? É luminoso ou fraco?”. Em estimule que os

	ou fraco?” peça que comparem suas respostas e se houve mudanças nas suas respostas, peça que justifiquem.	alunos justifiquem se ouve ou não mudanças nas respostas e peça que justifiquem as respostas. Em seguida comente os resultados, apresentando a explicação que o sol é uma estrela média, tanto com relação ao tamanho quanto a temperatura e se calcularmos a luminosidade dela também estará entre as estrelas medianas e que a maioria das estrelas na vizinhança do sol é do tipo M, ou seja, anãs vermelhas.
Conclusão	Desta forma, buscamos nesta aula apresentar características mais voltadas a Astrofísica, esta aula é o marco dessa sequência de ensino, e para ela, julgamos necessário uma utilização maior número de recursos visuais na apresentação em <i>slide</i> com a finalidade de facilitar a compreensão e a associação.	
Avaliação	Avaliação Contínua, dialogada através do <i>rankig</i> gerado pelo <i>mentimeter</i> .	

Fonte – Elaborada pela autora.

2.5 QUINTO ENCONTRO: A VIZINHANÇA DO SOL

TIPO DE ENSINO:	PRESENCIAL	REMOTO
Tempo de duração	150 min	90 min
Materiais e Recursos	Data <i>show</i> , computador e <i>Slide</i> ; Quadro branco, pincel e apagador; Mobile 3D	Google <i>meet</i> ; <i>Slide</i> ; Mobile 3D

	<p>Lista de estrelas próximas ao Sol (apêndice A)</p> <p>Roteiro de questionário (disponível nos apêndices da dissertação, não indicamos seu uso para finalizar esta sequência didática de ensino)</p>	<p>Lista de estrelas próximas ao Sol (apêndice A)</p> <p>Simulação 100.000 <i>star</i>⁶</p> <p>Roteiro de questionário (disponível nos apêndices da dissertação, não indicamos seu uso para finalizar esta sequência didática de ensino)</p>
Organização da turma	<p>Divida a turma em três grupos, cada grupo deverá receber a lista de estrelas próximas ao Sol</p>	—
Introdução	<p>O Sol, nossa estrela mãe que coreografa o movimento elíptico dos planetas em sua volta, mais se sairmos dessa de dança vemos que, na verdade, o Sol dança junto de outras estrelas, e, nessa altura da observação concluímos que se trata de uma grande festa que unifica toda a vizinhança em um balé suave de toda braços de Órion, e, porque não dizer em toda a via Láctea. Assim, apesar de muitas vezes nos voltarmos ao estudo do sistema solar vamos além, conheceremos a vizinhança do Sol e visualizar um modelo representativo de como estas estrelas estão distribuídas em seu entorno.</p>	
Objetivo	<p>Desenvolver modelo representativo da vizinhança do Sol e trabalhar principais características da classificação espectral de estrelas.</p> <p>Avaliar o desenvolvimento da sequência didática de ensino.</p>	<p>Apresentar modelo representativo da vizinhança do Sol bem como identificar nosso lugar na via láctea e avaliar metodologia de ensino utilizada para o desenvolvimento da sequência didática de ensino.</p>

⁶ Simulação *online* desenvolvida para o navegador Google Chrome, através dele podemos explorar a via Láctea através de visualização 3D interativa, assim podemos “conhecer” a vizinhança estelar sem necessitar de telescópios, a simulação inclui mais de 100.000 estrelas próximas e permite uma navegação de forma realista pela Via Láctea, os desenvolvedores deste simulador usaram dados reais derivados de vários catálogos estelares, e assim, traçaram a posição de 119.617 estrelas próximas e para sua formulação geral foi utilizada diversas recursos presentes na linguagem de programação HTML5.

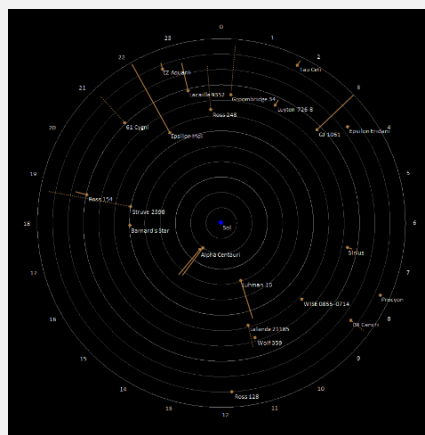
Desenvolvimento:

Este encontro será realizado no formato de oficina, para montarmos o Mobile 3D junto a turma

i. Inicialmente separe a turma em três grupos e entregue a este grupo uma lista contendo as estrelas próximas ao Sol;

ii. Após os encontros anteriores os alunos já deverão estar familiarizados com algumas características presentes na tabela.

iii. Em seguida apresente o significado das colunas de ascensão reta e declinação, sendo que a ascensão representa a localização da estrela no plano circular visto como um “relógio” que vai de zero a 23 conforme a figura



Fonte: wikiwand ⁷

No cenário de pandemia da covid 19 e da consequente aplicação desta sequência didática de ensino de forma remota, este encontro foi o que mais teve alteração na metodologia inicialmente pensada na realização de uma oficina para a montagem junto aos alunos do modelo representativo em 3 dimensões da vizinhança do Sol - Móbile 3D, conforme proposto no quadro ao lado. E assim todas as alterações da sequência didática de ensino aqui descritas foram feitas com o intuito de facilitar a compreensão dos estudantes e adaptar-se a necessidade do isolamento social, assim reordenamos esse encontro da seguinte forma:

i. Inicialmente deve-se apresentar nossa a localização no universo e mostrar que o Sol é apenas mais uma estrela dentre

⁷ Disponível em:

<https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/thumb/b/bd/Angular_map_of_fusors_around_Sol_within_12ly.png/640px-Angular_map_of_fusors_around_Sol_within_12ly.png?1626142706014>. Acesso 9 mar. 2021.

	<p>iv. Após identificar o mapa unidimensional das estrelas vizinhas ao Sol, deve-se usar o a lista de estrelas próximas ao Sol que contém a planificação do grupo local de estrelas.</p> <p>v. Posteriormente cada grupo ficará responsável em marcar as estrelas em um disco de vidro de 60 cm de diâmetro, para facilitar este trabalho o grupo 1 marcará a estrelas que estiverem no plano acima do Sol, o grupo 2 marcará as estrelas que estiverem no plano do Sol e o grupo 3 marcará a posição das estrelas abaixo do plano do Sol, para fazer está etapa usaremos um sistema de aproximação tanto para ascensão reta quanto para a declinação, visto que o modelo representativo trata de distâncias tão grandes o que torna inviável trabalhar com sistemas de escalas de distâncias e/ou volumes das estrelas representadas, mais por questões visuais usaremos esferas coloridas e de diversos tamanhos para representar o</p>	<p>bilhões de estrelas presentes na Via Láctea.</p> <p>ii. Mostre uma imagem mostrando que as estrelas não estão distribuídas de formas uniforme e padrão.</p> <p>iii. Com o auxílio da simulação 100.000 <i>star</i>, navegue de forma virtual pelo universo apresentando as vizinhanças do Sol e dando destaque ao grupo local de estrelas.</p> <p>iv. Posteriormente apresente o Mobile 3D de forma remota através de vídeo aos seus estudantes, explique como estas estrelas foram distribuídas e apresente a lista do grupo local de estrelas.</p> <p>v. Explique o que a ascensão reta e a declinação associando com o Mobile 3D.</p> <p>vi. Peça aos seus alunos façam suas comparações entre os desenhos representativos produzidos no primeiro encontro com o Móbile 3D, os alunos deverão identificar dentro dos seus modelos representativos se há ou não</p>
--	---	--

	<p>grupo local de estrelas no Mobile 3D.</p> <p><i>vi.</i> Montaremos es três vidros na estrutura metálica previamente construída e debateremos a importância desse modelo representativo.</p> <p><i>vii.</i> Para finalizar esta oficina, faremos a comparação entre os desenhos representativos produzidos no primeiro encontro com o Móbile 3D, os alunos deverão identificar dentro dos seus modelos representativos se há ou não uma aproximação do modelo com a realidade, neste caso com a teoria.</p> <p><i>viii.</i> Por fim, finalizaremos a nossa sequência didática de ensino, aplicando o questionário, para sondar e avaliar o potencial didático desta sequência de ensino.</p>	<p>uma aproximação do modelo com a realidade, neste caso com a teoria</p> <p><i>vii.</i> Ao fim, aplicaremos o questionário, para sondar e avaliar o potencial didático desta sequência de ensino.</p>
Conclusão	<p>Ao fim deste encontro buscaremos entender se a sequência didática de ensino proporcionou aprendizado aos estudantes de forma que gere interesse aos estudos de astronomia e astrofísica.</p>	
Avaliação	<p>A avaliação durante todos os encontros se dá de forma contínua e participava, e além desde dois elementos a aplicação do questionário que visa fazer uma avaliação geral de todo o processo da sequência didática de ensino.</p>	

2.6 FINALIZAÇÃO DA SEQUÊNCIA DIDÁTICA DE ENSINO

Para finalizar aplicaremos ao fim do 5º encontro o questionário estruturado que está disponível no apêndice B da dissertação, assim como na pasta do google drive aqui compartilhada, para a aplicação deste questionário no formato remoto recorreremos à plataforma online *Google forms* e através dele sondaremos a impressão dos estudantes e avaliaremos a eficácia da metodologia aplicada ao longo da sequência didática de ensino e com o intuito de avaliar a participação continua todas as aulas foram gravadas e não serão disponibilizadas, servirão apenas para documentar a aplicação da sequência didática de ensino junto as respostas individuais do questionário final.

3 SUGESTÃO DE CONSTRUÇÃO DE UM MODELO REPRESENTATIVO PARA O GRUPO LOCAL DE ESTRELAS

O Móbile 3D, foi inicialmente pensado como ponto principal deste produto educacional, no entanto, devido à necessidade de adaptação, percebemos que ele pode ser secundarizado em virtude da sequência didática de ensino aqui proposta. Deste modo deixamos aqui como sugestão e cabe ao professor que deseja aplicar nossa sequência didática de ensino analisar se é viável ou não a construção do Móbile 3D, e uma vez que construído este recurso servirá também para trabalhar aspectos de astronomia e astrofísica no âmbito da educação inclusiva junto a alunos com deficiência visual, e para facilitar esta escolha destacamos as vantagens e desvantagem deste recurso.

3.1 VANTAGENS DO MÓBILE 3D

Listamos a seguir algumas das vantagens apresentada pelo Móbile 3D:

- Apresenta uma melhor representação da distribuição das estrelas na vizinhança do Sol, pois demonstra que não há uma distribuição homogênea destas estrelas;
- É possível através do Móbile diferenciar as estrelas em função de sua classificação espectral;

- Desperta grande interesse nos estudantes visto que, eles podem visualizar o grupo local de estrelas, e ainda descobrem não haver uma direção privilegiada, podendo observar esta distribuição de vários pontos;
- Fácil montagem;
- Pode-se através do móbile apresentar aos estudantes com deficiência visual como as estrelas estão distribuídas na vizinhança do Sol;
- Ainda, pode ser usado independentemente da sequência didática de ensino.

3.2 DESVANTAGENS DO MÓBILE 3D

Listamos a seguir algumas das desvantagens apresentada pelo Móbile 3D:

- Alto custo para sua confecção;
- Tamanho, o que dificulta a locomoção, devendo-se este permanecer em um ambiente próprio;
- Não é possível trabalhar escalas de distância, visto que pelas distâncias reais das estrelas em relação ao Sol, teríamos que reduzir o número de sistemas estelar ou aumentar o raio de circunferência do móbile.
- Também não é possível trabalhar com escala de tamanho e volume das estrelas, pode-se apenas dá uma ideia que há uma diferença de volume das estrelas.

3.3 MATERIAIS

Buscarei aqui apresentar um quadro com os materiais utilizados para a confecção do Móbile 3D, no entanto, é importante ressaltar que para alguns materiais utilizamos apenas medidas aproximadas.

	Nome do objeto	Observações
	Lista de estrelas próximas ao Sol	Apêndice A
	Mapa unidimensional da posição das estrelas vizinhas ao Sol	Apêndice B
14	Esferas com tamanhos variados	Representaremos os sistemas estelares (utilizamos esfera de isopor, vidro e plástico).

3	Vidros de 60 cm de diâmetro e 6 mm de espessura	Será os planos no quais as estrelas estarão distribuídas.
1	Cano de ferro 3,5m x 1,5cm e 1/4mm de diâmetro dividida em 3 hastes de 1,15 m de comprimento	Será usado para fazer a base.
1	Barra chata de ferro de 6m x 1,5cm x 5mm divididas em três barras de 194,6 cm de comprimento	Será usado para fazer a circunferência onde os vidros ficarão fixos.
9	Anéis de ferro 3/4mm de diâmetro e 6cm de comprimento	Serão usados para encaixar as circunferências na base.
9	Parafusos de 3 cm	—
Outros	Cola de papel; Cola de silicone para vidro; Tesoura; Régua; Tintas de artesanato para pintar as estrelas; Tinta <i>splay</i> preto fosco para pintar a estrutura metálica; Fita transparente; Pincel marcador permanente.	Material utilizado para finalizar as pinturas e colagem das estrelas e seus nomes nos vidros.
	Trena; Solda de ferro; Furadeira com broca de ferro; Lixa de ferro; Martelo; Chave estrela;	Estes materiais foram usados para fazer alguns ajustes. Caso construa sua estrutura com metalúrgico não serão necessárias.

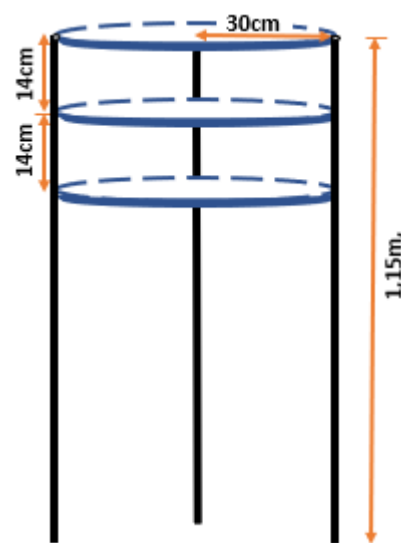
Fonte - Elaborado pela autora.

3.4 ESTRUTURA E MONTAGEM

Para construção do modelo representativo em três dimensões necessitaremos dos materiais listados anteriormente e como se trata de uma estrutura metálica moldada, é necessário auxílio profissional que trabalhe com moldagem de ferro, neste caso metalúrgico, que foi quem concretizou a estrutura previamente esquematizada conforme a figura 1 ao lado.

Com as barras chata foram confeccionados três suportes circulares de 60 cm de diâmetro, cuja finalidade é ser suporte para os vidros.

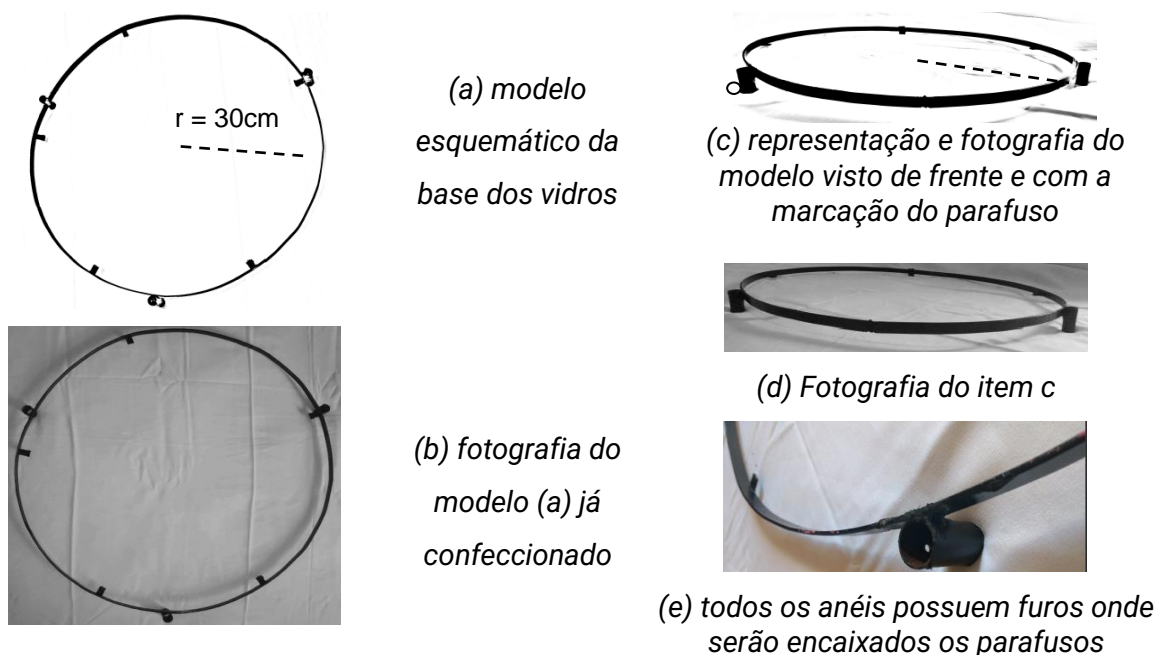
Figura 1: Modelo representativo da estrutura metálica



Fonte - Elaborado pela autora.

As hastes de cano de ferro 1,15 m de comprimento fazem parte dos pés do modelo representativo, conforme pode ser observado na figura 1. Na figura 2 a seguir, apresentamos individualmente os suportes para o vidro. Sendo que cada suporte possui três anéis, onde serão fixos os pés do Móbile 3D, cada anel deve estar fixo parte externa dos suportes para vidro.

