

UNIVERSIDADE LUTERANA DO BRASIL
DIREÇÃO ACADÊMICA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENSINO DE
CIÊNCIAS E MATEMÁTICA



GIAN ALEXANDRE MICHAELSEN

O ENSINO DE CONCEITOS LIGADOS A EXOPLANETOLOGIA E A
HABITABILIDADE DE FORMA SIGNIFICATIVA NO ENSINO MÉDIO

Orientador: Prof. Dr. Agostinho Serrano de Andrade Neto

Canoas, 2022

GIAN ALEXANDRE MICHAELSEN

O ENSINO DE CONCEITOS LIGADOS A EXOPLANETOLOGIA E A
HABITABILIDADE DE FORMA SIGNIFICATIVA NO ENSINO MÉDIO

Orientador: Prof. Dr. Agostinho Serrano de Andrade Neto

Dissertação de Mestrado em Ensino de Ciências e Matemática para obtenção do título de Mestre em Ensino de Ciências e Matemática, Direção Acadêmica de Pesquisa e Pós-Graduação, Universidade Luterana do Brasil.

Área de concentração: Ensino de Ciências

Canoas, 2022

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação – CIP

M621e Michaelsen, Gian Alexandre.

O ensino de conceitos ligados a explanetologia e a habitabilidade de forma significativa no Ensino Médio / Gian Alexandre Michaelsen. – 2022.
164 f. : il.

Dissertação (mestrado) – Universidade Luterana do Brasil, Programa de Pós-Graduação em Ensino de Ciências e Matemática, Canoas, 2022.

Orientador: Prof. Dr. Agostinho Serrano de Andrade Neto.

1. Ensino de Física. 2. Habitabilidade. 3. Planetologia. 4. Aprendizagem significativa. 5. Ensino Médio. I. Andrade Neto, Agostinho Serrano. II. Título.

CDU 372.853

Bibliotecária responsável – Heloisa Helena Nagel – 10/981

GIAN ALEXANDRE MICHAELSEN

O ENSINO DE CONCEITOS LIGADOS A EXOPLANETOLOGIA E A HABITABILIDADE DE FORMA SIGNIFICATIVA NO ENSINO MÉDIO

Dissertação de Mestrado em Ensino de Ciências e Matemática para obtenção do título de Mestre em Ensino de Ciências e Matemática, Direção Acadêmica de Pesquisa e Pós-Graduação, Universidade Luterana do Brasil.

BANCA EXAMINADORA

Prof. Dr. Agostinho Serrano de Andrade Neto – Orientador

Prof. Dr. Alan Alves Brito

Prof. Dr. Paulo Tadeu Campos Lopes

Prof. Dr. Rossano André Dal-Farra

Canoas, 2020

AGRADECIMENTOS

À Deus, pela força ao longo do caminho.

À minha família, pelo apoio, pela compreensão, pela paciência, pelo cuidado e pela preocupação nos momentos mais difíceis.

À Família do Bug (Bruno, Gabi, Tobias e Martinho), pela compreensão e pelo apoio nos momentos difíceis.

À minha grande amiga Luciana Tyska de Moraes, pelo suporte, compreensão e pela grande troca de ideias e vivências de forma construtiva.

A minha parceira Camila Simone Da Silva, pela compreensão, pelo cuidado, pelo carinho e pelo apoio.

Aos participantes voluntários desta pesquisa, que dedicaram seu tempo e seus esforços.

A equipe diretiva, professores e funcionário da Colégio Estadual Dr. Wolfram Metzler pelo incentivo, pelo apoio e pela compreensão; de modo especial a Josiara Ilha de Quadros, Elizabete Backes, Lisiane VER SOBRENOME e Andréa Revoré.

Aos estudantes do Colégio Estadual Dr. Wolfram, pela compreensão, pela inspiração e pelo grande carinho.

Ao meu orientador Prof. Dr. Agostinho Serrano de Andrade Neto, pelo auxílio ao longo da realização desta pesquisa, a sua compreensão e apoio.

Aos meus colegas do Programa de Pós-Graduação em Ensino de Ciências e Matemática (PPGECIM), em especial as colegas Juliana, Maira, Thaygra e Bárbara pela proximidade, apoio e auxílio ao longo da construção desta pesquisa.

Aos professores e funcionários do programa do Programa de Pós-Graduação em Ensino de Ciências e Matemática (PPGECIM)/ Universidade Luterana do Brasil (ULBRA) por contribuírem para o meu aperfeiçoamento profissional e humano.

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) pelo subsídio dessa pesquisa. A todas as políticas governamentais desenvolvidas em prol da educação, tais como o Programa Universidade Para Todos (Prouni) e o Programa Institucional de Iniciação à Docência (Pibid).

RESUMO

Atualmente o ensino da Física e astronomia encontra-se diluído entre os anos escolares da educação básica. Analisando a vigente Base Nacional Comum Curricular (BNCC), percebemos que conceitos ligados a Astronomia; como por exemplo o conceito de planeta, estrela, sistema solar, dentre outros, são desenvolvidos desde o Ensino Fundamental. Já na etapa do Ensino Médio, torna-se possível o ensino de assuntos que requerem maior abstração, interpretação e conhecimento em técnicas algébricas matemáticas. Com isso acreditamos que o ensino de tópicos ligados à Exoplanetologia e Habitabilidade seja uma temática promissora, na qual o ensino de Física e Astronomia seja fundamentado pelos conhecimentos advindos de anos escolares anteriores. O desenvolvimento desta temática visa o proveito das habilidades do estudante que se encontra na etapa final do Ensino Básico. Utilizando este pensamento como base, esta pesquisa foi realizada com estudantes cursantes do segundo e do terceiro ano do Ensino Médio, matriculados em uma escola pública, pertencente a rede estadual e localizada na cidade de Novo Hamburgo/RS. As atividades pedagógicas foram apresentadas para os alunos no formato de um guia didático, guia este, que foi desenvolvido no intuito de proporcionar uma aprendizagem significativa de conceitos relacionados a Exoplanetologia e Habitabilidade. Os encontros didáticos instrucionais foram realizados através de sessões de vídeo conferências, seguindo as orientações definidas para o ensino durante o período pandêmico do Coronavírus (COVID-19). No decorrer da execução do material didático os estudantes tiveram contato com conceitos ligados a Exoplanetologia e a Habitabilidade, onde, apoiados pelos conhecimentos prévios, todos conseguiram inferir assertivamente o status de Habitabilidade dos diferentes exoplanetas estudados. A aprendizagem foi constatada através da análise dos dados coletados nas diferentes etapas, sendo elas: um pré-teste, execução do guia didático, pós-teste e uma entrevista. Esta entrevista foi realizada com base nos protocolos “Report Aloud” e “Think Aloud”, no intuito de identificar processos mentais realizados pelos estudantes. Os dados escritos, bem como a transcrição da entrevista, foram analisados conforme a Análise de Conteúdo de Bardin. Por meio da análise pudemos identificar diferentes relações conceituais emergentes na resolução de questões problema. Uma análise gestual foi também realizada utilizando o material visual

coletado durante a entrevista, a fim de identificar imagens mentais possivelmente formadas pelos estudantes. As evidências de aprendizagem foram estudadas a luz da Teoria da Aprendizagem Significativa de David Ausubel. As relações entre as evidências coletadas e a teoria de ensino e aprendizagem que embasa esta pesquisa permitiram a identificação de indícios da aprendizagem significativa de conceitos ligados a Exoplanetologia e a Habitabilidade.

Palavras-chave: Habitabilidade; Planetologia; Ensino de Física; Aprendizagem significativa; Ensino Médio.

ABSTRACT

Currently, the teaching of Physics and Astronomy is diluted between the school years of basic education. Analyzing the current National Curricular Common Base (BNCC), we realized that concepts related to Astronomy; such as the concept of planet, star, solar system, among others, are developed since elementary school. In the High School stage, it becomes possible to teach subjects that require greater abstraction, interpretation and knowledge in mathematical algebraic techniques. With this, we believe that the teaching of topics related to Exoplanetology and habitability is a promising theme, in which the teaching of Physics and Astronomy is based on knowledge from previous school years. The development of this theme aims to take advantage of the skills of the student who is in the final stage of Basic Education. Using this thought as a basis, this research was carried out with students in the second and third years of high school, enrolled in a public school, belonging to the state network, and located in the city of Novo Hamburgo/RS. The pedagogical activities were presented to the students in the form of a didactic guide, which was developed to provide a meaningful learning of confectionery related to Exoplanetology and Habitability. Instructional didactic meetings were held through video conference sessions, following the guidelines defined for teaching during the pandemic period of the Coronavirus (COVID-19). During the execution of the didactic material, the students had contact with concepts related to Exoplanetology and Habitability, where, supported by previous knowledge, they were all able to assertively infer the habitability status of the different exoplanets studied. Learning was verified through the analysis of the data collected in the different stages, namely: a pre-test, execution of the didactic guide, post-test and an interview. This interview was carried out based on the "Report Aloud" and "Think Aloud" protocols, in order to identify mental processes carried out by students. The written data, as well as the transcript of the interview, were analyzed according to Bardin's Content Analysis. Through the analysis we were able to identify different conceptual relationships emerging in the resolution of problem issues. A gestural analysis was also performed using the visual material collected during the interview, in order to identify mental images possibly formed by the students. The evidence of learning was studied in the light of David Ausubel's Theory of Meaningful Learning. The relationships between the collected evidence and the teaching and

learning theory that support this research allowed the identification of evidence of significant learning of concepts related to Exoplanetology and Habitability.

Keywords: Habitability; Planetology; Physics Teaching; Meaningful learning; High school.

LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1 – ESQUEMA EXPLICATIVO SOBRE O BLUE SHIFT E O RED SHIFT.....	55
FIGURA 2 – REPRESENTAÇÃO DO TRÂNSITO PLANETÁRIO	56
FIGURA 3 – SISTEMA PLANETÁRIO E ZONAS ORBITAIS	61
FIGURA 4- RELAÇÃO ENTRE CLASSE ESPECTRAL ESTRELAR, DISTÂNCIA E EXTENSÃO DA ZONA HABITÁVEL	62
FIGURA 5 – 1º TRECHO DO TEXTO APOIO.....	71
FIGURA 6 - 2º TRECHO DO TEXTO APOIO	72
FIGURA 7 - 3º TRECHO DO TEXTO APOIO	72
FIGURA 8- ESQUEMA UTILIZADO PARA EXPLICAR O TRÂNSITO PLANETÁRIO NO GUIA DIDÁTICO	75
FIGURA 9 – APRESENTAÇÃO DA EQUAÇÃO PARA O CÁLCULO DA VELOCIDADE ORBITAL DO PLANETA	76
FIGURA 10 – GUIA: ESTIMANDO A MASSA DO PLANETA.....	78
FIGURA 11 – GUIA: ESTIMANDO O RAIO DO PLANETA	78
FIGURA 12– GUIA: VOLUME DO PLANETA	79
FIGURA 13 – GUIA: DENSIDADE DO PLANETA.....	80
FIGURA 14– GUIA: TEMPERATURA DO PLANETA.....	81
FIGURA 15 – GUIA: ZONA HABITÁVEL	81
FIGURA 16 - RELAÇÃO RAIO, DENSIDADE E ABUNDÂNCIA DE MATERIAIS EM PLANETAS	83
FIGURA 17- GUIA: ZONA HABITÁVEL (POSSIBILIDADES)	84
FIGURA 18 - GUIA: ARGUMENTAÇÃO SOBRE A HABITABILIDADE.....	85
FIGURA 19 - GESTO “ESTRELA A” REALIZADO PELO ESTUDANTE B 02	100
FIGURA 20 - GESTO “ESTRELA B” REALIZADO PELO ESTUDANTE B 05	100
FIGURA 21 - GESTO “ESTRELA C” REALIZADO PELO ESTUDANTE B 06	101
FIGURA 22- GESTO “PLANETA A” REALIZADO PELO ESTUDANTE B 02	101
FIGURA 23- GESTO “PLANETA B” REALIZADO PELO ESTUDANTE B 05	102
FIGURA 24- GESTO “PLANETA C” REALIZADO PELO ESTUDANTE B 07	102
FIGURA 25- GESTO “PLANETA D” REALIZADO PELA ESTUDANTE B 20	103
FIGURA 26 - GESTO “DISTÂNCIA ENTRE CORPOS A” REALIZADO PELO ESTUDANTE B 02...	103
FIGURA 27- GESTO “DISTÂNCIA ENTRE CORPOS B” REALIZADO PELA ESTUDANTE B 06....	104
FIGURA 28- GESTO “DENSIDADE (GASOSO)” REALIZADO PELO ESTUDANTE B 02	104
FIGURA 29- GESTO “ZONA HABITÁVEL A” REALIZADO PELA ESTUDANTE B 06.....	105

FIGURA 30- GESTO “ZONA HABITÁVEL B” REALIZADO PELA ESTUDANTE B 06.....	106
FIGURA 31 – GESTO “ÓRBITA A” REALIZADO PELO ESTUDANTE B02.....	107
FIGURA 32 – GESTO “SISTEMA PLANETÁRIO” REALIZADO PELO ESTUDANTE B02.....	107
FIGURA 33 – GESTO “ZONA HABITÁVEL A” REALIZADO PELO ESTUDANTE B02.....	108
FIGURA 34 – GESTO “ZONA HABITÁVEL C” REALIZADO PELO ESTUDANTE B02	108
FIGURA 35 – GESTO “ZONA HABITÁVEL D” REALIZADO PELA ESTUDANTE B19.....	109

LISTA DE QUADROS

QUADRO 1 – TRABALHOS SELECIONADOS DE ACORDO COM A METODOLOGIA DA REVISÃO “A”	24
QUADRO 2 – TRABALHOS SELECIONADOS DE ACORDO COM A METODOLOGIA DA REVISÃO “B”	26
QUADRO 3 – PRINCÍPIOS E ASPECTOS SEQUENCIAIS DAS UEPS.	40
QUADRO 4 - DENOMINAÇÃO E CRITÉRIOS CONFORME A XXVI ASSEMBLEIA GERAL DA UNIÃO ASTRONÔMICA INTERNACIONAL.....	52
QUADRO 5 -SUBCATEGORIAS DOS EXOPLANETAS GASOSOS	58
QUADRO 6-SUBCATEGORIAS DOS EXOPLANETAS ROCHOSOS.....	59
QUADRO 7- DADOS INICIAIS DO EXOPLANETA KEPLER-4B.....	74
QUADRO 8 - CLASSIFICAÇÃO DE PLANETAS CONFORME A MASSA.....	82
QUADRO 9- TIPOS DE ESTRELA	83
QUADRO 10- CATEGORIAS, FREQUÊNCIA E PERCENTUAL RESULTANTE DO USO DO PROTOCOLO REPORT ALOUD	88
QUADRO 11 - CONDIÇÃO, FREQUÊNCIA E PERCENTUAL – RELATO SOBRE A INFERÊNCIA (REPORT ALOUD)	93
QUADRO 12- SUBCATEGORIAS UTILIZADAS PARA A CLASSIFICAÇÃO DAS RESPOSTAS NAS SITUAÇÕES PROBLEMA	94
QUADRO 13 - TABELA DE FREQUÊNCIA E PERCENTUAL – SITUAÇÕES PROBLEMA (THINK ALoud).....	95
QUADRO 14 - GRAU DE EMBASAMENTO: ETAPA TEXTUAL (INDIVIDUAL).....	111
QUADRO 15 - COMPARAÇÃO DO EMBASAMENTO ENTRE A TEXTUAL E A REPORT ALOUD ..	112
QUADRO 16 –TABELA DE COMPARAÇÃO GERAL DE DADOS.....	113
QUADRO 17 – CLASSIFICAÇÕES E QUANTIDADE DE GESTOS REALIZADA	117

LISTA DE GRÁFICOS

GRÁFICO 1- DETECÇÕES CUMULATIVAS POR ANO	54
GRÁFICO 2 - GRAU DE EMBASAMENTO UTILIZANDO AS CONDIÇÕES INDICADAS.....	89
GRÁFICO 3 - INTENSIDADE DE USO DE CADA UMA DAS CONDIÇÕES APRESENTADAS	90
GRÁFICO 4 - GRAU DE EMBASAMENTO UTILIZANDO AS POSSIBILIDADES INDICADAS	91
GRÁFICO 5 - INTENSIDADE DE USO DE CADA UMA DAS POSSIBILIDADES APRESENTADAS	92
GRÁFICO 6 – CATEGORIA DE POSICIONAMENTO REFERENTE A SITUAÇÃO PROBLEMA 1.....	96
GRÁFICO 7- CATEGORIA DE POSICIONAMENTO REFERENTE A SITUAÇÃO PROBLEMA 2	97
GRÁFICO 8 – CATEGORIA DE RELAÇÕES CONCEITUAIS ASSERTIVAS.....	97
GRÁFICO 9 – CATEGORIA DE RELAÇÕES CONCEITUAIS EQUIVOCADAS.....	98