Figura 2: Representa e fotografia do suporte circular para o vidro

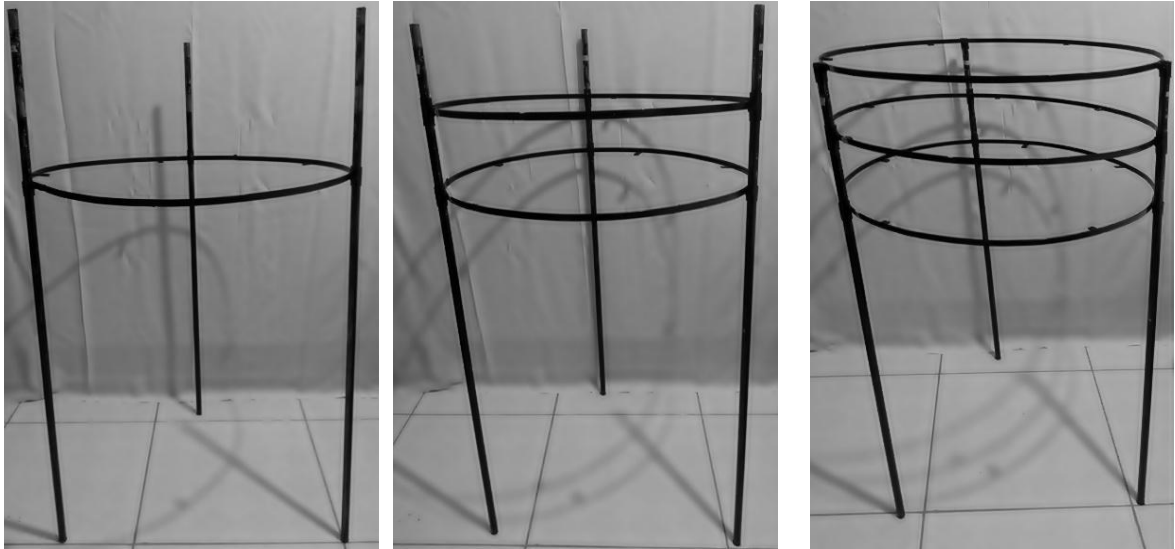


Fonte - Elaborado pela autora.

Criamos uma estrutura que pode ser montada e desmontada facilmente, para isso foram soldados três anéis metálicos em cada suporte circular. Nas hastes de cano de ferro foram realizadas marcações mantendo uma distância de 14 cm entre cada suporte circular.

Na figura 3, são apresentadas as instruções da para a montagem da estrutura metálica. Assim, após marcar a posição de cada plano, com o auxílio de uma furadeira e broca própria para ferro nº 6, faça um furo na lateral de um dos anéis do primeiro plano. Fixe-o com o parafuso tamanho 6. Em seguida utilize um nível e posicionando os outros dois anéis do plano 1 (plano acima do Sol). Faça o mesmo para os planos 2 e 3, lembrando de mantê-los sempre a uma distância de 14 cm um do outro e totalmente nivelados. Todos os planos devem estar bem parafusados para que não caiam ao colocar os vidros. Após montar utilize tinto *spray* preto fosca, ou qualquer outra de sua preferência, para pintar a estrutura metálica.

Figura 3: Encaixe dos suportes circulares e dos vidros



(a) Inicie adicionando o terceiro o plano, o plano abaixo do Sol – Plano 3.

(b) Em seguida adicione o plano central – Plano do Sol (Plano 2).

(c) Posteriormente adicione o primeiro plano acima do Sol – Plano 1.

Fonte - Elaborado pela autora.

A estrutura fica mais firme ao adicionar os vidros, como pode ser observado na figura 4 abaixo.

Figura 4: Estrutura metálica completamente montada e com vidros incluídos



Fonte - Elaborado pela autora.

Na figura 4 adicionamos os vidros com a finalidade de mostrar como fica a estrutura previamente montada, no entanto, ainda falta a demarcação das estrelas que faremos a seguir.

3.4.1 Orientação para as impressões

Para demarcar as estrelas nos planos necessitaremos dos apêndices A e B, são respectivamente a lista de estrelas próximas ao Sol e o mapa unidimensional com suas posições, para a impressão indicamos que imprima os arquivos direto da pasta no *google drive* disponível pelo link: https://drive.google.com/drive/folders/198zzqGCs0gm_vR8JX9XZuQIxt-5zf5DW?usp=sharing, pois os apêndices estão no formato representativo.

Quando ao apêndice A, da lista de estrelas próximas ao Sol, pode-se a princípio usa-la de forma *online*, no entanto, caso queira imprimir deixamos o arquivo disponível tanto no formato PDF com no formato de planilha Excel, assim:

- Para imprimir o documento no formato PDF: Utilize papel A4 na orientação retrato, escolha a opção tamanho real.
- Caso opte por usar o documento no formato Excel: Selecione a orientação paisagem, em seguida em escala, escolha a opção ajudar pela largura.

Já para a impressão do apêndice B, referente ao mapa da posição das estrelas, deixaremos um conjunto de arquivos na pasta do google contendo 6 folhas que devem ser impressas individualmente seguindo as seguintes orientações:

- Impressão em papel A4 na orientação retrato, escolha a opção tamanho real;
- De modo algum ajuste a página para estes arquivos.

3.4.2 Orientação para o posicionamento das estrelas

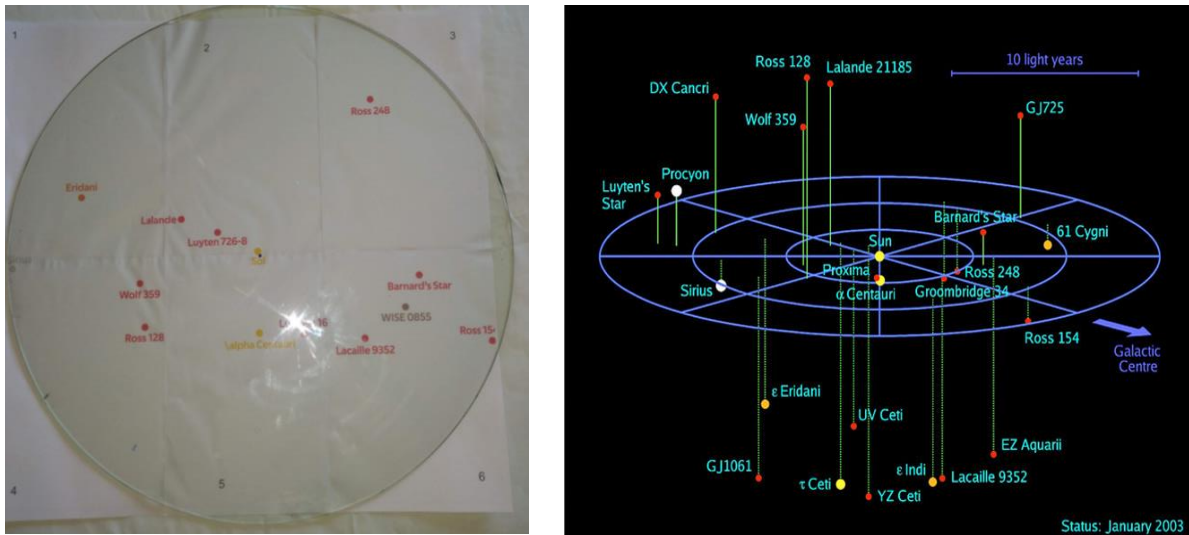
Antes de posicionar as estrelas é importante que tenha em mão as impressões dos apêndices A e B, assim como: régua, cola, tesoura e as esferas que representarão as estrelas. Com os arquivos do apêndice B:

- I. Pegue a folha de número 2 e recorte as laterais direita e esquerda obedecendo à marcação pontilhada vermelha;
- II. Em seguida, pegue a folha de número 5 e recorte apenas as laterais esquerda e direita, sempre seguindo as marcações pontilhadas em vermelho;
- III. Posteriormente, utilizando cola de papel una a folha 2 entre as folas 1 e 3, obedecendo à margem demarcadas nas folhas 1 e 3, que está representada pela linha pontilhada vermelhas, a folha 2 deve estar bem ajustada tendo suas laterais inteiramente alinhadas com o pontilhado vermelho;

- IV. Você fará o mesmo com a folha de número 5, recortará as laterais esquerda e direita, depois colará entre as folhas de número 4 e 6;
- V. Em seguida, você cortará a extremidade superior do conjunto de folha 4, 5 e 6;
- VI. Em seguida cole o conjunto de folhas (4, 5 e 6) abaixo do conjunto de folhas 1, 2 e 3, obtendo assim, o modelo representativo do mapa das estrelas do grupo local.

Agora, adicionará os vidros uma a um sobre esta marcação e com a ajuda de um pincel marcará o centro de todos os vidros, e é nesta posição que o Sol estará, conforme pode ser observado na figura 5(a) a seguir.

Figura 5: Representação do grupo local de estrelas



(a) Representação do mapa unidimensional das estrelas vizinhas ao Sol

(b) Representação 3D dos sistemas estelares na vizinhança solar

Fonte – (a) Elaborado pela autora. (b) *European Southern Observato* — ESO⁸

- VII. Conforme a figura 05 (b) do *European Southern Observato* — ESO, acima. Representaremos apenas das estrelas contidas até 10 anos-luz. Está imagem representativa é do ano de 2003, nela está faltando os sistemas binários *Wise 0855* e o sistema ternário *Luyten 726-8*).

⁸ Nesta figura as estrelas contem a posição das estrelas em um raio de 15 anos-luz, sendo que cada círculo da figura está a respectivamente 5, 10 e 15 anos-luz de distância do centro. Como limitamos nosso modelo representativo a 10 anos-luz, observamos apenas as estrelas até a segunda circunferência em azul. Esta imagem está disponível em: <<https://www.eso.org/public/images/eso0303c/>>. Acesso em: 05 mai. 2019.

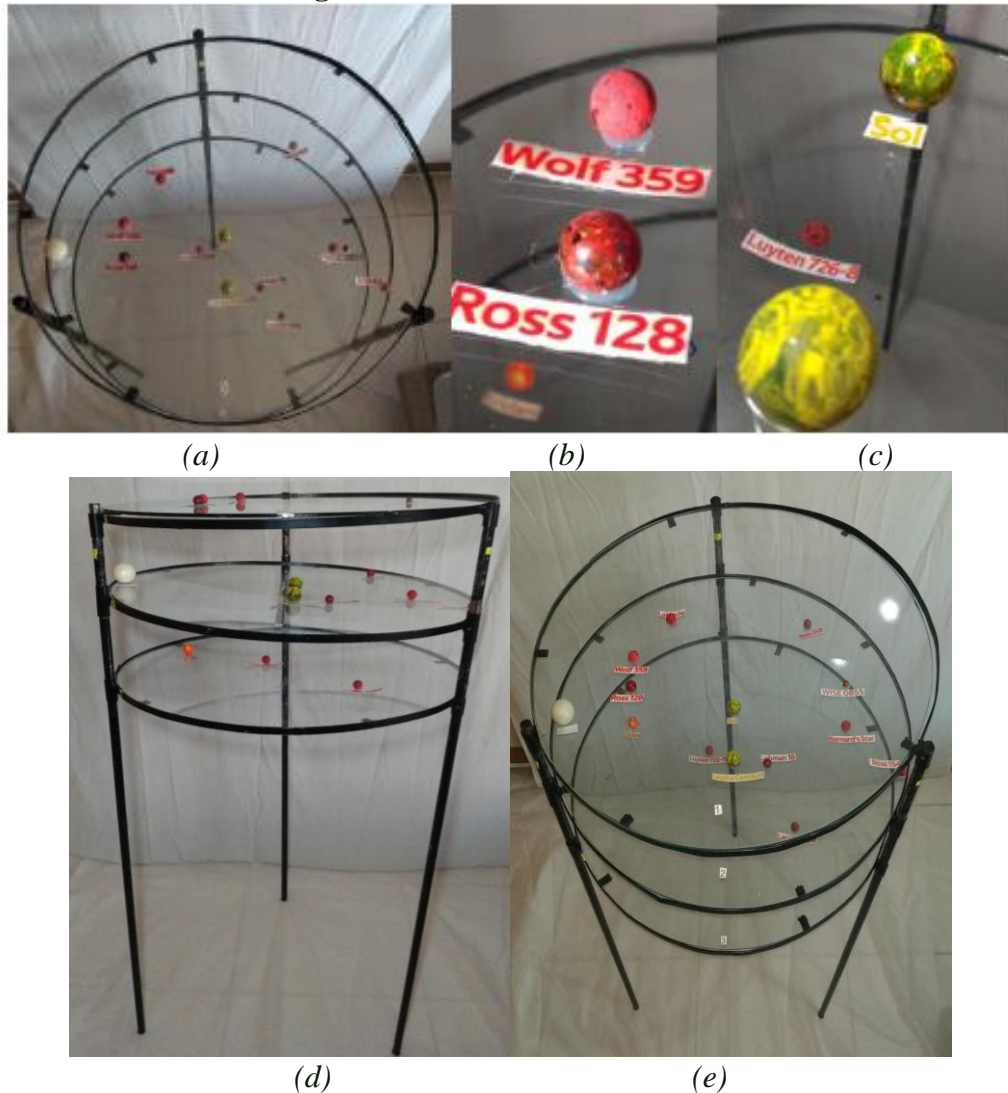
Assim é importante destacar que trabalhamos com três planos. Em cada plano adicionamos as estrelas conforme estão distribuídas na figura 5 (b) acima. Sendo:

- ❖ **Plano 1** — Plano acima do Sol: Nele está contida as estrelas *Ross 128*; *Lalande*; *Wise 0855* e *Wolf 359*.
- ❖ **Plano 2** - Plano do Sol: Neste plano além do *Sol* estão contidas a *Estrela de Barnard's*; o Sistema trinário *Alpha Centauri*; temos as estrelas *Ross 154* e *Ross 248* e os sistemas binários *Luhman 16* e da constelação de cão maior representado pela estrela *Siriús* a maior neste raio.
- ❖ **Plano 3** - Neste plano indicamos duas estrelas *Lacaille 9352*, *Épsilon Eridani* e um sistema binário Luyten.

Deste modo totalizamos 14 estrelas, sendo 1 do tipo A (Branca); 2 do tipo G (Amarela), 8 do tipo M (Anãs-vermelhas); 1 do tipo T (vermelho-escuro / infra-vermelho) e 1 do tipo Y (anã-marron).

- VIII. Após identificar a posição de cada estrela, você deverá marcar em cada plano sua posição, lembre-se de fazer determinar o alinhamento de cada plano, para isso com a uma caneta permanente marque a numeração de cada plano nos vidros e alinhe essa numeração.
- IX. Para finalizar utilize cola quente para fixar as esferas nos vidros que representam os sistemas estelares, por fim identifique cada estrela/sistema, para isso recorte das folhas impressas (apêndice B) o nome de cada estrela colando-os em suas respectivas posições. Deste modo, terá como resultado o Móbile representativo da vizinhança do Sol em três dimensões, conforme pode ser observado na figura 6 a seguir.

Na figura 06, a seguir, apresentamos o resultado do Móbile 3D, onde os itens (a, b, c, d) mostra a distribuição das estrelas visto de cima, sendo que ao realizar as aproximações em (b) e em (c) temos as estrelas *Ross 128* e do sistema trinário *Alpha Centauri*, que devido à escala utilizada é impossível representar o conjunto de estrelas, assim usamos apenas a maior estrela que compõem este sistema estelar fazer esta representação através do conjunto de estrelas. Já o item (e) apresenta a distribuição geral das estrelas em cada plano do móbile 3D.

Figura 6: Resultado do Móbile 3D

Fonte - Elaborado pela autora.

No o capítulo 4, a segui, usaremos as seguintes referências: livros, *Descobrendo o Universo* (COMINS; KAUFMANN III, 2011) e *Astronomia e Astrofísica* (FILHO; SARAIVA, 2017); bem como, notas de aulas da disciplina de Astronomia e Astrofísica (FIS02010) (FILHO; SARAIVA, 2017) disponibilizados⁹ pelo departamento de Astronomia de Instituto de Física da UFRGS¹⁰. A apostila AGA215: Fundamentos de Astronomia, disponibilizadas¹¹ pelo departamento de Astronomia - IAG/USP¹². Entre outros materiais que estarão descritos nas referências do presente produto educacional.

⁹ Organizada por Maria de Fátima Oliveira Saraiva, Kepler de Souza Oliveira Filho e Alexei Machado Müllere. Disponíveis em: <http://www.if.ufrgs.br/fis02001/aulas_132.htm>. Acesso em 10 jan. 2021.

¹⁰ Universidade Federal do Rio Grande do Sul.

¹¹ Organizado pelas professoras Jane Gregorio-Hetem, Vera Jatenco-Pereira e Claudia Mendes de Oliveira. Disponíveis em: <<http://www.astro.iag.usp.br/~jane/aga215/>> Acesso em 10 jan. 2021.

¹² Universidade de São Paulo.

4 DETERMINAÇÕES DE DISTÂNCIAS



Você deve ter se perguntando: Como os cientistas medem a distância dos astros celestes?

Para medir uma folha de caderno, uma simples régua é suficiente, enquanto para medir o diâmetro do fio de cabelo podemos utilizar um micrômetro, já para medir o comprimento da frente de uma casa, podemos usar uma trena métrica. Mais como faríamos a medida das distâncias dos objetos celestes?

Antes de lhe mostrar como podemos realiza esta medida, falaremos sobre a triangulação, método comumente usados para medir grandes distâncias e é muito conhecido na topografia, a ciência responsável pelo estudo das características naturais ou artificiais da superfície dos terrenos.

Em escala astronômica, que é, humanamente impossível utilizar régua ou trenas para efetuar medidas de distâncias entre astros, utiliza-se a triangulação, método bem eficaz, pois permite-nos medir, por exemplo, a distâncias da estrela alfa Centauro.