LISTA DE SIGLAS

AS- Aprendizagem Significativa

TAS- Teoria da aprendizagem significativa

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	16
1.1 JUSTIFICATIVA.....	19
1.2 PROBLEMA DE PESQUISA.....	20
1.3 OBJETIVOS.....	21
1.3.1 Objetivo geral	21
1.3.2 Objetivos específicos.....	21
2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	23
2.1 METODOLOGIA DE REVISÃO.....	23
2.2 QUADRO GERAL DE REVISÃO.....	24
2.3 DELINEAMENTO DOS TRABALHOS – REVISÃO “A”	27
2.4 DELINEAMENTO DOS TRABALHOS – REVISÃO “B”	31
2.5 CONSIDERAÇÕES SOBRE AS REVISÕES	33
3 REFERENCIAL TEÓRICO	35
3.1 APRENDIZAGEM SIGNIFICATIVA X APRENDIZAGEM MECÂNICA	35
3.2 CONDIÇÕES PARA A APRENDIZAGEM SIGNIFICATIVA.....	37
3.2.1 Conhecimento prévio	37
3.2.2 Material adequado.....	38
3.2.3 Predisposição para aprender	40
3.3 ORGANIZADORES PRÉVIOS.....	41
3.4 ASSIMILAÇÃO DE CONCEITOS.....	43
3.5 AVALIAÇÃO DA APRENDIZAGEM SIGNIFICATIVA	45
4. REFERENCIAL METODOLÓGICO.....	46
4.1 THINK ALOUD	46
4.2 REPORT ALOUD	47
4.3 ANÁLISE DE CONTEÚDO.....	48
4.3 ANÁLISE GESTUAL POR STEPHENS E CLEMENT	50
5 EXOPLANETOLOGIA E HABITABILIDADE	52
5.1 PLANETOLOGIA	52
5.2 EXOPLANETOLOGIA	53
5.2.1 Método de detecção de exoplanetas: Velocidade radial	54
5.2.2 Método de detecção de exoplanetas: Trânsito	56
5.3 CLASSIFICAÇÃO DOS EXOPLANETAS.....	57
5.4 HABITABILIDADE	60
5.4.1 Zona habitável.....	60
6 PROCEDIMENTO METODOLÓGICOS	63
6.1 PARTICIPANTES E CONTEXTO DA PESQUISA	63
6.2 ELABORAÇÃO DO MATERIAL PEDAGÓGICO.....	64
6.3. ELABORAÇÃO DA ENTREVISTA ESTRUTURADA.....	65
6.4 TESTE PILOTO	67
6.5.1 Atividades.....	68
6.5.2 Entrevistas.....	69
7 ANÁLISE DOS RESULTADOS	70
7.1 ELABORAÇÃO DO GUIA DIDÁTICO	70
7.1.1 Texto introdutório.....	71
7.1.2 Seleção do exoplaneta a ser estudado	73
7.1.3 Determinação de características	74
7.1.4 Classificação do exoplaneta	82
7.1.5 Possibilidades (casos extremos).....	84
7.1.6 Inferência.....	85
7.2 ANÁLISE TEXTUAL.....	86
7.2.1 Análise da inferência – Guia didático.....	87

7.2.2 <i>Análise da inferência –Report Aloud</i>	92
7.2.3 <i>Análise das situações problema - Think Aloud</i>	93
7.3 ANÁLISE GESTUAL.....	98
7.3.1 <i>Report Aloud</i>	99
7.3.2 <i>Think Aloud</i>	106
8 DISCUSSÃO DOS RESULTADOS E A RELAÇÃO COM O REFERENCIAL TEÓRICO.....	110
8.1 DISCUSSÃO DA INFERÊNCIA – ETAPA TEXTUAL.....	110
8.2 DISCUSSÃO DA INFERÊNCIA – ETAPA REPORT ALOUD.....	112
8.3 DISCUSSÃO DAS SITUAÇÕES PROBLEMA – ETAPA THINK ALOUD	113
8.4 ANÁLISE DAS POSSIBILIDADES DE APRENDIZAGEM	115
8.5 ANÁLISE GESTUAL	116
CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	118
REFERENCIAS.....	122
APÊNDICE A- PRÉ-TESTE IDEALIZADO INICIALMENTE	128
APÊNDICE B – NOVO MODELO DE PRÉ E PÓS TESTE (<i>BLANK SHEET TEST</i>).....	130
APÊNDICE C - GUIA DIDÁTICO.....	131
APÊNDICE D – ENTREVISTA SEMIESTRUTURADA	139
APÊNDICE E – TERMO DE ASSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO	141
APÊNDICE F – TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO	143
APÊNDICE G- TERMO DE AUTORIZAÇÃO USO DE IMAGEM, NOME E VOZ	145
APÊNDICE H – CARTA DE ANUÊNCIA	147
APÊNDICE I- VERSÃO ADAPTADA DO “TERMO DE ASSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO”	148
APÊNDICE J- VERSÃO ADAPTADA DO “TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO (PARA MENORES DE IDADE)”	152
APÊNDICE K- VERSÃO ADAPTADA DO “TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO (PARA MAIORES DE IDADE)”	158

1 INTRODUÇÃO

A existência dos exoplanetas já era teorizada pelo menos desde 1584, por Giordano Bruno (1548-1600). Depois da detecção dos primeiros exoplanetas no ano de 1992, conforme Rocha (2019), o tema continua crescendo no meio científico. Ao longo dos 28 anos decorridos desde a detecção dos primeiros exoplanetas, até o momento em que esta pesquisa é redigida, já foi confirmada a existência de mais de 5 mil exoplanetas. Tudo isso graças à execução de diversas missões espaciais, que estariam, direta ou indiretamente, relacionadas à busca desses exoplanetas. Segundo o banco de dados do Laboratório de Habitabilidade Planetária (LHP), da Universidade de Porto Rico, dos mais de 5 mil exoplanetas encontrados, 55 apresentam um grande potencial para abrigarem vida da mesma forma como a Terra abriga. Fator este que nos leva a acreditar que, em tais planetas, a vida possa se desenvolver.

O crescimento da área da Astronomia de forma geral ocasionou um despertar perante a necessidade do desenvolvimento de tais conceitos na educação básica. Notamos que tais necessidades são supridas com a nova Base Nacional Comum Curricular (BNCC) (BRASIL, 2017), que rege os conceitos e objetivos da educação básica no Brasil.

O tema selecionado apresenta uma drástica disparidade na quantidade de artigos voltados para a pesquisa e para o ensino. Ao realizarmos uma revisão de literatura, verificamos a multiplicidade da temática dentro do estudo da Física. O estudo dos exoplanetas pode facilmente transpassar a disciplina da Física e contemplar as disciplinas de Astronomia, Química, Biologia, como as demais áreas do conhecimento. Visualizamos que o potencial desta pesquisa está no fornecimento de subsídios pedagógicos aos professores de Ciências que desejam se utilizar desta temática não somente no Ensino Médio, mas também no Ensino Fundamental.

Como profissionais que atuam na escola pública, percebemos a carência de subsídios didático metodológicos para a realização de episódios educacionais que contemplem o que é previsto pela BNCC. Acreditamos que as competências e as habilidades da área de ciências da natureza podem ser desenvolvidas através de temas geradores, que venham a dar significado ao que é aprendido. Pressupomos que o modelo de educação, apresentado pela BNCC só poderá atingir o seu potencial máximo, através da especialização dos profissionais atuantes e da qualificação de futuros profissionais, voltadas a BNCC.

Na transposição didática realizada neste projeto, selecionamos como público-alvo os estudantes do segundo e do terceiro ano de uma escola pública do Ensino Médio. Acreditamos que nesta etapa de ensino os estudantes já tiveram contato com os conceitos da Física, necessários para a compreensão, teórica e matemática, das atividades pedagógicas que foram propostas aos estudantes pelo guia didático.

A temática selecionada para esta pesquisa contempla seis objetivos previstos para a área de Ciências da Natureza no Ensino Médio pela BNCC. Isto possibilita o desenvolvimento de uma temática diferenciada, que, ainda assim, contemple os conceitos que devem ser desenvolvidos na presente etapa de ensino.

Acreditamos ter propiciado o desenvolvimento de uma aprendizagem efetiva e duradoura dos conceitos atrelados à Exoplanetologia e Habitabilidade. Sendo a Exoplanetologia uma área de estudos, que possui o intuito de detectar e estudar planetas que estão fora do Sistema Solar. Já a Habitabilidade pode ser compreendida como uma forma de avaliação de um determinado ambiente, em termo da possibilidade do desenvolvimento da vida. Por conseguinte, o estudo conjunto destas temáticas propiciou aos estudantes a experiência de analisar um exoplaneta e avaliá-lo dentro de padrões específicos para a Habitabilidade.

Para tornar possível este tipo de aprendizado, adotamos como referencial teórico desta pesquisa a teoria da aprendizagem significativa (TAS) de Ausubel, Novak e Hanasain (1968). De acordo com Moreira, “a aprendizagem significativa se caracteriza pela interação entre conhecimentos prévios e conhecimentos novos, e que essa interação é não-litera e não-arbitrária.” (MOREIRA, 2012, p. 2). Sendo assim, a relação entre os conhecimentos prévios e os novos conhecimentos emerge como uma das condições para que este tipo de aprendizagem ocorra. Conforme o autor, a aprendizagem significativa (AS) não segue uma lógica precisa e universal, uma vez que diferentes estudantes apresentam diferentes conhecimentos prévios e podem assimilar os novos conhecimentos diferentemente uns dos outros. A teoria denomina os conhecimentos prévios como subsunçores, descrevendo-os como conhecimentos específicos que existem “na estrutura de conhecimentos do indivíduo, que permite dar significado a um novo conhecimento que lhe é apresentado ou por ele descoberto” (MOREIRA, 2012, p. 2). Sendo assim, a AS surge através das relações estabelecidas entre os subsunçores e os novos conhecimentos.

Os dados coletados através dos trabalhos efetuados em todas as etapas da pesquisa, incluindo a transcrição das entrevistas, terão seus textos analisados com

base na análise de conteúdo de Bardin (2016). Conforme a autora, a análise de conteúdo pode ser encarada como “um conjunto de técnicas de análise das comunicações” (BARDIN, 2016, p. 31), sendo um instrumento maleável e adaptável a diversos campos de aplicação. Este tipo de análise possibilita tanto a decodificação dos significados atrelados à mensagem, quanto dos significantes. Contudo, a utilização deste tipo de análise nos permitirá determinar os subsunçores que apresentam maior predominância e como estes podem ter interferido ou não nos conhecimentos construídos com a realização das atividades.

As entrevistas realizadas após a execução das atividades pedagógicas utilizaremos das técnicas “*Think aloud*” e “*Report Aloud*”. Em tradução literal, “*Think aloud*” significa “pensando em voz alta” (tradução nossa), sendo assim, conforme Van-Someren; Barnard; Sandberg (1994), consiste na externalização do pensamento durante a realização de alguma questão problema. Sendo possível identificar os conceitos relacionados para culminar em uma possível solução. Já a técnica “*Report aloud*”, do português “Relato em voz alta” (tradução nossa) é compreendida como o relato acerca de uma situação problema já solucionada pelo estudante. De acordo com Trevisan (2019) durante uma entrevista é solicitado ao entrevistado que relate o que estava pensando quando realizava algum processo ou respondia a determinadas questões problema. Assim torna-se possível identificar quais processos cognitivos ocorreram enquanto o estudante realizava as atividades, permitindo que a construção deste conhecimento seja profundamente explorada.

Além das informações verbalizadas pelos estudantes durante as entrevistas, serão analisados também os gestos que eles executaram. A avaliação dos gestos ocorrerá com base no trabalho de Stephens e Clement (2010). Assim como estes autores, “acreditamos que os gestos forneçam pelo menos uma janela parcial para as imagens mentais do sujeito” (STEPHENS; CLEMENT, 2010, p. 3, tradução nossa); contudo, nosso enfoque está nos gestos representativos. Os autores descrevem os gestos representativos como um subconjunto de gestos, o qual pode ser utilizado para descrever objetos, caracterizar a existência de forças ou ainda descrever algum evento. Conforme os autores, evidências sugerem que os gestos realizados podem trazer à tona pensamentos que não foram verbalizados. No entanto, agregando a análise textual e a gestual, acreditamos fortemente no surgimento de evidências da AS.

Abarcando seis objetivos estipulados para a etapa, conforme a BNCC, e servindo de subsídio pedagógico para professores da área de Ciências da Natureza,

esperamos que as concepções e resoluções apresentadas por esta pesquisa possam inspirar e auxiliar no desenvolvimento de conceitos ligados à Astronomia com estudantes do Ensino Médio. Além da presente dissertação de mestrado, esta pesquisa possibilitou a publicação de um artigo (MICHAELSEN et al., 2021), que deverá ser acompanhado por outros, tendo finda a análise final.

1.1 JUSTIFICATIVA

Diante da realidade do ensino de Ciências na prática, em sala de aula e após a aprovação da BNCC, concebemos esta pesquisa como uma oportunidade de levar para as salas de aula, de forma didática e significativa, uma abordagem alternativa, porém fundamentada, para o ensino de Astronomia. Ao analisar as habilidades atribuídas à área de Ciências da Natureza no Ensino Médio, percebemos que o estudo do tema proposto pode abarcar 5 das 23 habilidades constantes na BNCC, sendo elas:

(EM13CNT201) Analisar e utilizar modelos científicos, propostos em diferentes épocas e culturas para avaliar distintas explicações sobre o surgimento e a evolução da Vida, da Terra e do Universo.

(EM13CNT203) Avaliar e prever efeitos de intervenções nos ecossistemas, nos seres vivos e no corpo humano, interpretando os mecanismos de manutenção da vida com base nos ciclos da matéria e nas transformações e transferências de energia.

(EM13CNT204) Elaborar explicações e previsões a respeito dos movimentos de objetos na Terra, no Sistema Solar e no Universo com base na análise das interações gravitacionais

(EM13CNT205) Utilizar noções de probabilidade e incerteza para interpretar previsões sobre atividades experimentais, fenômenos naturais e processos tecnológicos, reconhecendo os limites explicativos das ciências. (BRASIL, 2018, p. 543, grifos nossos).

(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. 545, grifos nossos).

Os conceitos passíveis de desenvolvimento dentro da temática de Planetologia e Habitabilidade vão ao encontro da proposta educacional apresentada para o Ensino Fundamental na própria BNCC. A área de Ciências da Natureza propicia aos estudantes o subsídio conceitual para a compreensão de conceitos mais complexos. Conforme a Base, a construção dos currículos de Ciências foi organizada ao longo de três unidades temáticas, que se repetem no decorrer de toda a etapa de ensino. As

unidades temáticas “Matéria e energia”, “Vida e evolução” e “Terra e Universo” são desenvolvidas ano após ano, com progressivo grau de dificuldade. Assim, percebemos que a Astronomia perpassa todo o Ensino Fundamental, preparando o estudante do Ensino Médio para a realização de atividades com um alto nível de complexidade.

Visualizamos também a presença e a significância da Astronomia no currículo regional. Segundo o trabalho de Vernier (2019), durante os procedimentos de implementação da BNCC, o estado do Rio Grande do Sul produziu o Referencial Curricular Gaúcho (RIO GRANDE DO SUL, 2018). De acordo com a autora, o referencial surge como o resultado da discussão acerca das competências trazidas pela BNCC. Este referencial norteia os currículos no Estado e, de acordo com Vernier (2019), busca “integrar as propostas curriculares das redes municipal, estadual e privada de ensino” (VERNIER, 2019, p. 22). Conforme a autora, a Astronomia é uma área de estudos que favorece o desenvolvimento de práticas solicitadas pelo Referencial Curricular Gaúcho. Conforme ele, “os estudantes devem ser motivados para ir além do conjunto de etapas predefinidas, exercitar a observação, a experimentação e a investigação” (RIO GRANDE DO SUL, 2018, p. 49).

Por conseguinte, visualizamos esta pesquisa como a oportunidade ideal para o desenvolvimento de uma unidade de ensino. E que, além disso, sirva de apoio para os professores do Ensino Médio, bem como inspire novas práticas de ensino junto aos demais professores de Ciências do Ensino Médio.

1.2 PROBLEMA DE PESQUISA

De nada vale explorar um tema relevante e interessante aos olhos do estudante se este tema for desenvolvido de forma mecânica. Moreira (2012) define a aprendizagem mecânica como “aprendizagem memorística” e “sem significado”. Desta forma, torna-se possível o esquecimento total. Utilizando-se dos conceitos apresentados pela AS, esperamos desenvolver tais conceitos de modo que adquiram uma “estabilidade cognitiva”. Esta estabilidade procede da interação entre o conhecimento prévio e o novo conhecimento. Através desta interação, os novos conhecimentos adquirem valores significativos e permanecem por mais tempo no cognitivo do estudante. Delimitamos a execução desta pesquisa a estudantes do Ensino Médio, devido à maturidade dos estudantes, bem como ao domínio da matemática necessária e às habilidades

previstas na BNCC que estão direta ou indiretamente ligadas à proposta que estamos desenvolvendo. Diante destas ideias, surgiu a seguinte pergunta de pesquisa:

Como ensinar conceitos ligados à Exoplanetologia e Habitabilidade no Ensino Médio de forma a propiciar uma aprendizagem significativa?

1.3 OBJETIVOS

1.3.1 Objetivo geral

Desenvolver o ensino de Exoplanetologia e da Habitabilidade no Ensino Médio, de forma a fomentar a ocorrência de aprendizagem significativa.

1.3.2 Objetivos específicos

- Elaborar um guia didático que vá ao encontro das habilidades propostas na BNCC;
- Desenvolver os conceitos ligados à Planetologia e Habitabilidade, utilizando dados reais obtidos através da exploração dos dados coletados em missões espaciais;
- Utilizar uma matemática adequada ao nível de instrução dos estudantes, para dimensionar a zona habitável e determinar características tanto do planeta, quanto da estrela que este orbita;
- Discutir as possíveis condições para que este planeta abrigue vida da forma como conhecemos;
- Analisar a argumentação científica dos estudantes sobre a Habitabilidade do exoplaneta estudado, englobando de forma ampla todos os conceitos desenvolvidos no guia;
- Analisar os gestos realizados pelos estudantes, a fim de identificar evidências de imagens mentais;

- Levantar evidências do possível desenvolvimento da aprendizagem significativa das relações entre diferentes conceitos físicos que implicam na Habitabilidade.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Este capítulo apresenta a revisão de bibliografia realizada para a elaboração desta pesquisa. Esta revisão teve como o propósito principal identificar de que forma as pesquisas mais recentes em ensino abordavam o ensino de tópicos ligados à Planetologia e à Habitabilidade.