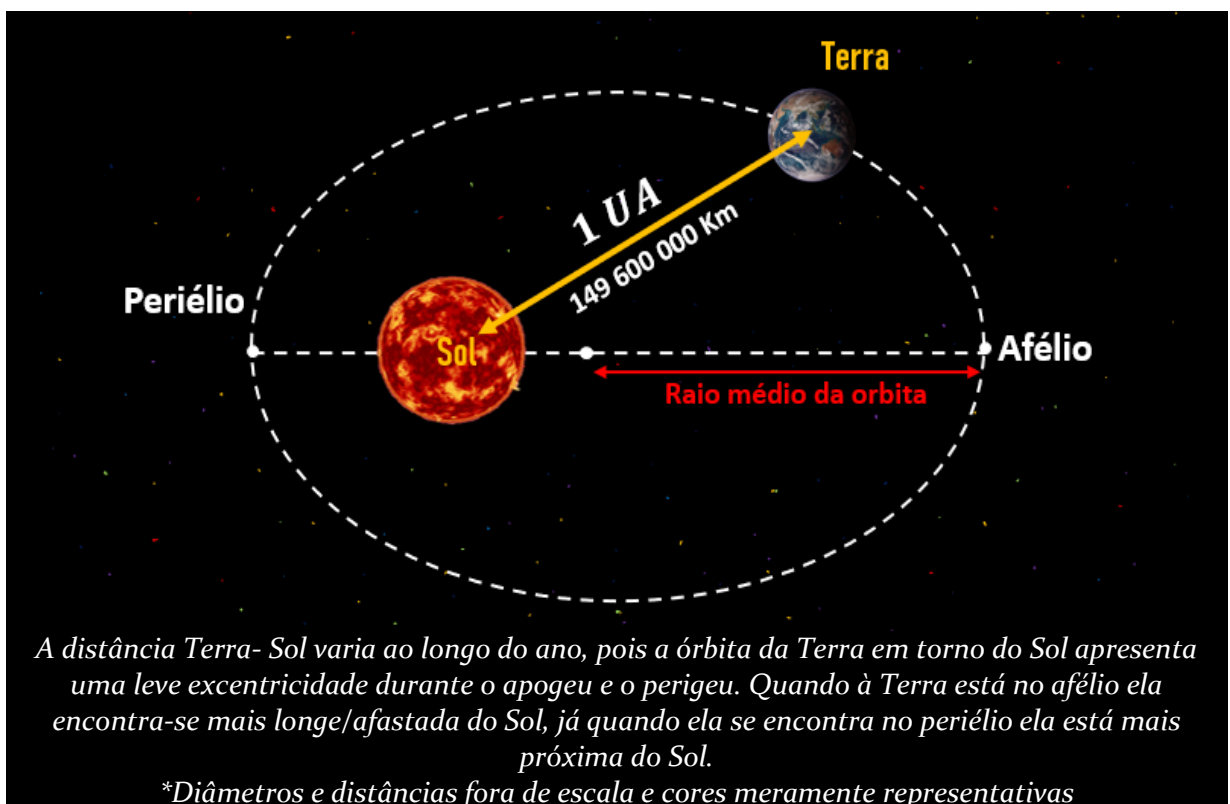
É importante destacar que o Sistema Internacional de Medidas – SI, foi criado em 1960 na 11ª Conferência Geral de Pesos e Medidas – CGPM, nesta conferência foram padronizadas unidades de medidas de inúmeras grandezas físicas. O SI, tem como objetivo universalizar a linguagem científica. Deste modo o metro, por exemplo, a unidade padrão de comprimento, deve ser utilizado em todos os continentes, assim ao comprar um tecido, por exemplo, compramos por metragem, antes era “medido” em “palmos”, “pé”, “braça”, entre outros.

Já se falarmos em grandes distâncias, como a distância de Fortaleza – CE a Salvador – BA utilizamos o quilometro (km) como unidade de comprimento, no entanto, quando falamos em distâncias extremamente grandes, como é o caso das distâncias astronômicas, essa unidade perde o sentido, pois a ordem de grandeza é muito maior do que o metro ou o quilometro e está muito além das grandezas que estamos familiarizados, assim podemos estudá-las e aplica-las.

4.1 UNIDADES DE MEDIDA USADAS NA ASTRONOMIA

Deste modo as unidades de grandezas mais adequadas para medir distâncias astronômicas é a *unidade astronômica* — *UA* que se refere a distância média da Terra ao Sol, atualmente sabemos que o valor da UA possui quatro algarismos significativos, e corresponde a 149 600 000 km.

Figura 7: Representação da Unidade astronômica



Fonte - Elaborado pela autora.

A unidade astronômica cobre um ângulo de 1" no céu, e a partir da distância média dos planetas do sistema solar ao Sol, expressas em quilômetros, podemos calcular estas mesmas distâncias em unidades astronômicas através de uma simples conversão que matematicamente é expressa como:

$$d_{ua} = \frac{d_{m\u00e9diado\ planeta\ ao\ Sol}}{d_{Terra\ ao\ Sol}} = \frac{d_{m\u00e9diado\ planeta\ ao\ Sol}}{149\ 600\ 000} \quad (1)$$

Por exemplo, Mercúrio está a 57 910 000 km do Sol, em unidades astronômicas valerá 0,39 UA, podemos fazer o mesmo para os demais planetas, deste modo a tabela 1 abaixo estão os valores obtidos após a conversão de quilômetros em unidades astronômicas.

Tabela 1: Distância dos planetas ao Sol em quilômetros e unidade astronômica

Planeta	Distância média ao Sol (em Km)	Distância média ao Sol (em UA)
Mercúrio	57 910 000	0,39
Vênus	108 200 000	0,72
Terra	149 600 000	1
Marte	227 940 000	1,52
Júpiter	778 330 000	5,20
Saturno	1 429 400 000	9,53
Úrano	2 870 990 000	19
Neptuno	4 504 300 000	30

Fonte - adaptada de oficina de Astronomia, Autor: João B. G. Canalle.

Outra forma de medir distância, que, aliás você já deve ter ouvido falar muito, é o *ano-luz* – al^{13} , que caracteriza a distância que a luz percorre no vácuo no período de um ano. Na antiguidade, ao observar as estrelas, muitos pensavam que as luzes emitidas por elas eram observadas na terra instantaneamente, logo após serem produzidas. Ou seja, acreditava-se que a luz se propagava no espaço com velocidade infinita, hoje sabemos que a velocidade da luz vale 299 795 796 m/s ou por aproximação 300 (mil) km/s.

Figura 8: Representação da trajetória da luz no período de um ano



Fonte - Elaborado pela autora.

¹³ Essa unidade é usada, principalmente em divulgação astronômica, mas raramente se observa os profissionais da área expressarem em trabalhos acadêmicos e/ou artigos científicos a unidade em ano-luz, usa-se o parsec (pc) definida pela comunidade científica a unidade padrão no S.I, o parsec representa a distância à qual um segmento de reta de 1”.

Essa distância equivale a:

$$1 \text{ al} = \text{velocidade da luz} \times 1 \text{ ano}$$

$$1 \text{ al} = 2,99795796 \times 10^5 \text{ km/s} \times 3,1557 \times 10^7 \text{ s}$$

$$1 \text{ al} = 9,46 \times 10^{12} \text{ km} \approx 9,5 \times 10^{12} \text{ km}$$

Porém hoje sabemos, portanto, um ano-luz vale cerca de $9,5 \times 10^{12} \text{ km}$, uma distância extremamente alta, o que faz com que usemos o ano-luz como unidade de medida facilitando assim o desenvolvimento dos cálculos. Hoje sabemos que essa afirmação é falsa, que as luzes provenientes das estrelas refletem o passado, pois foram emitidas há 10, 20, 30 ou milhões de anos atrás.

A determinação da velocidade da luz foi feita pela primeira vez em 1675, pelo astrônomo dinamarquês Olaus Roemer, medindo os intervalos entre sucessivo eclipse da lua Io de Júpiter. Trabalhando no observatório de Paris, mediu com precisão os horários em que Io passava por trás do planeta. Observou que Io percorria uma órbita quase circular e que possuía um período extremamente regular. Com isto, podia prever o horário exato em que Io passaria atrás de Júpiter. Entretanto, ele notou que, com o passar dos meses, o ocultamento Io chegava até um máximo de 8 minutos de atraso. A partir daí, os horários voltavam a se ajustar aos previstos inicialmente. Esse ciclo se repetia a cada ano.

Sua interpretação foi que, em virtude do movimento de translação, a distância da Terra até Júpiter variava durante o ano, e os atrasos eram causados pelo tempo que a luz levava para sair de Io e chegar à Terra. Como a melhor estimativa para o eixo maior da órbita da Terra medido na época era 241 500 000 km Roemer deduziu a velocidade da luz como sendo:

$$c \approx \frac{\text{diâmetro da órbita da Terra (km)}}{\text{tempo total de atraso (s)}} = \frac{\text{diâmetro da órbita da Terra (km)}}{1\,000 \text{ s}}$$

Hoje sabemos que o eixo maior da órbita da Terra é de 299 795 786 km, então a velocidade da luz é de:

$$c \approx \frac{299\,795\,786 \text{ km}}{1\,000 \text{ s}} = 299\,795,786 \text{ km/s} \cong 300\,000 \text{ km/s}$$

Isso significa que se um avião pudesse viajar à velocidade da luz, ele daria sete voltas completas em torno do equador terrestre em apenas 1 segundo. Ainda temos outra unidade de medida usada na astronomia e na astrofísica, o *parsec* – *pc*, que é a distância em que dois objetos

com uma separação de 1 UA são vistos com uma separação de 1 arcosegundo. Esta distância é de $3,09 \times 10^{13} \text{ km}$ ou 206.265 UA.

Figura 9: Representação da distância em parsec com o ângulo de paralaxe



Fonte- Elaborada pela autora.

A palavra parsec (do inglês *parallax second*) aparece pela primeira vez no ano de 1913, em uma nota de rodapé de artigo astronômico, em que Frank Watson Dyson¹⁴ expressa preocupação em adotar um nome para representar a distância das estrelas a partir de suas paralaxes.

4.2 TRIANGULAÇÃO – PARALAXE TRIGONOMÉTRICA

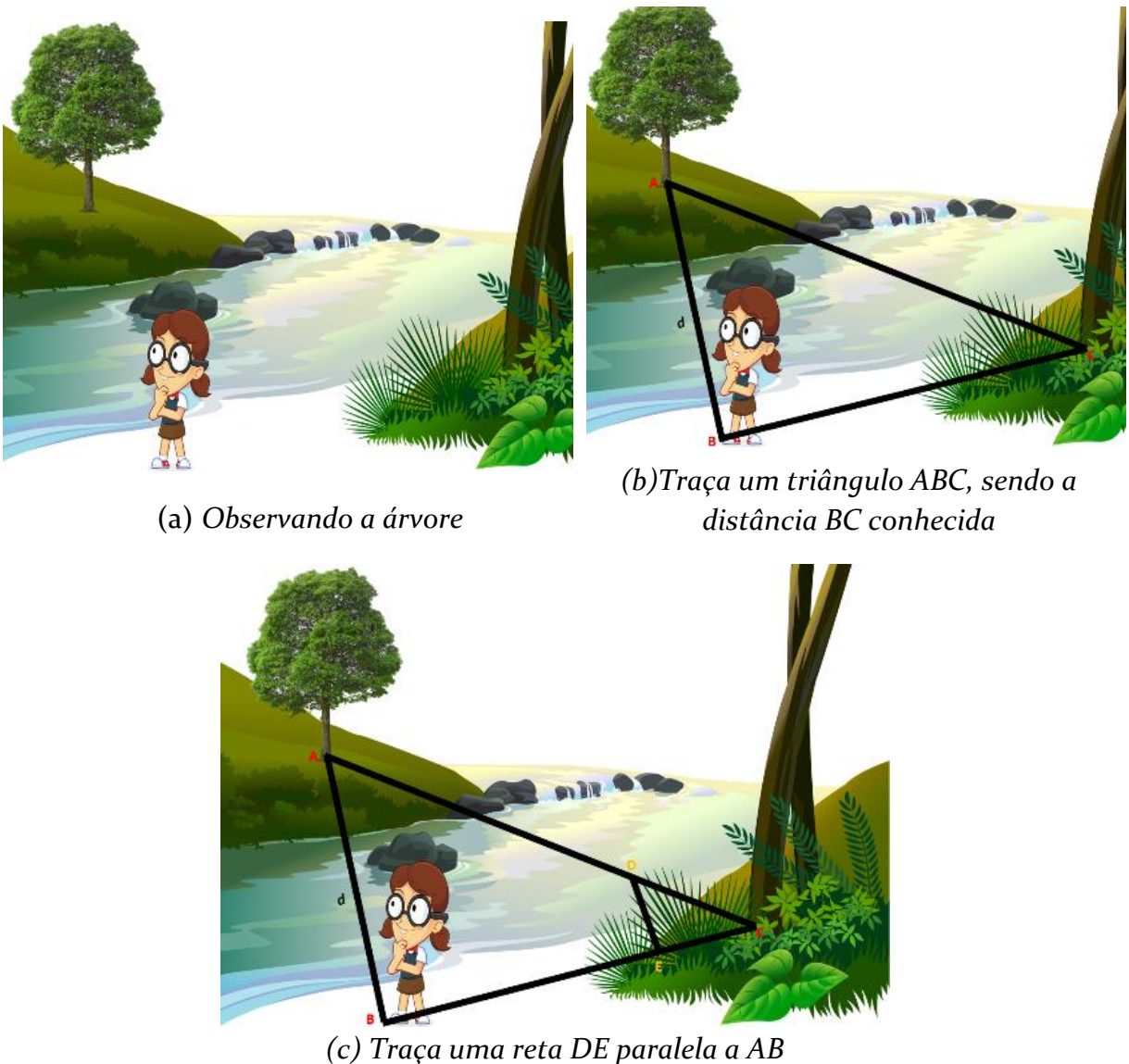
A triangulação é um método eficiente para determinar distâncias, mais de fato como ela funciona?

Bem, primeiro imaginaremos a seguinte situação você está ao lado de um rio observando uma árvore do outro lado do mesmo rio, aí você deseja descobrir a distância que essa árvore está de você, assim, *O que devemos fazer? Como podemos medir esta distância?* Você pode não ter a resposta para esta pergunta, mas vou lhe ajudar na construção dela.

¹⁴ Frank Dyson, foi diretor de grande sucesso do Observatório Real de Greenwich, contribuiu significativamente para o estudo dos movimentos das estrelas e inaugurou a transmissão do tempo via rádio, mas ele é mais conhecido por ajudar a organizar a expedição do eclipse solar de 1919 em Sobral no Ceará, que forneceu a primeira detecção de deflexão gravitacional da luz das estrelas.

Primeiro você traça um triângulo ABC , como mostra a figura 10 (b), de modo que o ponto A seja a posição da árvore do outro lado do rio e está a uma distância d do ponto B . Depois você traçar uma reta paralela DE ao lado AB conforme mostra a figura 10 (c).

Figura 10: Ilustração do método de triangulação para a medida da distância d entre A e B .



Fonte- Elaborada pela autora.

Assim no triângulo ABC , determinamos que distância AB que vale d , e se estamos do lado de cá do rio, conseguimos com um auxílio de uma trena medir as distâncias BC ; CD ; DE e EC , assim a distância d pode ser encontrada aplicando a propriedade de triângulos semelhantes.

Que diz que: $\frac{AB}{DE} = \frac{BC}{EC}$, assim se isolarmos AB , temos: $AB = \frac{BC \cdot DE}{EC}$. Sabemos que $AB = d$, podemos assim determinar a distância d onde a árvore está:

$$d = AB = \frac{BC \cdot DE}{EC} \quad (2)$$

Por trás da árvore tem um plano de fundo, neste caso um “morro”, desta forma, se a olharmos do ponto B, teremos uma posição inicial. No entanto, ao observar a mesma árvore do referencial C, observaremos uma mudança na posição da árvore, e a esta aparente mudança de posição se dá o nome de **paralaxe trigonométrica**, e através do método da triangulação, podemos medir a distâncias real dos objetos. Também sendo adequado para determinar distância das estrelas próximas.

Em astronomia, costuma-se definir paralaxe como sendo a metade do deslocamento angular total médio. Assim para determinar a paralaxe podemos utilizar a trigonometria, assim chamamos o ângulo entre os lados AB e AC de p , como representado na figura 11, a seguir.

Figura 11: Ilustração do angulo p entre os lados AB e AC



Fonte- Elaborada pela autora.

Assim por trigonometria triangular básica temos que a tangente de p é o produto do cateto oposto pelo cateto adjacente, logo $tg p = \frac{\text{cateto oposto}}{\text{cateto adjacente}} = \frac{BC}{AB}$. Como o lado AB corresponde a distância d . Podemos substituir na tangente de p , desta forma obtemos que:

$$tg p = \frac{BC}{d} \rightarrow d = \frac{BC}{tg p} \quad (3)$$

Assim o ângulo p é a mudança de direção de B para C, a percepção dessa mudança só é visível se tivermos objetos fixos de fundo. Como, por exemplo, casas ou montanhas atrás da árvore.

4.3 PARALAXE

Faça o seguinte experimento:

Olhe para frente e procure um objeto que esteja um pouco distante de você, em seguida, levante a mão direita com o polegar levantado, tipo dando sinal de legal para alguém, como o olho esquerdo fechado posicione seu polegar de modo que ele cubra totalmente o objeto escolhido.

Depois sem mexer mão e o polegar, ainda olhando na direção do objeto que está totalmente escondido atrás do seu polegar, abra o olho esquerdo e feche o olho direito



O que você observou?

Ao realizarmos rapidamente este movimento, conseguimos perceber uma pequena mudança na posição do objeto, e a esta aparente mudança na posição do objeto é a paralaxe.

Na história da astronomia, se conta que as estrelas eram luzes fixas no firmamento, observadas a olho nu, sua posição estaria sempre fixa, no entanto, as posições das estrelas próximas se movem em pequena distância, tão pequenas que passam às vezes despercebidas enquanto estrelas mais distantes parecem não mudar.

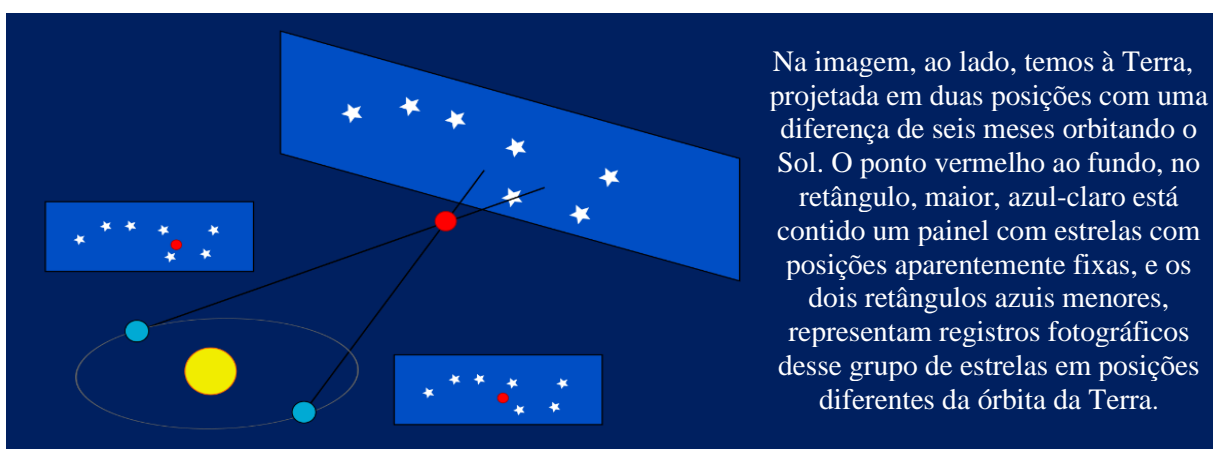
Os gregos que já observam o céu e conheciam o método de triangulação deduziram que “se pudermos medir o movimento aparente, podemos calcular a distância que a estrela está usando trigonometria simples”, essa ideia era bem conhecida pelos gregos, pois usavam esta ideia para argumentar o modelo do heliocentrismo. Apoiavam-se na hipótese que “se à Terra orbita o Sol, então devemos ser capazes de ver o deslocamento das estrelas mais próximas no céu”. Como na época isso não era possível acreditava-se que à Terra era estacionária, o que girava em seu entorno era o Sol e os planetas conhecidos, era então um “mundo geocêntrico”.

Enquanto o heliocentrismo perdurava os filósofos e astrônomos não contavam é a imensa distância até as estrelas, torna o deslocamento tão pequeno que não foi possível detectá-lo até a década de 1830, e o primeiro cientista a realizar este feito foi Friedrich Bessel em 1838.

O matemático e astrônomo Claudius Ptolomeu (85 - 161 d.C), que não se sabe se era egípcio ou romano, foi um dos responsáveis por moldar a teoria geocêntrica definitivamente. Na sua obra *Almagesto*¹⁵, ele se baseava na hipótese de que a Terra estaria parada no centro do Universo e tudo o mais girava ao seu redor. A teoria heliocêntrica já fora postulada pelo grego Aristarco Samos (310-230 a. C) antecipando Nicolau Copérnico (1473-1543) em quase 2000 anos. Assim para calcular a paralaxe de um astro ele é observado da Terra e após seis meses este mesmo astro é observado e suas posições são medidas usando o método de deslocamento angular.

Se olharmos um grupo de estrelas esta noite e fizermos um registro fotográfico e após seis meses refizermos esta observação e novamente um novo registro, conforme pode ser observado na figura 12 a seguir.

Figura 12: Deslocamento angular



Fonte - <https://www.pngwing.com/pt/free-png-sqzjm>.

Observando e comparando os dois retângulos menores, podemos verificar que houve um deslocamento aparente do astro observado, representado em vermelho, quando, na verdade, houve um deslocamento angular da Terra. Isso ocorre, pois, na primeira fotografia, lado esquerdo da imagem, a Terra está numa posição cerca de 300 milhões de km da posição

¹⁵ Obra de Claudius Ptolomeu, escrita entre 127 e 151 d.C, o termo *Almagesto* é uma corruptela do árabe *Al Mojisti* que em grego o livro ficou conhecido como *Mathemamake syntaxi* (Copilação matemática) ou *He Megiste Syntaxis* (A maior coleção), nesta obra Ptolomeu copilou uma serie de treze volumes sobre astronomia, e apesar da biblioteca de Alexandria ter sido destruída, uma cópia do *Almagesto* foi encontrada no Iram em 765 d.C que foi traduzida para árabe e posteriormente para o latim, uma cópia do livro foi deixada pelos árabes em Toledo, na Espanha.

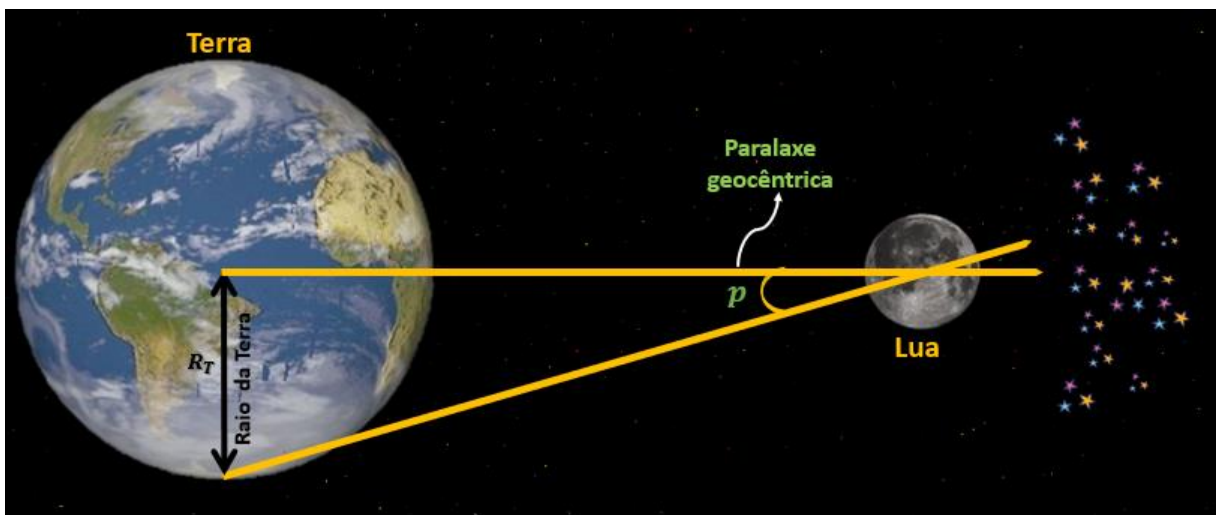
posterior, e assim a localização das estrelas aparecem deslocadas num pequeno ângulo $2p$, ou seja, a diferença angular das duas posições. Já para as estrelas muito mais distantes essa diferença angular ou paralaxe é tão pequena que são aparentemente estrelas fixas.

No entanto, você ainda pode estar se perguntando; “o que é paralaxe?” A resposta é bem simples, a paralaxe é justamente a diferença na posição aparente de um objeto visto por observadores em locais distintos, e em astronomia tomam-se essas diferentes posições usando o movimento da órbita da Terra. Há dois tipos de paralaxe, a geocêntrica e a heliocêntrica.

4.4. PARALAXE GEOCÊNTRICA

A paralaxe geocêntrica era usada para calcular distâncias mais próximas da Terra, pois considera os efeitos de visão no próprio planeta. Para medir a distância da Lua ou dos planetas mais próximos, por exemplo, pode-se usar o raio da Terra como linha de base. Conforme pode ser observado na figura 13.

Figura 13: Esquemática de paralaxe geocêntrica onde a distância do objeto é vista a partir da triangulação com o raio da Terra



Fonte: Elaborada pela autora

Recordando que o seno de um ângulo é a razão entre o cateto oposto ao ângulo, neste caso o raio da Terra, pela hipotenusa, podemos obter a distância da Terra à Lua, já que o seno de p é um valor conhecido. Este valor, na verdade, é aproximadamente o próprio p , pois, para arcos muito pequenos e medidas em radianos, $\text{sen}(p) = p$. Assim a paralaxe geocêntrica (p) é:

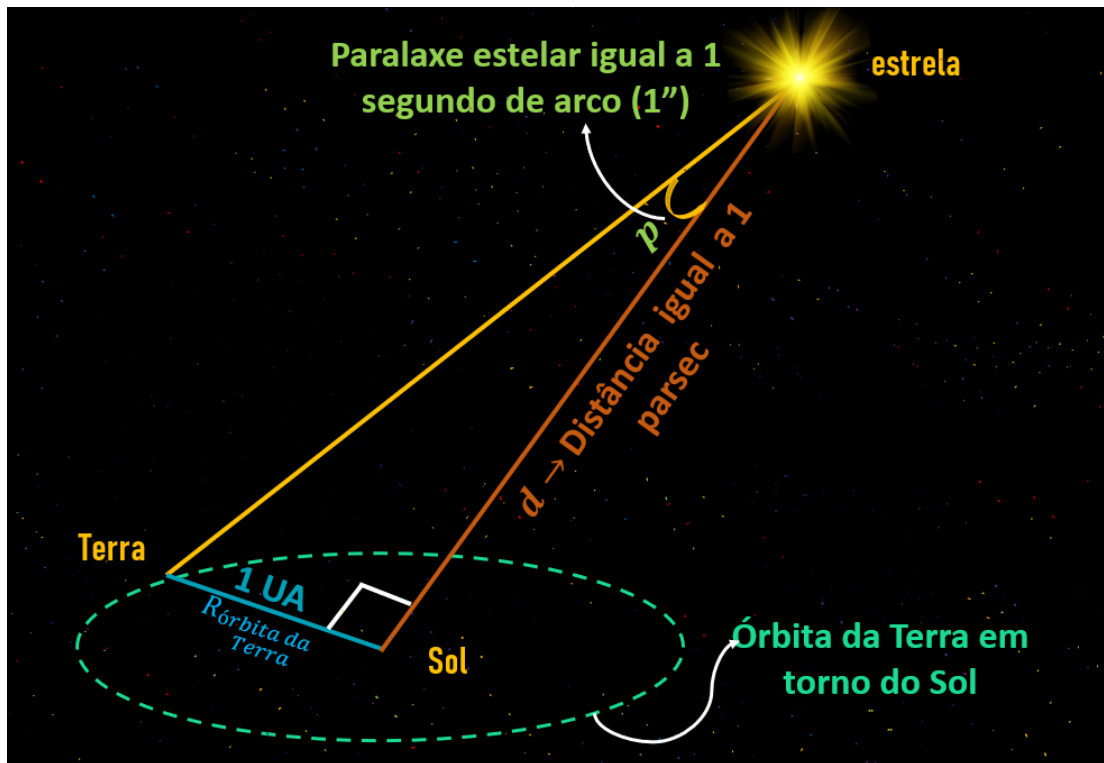
$$p_{rad} = \frac{R_{Terra}}{d} \rightarrow d = \frac{R_{Terra}}{p_{rad}} \quad (4)$$

Sendo p a paralaxe geocêntrica em radianos, e R o raio da Terra em km. Atualmente utilizam-se radares para calcular distâncias mais próximas da Terra.

4.5 PARALAXE HELIOCÊNTRICA

Como vimos antes para se definir o parsec, deve-se entender o que é paralaxe, neste caso a paralaxe que interessa é a heliocêntrica, que usa o raio médio da órbita da terra como referência.

Figura 14: Paralaxe heliocêntrica



Fonte - Elaborada pela autora.

A paralaxe anual é definida com: *a diferença de posição de uma estrela com vista da Terra e do Sol*, mais como é impossível ver esta estrela na posição do Sol, a observação deve ser feita a partir de dois pontos opostos da órbita da Terra e o resultado dividido por 2. O parsec é a distância para a qual a paralaxe anual é de um segundo de arco ou arcseg. Sendo que um parsec é igual a 3,26 anos-luz. Assim a distância de um objeto em parsecs pode ser calculada do inverso de sua paralaxe.

$$d = \frac{R}{\operatorname{tg} p} \quad (5)$$

Podemos escrever uma equação especialmente simples para a distância das estrelas, pois, $R = \text{órbita da terra} = 1 \text{ UA} = 1 \text{ pc}$ e para ângulos muito pequenos podemos usar a aproximação que $\operatorname{tg}(p) = p$. Assim:

$$\text{distância de uma estrela (parsecs)} = \frac{1}{\text{ângulo de paralaxe (segundo de arco)}}$$

ou seja,

$$d = \frac{1}{p} \quad (6)$$

onde d é a distância da estrela em parsec e p é o ângulo de paralaxe em arcosssegundo. Como usaremos principalmente o ano-luz (al) como unidade mais intuitiva, a mesma equação torna-se:

$$\text{distância de uma estrela (ano - luz)} \approx \frac{3,26}{\text{ângulo de paralaxe (arco de segundo)}}$$

ou seja,

$$d = \frac{3,26}{p} \quad (7)$$

sendo d a distância até uma estrela em anos-luz.

Por exemplo, a estrela mais próxima, Alfa Centauri, tem uma paralaxe de $0,750''$. Assim, para encontramos a distância que ela está da Terra basta

$$d = \frac{1}{p} = \frac{1}{0,750} \approx 1,33 \text{ psrsecs}$$

Portanto, está estrela Alfa está a uma distância de $1,33 \text{ pc}$, e lembrando-se que $1 \text{ pc} = 3,26 \text{ al}$, temos que $d = 4,33 \text{ anos - luz}$.

5 AS ESTRELAS: NOSSA LOCALIZAÇÃO NA VIA LÁCTEA

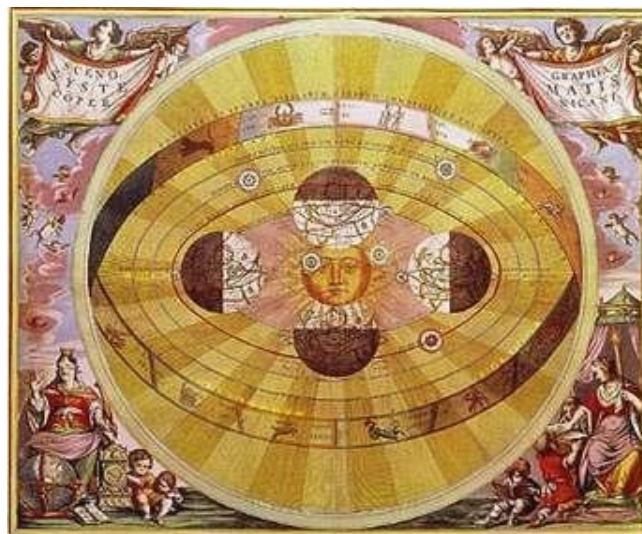
No centro de tudo, está o Sol entronado. Neste belíssimo templo, poderíamos nós colocar essa luminária noutra posição melhor de onde ela iluminasse tudo ao mesmo tempo? Ele é corretamente chamado a Lâmpada, a Mente, o Governante do Universo; Hermes Trismegisto chama-lhe o Deus Visível, a Electra de Sófocles chama-lhe O que tudo vê. Assim, o Sol senta-se como que num trono real, governando os seus filhos, os planetas que giram a sua volta.

Copernicus, 1952.



Figura 15: Representação do universo heliocêntrico de Copérnico presente na obra

A. Cellaria



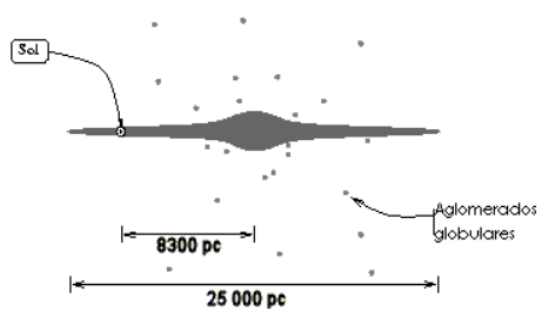
Fonte - <<http://www.ghtc.usp.br/Universo/pag79.html>>.

Na concepção de Copérnico¹⁶, *o Sol ocupa o centro do universo, cercado pelas esferas nas quais se movem os diversos planetas, o modelo de Copérnico pode ser observado na obra de A. Cellaria*

¹⁶ Nicolás Copérnico, astrônomo polonês, médico e cônego (presbítero que vive sob uma regra que o obriga a realizar as funções litúrgicas mais solenes na igreja catedral ou colegiada) no turbulento século XVI, Copérnico refuta as teorias de Ptolomeu e Aristóteles, argumentando que o Sol é o centro do universo.

Atualmente sabemos que o conceito de “universo” é bem mais amplo. O sistema solar não ocupa o centro de nossa galáxia, tão pouco o centro universo. Na verdade, o Sol está localizado em um dos braços da Via Láctea, e está em uma região tão distante do centro da galáxia, que pode é considerado periferia. Nosso foco aqui não é compreender a estrutura das galáxias, mais sim, identificar suas principais características de modo a compreendermos melhor a nossa localização na Via Láctea.