2.1 METODOLOGIA DE REVISÃO

A busca foi realizada, primeiramente, no banco de dados de resumos e citações Scopus. Este banco conta com dados de artigos, teses e dissertações de mais de 5.000 instituições, sejam elas acadêmicas, governamentais ou corporativas. Posteriormente, foram investigados portais de revistas internacionais, conforme a lista abaixo:

- Lista de portais pesquisados (Revisão A): Eric, Scimago Journal & Country Rank, Wiley Online Library, International Journal of Science Education, European Journal of Science Education, American Journal of Physics, The Physics Teacher, Physics Education.

Os portais mencionados acima são componentes da revisão bibliográfica “A”, para os quais foram utilizadas como palavras-chave: “exoplanet”, “extra solar planet”, “teaching”, “learning”, “instruction” e “education”.

A fim de identificar trabalhos desenvolvidos no Brasil e em países da América Latina, realizamos uma nova etapa de pesquisa bibliográfica, à qual iremos nos referir como revisão bibliográfica “B”. Nesta revisão nos dedicamos a identificar trabalhos nos seguintes portais pesquisados:

- Lista de portais pesquisados (Revisão B): Revista Brasileira do Ensino de Física, Caderno Brasileiro do Ensino de Física, Alexandria, Revista Latino-Americana de Educação em Astronomia, Portal de periódicos da Capes, Google Acadêmico.

As palavras-chave utilizadas para a revisão bibliográfica “B” foram: “exoplaneta”, “ensino” e “física”. O período de buscas dos dois processos de revisão realizados compreendeu 10 anos (de 2011 a 2020). Estipulamos este período com o intuito de identificar os trabalhos mais atuais desenvolvidos com a temática.

2.2 QUADRO GERAL DE REVISÃO

Dentro dos parâmetros especificados, foram encontrados 133 trabalhos na revisão “A”. Um número pequeno se comparado ao número de artigos gerais sobre exoplanetas – inserindo-se apenas “exoplanet” como palavra-chave, foram encontrados 794 trabalhos para o mesmo período. Dos 133 trabalhos encontrados, foram excluídos aqueles que tratavam de “*machine learning*”, restando assim apenas 11 artigos relacionados ao ensino. Mesmo desenvolvendo um trabalho com o enfoque no Ensino Médio, exploramos também trabalhos voltados ao Ensino Superior, pois estamos cientes da escassez de publicações envolvendo esta temática. Mais detalhes sobre estes trabalhos estão presentes no Quadro 1.

Quadro 1 – Trabalhos selecionados de acordo com a metodologia da revisão “A”.

Nome do trabalho	Instituição	Autor (Autores)	Público-alvo	Ano de publicação
The development and Validation of the Planet Formation Concept Inventory	The University of Arizona	Molly N. Simon, Edward E. Prather, Sanlyn R. Buxner e Chris D. Impey	Ensino Superior	2019
Motivating introductory physics students using astronomy and space science	Colgate University	Joe Amato	Ensino Superior	2016
Exoplanet Science in the Classroom: Learning Activities for an Introductory Physics Course	United States Air Force Academy	Devin Della-Rose, Randall Carlson, Kimberly de La Harpe, Steven Novotny e Daniel Polsgrove	Ensino Superior	2018
The Zadko telescope: A resource for science education enrichment	The University of Western Australia	D. M. Coward, A. Heary, G. Venville, M. Todd, M. Laas-Bourez, M. Zadnik, A. Klotz, M. Boër, N. Longnecker	Ensino Médio	2011
Characterization of transiting exoplanets by way of differential photometry	Macquarie University	Michael Cowley e Stephen Hughes	Ensino Médio	2019

Extrasolar planets in the classroom	University of Birmingham	Samuel J. George	Ensino Médio e Superior	2011
Using online telescopes to explore exoplanets from the physics classroom	Harvard University	Roy R. Gould, Susan Sunbury e Ruth Krumhansl	Ensino Médio	2011
Searching for potentially habitable extra solar planets: a directed-study using real data from the NASA Kepler-Mission	University of Michigan	Michael C. LoPresto e Hector Ochoa	Ensino Superior	2017
I Am Sure There May Be a Planet There: Student articulation of uncertainty in argumentation tasks	University of California	Zoë E. Buck, Hee-Sun Lee e Joanna Flores	Ensino Superior	2014
A demonstration setup to simulate detection of planets outside the solar system	Mahidol University	W. Choopan, W. Ketpichainarong, P. Laosinchai e B. Panijpan.	Ensino Superior	2011
Is there life on exoplanet Maja? A demonstration for schools	University of Ljubljana	Gorazd Planinsic e Rick Marshall	Ensino Médio e Superior	2012

Fonte: Elaborado pelo Autor.

Analisando o Quadro 1, percebemos que a maior parte dos artigos encontrados tem o Ensino Superior como foco. Dos trabalhos restantes, três foram desenvolvidos com foco no Ensino Médio e dois apresentam conceitos que servem tanto para o Ensino Médio quanto para o Ensino Superior. Todos os trabalhos mencionados no Quadro 1 são artigos publicados em revistas científicas.

No processo de revisão bibliográfica “B”, foi encontrado um total de 20 trabalhos. Na sequência foram descartados os trabalhos que não estavam diretamente relacionados ao ensino, restando assim seis trabalhos tidos como relevantes. Destes trabalhos, quatro são dissertações de mestrado, um deles foi publicado em um simpósio ligado à educação e o último deles é um artigo científico publicado na Revista Brasileira do Ensino de Física.

Quadro 2 – Trabalhos selecionados de acordo com a metodologia da revisão “B”.

Nome do trabalho	Tipo de literatura	Instituição	Autor (Autores)	Público-alvo	Ano de publicação
FÍSICA MODERNA E CONTEMPORÂNEA NO ENSINO MÉDIO: UMA PROPOSTA DIDÁTICA BASEADA NOS TRÊS MOMENTOS PEDAGÓGICOS UTILIZANDO A ASTRONOMIA COMO TEMÁTICA CENTRAL	Dissertação de mestrado	Universidade Federal do Espírito Santo	Robson Leone Evangelista	Ensino Médio	2016
EXISTE VIDA FORA DA TERRA? UMA PROPOSTA DE UNIDADE DE ENSINO UTILIZANDO O TEMA EXOPLANETAS	Participação em simpósio	Instituto Federal do Rio de Janeiro	Telma de Fátima Clarita Carvalho, André Lucas Maia, Aline Tiara Mota	Ensino Médio	2018
ENSINO DE ASTRONOMIA NO CONTEXTO DAS DESCOBERTAS DE EXOPLANETAS	Dissertação de mestrado	Universidade Federal do Rio Grande do Norte	Alcione Maria de Azevedo Rocha	Ensino Médio	2019
ELABORAÇÃO DE UMA SEQUÊNCIA DIDÁTICA EM ASTROBIOLOGIA PARA O ENSINO FUNDAMENTAL 2	Dissertação de mestrado	Universidade de São Paulo	José Ivan Spinardi	Ensino Fundamental	2017
Integrando o ensino de astronomia e termodinâmica: explorando a zona habitável no diagrama de fases da água	Artigo científico	Universidade de Brasília	Maria Licia de Lima Farias, Marco Aurélio A. Barbosa	Não Especificado	2017
Exoplanetas como tópico de Astronomia motivador e inovador para o	Dissertação de mestrado	Universidade Federal do	Mauricio Henrique de Andrade	Ensino Médio	2012

ensino de Física no En- sino Médio		Rio Grande do Sul			
---------------------------------------	--	----------------------	--	--	--

Fonte: Elaborado pelo Autor.

Abaixo apresentamos um delineamento de cada artigo, seguindo a ordem apresentada no quadro.

2.3 DELINEAMENTO DOS TRABALHOS – REVISÃO “A”

O trabalho de Simon e colaboradores (2019) apresenta um recurso educacional desenvolvido para estudantes do Ensino Superior. Este recurso foi apresentado em forma de teste e tem o potencial de diferenciar estudantes conforme os conhecimentos que eles possuem referentes ao conceito de formação de planetas. Além disso, os autores acreditam que o teste pode auxiliar na verificação do grau de compreensão de determinados conceitos, depois de estes serem desenvolvidos em sala de aula. Torna-se assim um recurso com potencial para auxiliar no aprimoramento de processos pedagógicos. Notamos que, indiretamente, através do uso desse teste, é possível identificar relações entre o que os estudantes já sabiam e o que foi aprendido, ressoando o conceito de subsunção apresentado por Moreira (2012).

De acordo com Amato (2016), raramente passamos mais de uma semana sem receber alguma notícia advinda dos meios de comunicação, referente a descobertas envolvendo conceitos diretamente ligados à Astronomia. Fatores estes que acabam mantendo uma boa visibilidade para o tema e, muitas vezes, até despertando o interesse dos leitores por esse tipo de conteúdo. O autor defende em seu artigo a utilização da Astronomia como tema de ensino de Física, para que assim novos conceitos sejam apresentados da forma mais natural e excitante. Nele é apresentada uma série de tópicos que podem ser utilizados para introduzir conceitos atrelados à Física mecânica e também à mecânica clássica. Dirigido a professores, o trabalho de Amato (2016) desperta diversas conexões possíveis entre a sala de aula e o cosmos. Seguindo a mesma temática, a presente pesquisa usará dos conceitos possivelmente aprendidos pelos estudantes em sala de aula. Assim, fará a aplicação dos mesmos conceitos dentro do contexto proposto para esta pesquisa.

Em seu trabalho, Della-Rose e colaboradores (2018) descrevem um aplicativo para dispositivos móveis desenvolvido por eles. Este apresenta dados sintéticos sobre

exoplanetas para introduzir conceitos físicos, demonstrando como estimar características de um exoplaneta a partir de dados reais e de processos matemáticos simples. Esse trabalho demonstrou-se fundamental para o desenvolvimento do nosso guia didático. Os processos matemáticos nele apresentados apresentam um grau de complexidade compatível com a compreensão do público pesquisado – provendo assim a estrutura matemática para a utilização de dados reais. Fator extremamente benéfico e impressionante, segundo os estudantes que participaram da pesquisa.

A utilização de equipamentos de precisão e a possibilidade de participação em pesquisas astronômicas reais passam a ser uma realidade para estudantes, através da utilização do telescópio australiano Zadko. Coward e colaboradores (2011) apresentam em seu trabalho um recurso educacional constituído de uma plataforma *online* que permite acesso remoto a imagens e dados coletados diretamente do telescópio. Deste modo, o dispositivo acaba não somente beneficiando os estudantes locais, mas também encorajando e enriquecendo o aprendizado de diversos estudantes em países europeus. Destinado à pesquisa, ao treinamento e à educação científica, acredita-se que a utilização deste recurso desperte o interesse dos estudantes em aprender ciências. A leitura deste trabalho nos incentivou ainda mais à utilização de dados reais para o desenvolvimento do guia didático. Assim como nesse artigo, desenvolvemos uma pesquisa, claro que limitada aos dados apresentados no guia e aos conhecimentos prévios dos estudantes. Ainda assim, foi possível explorar a capacidade de interpretação dos dados, com base no que os estudantes já sabiam e/ou aprenderam com o guia.

Cowley e Hughes (2014) apresentam em seu artigo uma atividade desenvolvida para introduzir conceitos básicos ligados à astrofísica e compreender a ciência planetária. Esta atividade tem como base a utilização de um *software* de edição de imagens para analisar imagens geradas por telescópios, através do qual é possível identificar determinadas características dos corpos celestes analisados. Nesse trabalho encontramos muitas possibilidades para o desenvolvimento dos conceitos ligados à paleologia e até mesmo à Habitabilidade. Porém, o grau de instrução necessário para a realização desta excede o que visualizamos como ideal para o estudante do Ensino Médio de uma escola pública – ao qual a presente pesquisa de mestrado se dirige.

O método de detecção de trânsito é muito utilizado na identificação de exoplanetas e na determinação das características dos mesmos. Em seu trabalho, George (2011) apresenta um experimento de laboratório que permite detectar exoplanetas

através do método de trânsito. O experimento consiste na análise de dados relacionados à variação do brilho de uma estrela utilizando-se de *softwares* de análise quantitativa, como o Microsoft Excel. Como mencionado anteriormente, o brilho observável da estrela acaba diminuindo durante o período de eclipse, oscilação essa que deve repetir-se harmonicamente para que seja comprovada a existência de um exoplaneta. Este experimento demonstra ter um grande potencial para a apresentação de conceitos astronômicos. Consideramos a ideia interessante e acreditamos que a melhor forma de este experimento ser desenvolvido seja presencialmente. Tendo em vista que a situação pandêmica modificou as intenções iniciais desta pesquisa, optamos por guardar nossas ideias para desenvolvê-las em um momento mais oportuno.

De acordo com Gould e colaboradores (2012), a busca por exoplanetas que estejam dentro da zona habitável é uma ótima oportunidade para compreender diversos conceitos ligados à Física. As atividades apresentadas no artigo foram realizadas com estudantes que tinham interesse em cursar Física no Ensino Superior, as quais foram testadas em 14 estados norte-americanos. Conforme os autores, mediante ajustes e a inclusão de desafios, estas atividades também podem ser utilizadas nas disciplinas introdutórias dos cursos de Física do Ensino Superior. Uma quantidade impressionante de atividades é descrita nesse artigo; acreditamos que, com um aprofundamento no projeto realizado pelos autores, é possível extrair várias ideias para projetos futuros. As ideias suscitadas através da leitura desse artigo certamente serão utilizadas em momentos mais oportunos. Idealizamos a aplicação destas em um laboratório onde todos os estudantes tenham iguais condições de realização destes experimentos.

No estudo apresentado por LoPresto e Ochoa (2017), os dados da missão Kepler são analisados por completo na busca de exoplanetas possivelmente habitáveis. Durante a missão realizada pela National Aeronautics and Space Administration (NASA), mais de 2.000 exoplanetas foram detectados. Depois de apresentar os conceitos atrelados à zona habitável, os autores apresentam uma sequência de filtros a serem aplicados sobre esses dados. Os dados da missão podem ser tratados com algum *software* para a construção de planilhas, como o Microsoft Excel e o Google Planilhas. Depois de realizar a filtragem, é possível constatar quais são os planetas possivelmente habitáveis encontrados na missão. Tal processo pode ser realizado tanto no Ensino Médio quanto no Ensino Superior, desde que esteja adaptado a cada etapa de ensino. Toda a sequência de filtros e a razão para a execução dos mesmos

são muito bem explicadas ao longo desse trabalho, incluindo as equações e os parâmetros definidos para o dimensionamento da zona habitável. Estas ideias se encaixaram muito bem com a nossa proposta para a presente pesquisa, sendo possível visualizar algumas delas em nosso guia didático.

A construção da argumentação científica em meio às incertezas é explorada no trabalho de Buck e colaboradores (2014). Através de simulações com dois métodos de detecção de exoplanetas, os estudantes realizaram tarefas que envolviam “alegação, explicação, classificação da incerteza e fundamento da incerteza”. Com este tipo de exploração, é possível proporcionar aos estudantes uma experiência relacionada às ciências desenvolvidas em laboratórios – onde geralmente a inferência de informações depende tanto dos dados analisados quanto da forma com a qual estes dados são analisados. A argumentação e a defesa de um posicionamento científico têm o potencial de demonstrar como o estudante visualiza algum fenômeno e no que o mesmo acredita com base nos seus conhecimentos, valores e julgamentos. Pensando nisso, adotamos como objeto de análise a argumentação dos estudantes, para que, através dessa, fosse analisado tudo aquilo que o estudante já conhecia e/ou o que acabou de compreender com a realização do guia didático.

As diferenças entre os diversos métodos de detecção são apresentadas de forma muito didática no trabalho de Choppan e colaboradores (2011). Os autores desenvolveram um modelo psicofísico¹ de uma estrela e de um planeta. Com o modelo, torna-se simples diferenciar o método de detecção por velocidade radial, do método de trânsito. Através de um *datalogger*, é possível reproduzir com o experimento psicofísico gráficos muito similares aos encontrados nos bancos de dados de exoplanetas. Uma clara ligação entre a simulação e os dados reais obtidos. A atividade apresenta-se muito promissora para a explanação inicial dos conceitos ligados à detecção de exoplanetas. Uma ideia que certamente utilizaremos na realização de projetos futuros, em momentos mais oportunos, quando houver uma maior segurança contra a COVID19, para a realização de trabalhos, pesquisas e projetos de forma presencial.

Nos últimos anos, a crescente descoberta de exoplanetas impulsionou a área da Exobiologia. Além da temperatura ideal, é necessária uma determinada combinação de elementos químicos para que a vida possa surgir da mesma forma como surgiu

¹ Segundo Freitas e Serrano (2017), a abordagem psicofísica se utiliza de mecanismos externos, possibilitando que estudantes possam visualizar ou manipular estes mecanismos para compreender determinado conceito físico.

na Terra. Em seu trabalho, Planinsic (2012) descreve algumas técnicas que permitem o mapeamento da composição química de exoplanetas. Este mapeamento ocorre através da análise do espectro de luz refletido pelo exoplaneta. Experimentos ligados à espectroscopia podem ser desenvolvidos com matérias de baixo custo, como apresentado no trabalho de Anjos e Serrano (2018). A relação entre os conceitos químicos, físicos e biológicos no contexto astronômico demonstra-se como um bom caminho para a construção de futuros projetos interdisciplinares envolvendo tais disciplinas.