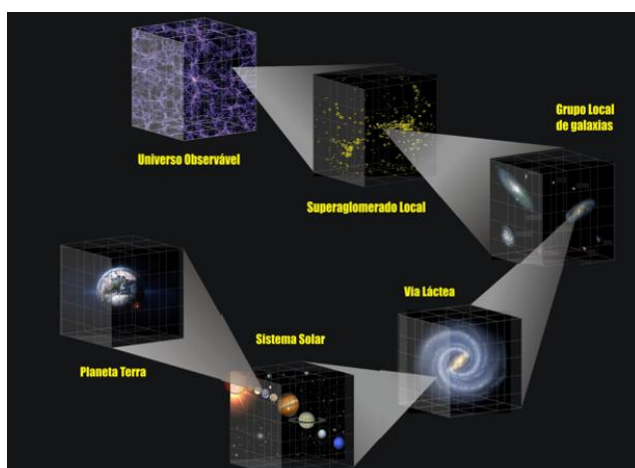
Figura 16: Representações da Via Láctea e nosso lugar no espaço



(a) *Representação esquemática da Via Láctea vista de perfil e com o Sol posicionado no lado esquerdo da figura*



(b) *Representação artística da Via Láctea com o Sistema Solar representado em um dos braços da Via Láctea*



(c) *Nosso lugar no espaço desde uma perspectiva cosmológica saindo do Universo observável até nosso plante mãe*

Fontes - (a) <https://lief.if.ufrgs.br/pub/cref/n29_Muller/aula3/aula3a.pdf>. (b) <<https://equipe-bazinga.wixsite.com/bazinga/single-post/28/06/2017/Conteudo-Extra--2-Movimentos-da-Terra>>. (c) <<http://www.if.ufrgs.br/~fatima/ead/endereco-cosmico.htm>>.

Como o universo continua se expandindo, a galáxia também se movimenta, levando todos os seus corpos celestes consigo, o que faz com que seja considerado o movimento de

translação com a galáxia. Deste modo o sistema solar completa uma órbita em torno do centro da Via Láctea (um ano galáctico) a cada 225 – 250 milhões de anos (completou entre 20 e 25 órbitas desde sua formação). A velocidade orbital do Sistema Solar em torno do centro da galáxia é de cerca de 250 km/s (o Sol demora 1,4 mil anos para percorrer 1 ano-luz). O Sol atravessa, atualmente, a "*Nuvem Interestelar Local*" de gás de alta temperatura, no interior do "Braço de Oríon" na Via Láctea, entre os braços maiores "Perseus" e "Sagitário".

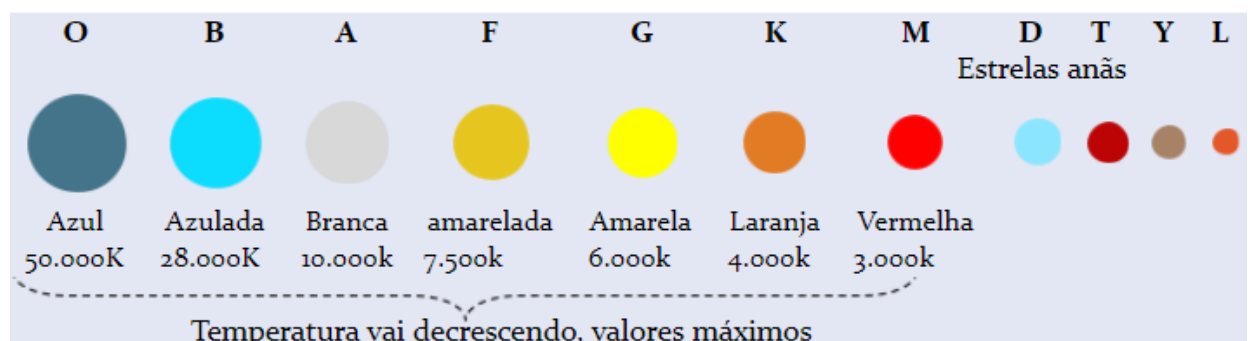
5.1 CLASSIFICAÇÃO ESPECTRAL

As estrelas puderam ser classificadas em função de suas propriedades físicas, como temperatura superficial e características espectrais. A temperatura de uma estrela pode determinar sua cor visível, e foi com o entendimento dos subníveis da estrutura atômica, por volta de 1020, que possibilitou a esquematização para a classificação espectral.

Assim no meio do século passado, quando ainda não se compreendia como os átomos produziam linhas espectrais, as primeiras classificações das estrelas foram baseadas nas intensidades das linhas do hidrogênio. Atualmente a classificação espectral das estrelas é sequenciada conforme as letras: **O, B, A, F, G, K, M**.

Na figura 17 apresentamos um modelo representativo, fora de escala, mais com o intuito visual de apresentar as diferenciar os grupos estelares, que vão estrelas mais quentes a estrelas mais frias, sendo as estrelas do tipo **M**, estrelas frias - anãs vermelhas, são as mais comuns no universo, sendo ainda a categoria de estrela mais quente dos grupos das estrelas anãs sequenciadas pelas letras **M, D, T, Y, L**.

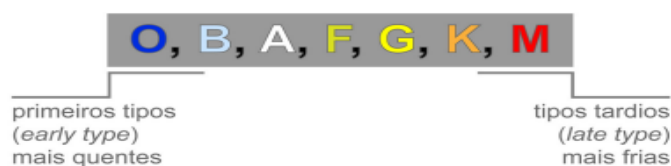
Figura 17: Modelo representativo da classificação espectral das estrelas



Fonte - Elaborado de pela autora.

As estrelas mais próximas de **O**, no início da sequência são chamadas estrelas de primeiros tipos (do inglês *early type*), enquanto mais próximas de **M**, no final da sequência são chamados tipos tardios (*late type*), como pode ser visto na figura 18. Sendo que cada tipo espectral é subdividido em dez subgrupos, sendo de 0 (primeiros) a 9 (tardios). Assim os tipos espectrais estão subscritos da seguinte forma: ... O0, O1, ..., O8, O9, ..., M0, M1, M2, ..., M9.

Figura 18: Classificação espectral de Harvard



Fonte - Cepa¹⁷

A primeira sequência espectral, adotada internacionalmente, foi desenvolvida em 1900 no Observatório de Harvard, por Annie Jump Cannon e seus colaboradores, essa sequência recebe o nome de Classificação de Harvard.

Figura 19: Fotografia de Annie Jump Cannon e do grupo de mulheres que trabalhavam em Harvard



(a)

(b)

A primeira classificação das estrelas desenvolvida no observatório de Harvard foi desenvolvida por Annie Jump Cannon (a) e colaboradoras (b) em 1890, Harvard Computers no trabalho. Henrietta Swan Leavitt, terceira sentada a partir da esquerda, com uma lupa (1868–1921), Annie Jump Cannon (1863–1941), Williamina Fleming de pé no centro (1857–1911) e Antonia Maury (1866–1952).

Fonte - Colonialschooldistrict¹⁸; leganerd¹⁹








¹⁷ https://midia.atp.usp.br/impressos/lic/modulo01/estrelas_PLC0006/Estrelas_top02.pdf



¹⁸ Disponível em: <<http://www.colonialschooldistrict.org/pt/blog/we-celebrate-annie-jump-cannon/>>.

¹⁹ Disponível em <<https://leganerd.com/2016/06/15/le-donne-computer-di-harward/>>

A tabela 2, a seguir, resume bem as principais características dos tipos espectrais das estrelas.

Tabela 2: Características do sistema de classificação

Tipo Espectral Cor	Variação da Temperatura (K)	M/ M _{Sol}	Linhas proeminentes de absorção	Exemplos	Percentagem entre as estrelas conhecidas
		R/ R _{Sol}			Tempo na sequência principal
		L/L _{Sol}			
O  Azul	28.000 a 50.0000	M – 20 a 60	Átomos ionizados, especialmente hélio	—	0,00003%
		R – 9 a 15			10 a 1 milhão de anos
		L – 9.000 a 800.000			
B  Azulada	10.000 a 28.000	M - 3 a 18	Hélio neutro, algumas de hidrogênio	Rigel (B8)	0,13%
		R – 3 a 8			400 a 11 milhões de anos
		L - 95 a 52.000			
A  Branca	7.500 a 10.000	M – 1,8 a 3	Hidrogênio forte, algumas de metais ionizados	Sirius A (A1)	0,6%
		R – 1,7 a 2,7			3 bilhões a 4 milhões de anos
		L – 1,8 a 55			
F  Amarelada	6.000 a 7.500	M – 1,1 a 1,8	Hidrogênio e metais ionizados, tais como cálcio e ferro	Canopus (F0)	3%
		R – 1,2 a 1,6			7 bilhões a 3 milhões de anos
		L – 2 a 6,5			
G  Amarela	4.900 a 6.000	M – 0,8 a 1,1	Ambos, metais neutros e ionizados, especialmente cálcio ionizado	Sol (G2)	7,5%
		R – 0,85 a 1,1			15 a 7 bilhões de anos
		L – 0,66 a 1,5			
K  Laranja	3.500 a 4.900	M – 0,4 a 0,8	Metais neutros	Aldebaran (K5)	12,1%
		R – 0,65 a 0,80			17 bilhões de anos
		L – 0,10 a 0,42			
M  vermelha	2.500 a 3.500	M – 0,08 a 0,40	Óxido de titânio forte e algumas de cálcio neutro	Próxima Centauri (M5)	76,5%
		R – 0,17 a 0,63			56 bilhões de anos
		L – 0,001 a 0,08			











L  Vermelhas escuras	1.500 a 2.500	—	Bandas de absorção moleculares de metais hídricos (CrH, FeH), água monóxido de carbono (CO) e metais alcalinos (Na, K, Rb, Cs)	Luhman 16A (L8)	—
T  Infra- vermelho	< 1.300	—	Bandas de absorção intensa de metano (CH ₄), CO diminuído	Luhman 16B (T1)	—

Fonte - Elaborado pela autora.

5.2 AS VIZINHAS DO SOL – GRUPO LOCAL DE ESTRELAS

Na tabela 3, a seguir, tabulamos um grupo pequeno de 14 sistemas com um total de 16 estrelas distribuídas em um raio de cerca de 10 anos-luz do Sol, estes astros fazem parte do grupo local de estrelas.

Tabela 3: Lista de estrelas próximas na vizinhança do Sol em um raio de 10 anos-luz

N		Sistema e Estrela		Distância em ano-luz	Classifi- cação estrelar	Ascensão reta
1		Solar	Sol	—	G2	—
2		Alpha Centauro	Próxima Centauri	4,2	M5	14h29m43s
			α Centauri A	4,3	G2	14h39m35,5s
			α Centauri B		K1	14h39m35,1s
3		Estrela de Barnard (serpentário)		5,9	M4	17h57m48,5s
4		Luhman 16	Luhman 16 A	6,5	L8	10h49m15,5s
			Luhman 16 B		T1	
5		WISE 0855–0714		7,2	Y	8h55m10,8s
6		Wolf 359 (leão)		7,7	M6	10h56m29,2
7		Lalande 21185 (Ursa Maior)		8,2	M2	11h3m20,2s

8		Sirius (α Cão Maior)	Sirius A	8,5	A1	6h45m8,9s
			Sirius B	8,5	D	6h45m8,9s
9		Luyten (Eetus)	Luyten 726- 8 A (BL Ceti)	8,7	M5	1h39m01,3s
			Luyten 726- 8 B (UV Ceti)		M6	
10		Ross 154 (Sagitário)	9,6	M3	18h49m49,5s	
11		Ross 248 (Andromedae)	10,3	M5	23h41m54,7s	
12		Épsilon Eridani (Eridanus)	10,5	K2	3h32m55,8s	
13		Lacaille (Piscis Austrinus)	10,7	M1	23h05m52s	
14		Ross 128 (virgo)	10,9	M4	11h47m44,4s	

Fonte - Elaborado pela autora.

5.3 FOTOMETRIA E RADIOMETRIA

A imensa maioria do conhecimento que temos hoje do sistema solar, da galáxia e do universo é devido ao estudo da luz dos corpos celestes.

Horvath, 2008

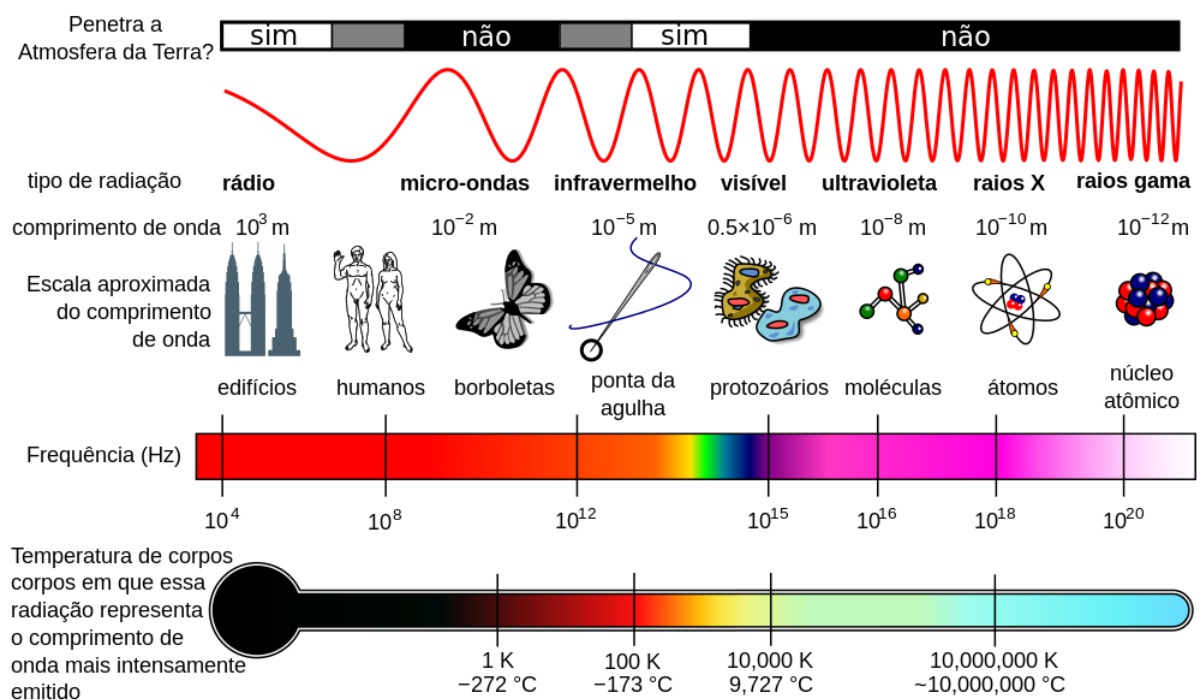
A fotometria se volta ao estudo da luz visível tal como ela é percebida pelo olho humano, enquanto a radiometria se volta ao estudo de toda a radiação emitida por uma fonte de ondas eletromagnético seja ela visível ou não. Através da análise da luz das estrelas, podemos conhecer as propriedades como brilho, cor, composição química, temperatura, densidade, estrutura interna dentre outras coisas. A luz traz a história de objetos distantes até nós, pode-se afirmar que, é a verdadeira mensageira cósmica.

Antigamente as observações eram realizadas através do olho humano e no fim da Idade Média, começou-se a usar aparatos mecânicos para medir a posição dos corpos celestes. E só no início do século XVII com a invenção do telescópio e as observações astronômicas de Galileo tivemos maiores avanços na astronomia. A fotografia astronômica iniciou no fim do século XIX e durante as últimas décadas muitos tipos de detectores eletrônicos são usados para

estudar a radiação eletromagnética do espaço. Todo o espectro eletromagnético, desde a radiação gama até as ondas de rádio são atualmente usadas para observações astronômicas.

A luz que se desloca no espaço através de ondas eletromagnéticas, pois não necessitam de um meio físico para serem transportadas. Essa radiação pode ser estudada em função de sua intensidade, numa dada faixa de comprimento de onda, ou na forma de luz dispersada num espectro, que está representado na figura 19:

Figura 19: Espectro eletromagnético em diferentes comprimentos de onda, frequência e escalas de temperatura



Fonte - Wikipedia²⁰.

Assim sabendo-se que a maioria das observações utiliza a radiação eletromagnética, temos que determinar algumas grandezas para a caracterização desta radiação.

$$f = c \lambda ; \lambda = c v ; v = c \lambda ; c = \lambda v \quad (8)$$

Sendo λ o comprimento de onda, f a frequência, c a velocidade da luz no vácuo, que vale 3 00 000 kms.

²⁰ Disponível em:

<https://pt.wikipedia.org/wiki/Espectro_eletromagn%C3%A9tico#/media/Ficheiro:Espectro_EM_pt.svg>. Acesso em 05 nov. 2021.

O espectro eletromagnético na chamada faixa do visível cobre comprimentos de onda desde o violeta: 3900 \AA ($1 \text{ \AA} = 10^{-10} \text{ m} = 10^{-8} \text{ cm} = 0,1 \text{ nm}$) até o vermelho: 7200 \AA , a qual corresponde à radiação da luz solar, que pode ser decomposta em diferentes frequências.

Tabela 4: Características das radiações componentes do espectro visível. Como as cores são subjetivas, pois dependem da sensibilidade de cada olho humano, a definição é um pouco arbitrária.

Cor	Comprimento de onda (\AA)	Frequência (10^{12} Hz)
Violeta	3900 - 4550	659 – 769
Azul	4550 – 4920	610 – 659
Verde	4550 – 4920	520 – 610
Amarelo	5920 - 5770	503 – 520
Laranja	5770 – 5970	482 – 503
Vermelho	5970 – 6220	384 – 482

Fonte - SARAIVA; FILHO; MÜLLER.

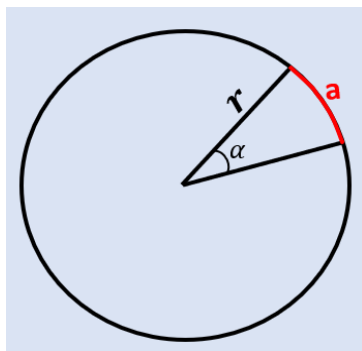
5.3.1 Grandezas típicas do campo de radiação

Aqui definiremos algumas grandezas típicas do campo da radiação, tais como intensidade específica; fluxo; magnitudes; índice de cor.

5.3.1.1 Intensidade específica

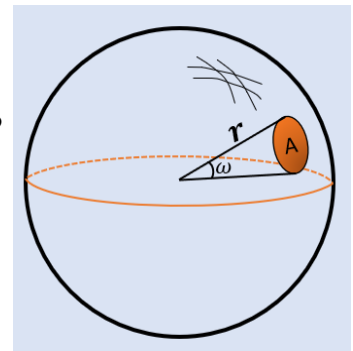
Antes de definirmos a intensidade luminosa, devemos definir os ângulos plano e sólido. O ângulo plano é a razão entre o comprimento do arco a e o raio r .

Figura 20: Ângulo plano e ângulo sólido



(a) O ângulo plano (α) é definido como $\alpha = a/r$

(b) O ângulo sólido (ω) é definido como $\omega = A/r^2$



Fonte - Elaborado pela autora.

Esta razão entre duas grandezas de mesma natureza não possui unidade, desta forma o ângulo reto é um número que nos informa quantas vezes o arco é maior que o raio. Já o ângulo sólido pode ser definido, como avisto, do centro de uma esfera e percorre uma dada área sobre a superfície da esfera sendo definido como a razão entre a área da superfície da esfera A e o quadrado do raio r . Na figura 20 abaixo pode-se observar a diferenciação entre os ângulos.

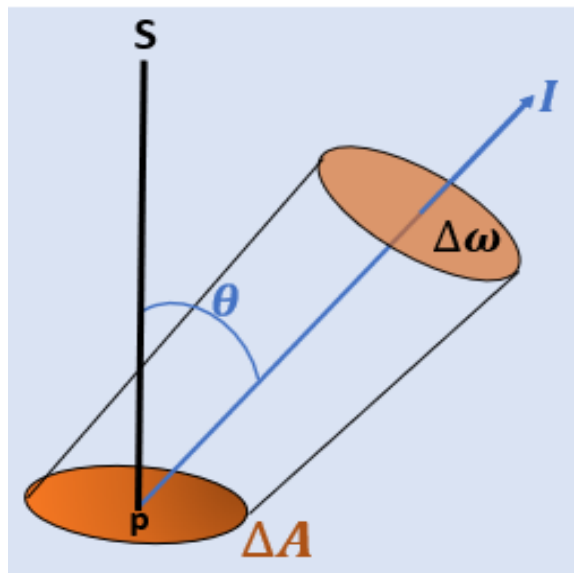
O maior ângulo plano é aquele que subentende toda a circunferência do círculo, e vale 2π radianos; o maior ângulo sólido subtende toda a área superficial da esfera, e vale 4π esferorradianos (sr).

Assim a intensidade específica monocromática é taxa da quantidade de energia ΔE que emitida pela fonte, por unidade de área ΔA , de tempo Δt , de ângulo sólido $\Delta\omega$, em um intervalo de frequências $\Delta\nu$, ao longo de uma certa direção θ . Que pode ser calculado através da expressão matemática:

$$I_\nu = \frac{\Delta E \cdot \cos\theta}{\Delta t \cdot \Delta a \cdot \Delta\omega \cdot \Delta\nu} \quad (9)$$

Geralmente a intensidade específica é medida em $\text{jm}^{-2} \text{s}^{-1} \text{sr}^{-1} \text{Hz}^{-1}$ já no sistema cgs é medido em: $\text{erg cm}^{-2} \text{s}^{-1} \text{sr}^{-1} \text{Hz}^{-1}$.

Figura 21: Representação da intensidade específica monocromática



Fonte - Adotada de FILHO; SARAIVA 2017.

A intensidade específica não varia com a distância da fonte, pois a quantidade de energia dentro do ângulo sólido permanece constante.

5.3.1.2 Fluxo

Ao observar uma fonte de radiação, o que se mede é o fluxo de radiação que chega ao detector, não é a intensidade específica. O fluxo monocromático F_v é a energia por unidade de tempo, por unidade de intervalo de frequência e por unidade de área que chega ao detector.

$$F_v = \frac{\Delta E}{\Delta t \cdot \Delta \nu \cdot \Delta A} \quad (10)$$

Existe uma relação entre fluxo (F) e a luminosidade (L) de forma que o fluxo é diretamente proporcional a luminosidade e inversamente proporcional ao quadrado da distância que este astro se encontra. Assim o fluxo na superfície de uma estrela esférica de raio r , o fluxo dado por:

$$F_r = \frac{L}{4\pi r^2} \quad (11)$$

Deste modo ao contrário da intensidade específica I , o fluxo de radiação cai com o quadrado da distância (r), de forma que o fluxo que chega na Terra é muito menor do que o fluxo na superfície do astro, estando diluído por um fator de $1/r^2$.

A luminosidade (L) é a potência luminosa da estrela, expressa em watts. O fluxo é potência luminosa que atravessa uma superfície, e tem unidades de W/m^2 no SI. De forma que a luminosidade intrínseca é a energia total emitida por unidade de tempo (s) em todas as direções.

5.3.1.3 Magnitudes

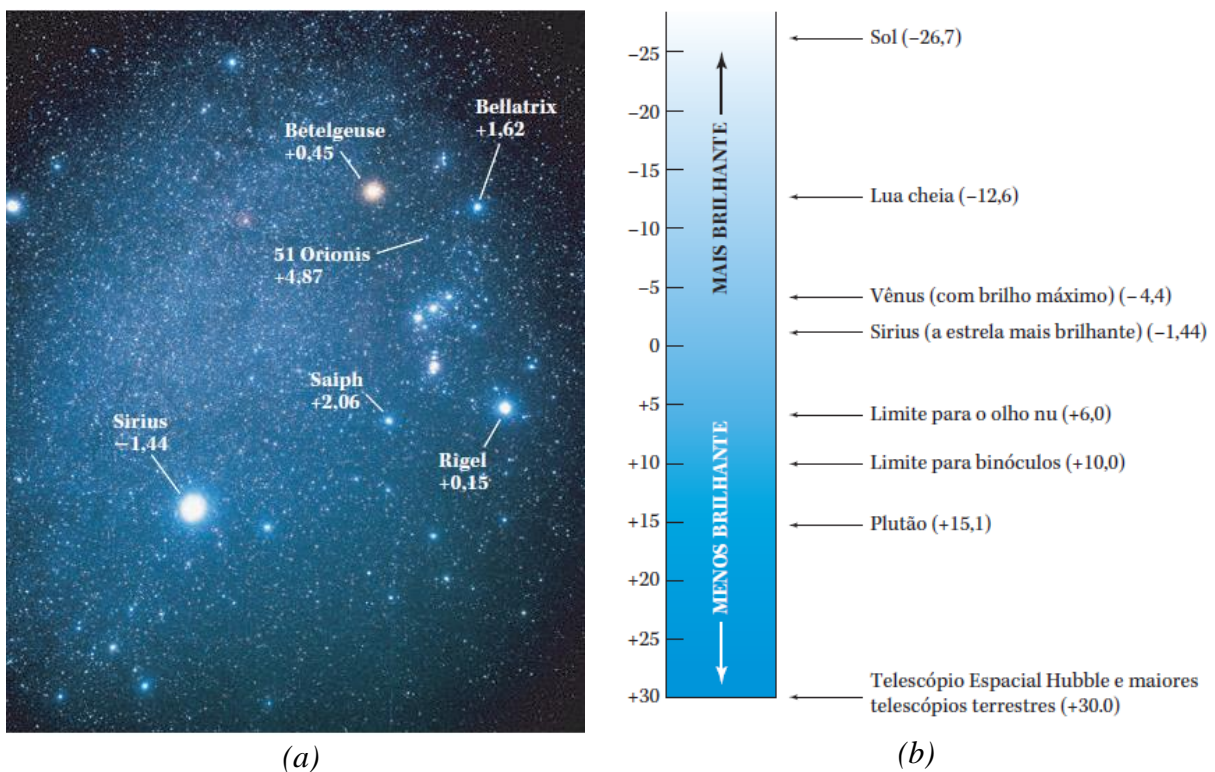
A magnitude de uma estrela está relacionada com o brilho da estrela, e pode ser dividida em dois tipos: A **magnitude aparente**, que tem mede o brilho das estrelas sem considerar suas distâncias até à Terra, denotada pela letra minúscula **m**. E a **magnitude absoluta**, representada pela letra maiúscula **M**, informa o brilho que cada estrela teria se estivesse a uma distância de 10 pc.

5.3.1.3.1 Magnitude aparente

Entre os séculos II a.C e o séculos II d.C, os filósofos gregos creditavam que estas estrelas estavam todas à mesma distância da Terra, assim de Hiparco a Ptolomeu a classificação das estrelas era estritamente pela avaliação dos brilhos entre elas. Sendo que as estrelas mais brilhantes consideradas de primeira magnitude, designadas por $m = +1$. As estrelas de segunda magnitude ($m = +2$), eram as que pareciam ter a metade do brilho de uma estrela de primeira magnitude e assim por diante, até as estrelas de sexta magnitude. O Sol neste esquema não foi classificado pelos gregos.

Essa escala de magnitude aparente com o passar dos anos e com a utilização de telescópios, câmeras fotográficas entre outros equipamentos foram sendo refinada, mantendo a premissa básica de que os objetos mais brilhantes têm menores números do que os mais fracos. Deste modo, a estrela Vega tem uma magnitude aparente zero. Na figura 22 a seguir podemos observar algumas magnitudes de corpos celestes conhecidos.

Figura 22: Escala de magnitude aparente



- (a) Várias estrelas na constelação de Orion e próximas a ela, marcadas com seus nomes e magnitudes aparentes. (b) Os astrônomos denotam o brilho dos objetos no céu pelas suas magnitudes aparentes. As estrelas visíveis a olho nu têm magnitudes entre $m = -1,44$ (Sirius) e aproximadamente $m = +6$. Entretanto, fotografias com uma câmera CCD (“dispositivo de carga acoplada”) feitas pelo

Telescópio Espacial Hubble ou por um grande telescópio na Terra podem revelar estrelas e outros objetos de luminosidade tão fraca que equivale a uma magnitude de $m = +30$.

Fonte - COMINS; KAUFMANN III.

Experimentos mostraram que o fluxo de uma estrela de magnitude +1 era cerca de 100 vez maior que o fluxo de uma estrela de magnitude +6. Em outras palavras, são necessárias 100 estrelas de magnitude aparente $m = +6$ para fornecer a mesma quantidade de luz de uma estrela de magnitude aparente $m = +1$.

A diferença de brilho entre uma estrela de certa magnitude em relação à próxima magnitude mais fraca, tem sempre o mesmo fator. Assim quando vamos de $m = +6$ para $m = +5$, vemos um aumento de brilho do mesmo fator de quando vamos de $m = +5$ para $m = +4$, e assim por diante. Quando vamos de $m = +6$ para $m = +1$, devemos multiplicar o mesmo fator de brilho de uma magnitude para as próximas 5 vezes. O número que devemos multiplicar 5 vezes para obter a variação de brilho de 100 é $100^{1/5} \approx 2,512$, ou, colocado. Isso significa que cada magnitude sucessivamente mais brilhante é cerca de 2,512 vezes mais brilhante do que a magnitude precedente.

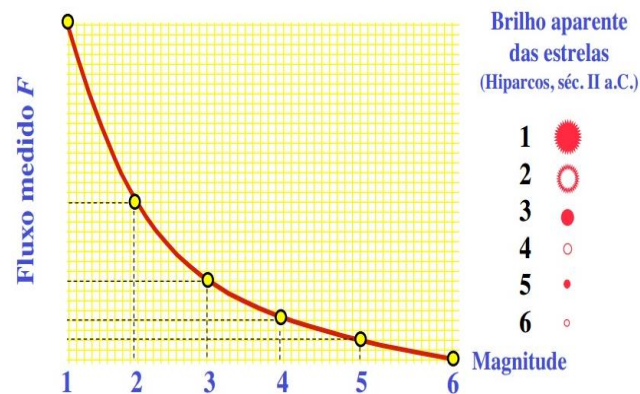
O brilho aparente de um astro é o fluxo medido na Terra e, normalmente, é expresso em termos da magnitude aparente (m ,) dada por:

$$m = -2,5 \log F + \text{constante} \quad (12)$$

A diferença de magnitudes corresponde a uma razão entre fluxos:

$$m_2 - m_1 = 2,5 \log \frac{F_1}{F_2} \quad (13)$$

O brilho aparente é o fluxo de energia detectado numa dada área da superfície coletora num intervalo de tempo, ou seja, depende da posição onde se encontra a superfície coletora. Note quanto mais fraca for a estrela, maior será sua magnitude, isso se dá pelo sinal negativo (-), assim na figura 23, podemos perceber a relação entre brilho e magnitude aparente.

Figura 23: Gráfico do fluxo em função da magnitude

Fonte - Harmonia do Mundo²¹.

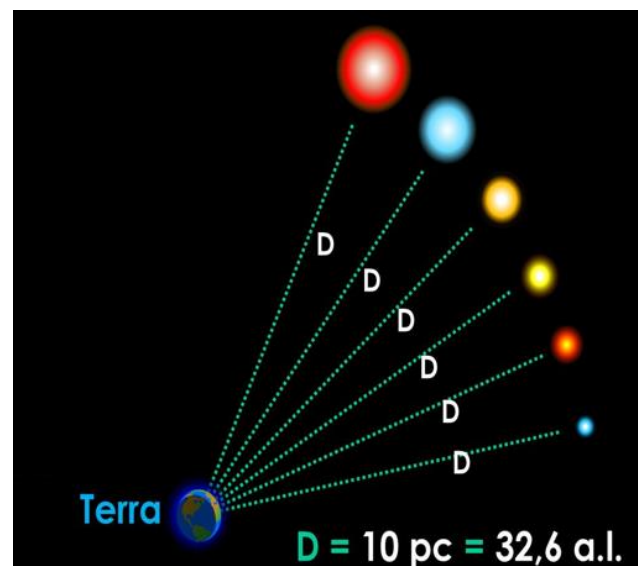
A escala de magnitude tem uma função logarítmica. Sendo que o fluxo é inversamente proporcional as magnitudes, ou seja, quanto maior for os fluxos menores serão as magnitudes. E com relação à distância, quanto mais longe o objeto estiver menor será seu brilho.

5.3.1.3.2 *Magnitudes absoluta*

A magnitude absoluta, M , é o brilho que cada estrela teria se estivesse a uma distância de 10 pc, conforme pode ser observado na figura 24. Infelizmente, o brilho absoluto tem uma escala numérica contrária à intuição, semelhante à escala de magnitudes aparentes. Pois, para determinar a quantidade de energia emitida por cada estrela no espaço, é necessário remover o efeito gerado pelas diferentes distâncias que as estrelas se encontram com relação à Terra.

A relação entre a magnitude aparente e a magnitude absoluta, pode ser

obtida adicionando a distância d em parsec na equação que determina a magnitude aparente, e rearranjando os coeficientes da definição, assim temos:

Figura 24: Determinação da magnitude aparente

Fonte - Prof. Roberto Boczko; adaptações: André Luiz da Silva CDCC/USP

²¹ Disponível em: <<https://harmoniadomundo.files.wordpress.com/2013/03/brilhoemagnitud.jpg>>. Acesso em 05 nov. 2021.

$$M = m - 5 \log \frac{d}{10} \quad (14)$$

Onde m é a magnitude aparente de uma estrela que está a uma distância d da Terra (em parsecs). Podemos ainda reescrever essa magnitude como sendo:

$$M - m = -5 \log(d - 5) \quad (15)$$

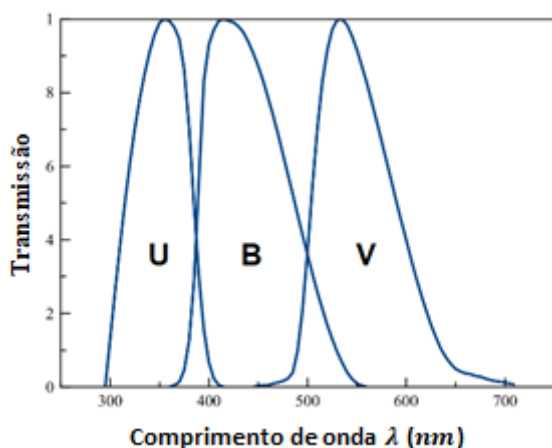
A estrela *Proxima Centauri* que se encontra a uma distância de 1,3 pc da Terra e magnitude aparente é $m = +11,1$, terá sua magnitude absoluta igual a:

$$\begin{aligned} M &= m - 5 \log \frac{d}{10} \\ M &= 11,1 - 5 \log \frac{1,3}{10} \\ M &= 11,1 - 5(-0,088) \\ M &= 11,1 + 0,44 \\ M &= +11,5 \end{aligned}$$

Portanto, o brilho de um objeto muda com a distância.

5.3.1.4 Índice de cor

Figura 25: Curvas de transmissão dos filtros UBVR



Fonte - Wikiwand²².