2.4 DELINEAMENTO DOS TRABALHOS – REVISÃO “B”

A dissertação de mestrado de Evangelista (2016) apresenta uma proposta didática que tem a Astronomia como temática central de estudos. O autor utiliza-se desta temática para desenvolver conceitos ligados à fotometria, à espectroscopia e ao estudo da estrutura da matéria. Como estratégia, o autor utiliza-se da dinâmica dos Três Momentos Pedagógicos. Nesta dinâmica, é realizada uma problematização inicial, que é seguida pela organização dos conhecimentos e pela aplicação destes conhecimentos. Foram realizados um pré-teste, um pós-teste e uma entrevista com cada um dos educandos. Com os materiais coletados, o autor conseguiu avaliar a significância das atividades para os estudantes, concluindo que houve uma boa recepção e que houve evidências da AS de conceitos básicos das Físicas Moderna e Contemporânea.

O trabalho de Carvalho e colaboradores (2018) apresenta uma proposta de unidade de ensino que tem como tema central os exoplanetas. A proposta parte do questionamento sobre a existência de vida em outros planetas, no intuito de despertar a curiosidade presente nos estudantes. Os autores procuram oportunizar momentos de reflexão sobre as condições necessárias para que um exoplaneta possa desenvolver a vida, mas também sobre a forma como um exoplaneta é detectado. No trabalho é salientada a importância do estudo da Astronomia conforme os Parâmetros Curriculares Nacionais (PCN), e a pretensão dos autores é a de discernir ideias advindas do senso comum e de obras de ficção, das ideias advindas da comunidade científica. A proposta aparentemente não apresenta fundamentação em nenhuma teoria de aprendizagem, ao menos nenhuma foi mencionada ao longo do trabalho; porém, nela conceitos ligados à Habitabilidade são postos em discussão na sala de aula.

A pesquisa de Rocha (2019) traz uma sequência didática que enfatiza o estudo da descoberta de exoplanetas. Esta sequência foi desenvolvida utilizando-se dos Três Momentos Pedagógicos. Técnica esta que consiste na “problematização inicial”, em que é analisado o conhecimento prévio dos estudantes acerca da temática. Seguida da “organização do conhecimento”, pela qual os conteúdos são apresentados aos alunos. Tendo como terceiro momento e última etapa a “aplicação do conhecimento”, quando este será utilizado para analisar e interpretar tanto a situação-problema inicial, quanto as demais situações. Os conteúdos que foram desenvolvidos nesta sequência didática foram selecionados com base nos eixos estruturadores dos PCN e na versão mais atual da BNCC, disponível no ano em que o estudo foi realizado. Esta sequência didática foi desenvolvida junto a professores de Física em formação inicial, na forma de um curso de extensão, e contou com quatro sequências de ensino, quatro tópicos a serem debatidos entre os licenciandos em Física. Como resultado, foi verificado que o curso de extensão forneceu subsídios para que seus participantes construíssem os conhecimentos necessários para desempenhar o ensino da temática. A autora constatou a necessidade de reformulação da disciplina de Astronomia Observacional para a inclusão da temática “exoplaneta”. Uma vez que os professores em formação não têm contato com a temática em seus respectivos cursos de graduação, o ensino desta nas salas de aula da educação básica será cada vez mais deficitário.

No trabalho de Spinardi (2017), uma proposta didática envolvendo tópicos de Astrobiologia foi desenvolvida e analisada. A proposta teve como público-alvo estudantes da oitava série do Ensino Fundamental. O intuito da pesquisa era de identificar como os estudantes constroem as concepções ligadas à possibilidade de existência de vida extraterrestre, utilizando como ponto de partida conceitos ligados à Astronomia e à Ciência que foram abordados em sala de aula. No decorrer de cinco aulas, foi observada a evolução conceitual dos estudantes de acordo com indicadores de alfabetização científica. Foram observados os posicionamentos adotados pelos estudantes, frente a situações de conflito cognitivo. O pesquisador promoveu o papel do professor como mediador e fomentador da construção do conhecimento, permitindo que os alunos organizassem e construíssem o próprio conhecimento, a partir do fornecimento de materiais didaticamente relevantes. Os resultados da pesquisa mostraram a evolução destes estudantes, que os levaram a utilizar-se de habilidades próprias do fazer científico, como a formulação de hipóteses e a utilização de justificativas.

O trabalho de Lima e Barbosa (2017) apresenta a ideia de utilizar a astrobiologia para complementar o ensino e a aprendizagem de termodinâmica. Nesta abordagem, os autores introduzem o conceito de zona habitável, relacionando-o com o diagrama de fases da água. A discussão ocorre em torno das condições de cada um dos planetas do sistema solar, considerando a temperatura e a pressão em cada um deles e comparando-os com o diagrama de fases. Esta interação entre conceitos visa utilizar-se da astrobiologia para contextualizar o ensino da termodinâmica. Os autores acreditam que a interdisciplinaridade da astrobiologia pode potencializar a compreensão tanto dos conceitos da termodinâmica quanto dos conceitos ligados ao surgimento e à origem da vida.

Em sua monografia, Andrade (2012) desenvolveu uma experiência didática, na qual se utilizou do ensino de Astronomia como fator motivador para o ensino de Física. O material desenvolvido por Andrade tem ênfase em exoplanetas e é apresentado como fator de inovação. O autor desenvolveu esta experiência didática com estudantes do segundo ano do Ensino Médio, utilizando, como teoria de aprendizagem, a aprendizagem significativa de Ausubel; e a teoria da mediação de Vygotsky. Nesta experiência didática, foram realizados um pré-teste e um pós-teste, e entre estes foram realizados duas avaliações e um questionário. Ao final do trabalho, foi realizada também uma pesquisa de opinião. A análise dos resultados aponta que os conceitos desenvolvidos foram significantes para os estudantes. Já na pesquisa de opinião foi constatado que a grande maioria dos participantes gostou de ter estudado a disciplina de Física contextualizada na Astronomia.

2.5 CONSIDERAÇÕES SOBRE AS REVISÕES

Com esta revisão de literatura, constatamos que os conceitos atrelados à Planetologia e Habitabilidade, são passíveis de execução no Ensino Médio. Percebemos que estes conceitos também podem ser desenvolvidos nos anos finais do Ensino Fundamental, podendo servir de contexto para o estudo da Astronomia que perpassa a BNCC. Entretanto, devemos estar atentos ao grau de complexidade para que a atividade seja, acima de tudo, prazerosa para o estudante. Nossa hipótese de que o estudo de temáticas ligadas à Astronomia, Planetologia e Habitabilidade se demonstra interessante para os estudantes foi reforçada analisando os trabalhos de Andrade (2012), Evangelista (2016) e Carvalho e colaboradores (2018). Percebemos que a

abordagem pode acontecer de forma teórica, algébrica e até psicofísica, com a realização de experimentos análogos, através dos trabalhos de Della-Rose e colaboradores (2018), Coward e colaboradores (2011), Cowley e Hughes (2014), George (2011), LoPresto e Ochoa (2017), Buck e colaboradores (2014), Choppan e colaboradores (2011) e Plansinsic (2012).

Analisando o trabalho de Lima e Barbosa (2017), identificamos mais um dos diversos conceitos físicos que podem ser contextualizados e explicados com base na Planetologia, sendo eles: massa e densidade do exoplaneta, atmosfera, campo magnético, placas tectônicas, rotação, satélites, impactos e tipo de estrela orbitada pelo exoplaneta. A abrangência e a interdisciplinaridade deste contexto também foram abordadas nos trabalhos de Andrade (2012), Cowley e Hughes (2014), Evangelista (2016), Spinardi (2017), Carvalho e colaboradores (2018) e Rocha (2019).

Por mais que os trabalhos analisados apresentassem estratégias e atividades, nenhum deles tinha como objetivo principal analisar a aprendizagem de Planetologia e Habitabilidade de forma conjunta. Acreditamos que o número de trabalhos ligados ao ensino e à aprendizagem tendo como contexto a Planetologia e a Habitabilidade tem muito a crescer.

A abrangência e a curiosidade existente acerca da temática podem significar o aprendizado das Ciências. Por fim, esta revisão de literatura nos permitiu visualizar a realidade do ensino na área, que ainda carece muito de publicações. Mesmo com poucos trabalhos para serem analisados, estes nos possibilitaram determinar o rumo desta pesquisa.

3 REFERENCIAL TEÓRICO

Neste capítulo apresentamos a fundamentação teórica do trabalho desenvolvido, tendo como base a Teoria da Aprendizagem Significativa (TAS) de David Ausubel (1918-2008). Esta teoria traz uma visão do funcionamento da aprendizagem e indica artifícios que podem ser utilizados para propiciar o desenvolvimento de uma AS.

Conforme as revisões bibliográficas realizadas, a temática selecionada para o desenvolvimento desta pesquisa pode ser considerada uma temática de interesse dos estudantes. Com isto e utilizando de uma teoria sólida de ensino e aprendizagem, demonstramos como determinados conceitos físicos puderam ser desenvolvidos dentro da temática. Assim, usufruindo da Teoria da Aprendizagem Significativa (TAS) de David Ausubel, desenvolvemos o material e os processos de realização deste material didático.

Ao estudar a TAS, encontramos diversos trabalhos desenvolvidos pelo professor doutor em Ensino de Ciências e pesquisador Marco Antônio Moreira (2011, 2012). Moreira é professor emérito da Universidade Federal do Rio Grande do Sul, nível concedido como honra máxima aos professores da instituição. Ela se deve às diversas contribuições realizadas em sua atuação na qualificação e na inovação do Ensino de Física. Como professor formado em Física, Moreira traz em seus trabalhos diversos exemplos ligando a TAS ao ensino de Física. Tais exemplos são fundamentais para que os professores e pesquisadores da área de Ensino de Física, e até mesmo do Ensino de forma geral, vejam semelhanças e caminhos que possam ser adotados para o uso desta teoria de ensino e aprendizagem.

3.1 APRENDIZAGEM SIGNIFICATIVA X APRENDIZAGEM MECÂNICA

Para Ausubel, Novak e Hanesain (1968), a aprendizagem pode ocorrer de duas formas dissemelhantes, sendo uma delas a AS e a outra a aprendizagem mecânica. Como educadores, é ideal que conheçamos ambos os formatos e saibamos que eles podem ocorrer independentemente da atuação do professor.

Conforme Moreira (2011), a AS é um mecanismo que auxilia os educadores no desenvolvimento de processos que levem os estudantes a armazenar informações e ideias durante longos períodos. Seria, então, um caminho ideal que leva à

“aprendizagem para a vida”, a aprendizagem da qual os estudantes dificilmente esquecerão por completo.

Já a aprendizagem mecânica ocorre

com a incorporação de um conhecimento novo de forma arbitrária, ou seja, o aluno precisa aprender sem entender do que se trata ou compreender o significado do porquê. Essa aprendizagem também acontece de maneira literal, o aluno aprende exatamente como foi falado ou escrito, sem margem para uma interpretação própria. A aprendizagem acontece como produto da ausência de conhecimento prévio relacionado e relevante ao novo conhecimento a ser aprendido. (BRAATHEN, 2012, p. 77).

Neste tipo de aprendizagem, o estudante mantém o seu foco único e exclusivamente na compreensão do mecanismo que está sendo apresentado, sem refletir de maneira satisfatória sobre ele. Não é possível ao estudante correlacionar este conceito a situações que se distingam muito da situação apresentada.

De acordo com Sousa e colaboradores (2018), a aprendizagem mecânica se faz necessária para o estudante quando este tem contato com informações totalmente novas para ele – quando não existe vínculo entre o que se está aprendendo e o que o estudante já sabe. Conforme o autor, neste formato, o aprendizado acaba sendo exclusivamente técnico, em que a memorização prevalece sobre a compreensão. Conforme Ramos (2018), este formato de aprendizagem acaba sendo incentivado nas escolas. Para Sousa e colaboradores (2018), as aulas expositivas focadas apenas em fatores técnicos, bem como a realização de exercícios que visem principalmente a reprodução de processos, acabam servindo de incentivo para que o estudante desenvolva os conceitos de forma mecânica. Imaginando que um estudante venha a ter uma prova ou teste, de um conceito aprendido de forma mecânica, é muito provável que ele irá, conforme Ramos (2018), memorizar os conceitos necessários para avançar de ano ou obter uma nota satisfatória.

Segundo Ramos (2018), o conceito de aprendizagem mecânica se assemelha muito ao ensino bancário proposto por Paulo Freire. Enquanto educador, filósofo e pedagogo, Freire (2009) apresenta a educação bancária como aquela na qual o educador “conduz os educandos à memorização mecânica do conteúdo narrado. Mais ainda, a narração os transforma em ‘vasilhas’, em recipientes a serem ‘enchidos’ pelo educador.” (FREIRE, 2009, p. 66). Na visão do autor, muitas vezes as informações são apresentadas e acumuladas no cognitivo do estudante, passando a ideia de que os professores possam estar apenas enchendo os estudantes com os conteúdos. Tal acúmulo é inimigo da reflexão e, conforme Ramos, é “capaz de podar a liberdade do

aprendiz e a potência que ele possui de aventurar-se, em continuar sua travessia formativa.” (RAMOS, 2008, p. 45).

Por conseguinte, tanto a aprendizagem mecânica de Ausubel, Novak e Hanesian (1968) quanto a educação bancária de Freire (2008) levam à construção de uma aprendizagem irreflexiva, na qual o professor assume o papel de emissor e o estudante o de receptor, impedindo que este seja “sujeito da produção de sua inteligência do mundo e não apenas o de receptor da que lhe seja transferida pelo professor” (FREIRE, 2008, p. 124).

Enquanto educadores, devemos nos preocupar com o desenvolvimento de uma aprendizagem que se oponha à aprendizagem bancária de Freire (2008) e à aprendizagem mecânica de Ausubel, Novak e Hanesian (1968). Além de levar à reflexão, a aprendizagem significativa permanece por um tempo maior na estrutura cognitiva do estudante. Conforme Moreira (2012), um conceito aprendido de forma significativa nunca será esquecido totalmente, no entanto pode ocorrer “uma perda de discriminabilidade, de diferenciação de significados, não uma perda de significados.” (MOREIRA, 2012, p. 4). Para que possamos promover o desenvolvimento da aprendizagem significativa, devemos estar atentos às condições necessárias para provocá-la.

3.2 CONDIÇÕES PARA A APRENDIZAGEM SIGNIFICATIVA

De acordo com Silva (2020), o possível sucesso no processo de aprendizagem com base na TAS depende de muitas variáveis. Conforme o autor: o conhecimento prévio do aluno, o material adequado, o professor capacitado, o contexto socioeconômico no qual o aluno se insere, a predisposição a aprender, dentre diversos outros fatores, podem influenciar neste processo. Iremos nos ater e aprofundar a concepção teórica do conhecimento prévio e do material adequado, pois estes conceitos têm maior relação com esta pesquisa – embora reconheçamos a influência de fatores socioeconômicos e das demais variáveis, que são indissociáveis no processo de ensino e aprendizagem.

3.2.1 Conhecimento prévio

O conhecimento prévio é tido por Silva (2020), Moreira (2012) e Ausubel, Novak e Hanesian (1968) como a variável de maior importância neste processo de

aprendizagem. Conforme Moreira (2012), o conhecimento prévio reúne componentes da estrutura cognitiva, sendo essa a estrutura macroagregadora dos conhecimentos. Assim, quanto mais conceitos os estudantes assimilarem, maiores serão suas respectivas estruturas cognitivas.

Na TAS, a importância do conhecimento prévio está na utilização dele no processo de construção de novos conhecimentos. De acordo com Valadares (2011), para que se aprenda de forma significativa é necessário que novas informações se relacionem de forma não literal e não arbitrária a conhecimentos específicos da estrutura cognitiva. Silva (2020) salienta que, para um aprendizado significativo, as novas informações precisam se vincular ao conhecimento prévio relacionado a ela. O termo “subsunçores” é empregado por Moreira (2012) para conceitos específicos presentes na estrutura cognitiva do estudante. São estes conceitos específicos que irão influenciar na AS. Silva (2020) diferencia o conhecimento prévio comum do conhecimento prévio relevante, apontando para a capacidade que o conhecimento prévio relevante (subsunçor) tem de ancorar novos conhecimentos. Segundo Moreira (2012), a partir destes subsunçores ocorre a significação dos novos conceitos.

Podemos citar como exemplo hipotético o caso de uma estudante que busca compreender mais sobre um exoplaneta em específico. Por mais que esta estudante tenha conhecido as diferentes classes de planetas, se o aprendizado sobre os tipos de planeta não foi significativo para a estudante, ele não poderá ser utilizado como subsunçor. Neste caso a estudante, muito provavelmente, terá uma aprendizagem mecânica. Esta pode servir para possíveis necessidades da estudante, como compreender sobre o exoplaneta estudado; mas, como uma aprendizagem mecânica, a qual carece de subsunçores, ela será passageira – podendo ser esquecida por completo.

3.2.2 Material adequado

Conforme Moreira (2012), o material didático deve possuir significado lógico para ser considerado um material potencialmente significativo. Ou seja, o material de aprendizagem deve relacionar-se de forma não literal e não arbitrária a um subsunçor presente na estrutura cognitiva do estudante. O autor enfatiza que o material desenvolvido só pode ser considerado como material *potencialmente significativo*. Isto se deve ao fato de cada estudante possuir estruturas cognitivas de diferentes magnitudes, assim, a quantidade de subsunçores será diferente de pessoa para pessoa.

No trabalho de Valadares, é esclarecido que este material pode

ser assimilável significativamente por quem tiver subsunçores adequados, mas se o aluno não possuir estes, o material não será potencialmente significativo para aquele aluno, podendo sê-lo para outro que disponha dos subsunçores adequados (VALADARES, 2011, p. 37).

Através da definição de Valadares (2011), fica claro que a disposição de subsunçores afeta a AS. Além disso, o autor relata que, “ainda que o material seja potencialmente significativo para o aluno, este tem de estar psicologicamente motivado para levar a cabo o processo de assimilação significativa” (VALADARES, 2011, p. 37). Por conseguinte, concluímos que, uma vez que o estudante se apresenta predisposto a aprender, este se abre e significa novos conceitos que estão sendo apresentados. Dada esta assimilação, a estrutura cognitiva do estudante é acrescida ou modificada. Quanto maior for a estrutura cognitiva do estudante, mais subsunçores este tende a ter, para que assim novos conceitos sejam assimilados de forma significativa.

Em seu trabalho, Moreira (2011) propõe a construção de uma estrutura para o desenvolvimento de sequências didáticas, com o objetivo de propiciar a aprendizagem significativa. Estrutura esta que foi chamada pelo autor de Unidade de Ensino Potencialmente Significativa (UEPS). Conforme Ronch, Zoch e Locatelli (2015), as UEPS “tornam-se uma metodologia a ser utilizada pelo professor com o objetivo de oferecer contributos para a construção de uma aprendizagem cada vez mais significativa, em detrimento da aprendizagem mecânica” (RONCH; ZOCH; LOCATELLI, 2015, p. 488). De acordo com os autores, trata-se dos “encaminhamentos lógicos e metodológicos para o desenvolvimento de uma prática de ensino capaz de atribuir significado àquilo que se aprende” (RONCH; ZOCH; LOCATELLI, 2015, p. 488).

Definida a principal função das UEPS, Moreira (2011) apresenta, como filosofia educacional para o desenvolvimento das UEPS, que

só há ensino quando há aprendizagem e esta deve ser significativa; ensino é o meio, aprendizagem significativa é o fim; materiais de ensino que busquem essa aprendizagem devem ser potencialmente significativos (MOREIRA, 2011, p. 2).

Para que o modelo de UEPS fosse desenvolvido, Moreira (2011) se utilizou de princípios elaborados a partir das considerações feitas por uma seleção de trabalhos e teorias da área de Ensino. Dentre os trabalhos utilizados por Moreira (2011), encontram-se de autoria de David Ausubel, Joseph D. Novak, D. B. Gowin, Lev Vygotsky, Gérard Vergnaud e Philip Johnson-Laird, entre outros. Utilizando-se destes, o autor apresenta de forma clara, para o professor, os passos a serem seguidos para que a UEPS seja desenvolvida. No Quadro 3, vemos uma adaptação desenvolvida a partir

do trabalho de Moreira (2011) e dos recortes feitos por Souza e Pinheiro (2019) e Sousa e colaboradores (2018).

Quadro 3 – Princípios e aspectos sequenciais das UEPS.

Etapas	Princípios	Aspectos sequenciais
1	“O conhecimento prévio é a variável influenciadora.”	Definir o tópico que será abordado, resgatando o conhecimento prévio e as relações que podem ser estabelecidas com o novo conhecimento.
2	“Pensamentos, sentimentos e ações estão integrados positivamente.”	Proporcionar situações em que o estudante possa externalizar o conhecimento prévio.
3	“O aluno decide se quer aprender significativamente.”	Introdução ao tópico de estudo, com situações que relacionem o conhecimento prévio com o novo conhecimento.
4	“Organizadores prévios mostram a relacionabilidade entre novos conhecimentos e conhecimentos prévios.”	Apresentar o novo conteúdo ou conceito, partindo dos aspectos mais gerais para os mais específicos (diferenciação progressiva).
5	“As situações-problema dão sentido a novos conhecimentos.”	Retomada dos aspectos mais gerais do conteúdo, avançando na complexidade. Promover situações de interação com o grupo de estudantes, envolvendo negociação de significados.
6	“Situações-problema podem funcionar como organizadores prévios.”	Abordagem do tópico de estudo em maior grau de complexidade, com diversificação de atividades.
7	“As situações-problema devem ser propostas em níveis crescentes de complexidade.”	Avaliação processual e formativa da aprendizagem.
8	“Para resolver a nova situação, o primeiro passo é construir, na memória de trabalho, um modelo mental funcional.”	Avaliação da UEPS, segundo evidências da aprendizagem significativa.

Fonte: Adaptação de Moreira (2011), Souza e Pinheiro (2019) e Sousa e colaboradores (2018).

O arranjo teórico feito por Moreira (2011) para o desenvolvimento da UEPS fornece aos educadores uma ferramenta de ensino prática, embasada em uma gama de princípios teóricos. Mesmo com o forte embasamento teórico contido na UEPS, Sousa e colaboradores destacam “que a utilização da UEPS não garante uma aprendizagem significativa e que o professor é livre para adaptar a UEPS à sua realidade e contexto.” (SOUSA et al., 2018, p. 8).

3.2.3 Predisposição para aprender

Outra condição da AS apontada por Moreira (2012) é a predisposição do estudante para aprender. De acordo com o autor, quando, no processo de ensino, o “aluno

manifesta uma disposição para aprender, ele/ela também atua intencionalmente para captar o significado dos materiais educativos” (MOREIRA, 2003, p. 7). O autor enfatiza que esta condição

Não se trata exatamente de motivação, ou de gostar da matéria. Por alguma razão, o sujeito que aprende deve se predispor a relacionar (diferenciando e integrando) interativamente os novos conhecimentos a sua estrutura cognitiva prévia, modificando-a, enriquecendo-a, elaborando-a e dando significados a esses conhecimentos (MOREIRA, 2012. p. 8).

Na passagem trazida acima, percebemos o quanto a estrutura cognitiva se faz essencial no processo da AS. Entretanto, esta ainda não tem ênfase maior do que a motivação do estudante. Segundo Castro e Costa (2011),

por mais que o material seja potencialmente significativo e o aprendiz tenha os subsunçores adequados, se ele não tiver motivação para aprender, de nada isto será válido e a aprendizagem será mecânica e sem significado (CASTRO; COSTA, 2011, p. 27).

Relacionando as constatações de Castro e Costa (2011) e Moreira (2003, 2012), percebemos que a motivação e o engajamento do estudante são a engrenagem mestra que une o ensino potencialmente significativo à AS. Para Santos (2007), a elaboração ou o surgimento deste interesse, que gera a predisposição para aprender, pode surgir de experiências positivas de aprendizagem. Em concordância com Santos (2007), Moreira (2000) aponta que a compreensão de conceitos gera experiências positivas aos estudantes. Enquanto a sensação de incompreensão gera um sentimento de inadequação, afetando de forma negativa o estudante. Em conformidade, Novak (apud SANTOS, 2007) salienta que a afetividade exerce um papel de suma importância entre educadores e educandos, implicando assim na predisposição e na AS. Concordando com os demais autores, Silva e Silva (2017) argumentam que “a aprendizagem já ocorrida e internalizada, produz um interesse em aprender, ou uma predisposição que é transformada em atitudes e sentimentos positivos que facilitam a aprendizagem.” (SILVA; SILVA, 2017, p. 3).

3.3 ORGANIZADORES PRÉVIOS

Após analisarmos as condições necessárias para provocar a aprendizagem significativa, adquirimos a noção de que um conhecimento novo precisa assimilar-se a um subsunçor para que ela ocorra (MOREIRA, 2012). De imediato, somos levados a

pensar como Ribeiro, Silva e Koscianski (2012), que indicam que, “em um primeiro momento, a ausência de subsunçores impede ou inibe o processo de aprendizagem significativa” (p. 168). Porém, como ressaltado por Moreira (2012) e Ribeiro, Silva e Koscianski (2012), podemos nos utilizar dos organizadores prévios para suprir esta ausência.

Ausubel propõe os organizadores prévios, conceitos introdutórios, apresentados a fim de manipular a estrutura cognitiva do aprendiz, mediando e/ou interligando conceitos que o aprendiz sabe com o que ele pretende aprender (ASTOLFI; LOPES JUNIOR, 2015, p. 19).

De acordo com Moraes (2005), os organizadores são instrumentos que podem ser utilizados em dois momentos distintos:

quando o sujeito não dispõe de “subsunçores” que ancorem novas aprendizagens, ou quando for constatado que os subsunçores existentes em sua estrutura cognitiva, não são suficientemente claros e estáveis para desempenhar as funções de ancoragem do novo conhecimento (MORAES, 2005, p. 68).

Como mencionado anteriormente, no subcapítulo relacionado ao conhecimento prévio, Silva (2020) aponta que nem todo o conhecimento prévio pode ser considerado relevante. Vemos a mesma ideia sendo apontada por Moraes (2005). Não basta que o estudante tenha um conhecimento prévio para que a AS ocorra, este conhecimento precisa ser significativo, para que esteja suscetível a interagir com novos conhecimentos. O autor complementa apresentando uma terceira função para os organizadores prévios: estes “podem servir como ativadores de subsunçores que não estavam sendo usados pelo indivíduo, mas que estão presentes na estrutura cognitiva.” (MORAES, 2005, p. 69).

Os organizadores prévios, também chamados de organizadores antecipatórios, são formados no intuito de apresentar um “novo conceito a partir da sua ideia mais geral e depois ir detalhando-o, retornando ao conceito geral sempre que possível.” (JESUS; SILVA, 2004, p. 4). Moreira (2008) destaca que a utilização dos organizadores prévios não é uma tarefa simples. Estes devem:

- 1 - identificar o conteúdo relevante na estrutura cognitiva e explicar a relevância desse conteúdo para a aprendizagem do novo material;
- 2 - dar uma visão geral do material em um nível mais alto de abstração, salientando as relações importantes;
- 3 - prover elementos organizacionais inclusivos que levem em consideração, mais eficientemente, e ponham em melhor destaque o conteúdo específico do novo material, ou seja, prover um contexto ideacional que possa ser usado

para assimilar significativamente novos conhecimentos. (MOREIRA, 2008, p. 3).

Para Reis (2015), enquanto os organizadores são utilizados, eles provocam a construção de ‘pontes cognitivas’. Segundo Ausubel, “a principal função do organizador prévio é a de servir de ponte entre o que aprendiz já sabe e o que ele deveria saber a fim de que o novo material pudesse ser aprendido de forma significativa.” (AUSUBEL apud MOREIRA, 2008). Por conseguinte, acreditamos que estas estruturas permitem a interação entre uma informação nova e um determinado subsunçor.

Em seu trabalho, Moreira (2012) apresenta dois possíveis formatos para a construção dos organizadores prévios e, conseqüentemente, dois formatos de ‘pontes cognitivas’. O formato expositivo exhibe os conceitos de forma mais abstrata, geral e inclusiva. Já o formato comparativo apresenta as semelhanças e diferenças existentes entre os novos conhecimentos e os possíveis subsunçores. Independentemente do formato escolhido, nas palavras de Moreira,

o uso de organizadores prévios facilita a aprendizagem significativa, a qual, por sua vez, modifica a estrutura cognitiva do aprendiz, tornando-a mais capaz de assimilar e reter informações subseqüentes, professores e especialistas deveriam procurar utilizar esta estratégia ao prepararem aulas e texto didáticos. (2008, p. 9).

3.4 ASSIMILAÇÃO DE CONCEITOS

De acordo com Moreira (2011), a AS advém de um processo de assimilação. Neste, um novo componente se assimila a um subsunçor. Essas relações podem ocorrer de três formas diferentes, segundo o autor (MOREIRA, 2012). Através da *subordinação*, os novos conhecimentos acabam se “ancorando” nos subsunçores; isto ocorre quando os conhecimentos prévios se demonstram mais relevantes em relação aos novos. Com a *superordenação*, pequenos conceitos levam ao desenvolvimento de um novo conhecimento, de modo que este se apresenta mais abrangente e engloba até mesmo alguns dos subsunçores já existentes. Através da forma *combinatória*, o novo conhecimento não fica ligado a um único subsunçor, mas sim a um conceito mais amplo, anexando-se assim a vários conhecimentos já existentes na estrutura cognitiva do sujeito. Conforme o autor, as formas apresentadas acima são caminhos que podem ser utilizados para a aprendizagem de representações, conceitos e proposições.

Uma vez que um novo conceito é assimilado ou incorporado, ele passa a compor a estrutura cognitiva do estudante. Moreira (2012) define a estrutura cognitiva como um conjunto hierárquico de subsunçores que se inter-relacionam de forma dinâmica. Esta estrutura hierárquica é plenamente mutável. Assim, dependendo da forma como a aprendizagem irá ocorrer, a ordem de subordinação dos subsunçores pode ser alterada. Para o autor, a reorganização desta estrutura ocorre com base em dois processos, sendo eles: *diferenciação progressiva* e *reconciliação integradora*.

No processo da diferenciação progressiva, ocorre a atribuição de novos significados a um subsunçor já existente. De acordo com Moreira (2012), esta é proveniente de sucessivas interações realizadas com sucesso. Progressivamente, esse subsunçor torna-se mais rico, diferenciado e refinado, podendo servir de ancoradouro para novos conceitos que tenham relação com ele. Já a reconciliação integradora ocorre de forma simultânea à diferenciação progressiva. Neste processo, são analisadas as semelhanças entre diferentes conceitos, a fim de integralizar seus significados.

Podemos analisar ambos os processos a partir do seguinte exemplo. Se pensarmos no conceito de “sobremesa”, tanto “sorvete” quanto “gelatina” podem ser considerados como “sobremesas”. Ambos são doces e possuem cores como vermelho e amarelo, dependendo do sabor. Entretanto, eles não são iguais, devido à consistência, ao sabor, à quantidade de calorias, entre outras diferenças. Ainda assim, ambos se enquadram dentro da categoria “sobremesa”.

A relação entre o conhecimento novo e/ou os subsunçores é essencial para a atribuição do significado. Conforme Moreira, nessa relação entre conceitos “os novos conhecimentos adquirem significado para o sujeito e os conhecimentos prévios adquirem novos significados ou maior estabilidade cognitiva” (2011, p. 2). Desta forma, além de novos conceitos serem assimilados, ideias já compreendidas podem ser reforçadas. Nas palavras de Moreira, a “estabilidade cognitiva, a abrangência, a diferenciação de um subsunçor variam ao longo do tempo, ou melhor, das aprendizagens significativas do sujeito.” (MOREIRA, 2012, p. 4).

Moreira (2012) aponta a estrutura cognitiva como o principal fator de influência na retenção de novos conhecimentos. Para o autor, quanto mais organizado, claro e estável o conhecimento prévio estiver, maiores serão os ganhos durante os processos interativos (conhecimento prévio e novo conhecimento). Desta forma, conhecimentos prévios robustos proveem uma estabilidade maior para assimilar novos conhecimento.

3.5 AVALIAÇÃO DA APRENDIZAGEM SIGNIFICATIVA

Analisando o sistema de avaliação de uma disciplina, em que o aluno precise realizar apenas provas, juntamente com a aprendizagem mecânica, ou aprendizagem bancária, como proposto por Freire (2008), percebemos quão inconsistente a realização de uma prova pode ser, frente à aprendizagem significativa. Na realização de uma prova, estudantes que aprenderam mecanicamente e estudantes que aprenderam significativamente podem obter sucesso.

Para diferenciar os casos de aprendizagem mecânica e significativa, devemos utilizar um modelo diferente de avaliação. De acordo com Darroz e Santos (2013), podem ser considerados indícios da aprendizagem significativa ocasiões “quando o estudante consegue desenvolver e transferir os assuntos trabalhados a novas situações.” (p. 108). Isto significa que o estudante que aprende significativamente compreende não somente a situação explorada, mas desenvolve a habilidade de aplicar o que aprendeu a novas situações.

Segundo Moreira (2012), a identificação da AS surge através de evidências específicas, em especial a externalização dos conceitos desenvolvidos, seja em atividades de aprendizagem escritas, desenhos, explicações ou justificativas para as respostas.

De acordo com Ausubel (apud MOREIRA, 2011), a máxima transformação de determinado conhecimento adquirido, aplicado a uma situação nova, demonstra-se como o melhor indicativo da AS. Assim, faz-se necessário que o estudante exposto a uma nova situação-problema justifique e explique sua resposta, externalizando os conceitos nela empregados.

4. REFERENCIAL METODOLÓGICO

Esta sessão está destinada a fornecer subsídios teóricos para validar o formato de construção dos materiais didáticos, feitos para esta pesquisa e a análise dos dados coletados a partir destes materiais. Para que desenvolvemos uma pesquisa qualitativa, tivemos o interesse em coletar os dados da forma mais aprofundada possível. Para a análise destes dados, nos propusemos a utilizar de dois formatos de análise, tanto no âmbito textual, quanto no âmbito gestual.

Com o intuito de suscitar informações sobre as relações conceituais desenvolvidas pelos estudantes, realizamos a combinação dos protocolos “Think Aloud” de Van-Someren; Barnard; Sandberg (1994) e “Report Aloud” de Trevisan; Serrano (2019), para a construção das questões que foram realizadas nas entrevistas. Para analisar e interpretar os dados textuais coletados, utilizamos da Análise de Conteúdo de Bardin (2016). Para a análise no domínio gestual foram utilizados dos trabalhos de Stephens; Clement (2010), Monaghan; Clement (1999), como fundamentadores.

4.1 THINK ALOUD

O protocolo Think Aloud pode ser descrito como um método utilizado para compreender como estão ocorrendo determinados processos cognitivos. Van-Someren; Barnard; Sandberg (1994) expressam os benefícios trazidos pela técnica ao coletar dados durante a resolução de situações-problema. Conforme os autores a resposta para uma situação problema

“Não pode ser diretamente extraída da memória mas deve ser construída das informações disponíveis na memória ou que foram obtidas no ambiente (por exemplo, em dado problema ou quando uma informação adicional é requisitada). Outra possibilidade é a de encontrar a resposta envolve explorar possíveis respostas nenhuma das duas é imediatamente reconhecida como a solução do problema.” (p. 8, tradução nossa) ¹

Em tradução direta “Think aloud” significa “pensar em voz alta”, de acordo com Marques (2016) este pensar em voz alta se materializa na execução de uma tarefa.