Uma estrela se comporta de modo muito semelhante a um corpo negro perfeito, assim temos que sua cor é determinada pela temperatura de sua superfície, e para estudar a cor de uma estrela, mede-se sua magnitude através de diferentes filtros (bandas). Assim o sistema fotométrico de Johnson, que classifica as estrelas pelo tipo espectral, baseia-se nas magnitudes/bandas ultravioleta **U** ($\lambda=350\text{nm}$), azul **B** ($\lambda = 450\text{nm}$) e visual **V** ($\lambda = 550\text{nm}$). Assim um telescópio equipado com esses filtros pode medir as magnitudes

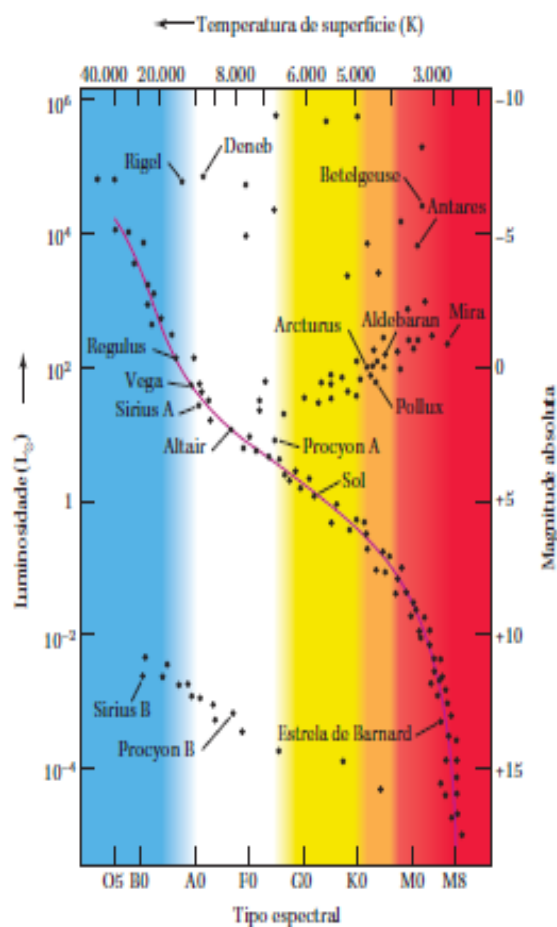
²²Disponível em: < https://www.wikiwand.com/en/UBV_photometric_system>. Acesso em 09 nov. 2021.

aparentes. Os sistemas fotométricos também se estendem para outras faixas espectrais como laranja e vermelho (**R, I**), assim como pode ser visto na figura 25.

Em qualquer sistema de magnitudes multicolor definem-se os índices de cor como a razão entre os fluxos em duas bandas (filtros) diferentes, ou equivalentemente, assim a cor de uma estrela pode ser quantificada, pois, as diferenças de cores entre as estrelas são reflexo da diferença no espectro. Por exemplo, a diferença entre duas magnitudes do sistema, subtraindo a magnitude **V** da magnitude **B** temos o índice de cor **B-V** o filtro **B** só permite a passagem de luz do domínio azul e o filtro **V** as luzes no domínio verde-amarelo.

5.4 DIAGRAMA HERTZSPRUNG-RUSSELL - DIAGRAMA RH

Figura 25: Diagramas Hertzsprung-Russel



Fonte - COMINS; KAUFMANN III.

classificação espectral (seção 5.1).

O diagrama HR é um instrumento essencial para o estudo da evolução estelar, trata-se de um gráfico da luminosidade pela temperatura de superfície das estrelas, assim, podemos observar na figura 26.

Cada ponto, na figura 26, representa uma estrela, cuja luminosidade e o tipo espectral estão determinados. A luminosidade (ao lado esquerdo) e a magnitude absoluta (ao lado direito) indicam a energia total emitida por uma estrela, já a temperatura (no topo da figura) indica o tipo espectral (na base da figura). Portanto, há uma equivalência entre luminosidade e magnitude absoluta, assim como, a temperatura e o tipo espectral, assim como apresentado na

As estrelas brilhantes estão próximas do topo do diagrama; as estrelas fracas estão próximas da parte inferior. Contrariamente à intuição, as estrelas quentes (tipo **O** e **B**) se encontram na direita. Hertzsprung e Russel fizeram essa escolha por causa da sequência padrão **O, B, A, F, G, K, M** já apresentadas anteriormente.

O diagrama HR revela a existência de quatro principais grupos de estrelas: estrelas da sequência principal, gigantes, supergigantes e anãs brancas. A sequência principal²³, é a faixa diagonal que vai do extremo superior esquerdo, estrelas quentes e muito luminosas, até o extremo inferior direito, estrelas frias e pouco luminosas, aqui encontra-se um elevado número de estrelas.

As estrelas iniciam sua evolução na sequência principal depois tornam-se gigantes ou supergigantes e se extinguem como anãs brancas, ou, em casos mais raros, como estrela de nêutrons em buracos negros, que não podem ser incluídos no Diagrama HR. O Sol encontra-se na sequência principal conforme pode ser visto na figura 26. Estima-se que em torno de 80% das estrelas nas vizinhanças do Sol são estrelas da Sequência Principal. Cerca de 20% são anãs brancas e menos do que 1% são gigantes ou anãs marrons.

Estrelas de mesma temperatura podem possuir raios diferentes, assim para determinar a luminosidade podemos utilizar a Lei de Stefan-Boltzmann, de modo que:

$$L = 4\pi R^2 \sigma T^4 \quad (16)$$

Sendo L a luminosidade da estrela; R o raio da estrela; σ a constante de Boltzmann e T a temperatura efetiva da estrela, que pode ser expressa através da lei de Wien, que relaciona temperatura com o comprimento de onda (λ), em nanômetro.

$$T = \frac{2,93 \times 10^3}{\lambda} \quad (17)$$

Assim a função expressa que a temperatura é inversamente proporcional ao comprimento de onda, assim, estrelas do tipo **O** que são estrelas quentes têm menor λ e, portanto, devem ser mais azuis, enquanto estrelas do tipo **M**, frias, têm maior λ e devem ser

²³ Etapa mais longa da vida da estrela, quando ela está fundindo hidrogênio em hélio no núcleo e brilhando estavelmente, em equilíbrio hidrostático. Durante esse tempo as estrelas mantêm uma relação unívoca entre a luminosidade e a temperatura, determinada pela sua massa, formando uma faixa diagonal no diagrama HR, com as estrelas mais quentes (mais massivas), as mais luminosas e as mais frias (as menos massivas) as menos luminosas. A massa com que uma estrela se forma define a sua temperatura, a sua cor, o seu tamanho, a sua luminosidade e o seu tempo de vida da estrela na sequência principal. Quanto maior a massa, mais quente, mais azul e mais luminosa será a estrela, e menor será o seu tempo de vida.

mais vermelhas. Portanto, a luminosidade é uma característica intrínseca da estrela e só depende de sua temperatura (T) e do seu tamanho (R). Já o fluxo depende do local onde é medido, ou da distância da estrela. Quanto mais distante estiver a estrela, mais fraca ela parecerá. Essa diminuição do brilho aparente está relacionada com a área da esfera que tem como raio a distância da estrela.

REFERÊNCIAS

- AGUIAR, R. R. **Tópicos de Astrofísica e Cosmologia: uma aplicação de Física Moderna e Contemporânea no Ensino Médio**. Dissertação (Mestrado em Ensino de Física) - Ensino de Ciências (Física, Química e Biologia), Universidade de São Paulo, São Paulo, 2010. Disponível em: <<https://teses.usp.br/teses/disponiveis/81/81131/tde-25012011-112911/ptbr.php>>. Acesso em: 19 jan. 2019.
- ALVES, B. W. F. **Uma proposta metodológica de uma oficina de Astrofísica no Ensino Médio**. Trabalho de Conclusão de Curso (graduação) – Universidade Federal do Ceará, Centro de Ciências, Curso de Ciências Biológicas, Fortaleza, 2019. Disponível em: <http://www.repositorio.ufc.br/bitstream/riufc/48309/1/2019_tcc_bwfalves.pdf>. Acesso 15 jan. 2019.
- ANDRADE, L. B. P. **Educação infantil: discurso, legislação e práticas institucionais**. São Paulo: Cultura Acadêmica, 2010.
- BRASIL, **LDB - Lei de Diretrizes e Bases da Educação Nacional Lei nº 9394/96**, 4ª edição. Atualizada até abril de 2020. Brasília, DF.: MEC. Disponível em: <https://www2.senado.leg.br/bdsf/bitstream/handle/id/572694/Lei_diretrizes_bases_4ed.pdf?squence=1&isAllowed=y>. Acesso em 20 nov. 2020.
- BRASIL. Ministério da Educação. **Base Nacional Comum Curricular (BNCC)**. Educação é a Base. Brasília, DF. MEC/CONSED/UNDIME, 2018. Disponível em: <http://basenacionalcomum.mec.gov.br/images/BNCC_EI_EF_110518_versaofinal_site.pdf>. Acesso em 26 out. 2020.
- BRITO, A. A.; MASSONI, N. T. **Astrofísica para educação básica: a origem dos elementos químicos no universo**. Curitiba: Appris, 2019.
- BUNGE, M. **Teoria e Realidade**. Tradução de Gita K. Guinsburg. São Paulo: Perspectiva, 2017.
- COMMINS, N. F.; KAUFMANN III, W. J. **Descobrimos o universo**. 8ª ed. Tradução: Eduardo Neto Ferreira. São Paulo: Bookman, 2011.
- CORRÊA, T. Estrelas parte II. **Harmonia do Mundo**, Rio de Janeiro, 23 mar. 2013. Disponível em: <<https://harmoniadomundo.wordpress.com/2013/03/23/estrelas2/>>. Acesso em 05 nov. 2021.
- DAMINELI, A.; MOLINA, E. C.; PICAZZIO, E. *et al.* **O céu que nos rodeia: Introdução à astronomia para educadores e iniciantes**. São Paulo: Odisseus. 2011.
- FILHO, K. S. O; SARAIVA, M. F. O. **Astronomia e Astrofísica**. 4ª ed. São Paulo: Editora Livraria da física, 2017.
- FRANCISCO, R. L.; LUMINET, J. P. **El enigma de copernico: los constructores del cielo**. Espanha: Ediciones B, 2007.

FRÓES, A. Astronomia, astrofísica e cosmologia para o Ensino Médio. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, vol. 36, n. 3, 2014. Disponível em: <<http://www.sbfisica.org.br/rbef/pdf/363504.pdf>>. Acesso em 06 nov. 2020.

HETEM, J. G.; PEREIRA, V. J.; OLIVEIRA, C. M. **Fundamentos de Astronomia**. Apostila AGA215. Observatórios Virtuais. Departamento de Astronomia Universidade de São Paulo - IAG/USP. São Paulo. Disponível em: <<http://www.astro.iag.usp.br/~jane/aga215/>>. Acesso em 10 jan. 2021.

HORVATH, J. E. **As estrelas na sala de aula: Uma abordagem para o ensino de astronomia**. São Paulo: Editora livraria da física, 2019.

LAGO, L.; ANDRADE, R.; LOCATELLI, R.; PIETROCOLA, M. **Astronomia no ensino de ciências da natureza**. São Paulo: Editora livraria da física, 2017.

LONGHINI, M. D. O UNIVERSO REPRESENTADO EM UMA CAIXA: I NTRODUÇÃO AO ESTUDO DA ASTRONOMIA NA FORMAÇÃO INICIAL DE PROFESSORES DE FÍSICA. **Revista Latino-Americana de Educação em Astronomia**. São Paulo. 2009. Disponível em: <<https://doi.org/10.37156/RELEA/2009.07.031>> Acesso em 26 ago. 2020.

HEILMANN, E. A.; JANOCA, B. G. *et al.* **Unidades de distância astronômicas**. 6º congresso brasileiro de meteorologia. 2014. Disponível em: <http://www.energiapura.net.br/Trabalhos%20Publicados/2011/unidades_astronomicas_2011.pdf>. Acesso em 15 jun. 2021.

FERREIRA, C. A.; BISCH, S. M. **Unidade de ensino potencialmente significativa (UEPS) medidas de distâncias em astronomia**. Trabalho de Conclusão de Curso (Produto educacional) - Universidade Federal do Espírito Santo, Vitória, 2018. Disponível em: <<https://educapes.capes.gov.br/bitstream/capes/430507/2/Produto%20Educativo%20-%20Carlos%20Augusto%20Ferreira.pdf>>. Acesso em 15 jun. 2021.

PEREIRA, M. A. S. **Ciência: o prazer de descobrir**. São Paulo: Sagitarius, 2020.

SANTOS, D. P. **Modelos cosmológicos contemporâneos como ferramentas para o ensino de Física Moderna**. 2019. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Licenciatura de Física) - Instituto Federal de Sergipe, Lagarto, 2019. Disponível em: <<https://repositorio.ifs.edu.br/biblioteca/handle/123456789/1229>>. Acesso em 06 nov. 2020.

SARAIVA, M. F. O.; FILHO, K. P. O.; MÜLLERE, A. M. **Astronomia e Astrofísica**. Apostila FIS02010. Departamento de Astronomia da Universidade Federal do Rio Grande do Sul - UFRGS. Rio Grande do Sul. Disponíveis em: <http://www.if.ufrgs.br/fis02001/aulas_132.htm>. Acesso em 10 jan. 2021.

TENN J.S.; DYSON, Frank Watson.; HOCKEY T. *et al.* **Biographical encyclopedia of astronomers**. New York: Springer, 2014. Disponível em: <https://doi.org/10.1007/978-1-4419-9917-7_394>. Acessada em 15 jun. 2021.

THIOLLENT, M. **Metodologia da pesquisa-ação**. 18ª ed. São Paulo: Cortez, 2011.

APÊNDICES

APÊNDICE A – LISTA DE ESTRELAS PRÓXIMAS AO SOL

Disponível em: <https://drive.google.com/drive/folders/198zzqGCs0gm_vR8JX9XZuQIxt-5zf5DW?usp=sharing>.

LISTA DE ESTRELAS PRÓXIMAS DO SOL (EM UM RAIOS PRÓXIMO A 10 ANOS LUZ)

Destaque→

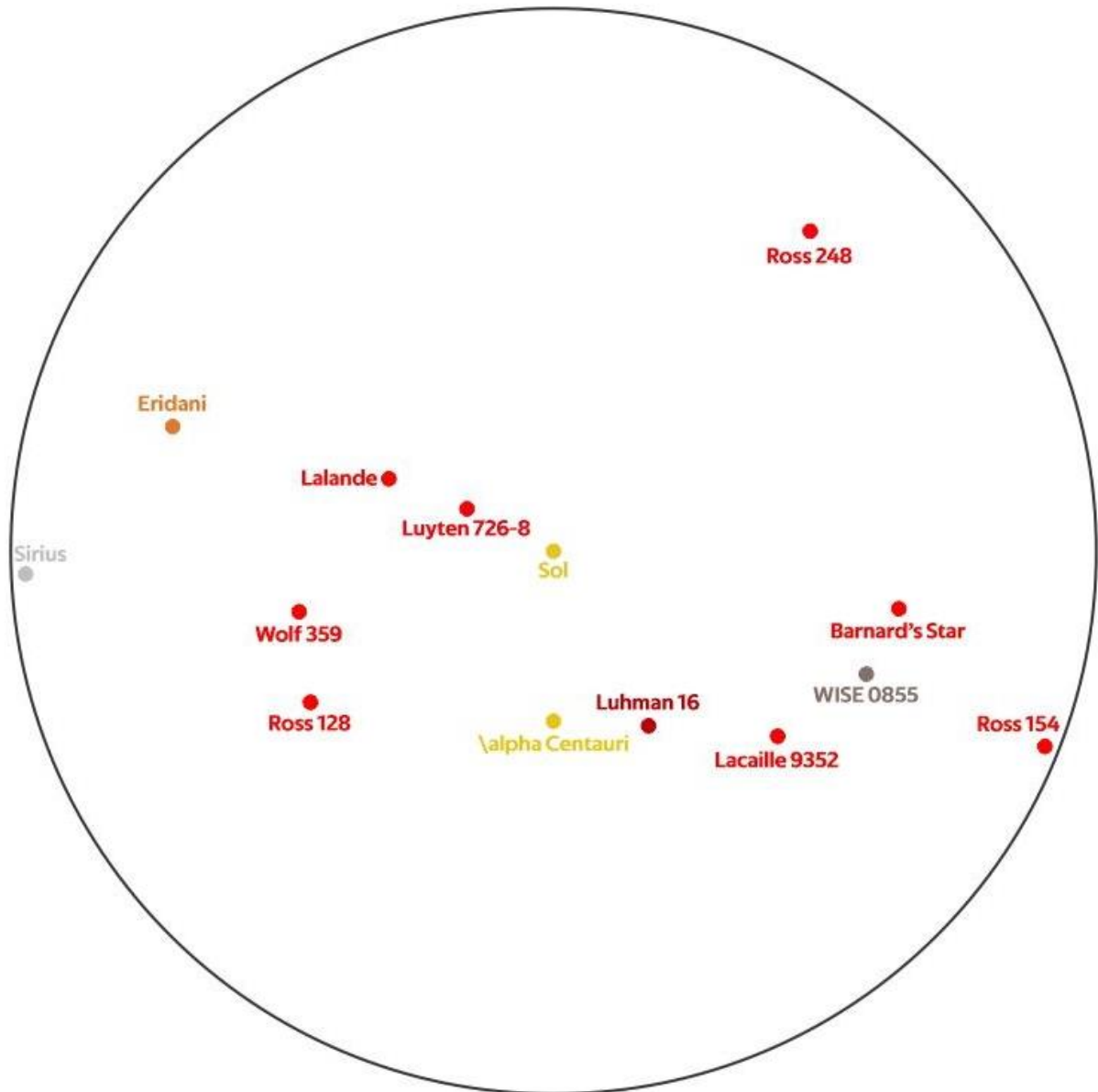
Para uma melhor visualização identifique as estrelas aqui apresentadas no Mobile 3D, devido às grandes distância entre as estrelas, e suas grandes massas, o produto educacional trata-se de um modelo representativo que busca aproximar a teoria da realidade, no entanto compreendemos as limitações do modelo, pois é nosso objetivo não é trabalhar com escalas mais sim com a representação da vizinhança do Sol.