¹ Original: This can be because the answer cannot be directly retrieved from memory but must be constructed from information that is available in memory or that can be obtained from the environment (for example, the givens of the problem or extra information that can be requested). Another possibility is that finding the answer involves exploring possible answers none of which is immediately recognized as the solution to a problem. (VAN-SOMEREN; BARNARD; SANDBERG, 1994, p.8)

Ao utilizar deste protocolo é solicitado que o estudante verbalize seus pensamentos. Van-Someren; Barnard; Sandberg (1994), recomendam que a técnica seja utilizada com cuidado, atentando pesquisadores que o entrevistado deve estar confortável com o ambiente e que este irá provavelmente levar mais tempo para responder, já que a situação problema proposta ainda será resolvida. Os autores não recomendam o uso da frase “o que você está pensando?”, segundo eles, a frase pode sugerir que o pesquisador deseja ouvir a opinião do estudante. Para o adequado reconhecimento dos processos cognitivos que estão sendo realizado, é recomendado que o pesquisador utilize da frase “o que se passa na sua mente?”. Assim a intenção do entrevistador fica evidente para o pesquisado.

Por conseguinte, vemos que o protocolo “*Think Aloud*” corrobora com a identificação dos processos de relação de informações. Acreditamos que estas relações ocorrerão entre informações advindas do conhecimento prévio do estudante, ou até mesmo de organizadores prévios adequados, com novos conceitos. Dessa forma, é favorecida a identificação de indícios da aprendizagem significativa (Moreira, 2011), objetivo da presente pesquisa.

4.2 REPORT ALOUD

Conforme Trevisan e colaboradores (2019); a interação entre o estudante e o pesquisador é base de metodologias de coleta de informações muito utilizadas na área de ensino de ciências. Durante uma entrevista o pesquisador e o pesquisado interagem em um diálogo aberto. Segundo os autores, através deste é possível obter maiores informações sobre a opinião e a postura do estudante frente a determinada problemática.

Identificando a validade das pesquisas para um trabalho de cunho qualitativo, elaboramos uma entrevista estruturada de questões abertas com base no protocolo “*Report Aloud*” (TREVISAN et al, 2019). Este surge como uma adaptação do protocolo “*Think Aloud*” de Van-Someren, Barnard e Sandberg (1994). Conforme Trevisan et al (2019) a protocolo “*Think Aloud*” é utilizado para conduzir uma entrevista baseada em questões ou em um instrumento para a produção de conteúdo. Neste processo é solicitado ao estudante que “pense em voz alta”. Neste caso Van-Someren et al (1994) referem-se à expressão dos processos cognitivos durante a resolução de um

problema, sendo possível desta forma identificar o raciocínio que leva o estudante da pergunta até a resposta.

Diferentemente do protocolo proposto por Van-Someren, et al (1994); na versão proposta por Trevisan e colaboradores (2019); durante a realização de uma entrevista o estudante relata acerca do que ele estava pensando, ou como ele estava pensando, quando este resolveu uma determinada questão problema. Sendo assim, primeiramente o participante resolve um problema e posteriormente é entrevistado e questionado sobre os conceitos que o levaram construção da resposta ou a solução do problema questionado. Trevisan e colaboradores (2019), apontam que os entrevistados não lembram de todos os passos seguidos na resolução do problema. Entretanto, os trabalhos de Ramos (2015), Wolff (2015) e Trevisan (2016) demonstram que alguns dias entre a realização da atividade e o “*report*” durante a entrevista não afetam a confiança dos entrevistados; que ainda podem lembrar dos passos mais importantes na construção da solução (ou resposta).

4.3 ANÁLISE DE CONTEÚDO

Para analisar tanto o material escrito desenvolvido pelos participantes quanto a transcrição da entrevista realizada, optamos pela utilização da Análise de Conteúdo de Bardin (2016). Conforme Bardin (2016) “desde que se começou a lidar com comunicações que se pretende compreender além dos seus significados imediatos, parecendo útil o recurso da análise de conteúdo” (BARDIN, 2016, p.34). Assim a análise de conteúdo mostra-se como um caminho para a compreensão profunda do significado trazido pela mensagem.

A autora apresenta em sua obra duas principais funções da análise de conteúdo; sendo estas aplicáveis às mais variadas formas de comunicação. A primeira delas é a função *heurística*, a qual segundo a autora “enriquece a tentativa exploratória e aumenta a propensão para a descoberta” (BARDIN, 2016, p.35). A segunda delas é a função de *administração da prova*. Na qual são construídas hipóteses que servem de diretrizes para a análise. Utilizando do “método de análise sistemático” (2016, p.35) para confirmar ou refutar as hipóteses anteriormente construídas. Segundo Bardin estas duas funções podem coexistir, contemplando uma à outra, uma vez que a função *heurística* se demonstra ideal para propiciar o surgimento de hipóteses e a função de *administração da prova* pode ou não as validar.

De acordo com Bardin (2016) a análise de conteúdo “Não se trata de um instrumento, mas de um leque de apetrecho; ou, com maior rigor, será um único instrumento, mas marcado por uma grande disparidade de formas e adaptável a um campo de aplicação muito vasto: as comunicações.” (BARDIN, 2016, p.37). Desta forma este conjunto de técnicas de análise apresenta como característica fundamental a flexibilidade e a adaptabilidade. Por conseguinte, a autora relata que os instrumentos a serem utilizados dependem da quantidade de pessoas implicadas na comunicação e da natureza da mensagem

Berelson (1971) apresentou, em torno de vinte e cinco anos atrás, uma definição curta e objetiva para que principiantes compreendessem a análise de conteúdo; sendo ela “uma técnica de investigação que através de uma descrição objetiva, sistemática e quantitativa do conteúdo manifestado nas comunicações tem por finalidade a interpretação destas mesmas comunicações” (BARDIN, 2016 p.42). Bardin (2016) argumenta que esta descrição se trata do tratamento da informação contida na mensagem, podendo, através dos processos de análise, buscar tanto o significado da mensagem quanto o significante da mensagem apresentada.

O fator quantitativo surge a partir das categorias de fragmentação da comunicação, através das quais são identificadas a frequência com a qual cada elemento é aplicado, utilizado ou mencionado. As categorias de fragmentação devem seguir uma sequência de regras para que seja possível a validação da análise. Conforme Bardin (2016) as categorias desenvolvidas devem ser homogêneas, exaustivas, exclusivas e adequadas ou pertinentes. Em definição a autora explicita que as categorias:

- Homogêneas: define que cada categoria seja distinta e única; nas palavras da autora “não se mistura alhos com bugalhos” (BARDIN, 2016 p. 42)
- Exaustivas: devem contemplar todo o texto selecionado, todo o *corpus* da pesquisa;
- Exclusivas: de modo que um elemento não possa se enquadrar em duas categorias diferentes
- Adequadas ou pertinentes: que sejam relevantes perante o objetivo da análise

A fragmentação do texto em elementos ocorre através da elaboração das unidades de codificação; ou unidades de registro. Bardin (2016) relata que este

fragmento pode ser composto por palavra, frase, minuto, ou em outro aspecto que venha a facilitar a análise. Uma vez que os recortes são feitos, as categorias servem como “gavetas” para armazenar estes recortes. O número de “gavetas” bem como o tamanho dos recortes depende dos critérios selecionados para a análise.

Por conseguinte, chegamos à etapa final da análise de conteúdo e principal intenção dela; “a inferência de conhecimentos relativos às condições de produção (ou, eventualmente, de recepção), inferência esta que recorre a indicadores (quantitativos ou não).” (BARDIN, 2016 p.44). Neste momento são levados em consideração os índices levantados através da categorização dos recortes feitos. Segundo Bardin (2016) o analista deduz de maneira lógica o sentido da mensagem através da interpretação que possui sobre a mesma.

Por sua vez, a inferência pode se relacionar a problemática de duas formas. Uma delas em compreender o que levou ao enunciado. Bardin (2016) aponta que, neste caso, se busca determinar as causas, o que antecede a mensagem proferida. A segunda forma se relaciona as consequências do enunciado. Nesta forma a intenção do analista atem-se aos efeitos que a mensagem pode causar. A autora cita como exemplo a análise de uma determinada mensagem em uma campanha publicitária, ou propaganda; determinando o impacto que a mesma terá no público pretendido.

Através do conjunto de técnicas e etapas anteriormente apresentadas, torna-se possível inferir de maneira lógica o sentido atribuído a mensagem; aplicando-se a qualquer tipo de comunicação. Esta técnica se relaciona profundamente a pesquisa desenvolvida por permite a análise de todo o *corpus* selecionado sob uma única teoria.

4.3 ANÁLISE GESTUAL POR STEPHENS E CLEMENT

A resolução de problemas pode implicar em um grande esforço cognitivo por parte do estudante. Solicitando que este acesse, utilize e relacione diferentes conceitos para chegar a uma solução. Os trabalhos de Stephens e Clement (2010) apontaram que especialistas geram espontaneamente experimentos mentais para resolver soluções problema. Os trabalhos de Reiner (1998), Reiner e Gilbert (2000; 2004); Gilbert e Reiner (2000) demonstram que estudantes também desenvolvem tais experimentos durante a resolução de problemas. No entanto, ao apresentar a solução de um problema não fica claro, apenas lendo a uma resposta, se foi ou não utilizada uma simulação mental.

Stephens e Clement (2010) apontam que gestos representativos, realizados no ar e em um momento de fala, podem servir como evidências do desenvolvimento de imagens mentais e por vezes simulações mentais. Conforme Reiner e Gilbert (2000) apenas uma pequena parcela do conhecimento não formal pode ser expressa verbalmente. Assim a análise de gestos pode revelar pensamentos não mencionados pelos estudantes; os quais são fundamentais para identificarmos como que ocorre a construção do pensamento, para solução dos problemas propostos.

Os gestos aos quais Stephens e Clement (2010) se referem, são gestos específicos, intitulados pelos autores como gestos representativos. Os autores apontam que estes gestos são utilizados para descrever objetos, forças ou até eventos.

Utilizando da informação verbal juntamente com o gesto realizado, Stephens e Clement (2010) definiram três subcategorias para classificar os gestos representativos. A subcategoria “*shape-indicating*”¹ é utilizada para descrever o formato de um objeto e pode ser encarada como uma evidência da presença de imagens mentais. Por sua vez a subcategoria “*Motion-indicating*”², indica o movimento de algum objeto. Conforme os autores, gestos “*Motion-indicating*” podem ser adotados como evidência de imagens mentais animadas. Os gestos “*force-indicating*”³, por conseguinte, indicam a ação de uma força.

Por conseguinte, a análise gestual pode prover evidências da aprendizagem dos conceitos, uma vez que através dela os estudantes expressem naturalmente suas concepções relacionando as temáticas abordadas; a fim de descrever ou justificar a solução apresentada para uma determinada questão problema.

¹ “Indicador de formato” – Tradução nossa.

² “Indicador de movimento” – Tradução nossa.

³ “indicador de força” – Tradução nossa.

5 EXOPLANETOLOGIA E HABITABILIDADE

A presente sessão tem por finalidade apresentar de forma clara e sucinta, tópicos ligados a Exoplanetologia e a Habitabilidade. Nos seguintes subcapítulos, iremos especificar características e classificações para planetas e exoplaneta. Bem como alguns dos fatores que influenciam na Habitabilidade deles.

5.1 Planetologia

Conforme Branco (2016), a Planetologia pode ser considerada um campo de estudos das geociências (ciências relacionadas ao estudo do planeta Terra) aplicada nas ciências astronômicas (área que estuda os corpos celestes e fenômenos que ocorrem fora da Terra). Por conseguinte, a Planetologia se atém ao estudo dos planetas tendo como princípio o estudo do planeta Terra. Historicamente, segundo Carvalho; Maia; Mota (2018), as contribuições de Galileu Galilei, no século XVII permitiram grandes avanços na área da astronomia. Os avanços metodológicos e tecnológicos emergentes neste período, possibilitaram observações mais detalhadas dos corpos celestes presentes no Sistema Solar. Entre o fim do século XX e o começo do século XXI, o desenvolvimento de telescópios terrestres e espaciais pôde ampliar demasiadamente o conhecimento que o ser humano tinha sobre os corpos celestes.

Mesmo nos atendo ao Sistema Solar, foi possível identificar uma grande quantidade e variedade de corpos celestes, para os quais foram estabelecidas classificações específicas. De acordo com Voelzke; Araújo (2010), depois de discussões entre especialistas, na XXVI União Astronômica Internacional, aprovou-se no ano de 2006 foram aprovadas as seguintes resoluções:

Quadro 4 - Denominação e critérios conforme a XXVI Assembleia Geral da União Astronômica Internacional

Denominação	Critérios
Planeta	Um planeta é um corpo celeste que (a) está em órbita ao redor do Sol, (b) tem uma massa suficiente para que sua auto gravidade supere as forças de rigidez do corpo, mantendo-o em equilíbrio hidrostático com um formato quase-esférico, e (c) tenha limpado a região ao longo de sua órbita.
	Um “planeta anão” é um corpo celeste que (a) está em órbita ao redor do Sol, (b) tem uma massa suficiente para que sua auto

Planeta Anão	gravidade supere as forças de rigidez do corpo, mantendo-o em equilíbrio hidrostático com um formato quase-esférico, (c) não tenha limpado a região ao longo de sua órbita, e (d) não é um satélite.
Coletivamente: “Corpos menores do Sistema Solar”	Todos os demais objetos (a maioria dos asteróides, a maioria dos transnetunianos, cometas e demais corpos pequenos), exceto os satélites, que orbitam o Sol devem ser denominados coletivamente como Corpos Menores do Sistema Solar.

Fonte: Adaptado de VOELKZE; ARAÚJO

Se compararmos o objeto central do nosso sistema, o Sol, veremos que ele “não possui nenhuma particularidade, se comparado as outras estrelas, então de razoável a hipótese que outras estrelas também possuam planetas girando ao seu redor.” (MARTIOLI, 2006, p.31). De acordo com Martioli (2016), os planetas que orbitam estrelas diferentes do Sol são os “exoplanetas”, que também podem ser chamados de “planetas extrassolares”. Em conformidade com as semelhanças entre o Sol e demais estrelas, o autor esclarece que os exoplanetas apresentam diferentes composições e tamanhos, assim como os planetas do Sistema Solar.

5.2 Exoplanetologia

Segundo Siqueira Junior (2021), a área da Exoplanetologia surgiu como consequência da incessante busca por planetas parecidos com a Terra, vida extraterrestre, ou até mesmo um novo local para a existência da humanidade. Sendo esta uma área que é produto da Planetologia, Astrofísica e da Astronomia.

De acordo com Medeiros (2019), a *Internacional Astronomical Union*¹ classifica como exoplaneta, os objetos extrassolares que atendem aos seguintes requisitos:

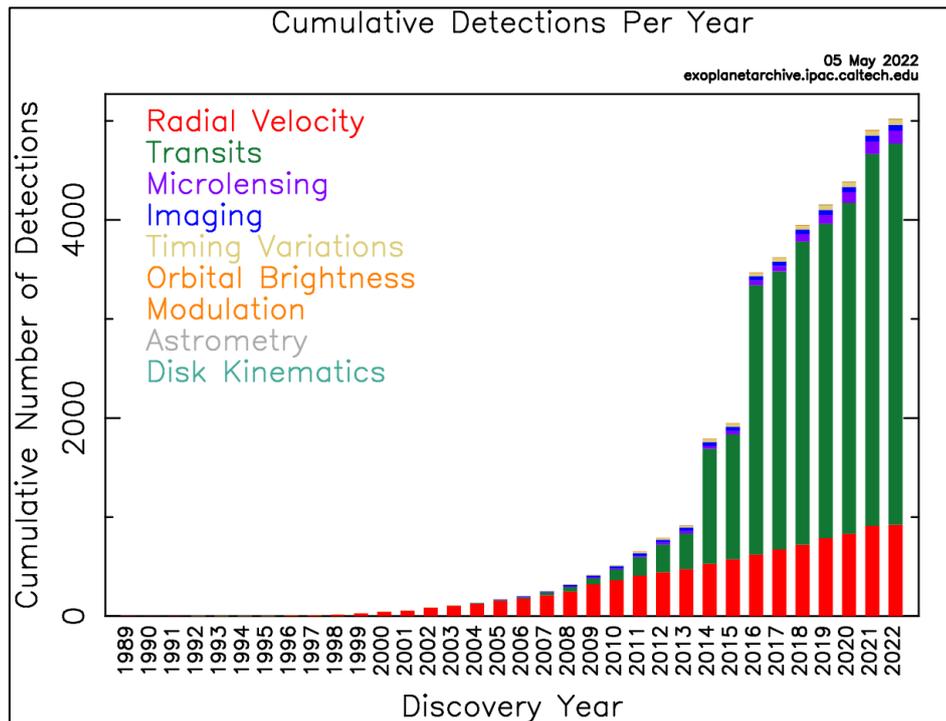
- Descrever uma órbita ao redor de uma ou mais estrelas;
- Obter massa suficiente para ser considerado um planeta e inferior a treze vezes a massa de Júpiter²;

¹ Tradução: União Astronômica Internacional

² Massa de Júpiter: $1,898 \times 10^{27}$ kg; Treze vezes a massa de Júpiter: $2,46 \times 10^{28}$ kg

No momento da escrita desta pesquisa, segundo o portal Exoplanet Archive¹, já foram identificados mais de 5 mil exoplanetas. Ao longo dos anos, percebemos o quanto a evolução tecnológica tem colaborado para a identificação de novos exoplanetas. Acompanhamos no Gráfico 1 o crescimento no número de detecções de exoplanetas.

Gráfico 1- Detecções cumulativas por ano



Fonte: Portal Exoplanet Archive

Analisando as diferentes cores presentes no gráfico, percebemos os diferentes métodos de detecção utilizados para encontrar estes exoplanetas. Iremos explicar sobre os dois métodos mais evidentes no gráfico, sendo um deles conhecido como “velocidade radial” e o outro de “trânsito”.

5.2.1 Método de detecção de exoplanetas: Velocidade radial

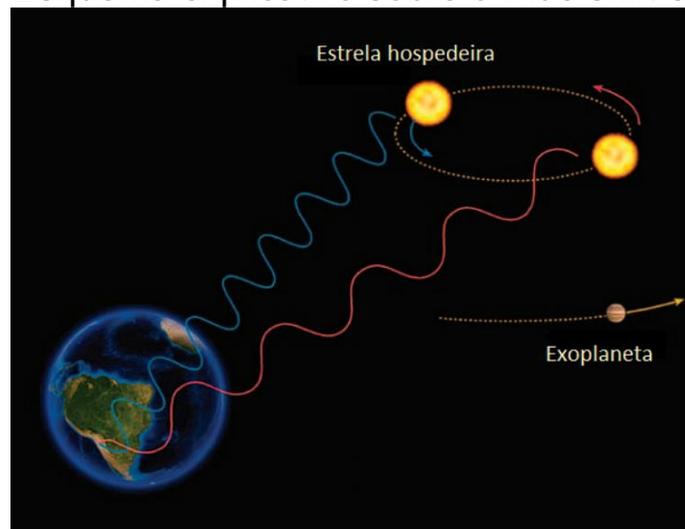
Conforme Siqueira (2020), a detecção por velocidade radial ocorre graças ao Efeito Doppler sofrido pela luz de uma estrela. Uma vez que a estrela esteja orbitando

¹ Link: <https://exoplanetarchive.ipac.caltech.edu/index.html>

um centro de massa, sendo ela uma componente de um sistema de corpos celestes, possivelmente tendo no seu entorno exoplanetas e suas eventuais luas.

Para identificarmos um exoplaneta nos atemos a análise dos rastros de luz deixado pela estrela a qual este orbita. De acordo com Teixeira “o movimento da estrela em torno do centro do sistema pode ser percebido, para um observador na Terra, através do desvio das linhas espectrais causadas por esse movimento” (2016, p.5), desvio este que indica a presença de um ou mais corpos neste sistema. O rasto eletromagnético da estrela, que é identificado no planeta Terra, pode sofrer desvios, tanto para a frequência que corresponde a cor azul (blue shift), quanto para a frequência que corresponde a coloração vermelha (red shift). Podemos visualizar estes conceitos na Figura 1.

Figura 1 – Esquema explicativo sobre o Blue shift e o Red shift



Fonte: TEIXEIRA, 2016

Analisando a imagem, compreendemos que quando não existe exoplanetas orbitando uma estrela, ela não será deslocada de sua posição em relação a Terra, desta forma não serão identificados desvios no rasto eletromagnético desta estrela. No entanto, a partir do momento em que uma estrela apresenta um ou demais corpos celestes afetando e sendo afetados pelo seu campo gravitacional, ocorrerá o descolamento desta estrela em relação a Terra. De modo que, enquanto a estrela se afasta, identificaremos o desvio para o vermelho; e quando a estrela se aproximar, iremos detectar o desvio para o azul.

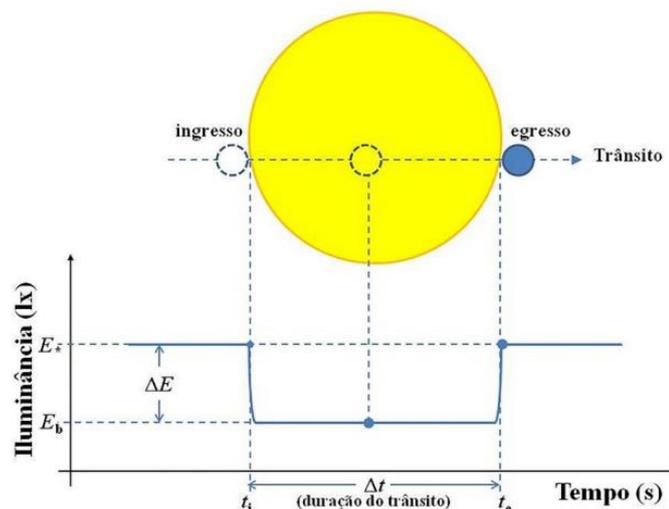
De acordo com Teixeira (2016) o método de detecção através da “velocidade radial” apresenta limitações. Através deste método não é possível obter informações precisas sobre a massa do exoplaneta, a dimensão da órbita dele. Além disso, as características atmosféricas do exoplaneta também não podem ser determinadas. Em determinados casos, faz-se necessária a combinação de métodos de detecção.

5.2.2 Método de detecção de exoplanetas: Trânsito

De acordo com Lenchuck e colaboradores (2021) o método de trânsito consiste “na passagem de um corpo astronômico na frente de outro, a partir de um ponto de vista” (p.189). Em consonância com Lenchuck e colaboradores, Barroso; Oliveira; Jesus (2020) argumentam que no momento do trânsito de um exoplaneta, momento em que o exoplaneta passa em frente da estrela, o fluxo de luz que vem da estrela acaba sendo parcialmente bloqueado. Assim o brilho visível da estrela acaba diminuindo para quem a observa.

Barroso; Oliveira; Jesus (2020) afirmam que a diminuição no brilho da estrela, identificada por observadores que esteja na Terra, pode ser medida utilizando de detectores *Charge Coupled Device*. Utilizando deste dispositivo também se torna possível medir o tempo que o exoplaneta leva para passar em frente a estrela, descrito pelos autores como “tempo duração do trânsito” (p.3). Através da Figura 2, apresentamos a representação do trânsito do exoplaneta alinhado à variação do brilho aparente da estrela.

Figura 2 – Representação do trânsito planetário



Fonte: Barroso; Oliveira; Jesus. 2020

A partir do ingresso do exoplaneta, no início do trânsito, percebemos a redução da iluminância¹ da estrela. Esta redução se perpetua durante o tempo de trânsito. Durante o egresso percebemos que gradativamente a iluminância vai retornando à intensidade inicial. Terminado o egresso, vemos que a iluminância da estrela volta a ser a mesma que antes do início do trânsito.

Segundo Barroso; Oliveira; Jesus (2020) além da detecção do exoplaneta, o método de trânsito permite mensurar o tamanho do exoplaneta através relações matemáticas realizadas com dados obtidos análise do evento. De acordo com Santos; Amorim (2017) para que ocorra a confirmação da presença de um exoplaneta é necessário o fenômeno do trânsito ocorra ao menos três vezes. Além disso, nas ocorrências do fenômeno, deve ser constatados os mesmos intervalos de tempo. Os autores alegam que uma única observação de variação na iluminância da estrela pode ser causada por diferentes eventos.

Os trabalhos de Santos; Amorim (2017), Lenchuk e colaboradores (2021) apontam uma limitação existente no método de trânsito. Conforme Lenchuk e colaboradores esta

“se refere ao ângulo do plano de observação em relação ao plano da órbita de um planeta. Para que seja possível observar essa ocorrência da Terra, essa órbita deve ser perpendicular, ou o mais próximo disso, ao plano do céu da Terra a fim de ver o planeta passando em frente à estrela hospedeira. Se os planos possuísem um ângulo muito distante de 90° ou fossem paralelos, olhando da Terra, o planeta nunca passaria em frente ao astro.” (p.189 a 190. 2021)

Por conseguinte, percebemos que a identificação pelo método de trânsito não é passível de generalização, ou seja, não pode ser utilizada ou aplicada em todos os casos. Lenchuk e colaboradores (2021) relatam que a combinação de diferentes técnicas de detecção; como a velocidade radial e demais técnicas mencionadas no Gráfico 1- Detecções cumulativas por ano, possibilitam a obtenção de mais características sobre o exoplaneta estudado.

5.3 Classificação dos Exoplanetas

¹ Iluminância: grandeza de luminosidade.

Para Medeiros (2019), dentro da exoplanetologia, a massa e a órbita dos planetas extrassolares são as características mais importantes para o estudo de sistemas planetários diferentes do Sistema Solar. Compreender o sistema planetário é essencial para que sejam determinadas as características da zona de habitável. Entretanto, a compreensão de aspectos dos exoplanetas, componentes de outros sistemas estelares, dependem de diferentes fatores. Para o autor, a classificação dos exoplanetas tem como parâmetros mais relevantes “a massa estelar, a massa do planeta, o raio estelar, o raio planetário e as densidades estelar e planetária (p.61).

Podemos categorizar os planetas conforme as diferenças e semelhanças apresentadas em relação aos parâmetros relevantes. Esclareceremos gradativamente as especificidades das classificações, iniciando com as mais abrangentes. De acordo com Bernardes (2013), podemos classificar os planetas em dois grandes grupos. Um deles engloba os “planetas rochosos”, sendo eles: Mercúrio, Vênus, Terra e Marte. O outro abrange os “planetas gigantes”, sendo eles: Júpiter, Saturno, Urano e Netuno.

Os planetas gasosos representam a maior parte dos exoplanetas detectados. Conforme Medeiros (2019), esta categoria pode ser dividida em 4 subcategorias. Estas categorias são originárias da comparação direta das informações obtidas acerca dos exoplanetas detectados com os planetas do Sistema Solar. Confira na Quadro 5 as subcategorias e uma rápida descrição sobre elas.

Quadro 5 -Subcategorias dos exoplanetas gasosos

Subcategoria	Características relevantes
Júpteres Quentes	Possui a massa que vai de 0,5 a 1 vezes a Massa de Júpiter, apresenta uma atmosfera formada por Hidrogênio e Hélio. Devido a isso a sua temperatura se aproxima de 2000°C na superfície.
Netunos quentes	Os Netunos quentes são similares ao Júpteres quentes, porém menos massivos. Apresentam uma massa mínima de 3% da massa de Júpiter.
Júpteres frios	Enquanto os Júptere frios são tão massivos quanto os Júpteres quentes, a diferença é que suas órbitas estão mais longe da sua estrela hospedeira. E devido a isso, a temperatura em sua superfície é ~ 140°C negativos.

Netunos frios	Apresentam massa similar aos Netunos quentes, com a diferença de este estar mais afastado da estrela ao qual orbita
Super-Júpiteres	Planetas jupiterianos que apresentam uma massa maior do que cinco vezes a massa de Júpiter, podem ser considerados Super-júpiteres. Podendo ser um planeta Super-Júpiter quente ou Super-Júpiter frio

Fonte: Adaptação de Medeiros (2019)

Segundo Bernardes (2013), o avanço tecnológico e o avanço nas técnicas de detecção dos exoplanetas, possibilitaram a identificação de exoplanetas e satélites que se assemelham a Terra. Mesmo sendo detectados em menor quantidade, a existência dos planetas rochosos impulsionou o desenvolvimento de estudos acerca da estrutura destes corpos, bem como da Zona Habitável. O autor apresenta classificações específicas para cada tipo de exoplaneta rochoso. Confira no Quadro 6.

Quadro 6-Subcategorias dos exoplanetas rochosos

Subcategoria	Características relevantes
Super-Terra	Possuem a massa entre 1,5 e 10 vezes a massa da Terra. A presença de uma atmosfera depende da evolução de cada um dos exoplanetas e da distância entre o exoplaneta e a estrela que este orbita.
Terra (Exoterra)	Planetas que apresentam a massa menor do que 1,5 vezes a massa da Terra. Exoplanetas desta subcategoria também são chamados de “exoterra” quando sua órbita está localizada na zona habitável da estrela. Sendo esta uma região onde a temperatura é propícia para que a água esteja no estado líquido.
Sub-Terra (Mercurianos)	Corpos celestes que possuem a massa entre 0,05 e 0,5 vezes a massa da Terra. Apresentam uma formação similar a Terra, mas um núcleo denso, que corresponde a 60% da massa; similar ao planeta Mercúrio.

Fonte: Adaptação de Bernardes (2013) e Medeiros (2019)

Os estudos que visam identificar a Habitabilidade de exoplanetas tem como base o único ambiente no qual a vida surgiu, a Terra. Desta forma, se busca encontrar exoplanetas que além de tamanho e composição similar, estejam localizados na distância adequada. Esta zona é chamada de “zona habitável”, esta será apresentada no próximo subcapítulo, juntamente com demais conceitos relacionados a Habitabilidade.

5.4 Habitabilidade

Conforme Emygdio (2012) para procurarmos por evidências de vida em exoplanetas de forma adequada, “temos que delimitar características comuns encontradas em todos os seres vivos conhecidos e partirmos da suposição de que a vida extraterrestre compartilha essas características com a vida na Terra” (p.12). De acordo com Kaltenegger et al.(2008 citado por EMYGDIO, 2012) a essência encontrada em todas as formas de vida presentes na Terra está na presença de água líquida como solvente, a estrutura química baseada no carbono e a presente resistência a variações de temperatura.

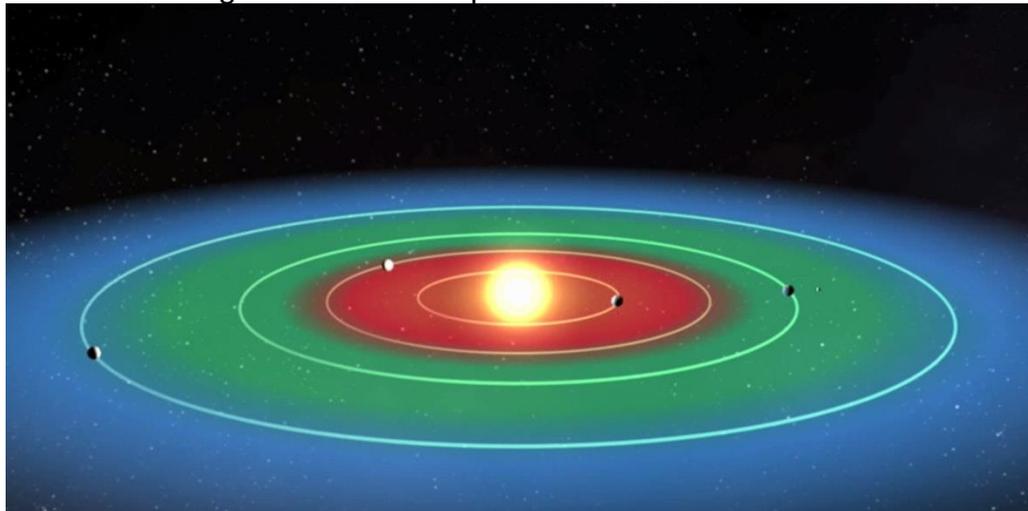
Em seu trabalho, Emygdio (2012) ressalta que devemos levar em consideração o ambiente ao qual os organismos estão inseridos. Já que estes organismos estão sujeitos a variações de temperatura, pressão, radiação, umidade, dentre outros fatores. Em um sistema planetário existe uma região específica na qual o desenvolvimento da vida se torna mais propício, de acordo com Bernardes (2013), esta região é chamada de zona habitável.

5.4.1 Zona habitável

Na pesquisa de Medeiros (2019) são esclarecidas as condições necessárias para que uma região de um sistema planetário possa ser considerada uma zona habitável. Esta precisa “1. Ter temperatura adequada para a existência de água líquida; 2. Ter fonte de energia para a manutenção do metabolismo; 3. Ter zona estável com durabilidade para o desenvolvimento da vida.” (p.69). Como esclarecido pelo autor, um sistema planetário pode ser minucioso em termos da Habitabilidade. Segundo Medeiros, o sistema solar pode ser decomposto em três zonas, sendo elas:

1. Zona orbital quente (ZOQ): em planetas na área mais próxima de seus sóis, nessas condições a água à superfície evapora;
2. Zona orbital temperada (ZOT): em planetas com água, esta pode permanecer líquidas à devido pressão atmosférica ser adequada;
3. Zona orbital fria (ZOF): aqui os planetas estão mais afastados dos seus sóis. Devido à grande distância de seus Sóis, qualquer água à superfície congela. (p.70, 2019)

Figura 3 – Sistema planetário e zonas orbitais



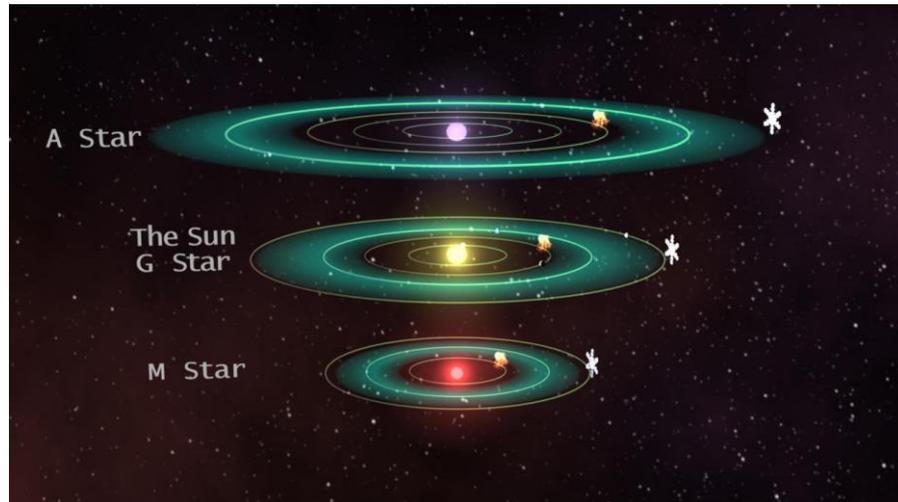
Fonte: Portal Research highlights from the journals of American Astronomical Society¹

Na Figura 3, percebemos através da diferenciação com cores, as zonas orbitais apresentadas por Medeiros (2019). Em vermelho vemos a zona orbital quente e na sequência, respectivamente, as zonas temperada e fria, respectivamente representadas pelas cores verde e azul.