SISTEMA ESTELAR	ESTRELAS	Distâncias e Classificação				Fotometria	
		Distância em anos-luz	Classificação	Ascensão reta	Declinação	Magnitude aparente	Magnitude absoluta
Solar							
	 Sol	-	G2	-	-	-26,74	4,85
Alpha Centauri (Rigel Kentaurus)							
	 Proxima Centauri (V645 Centauri)	4,2	M5	14h29m43s	-62°40'46"	11,09	15,53
	 α Centauri A (HD 128620)	4,3	G2	14h39m35,5s	-60°50'02"	0,01	4,38
	 α Centauri B (HD 128621)		K1	14h39m35,5s	-60°50'14"	1,34	5,71
Barnard							
	 Estrela de Barnard (BD+04°3561a)	5,9	M4	17h57m48,5s	04°41'36"	9,53	13,22
Luhman 16							
	 Luhman 16A	6,5	L8	10h49m15,5s	-53°19'06"	10,7	14,2
	 Luhman 16B		T1			-	-
WISE							
	 WISE 0855-0714	7,2	Y	8h55m10,8s	-07°14'42,5"	-	-
Wolf (leão)							
	 Wolf 359 (CN Leonis)	7,7	M6	10h56m29,2	07°00'53"	13,44	16,55
Lalande (Ursa Maior)							
	 Lalande 21185 (BD+36° 2147)	8,2	M2	11h3m20,2s	-16°42'58"	7,47	10,44
Sírius (α Canis Majoris)							
	 Sírius A	8,5	A1	6h45m8,9s	-16°42'01"	-1,42	1,42
	 Sírius B		D			8,44	11,34
Luyten 726-8							
	 Luyten 726-8 A (BL Ceti)	8,7	M5	1h39m01,3s	-17°57'01"	12,54	15,4
	 Luyten 726-8 B (UV Ceti)		M6			12,99	15,85
Ross 154 (V1216 Sagittarii)							
	 Ross 154 (V1216 Sagittarii)	9,6	M3	18h49m49,5s	-23°50'10"	10,43	13,07
Ross 248 (Andromedae)							
	 Ross 248 (Andromedae)	10,3	M5	18h49m49	44°10'30"	12,29	14,79
Epsilon Eridani (Eridanus)							
	 Épsilon Eridani	10,5	k2	3h32m55	-09°27'30"	3,73	6,19
Lacaille (Piscis Austrinus)							
	 Lacaille (Piscis Austrinus)	10,7	M1	23h05m52s	-35°5'11"	7,34	9,75
Ross 128 (virgo)							
	 Ross 128	10,9	M4	11h47m44	00°48'16"	11,13	13,51

Fonte: Elaborada pela autora

APÊNDICE B – MAPA UNIDIMENSIONAL DA POSIÇÃO DAS ESTRELAS VIZINHAS AO SOL

Disponível para impressão em:
<https://drive.google.com/drive/folders/198zzqGCs0gm_vR8JX9XZuQIxt-5zf5DW?usp=sharing>.



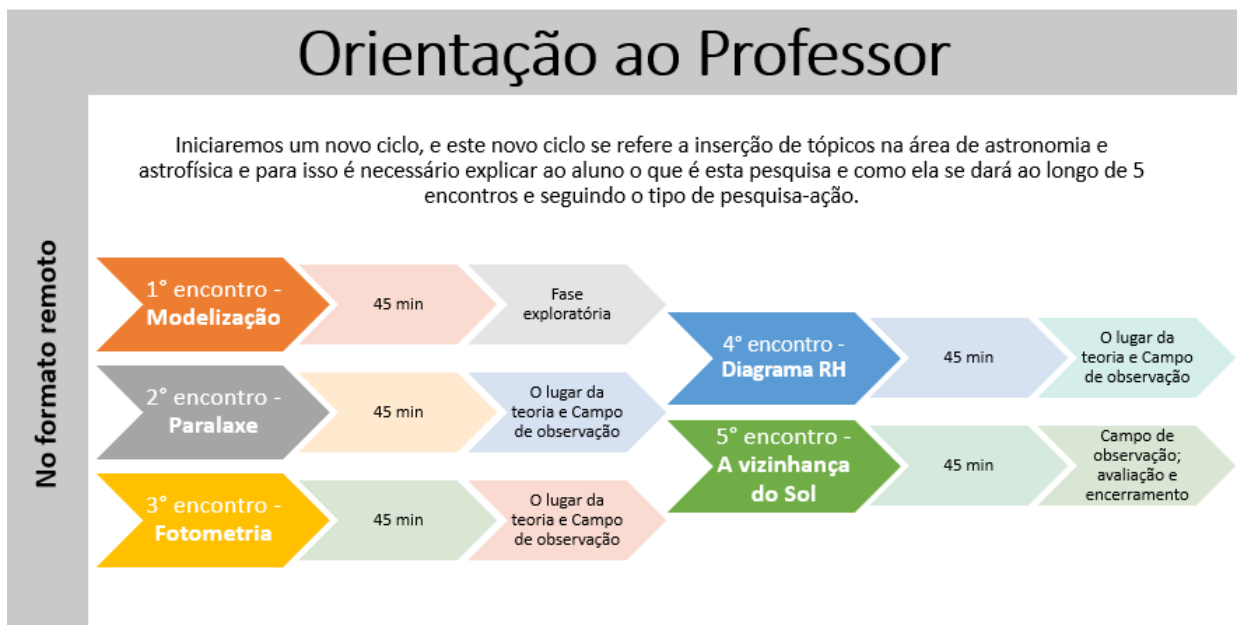
APÊNDICE C – SLIDES COM O ROTEIRO DOS ENCONTRO

A apresentação em *slides* está disponível na pasta do *google drive*, que pode ser acessada através do link:

<https://drive.google.com/drive/folders/198zzqGCs0gm_vR8JX9XZuQIxt-5zf5DW?usp=sharing>.



Slide de orientação ao professor



APÊNDICE C – ROTEIRO DO QUESTIONÁRIO DIRECIONADO AOS DISCENTES DA
EDUCAÇÃO BÁSICA

QUESTIONÁRIO

“Olá! Queremos saber a sua opinião”

PERFIL DOS ESTUDANTES Termo de consentimento livre e esclarecido	<p>NOME COMPLETO: _____</p> <p>E-MAIL: _____</p> <p>TURMA: _____</p> <p>SEXO () Feminino () Masculino</p> <p>NO ENSINO FUNDAMENTAL ESTUDEI EM: () Integralmente em escola da rede pública () Integralmente em escola da rede privada () Parcialmente na rede pública e parcialmente em escola privada</p> <p>Declaro que estou de acordo em participar voluntariamente desta pesquisa, e que estou ciente que os dados obtidos atreves da mesma serão utilizados no trabalho de dissertação de mestrado da professora Naiagry Paula de Fraga e ainda que os dados poderão ser utilizados em publicações futuras. Estou ciente de que minha identidade será preservada e que a qualquer momento posso me abdicar em participar desta pesquisa. E que em casos de duvidas posso ser contatado via e-mail para validar participação nesta pesquisa.</p> <p>() Concordo em participar desta pesquisa () Não concordo em participar desta pesquisa</p>		
PERCEPÇÃO E ENSINO ASTRONOMIA E ASTROFÍSICA	<p>1. Em sua vida escolar, e anterior às aulas que tivemos sobre Astronomia e Astrofísica indique-nos com que frequência você já havia tido contado com:</p> <table style="width: 100%; border: none;"> <tbody> <tr> <td style="width: 50%; text-align: center;"> <p>i. conteúdo Astronomia Indique-nos a frequência:</p> <p>() Muito frequentemente () Frequentemente () Ocasionalmente () Raramente () Nunca</p> </td> <td style="width: 50%; text-align: center;"> <p>ii. conteúdo de Astrofísica Indique-nos a frequência:</p> <p>() Muito frequentemente () Frequentemente () Ocasionalmente () Raramente () Nunca</p> </td> </tr> </tbody> </table> <p>2. Ainda de acordo com a questão anterior, numa escala de zero a dez, indique-nos em quais destes meios você teve contato (OBS.: O zero indica o nível de nenhum contato enquanto o 10 representa um contato muito frequente)</p> <p>i. Na escola no ensino fundamental</p> <p style="text-align: center;"> <input type="checkbox"/>0 <input type="checkbox"/>1 <input type="checkbox"/>2 <input type="checkbox"/>4 <input type="checkbox"/>5 <input type="checkbox"/>6 <input type="checkbox"/>7 <input type="checkbox"/>8 <input type="checkbox"/>9 <input type="checkbox"/>10 </p> <p>ii. Na escola no ensino médio nas aulas de física</p> <p style="text-align: center;"> <input type="checkbox"/>0 <input type="checkbox"/>1 <input type="checkbox"/>2 <input type="checkbox"/>4 <input type="checkbox"/>5 <input type="checkbox"/>6 <input type="checkbox"/>7 <input type="checkbox"/>8 <input type="checkbox"/>9 <input type="checkbox"/>10 </p> <p>iii. Na escola no ensino médio na eletiva de Astronomia</p> <p style="text-align: center;"> <input type="checkbox"/>0 <input type="checkbox"/>1 <input type="checkbox"/>2 <input type="checkbox"/>4 <input type="checkbox"/>5 <input type="checkbox"/>6 <input type="checkbox"/>7 <input type="checkbox"/>8 <input type="checkbox"/>9 <input type="checkbox"/>10 </p> <p>iv. Em revistas, livros ou jornal impresso</p>	<p>i. conteúdo Astronomia Indique-nos a frequência:</p> <p>() Muito frequentemente () Frequentemente () Ocasionalmente () Raramente () Nunca</p>	<p>ii. conteúdo de Astrofísica Indique-nos a frequência:</p> <p>() Muito frequentemente () Frequentemente () Ocasionalmente () Raramente () Nunca</p>
<p>i. conteúdo Astronomia Indique-nos a frequência:</p> <p>() Muito frequentemente () Frequentemente () Ocasionalmente () Raramente () Nunca</p>	<p>ii. conteúdo de Astrofísica Indique-nos a frequência:</p> <p>() Muito frequentemente () Frequentemente () Ocasionalmente () Raramente () Nunca</p>		

0 1 2 4 5 6 7 8 9 10

v. Em filmes, séries e/ou documentários

0 1 2 4 5 6 7 8 9 10

vi. Em conversas informais com amigos/colegas/ familiares

0 1 2 4 5 6 7 8 9 10

vii. Em páginas/canais das redes sociais

0 1 2 4 5 6 7 8 9 10

viii. Em *podquest* disponíveis em plataformas de áudio

0 1 2 4 5 6 7 8 9 10

3. Numa escala de zero a dez, qual seu nível de interesse pela Astronomia?
(OBS.: Use zero para ausência de interesse e dez para interesse extremo)

0 1 2 4 5 6 7 8 9 10

4. Faça uma reflexão sobre o que fez e/ou faz com que você se encante pela astronomia. Quem e/ou o que te inspirou a se interessar por esta ciência?
Justifique: _____

5. Após refletir sobre seu interesse pela Astronomia e baseado nas nossas últimas aulas, responda: Seu nível de interesse e sua percepção após nossas aulas mudaram?
Justifique: _____

RECURSOS

1. A utilização da ferramenta digital padlet, usada para a construção do mural, tornou a atividade mais interativa?

- Concordo totalmente
 Concordo
 Indeciso
 Discordo
 Discordo totalmente

Justifique: _____

2. Os recursos visuais presentes nos slides facilitaram sua compreensão do conteúdo?

- Facilitou totalmente
 Facilitou parcialmente
 Facilitou razoavelmente
 Não facilitou
 Dificultou

3. Em geral, os recursos digitais usados ao longo da sequência de ensino despertaram interesse pela aula.

- Concordo totalmente
 Concordo

	<p>() Indeciso () Discordo () Discordo totalmente</p> <p>4. Qual é o seu nível de satisfação em relação aos conteúdos estudados no estudo de Astronomia () Muito satisfeito () Satisfeito () Razoavelmente satisfeito () Pouco satisfeito () Insatisfeito</p> <p>5. O modelo representativo – Mobile 3D utilizada na última aula facilitou sua compreensão de como as estrelas estão distribuídas: () Facilitou totalmente () Facilitou parcialmente () Facilitou razoavelmente () Não facilitou () Dificultou Justifique: _____</p>
<p style="writing-mode: vertical-rl; transform: rotate(180deg);">METODOLOGIA DE EINSINO</p>	<p>1. A sequência de ensino facilitou seu processo de aprendizagem? () Facilitou totalmente () Facilitou parcialmente () Facilitou razoavelmente () Não facilitou () Dificultou</p> <p>2. Com relação a metodologia de ensino utilizada nas aulas de Astrofísica estelar, qual nível de importância você atribui à utilização a sequência de ensino abordada? () Muito importante () Importante () Razoavelmente importante () Pouco importante () Sem importância</p> <p>3. Você julga importante inserir tópicos de Astronomia e Astrofísica no currículo escolar seja compondo uma disciplina isolada, seja estando agregadas a outras já existentes? () Muito importante () Importante () Razoavelmente importante () Pouco importante () Sem importância</p>

ENSINO REMOTO

1. Sabemos que devido a pandemia de Covid-19, nossas aulas presenciais foram suspensas, fazendo com que tivéssemos que nos readaptar ao ensino remoto, com isso numa escala de zero a dez, qual seu nível de interesse e participação nas aulas no formato remoto? (OBS.: Use zero para indicar nenhum interesse e dez para alto interesse)

0 1 2 4 5 6 7 8 9 10

Justifique: _____

2. Numa escala de zero a dez, quanto você acha que as aulas remotas dificultaram seu aprendizado:
(OBS.: Use zero para indicar que não houve nenhuma dificuldade e dez para indicar alta dificuldade)

0 1 2 4 5 6 7 8 9 10

3. Caso nossas aulas tivessem sido no formato presencial, na sua concepção elas seriam mais interessantes?

Justifique: _____

APÊNDICE D – LISTA DE ESTRELAS PRÓXIMA DO SOL E SUAS PRINCIPAIS CARACTERÍSTICAS

LISTA DE ESTRELAS PRÓXIMAS DO SOL (EM UM RAIO PRÓXIMO A 10 ANOS LUZ)

Destaque→

Para uma melhor visualização identifique as estrelas aqui apresentadas no Mobile 3D, devido às grandes distância entre as estrelas, e suas grandes massas, o produto educacional trata-se de um modelo representativo que busca aproximar a teoria da realidade, no entanto compreendemos as limitações do modelo, pois é nosso objetivo não é trabalhar com escalas mais sim com a representação da vizinhança do Sol.

CATEGORIA: Produto Educacional

AUTORA: Naiagry Paula de Fraga

ÁREA: Astronomia e Astrofísica

PRODUZIDO EM: 10/03/21

LINK PARA IMPRESSÃO: https://drive.google.com/drive/folders/198zzqGCs0gm_vR8JX9XZu0lxt-5zF5DW?usp=sharing

SISTEMA ESTELAR	ESTRELAS	Distâncias e Classificação				Fotometria	
		Distância em anos-luz	Classificação	Ascensão reta	Declinação	Magnitude aparente	Magnitude absoluta
Solar							
	 Sol	-	G2	-	-	-26,74	4,85
Alpha Centauri (Rigil Kentaurus)							
	 Proxima Centauri (V645 Centauri)	4,2	M5	14h29m43s	-62°40'46"	11,09	15,53
	 α Centauri A (HD 128620)	4,3	G2	14h39m35,5s	-60°50'02"	0,01	4,38
	 α Centauri B (HD 128621)		K1	14h39m35,5s	-60°50'14"	1,34	5,71
Barnard							
	 Estrela de Barnard (BD+04°3561a)	5,9	M4	17h57m48,5s	04°41'36"	9,53	13,22
Luhman 16							
	 Luhman 16A	6,5	L8	10h49m15,5s	-53°19'06"	10,7	14,2
	 Luhman 16B		T1			-	-
WISE							
	 WISE 0855-0714	7,2	Y	8h55m10,8s	-07°14'42,5"	-	-
Wolf (leão)							
	 Wolf 359 (CN Leonis)	7,7	M6	10h56m29,2	07°00'53"	13,44	16,55
Lalende (Ursa Maior)							
	 Lalande 21185 (BD+36°2147)	8,2	M2	11h3m20,2s	-16°42'58"	7,47	10,44
Sirius (α Canis Majoris)							
	 Sirius A	8,5	A1	6h45m8,9s	-16°42'01"	-1,42	1,42
	 Sirius B		D			8,44	11,34
Luyten 726-8							
	 Luyten 726-8 A (BL Ceti)	8,7	M5	1h39m01,3s	-17°57'01"	12,54	15,4
	 Luyten 726-8 B (UV Ceti)		M6			12,99	15,85
Ross 154 (V1216 Sagittarii)							
	 Ross 154 (V1216 Sagittarii)	9,6	M3	18h49m49,5s	-23°50'10"	10,43	13,07
Ross 248 (Andromedae)							
	 Ross 248 (Andromedae)	10,3	M5	18h49m49	44°10'30"	12,29	14,79
Epsilon Eridani (Eridanus)							
	 Épsilon eridani	10,5	k2	3h32m55	-09°27'30"	3,73	6,19
Lacaille (Piscis Austrinus)							
	 Lacaille (Piscis Austrinus)	10,7	M1	23h05m52s	-35°51'11"	7,34	9,75
Ross 128 (virgo)							
	 Ross 128	10,9	M4	11h47m44	00°48'16"	11,13	13,51

Fonte: Elaborada pela autora