A estabilidade da zona habitável, bem como sua extensão e distanciada estrela, dependem das características apresentadas por essa estrela. Analisar a zona habitável de estrelas com diferentes classes espectrais nos ajuda a compreender a relação estrela/zona habitável. Observando na Figura 4- Relação entre classe espectral estelar, distância e extensão da zona habitável, percebemos que estrelas menos brilhantes tendem a apresentar uma zona habitável mais próxima e de menor extensão. Já estrelas maiores e mais quentes apresentem uma zona mais extensa e menos próxima.

¹ <https://aasnova.org/2017/01/30/uv-habitable-zones-further-constrain-possible-life/>

Figura 4- Relação entre classe espectral estelar, distância e extensão da zona habitável



Fonte: Physic.org¹

¹ <https://phys.org/news/2015-06-habitable-zone.html>

6 PROCEDIMENTO METODOLÓGICOS

No presente capítulo será descrita a metodologia utilizada na pesquisa. A fim de apresentar de forma mais clara as informações e processos realizados, organizamos o capítulo em diferentes sessões e sucessões. A primeira delas abordará os processos realizados para o desenvolvimento do guia didático, seguida pelo teste piloto e ajustes do material, coleta de dados (atividades e entrevista), bem como a metodologia utilizada para a análise das informações coletadas.

6.1 PARTICIPANTES E CONTEXTO DA PESQUISA

Esta pesquisa foi realizada com um viés qualitativo no intuito de identificar evidências do desenvolvimento da aprendizagem significativa através do estudo da Exoplanetologia e da Habitabilidade. A pesquisa foi realizada com uma amostra de estudantes que se encontravam no terceiro ano do ensino médio em uma escola pública na cidade de Novo Hamburgo. O tamanho inicial desejado para a amostra teve que ser reduzido devido ao formato de aplicação do guia e ao atual contexto educacional durante a pandemia do vírus *Corona Virus Disease 19* (COVID-19). Dado o contexto, o tamanho estipulado para a amostra foi de 20 estudantes.

Devido a pandemia do vírus COVID-19 os termos de consentimento livre e esclarecido e os termos de assentimento livre e esclarecido tiveram que ser adaptados para uma plataforma *online*. A adaptação demonstrou ser necessária para garantir a segurança de todos os participantes e do pesquisador. Mesmo em plataforma digital os formulários apresentam a mesma estrutura, dentro das possibilidades oferecidas pela plataforma. Os participantes e seus responsáveis (para menores de idade), tiveram acesso aos formulários utilizando a plataforma *Google Forms*. Estes formulários foram criados através de uma conta de *e-mail* institucional, vinculada a ULBRA sobre o domínio do pesquisador. Mesmo na plataforma digital, os formulários atenderam as exigências das resoluções 466/2012-CNS, 510/2-18-CNS e demais exigências complementares. Apresentam também, os logos tanto da instituição proponente quanto do programa ao qual a pesquisa está vinculada. Após o envio do formulário preenchido pelo estudante e responsável; a plataforma *Google Forms* encaminhou automaticamente uma cópia com todas as informações apresentadas pelo pesquisador e

preenchidas para o e-mail informado tópico 1 do formulário (Apêndices G, H e I). Desta forma foi possível garanti que os voluntários tivessem uma cópia inalterável das informações apresentadas no formulário.

6.2 ELABORAÇÃO DO MATERIAL PEDAGÓGICO

Cientes da carência de publicações na área da Exoplanetologia, utilizamos esta pesquisa desenvolver formas de trabalhar com esta temática no Ensino Médio. Assim, foi necessário ajustar a profundidade com a qual cada conceito seria desenvolvido para que este fosse passível de compreensão pelos estudantes.

Baseado nos trabalhos de Della-rose et al (2018) e LoPresto e Ochoa (2017) conseguimos encontrar formas de proporcionar aos estudantes o embasamento necessário para que eles determinassem características de determinado exoplaneta e da estrela, a qual este exoplaneta orbita. A partir dos aspectos exoplanetários identificados pelos estudantes, fornecemos subsídios conceituais para que ele pudessem julgar e inferir a Habitabilidade do exoplaneta por eles estudado.

Como apresentado anteriormente em nossa revisão a literatura, o trabalho de Della-Rose et al.(2018) apresenta um aplicativo desenvolvido para auxiliar no ensino de conceitos ligados ao estudo dos exoplanetas. Ao utilizar o aplicativo o estudante se depara com dados mais gerais e gráficos, obtidos através “observação” do exoplaneta. Partindo desses dados o estudante determina algebricamente características mais específicas do exoplaneta selecionado.

O aplicativo desenvolvido por Della-Rose et al.(2018) atem-se ao método de detecção de trânsito. Conforme os autores este método requer uma serie de imagens para analisar a variação do brilho da estrela e o tempo em que esta variação ocorre. Dentre as informações disponíveis para o estudante estão o tempo de trânsito, profundidade de trânsito, massa da estrela hospedeira, velocidade da estrela hospedeira (esta que orbita o centro de massa, assim como o exoplaneta), raio da estrela hospedeira. No aplicativo estas informações estão disponíveis diretamente para o usuário, mas podem ser encontradas facilmente no portal “exoplanet.org”. Conforme os autores as informações utilizadas no aplicativo vêm diretamente deste portal.

Os processos algébricos apresentados na pesquisa de Della-Rose et al (2018) foi o ponto que mais chamou a nossa atenção. Embora os autores estivessem lidando com a identificação de características de exoplanetas, o conjunto de equações

utilizadas é simples e julgados por nós pesquisadores como passível de resolução pelo público-alvo, fator este que se torna essencial para o sucesso da transposição didática dos conceitos pretendidos.

No processo de transposição didática apresentado por Freitas (2020) torna-se necessário buscar por estratégias que conduzam o estudante à significação do conceito apresentado. Para tanto, além da contextualização com o cotidiano do estudante, torna-se necessário apresentar conceitos e processos de modo da maneira que melhor permita a compreensão (FREITAS, 2020).

A transposição didática dos conceitos ligados a exoplanetologia e a Habitabilidade, apresentados por Della-rose et al.(2018) e LoPresto e Ochoa (2017), culminou no desenvolvimento do guia didático.

O resultado do processo de transposição didática dos conceitos ligados a exoplanetologia e a Habitabilidade, apresentados por Della-Rose et al (2018) e LoPresto e Ochoa (2017), a luz dos preceitos teóricos da TAS de Ausubel e do trabalhos de Moreira (2003; 2008; 2011; 2012) permitiu o desenvolvimento do guia didático. O guia didático é apresentado juntamente com a elucidação de cada uma das etapas dele no capítulo de resultados.

6.3. ELABORAÇÃO DA ENTREVISTA ESTRUTURADA

Conforme Gil (2006) uma entrevista estruturada é caracterizada por um arranjo fixo de questões. A ordem e a escrita das mesmas permanece inalterada para todos entrevistados. O autor salienta que este tipo de pesquisa facilita o processo de análise dos dados e permite o tratamento quantitativo dos mesmos; entretanto acaba limitando o entrevistado.

Na busca de respostas mais profundas, optamos pelo desenvolvimento de questões abertas. De acordo com Gil (2006) as perguntas abertas possibilitam uma ampla liberdade quanto a resposta do entrevistado. Sendo este um critério fundamental para a utilização dos protocolos *Report Aloud* de Trevisan (2016) e do *Think Aloud* de Van-Someren; Barnard; Sandberg (1994). A conjunção destes protocolos orientou os estudantes a expressar seus pensamentos já construídos, acerca de uma situação problema já solucionadas por eles. Além disso, pudemos registrar a construção da solução para novas situações problema, através do protocolo *Think Aloud*. Assim, foi

possível extrair uma quantidade maior de informações acerca processos cognitivos realizados.

Julgamos como irrelevante solicitar aos entrevistados que reportassem o que estavam pensando ao longo da determinação de características do exoplaneta. Uma vez que esta etapa se constituía apenas de processos algébricos matemáticos. Esta pesquisa não tem por finalidade analisar os processos matemáticos em si, mas através deles gerar subsídios para que o estudante possa classificar e descrever o exoplaneta por ele analisado.

No intuito de avaliar a aprendizagem significativa dos estudantes, utilizamos dos conceitos apresentados por Moreira (2012) para desenvolver algumas das questões. O autor argumenta que, diferentemente da aprendizagem mecânica e memorística, a aprendizagem significativa deve ter o seu enfoque avaliativo sobre a "...compreensão, captação de significados, capacidade de transferência do conhecimento a situações não-conhecidas, não-rotineiras" (MOREIRA, p.24, 2012). Assim, não se trata apenas de saber ou não um conceito, mas sim de saber utiliza-lo em novas situações. O roteiro completo da entrevista estruturada está disponível no apêndice C.

Inicialmente os estudantes foram questionados se já haviam estudado sobre a vida extraterrestre, onde e o que eles lembravam destes estudos. Estratégia esta teve inspiração nas Unidade de Ensino Potencialmente Significativas de Moreira (s.d). Questão está que leva o estudante a externalizar, se existentes; os conhecimentos prévios que antecedem a realização do guia didático. Em seguida foi solicitado aos entrevistados para que respondessem com base nos conceitos estudado o que um planeta precisa para que nele haja a possibilidade do desenvolvimento de vida. Na sequência os estudantes reportaram (TREVISAN, 2016) o que haviam pensado enquanto respondiam as questões do pré e do pós-teste.

Prosseguimos com a realização de questões conceituais, guiados pela sistemática de avaliação da aprendizagem significativa apresentada por Moreira (2012). Num primeiro momento solicitamos que o estudante o explicasse o que o mesmo entendia sobre "zona habitável" e em seguida realizamos questões que relacionavam a "Habitabilidade" com a "zona habitável" e com a existência de água líquida. Em seguida apresentamos uma nova situação problema, onde os entrevistados haviam que utilizar dos conhecimentos abordados no guia; solicitando que os estudantes avaliassem os efeitos da expansão solar no planeta Terra e na vida humana.

Chegamos então a uma parte fundamental da entrevista, o reporte sobre a argumentação. Nesta etapa os entrevistados tiveram que relatar os conceitos que utilizaram e como relacionaram os mesmos para inferir a Habitabilidade ou a inabitabilidade do exoplaneta por eles estudado. Por último, mas não menos importante apresentamos outra nova situação problema, onde os entrevistados tiram que prever o que ocorreria com o exoplaneta por eles estudado se a estrela a qual este planeta orbita tivesse a metade da temperatura. A entrevista foi encerrada com uma questão onde os estudantes precisavam sugerir modificações no exoplaneta estudado, na estrela que este orbita ou em ambos; no intuito de tornar o exoplaneta em questão habitável.

6.4 TESTE PILOTO

Com a finalização do material didático e do roteiro para a entrevista estruturada demos início aos nossos testes piloto. As avaliações iniciais serviram para experimentar, corrigir e aprimorar do material didático, bem como do roteiro previsto para a entrevista.

Os testes piloto envolveram duas estudantes voluntárias e concluintes do Ensino Médio, sendo realizados em um total de quatro sessões de vídeo conferência através da plataforma “*Google Meet*”. Nestas foram testados dois modelos diferentes de pré e pós-testes. O primeiro modelo de pré e pós-teste (Apêndice A) apresentava um número maior de questões, exigindo das estudantes informações mais específicas sobre conceitos ligados a Exoplanetologia e Habitabilidade. O segundo modelo (Apêndice B) apresentou um número menor de questões, porém utilizava de questões mais abrangentes, permitindo que o estudante discorresse mais sobre a temática.

Durante a análise do material coletado no teste piloto identificamos uma quantidade muito pequena de gestos advindos das participantes A01 e A02. Na intenção de possibilitar a realização de mais gestos, incluímos uma nova pergunta no roteiro da entrevista estruturada. Após solicitar que os entrevistados reportassem o que haviam pensado para desenvolver a inferência, os questionamos “Como você imagina este exoplaneta que você estudou?”. Pergunta esta que se demonstrou de fundamental importância durante a coleta de dados, contribuindo para identificação de um número maior de gestos representativos durante o reporte sobre a inferência.

Com a realização dos testes foi possível verificar que o segundo modelo de pré e pós-teste se demonstrava mais efetivo e era capaz de prover mais detalhes, uma vez que suas perguntas eram mais abrangentes. Além disso foi possível dimensionar de forma aproximada o tempo utilizado pelos estudantes para a resolução das atividades pedagógicas. O que foi essencial para a organização da coleta de dados.

6.5 COLETA DE DADOS

6.5.1 Atividades

Com os materiais didáticos finalizados e testados, a etapa de coleta de dados teve início no primeiro semestre de 2020. Primeiramente foram tratados com os estudantes os horários nos quais as sessões de vídeo conferência poderiam ocorrer. De modo a dinamizar a coleta de dados e oportunizar a interação dos estudantes, estes foram organizados em pequenos grupos, conforme a afinidade e disponibilidade de horário. Os estudantes foram informados que seriam necessárias duas sessões de videoconferências para a realização das atividades previstas e na semana seguinte seria realizada uma entrevista individual. Durante a primeira e a segunda semana de coleta de dados ocorreu a troca de matérias entre pesquisador e estudantes. Os materiais (pré-teste, guia e pós-teste) foram enviados para os estudantes e recebidos pelos pesquisadores através de endereços de e-mail fornecidos pelos próprios estudantes. Atualmente os materiais desenvolvidos se encontram em um servidor de dados pessoais *online* (nuvem) da empresa Google; vinculada a conta institucional dos pesquisadores.

Em seguida teve início a primeira semana da coleta de dados, nela os estudantes realizaram o pré-teste e metade das atividades presentes no guia didático. Assim que o guia era apresentado aos estudantes, eles realizavam uma leitura do texto introdutório e posteriormente recebiam uma explicação sobre os conceitos presentes neste texto introdutório. Na sequência abrimos um espaço para dúvidas iniciais. O tempo médio para a realização das atividades previstas para a primeira videoconferência foi de 90 minutos.

Durante a primeira semana da coleta de dados os estudantes receberam, além do pré-teste e do guia didático, algumas explicações sobre os conceitos tratados nos textos introdutórios. Vale ressaltar que mesmo nestas explicações o pesquisador

coletor de dados realizou gestos para explicar os conceitos de zona habitável e detecção de exoplanetas. Ao finalizarem a realização do pré-teste e da metade das atividades presentes no guia didático os materiais eram reenviados ao pesquisador coletor, de modo a evitar qualquer possível perda de dados ligados a realização da atividade.

Já na segunda semana da coleta de dados, na respectiva segunda videoconferência os estudantes finalizaram as atividades presentes no guia didático e realizaram o pós-teste. Do mesmo modo como foi realizado na primeira semana de coleta, os estudantes encaminharam por e-mail as atividades didáticas por eles realizadas. A realização da segunda videoconferência também teve uma duração média de 90 minutos.

6.5.2 Entrevistas

Ao final da segunda videoconferência, com a finalização do guia e do pós-teste foram agendadas as datas e horários para as entrevistas individuais. As entrevistas realizadas nesta etapa ocorreram ainda utilizando a plataforma *Google Meet*. Através do recurso de gravação disponível na mesma foi possível armazenar em formato de áudio e vídeo as respostas dos entrevistados. Recurso essencial tanto para a análise gestual, quanto para a análise textual, com a eventual transcrição das respostas.

As questões realizadas nas entrevistas foram estruturadas de acordo com os protocolos "*Report Aloud*" e "*Think Aloud*"; seguindo as temáticas anteriormente abordadas. Verificamos a eficácia das entrevistas na medida em que elas fornecem um substrato das informações significadas pelos estudantes, permitindo assim identificar na fala ou em gestos evidências da aprendizagem significativa.

7 ANÁLISE DOS RESULTADOS

Nesta seção serão explicados os processos metodológicos utilizados para a construção do guia didático, bem como para a análise dos dados coletados. Como apresentado no capítulo anterior os dados advêm da realização do guia didático e da transcrição das falas dos participantes durante a entrevista. Podemos seccionar a análise dos dados em duas etapas distintas; sendo uma delas a análise textual e a outra a análise gestual. Ambas são apresentadas nas subseções abaixo.

7.1 ELABORAÇÃO DO GUIA DIDÁTICO

Além do cuidado apresentar os conceitos ligados a Exoplanetologia e Habitabilidade em uma linguagem acessível mantendo o significado dos mesmos; como apresentado por Freitas (2020), buscamos também, transpor didaticamente os processos algébricos utilizado por Della-Rose et al (2018), uma vez que eles foram por nós considerados “passíveis de compreensão” para o público pretendido, apresentamos os mesmo de forma escrita e abreviada, como pode ser visto em nosso guia no Apêndice B.

Conforme mencionado em nossa revisão da bibliografia, o trabalho de LoPresto e Ochoa (2017) está direcionado para a identificação de exoplanetas habitáveis. Em seu trabalho os autores propuseram que os estudantes utilizassem de dados tabelados e através de filtros determinassem quais exoplanetas poderiam categorizados como habitáveis. Diferente da pesquisa de Della-Rose et al (2018), pesquisa de LoPresto e Ochoa (2017) tem como público pretendido estudantes do ensino superior. Sendo assim a atividade proposta pelos autores apresenta um grau de complexidade mais elevado.

No trabalho de LoPresto e Ochoa (2017) breves condições para identificar a possível Habitabilidade de um exoplaneta. Mesmo intencionado ao ensino superior, os autores equações que permitiam determinar a temperatura do exoplaneta conforme a distância que o mesmo se encontra da estrela. Fator essencial para a inferência da Habitabilidade. Realizando uma adequada transposição didática dos conceitos apresentados por LoPresto e Ochoa (2017) foi possível determinar quais seriam as variáveis consideradas para a inferência na Habitabilidade e quais seriam as possibilidades (casos extremos) para a habilidade de um exoplaneta.

Somatizando a proposta de Della-Rose et al (2018), identificando características de um exoplaneta, com a proposta de LoPresto e Ochoa (2017), conseguimos através da transposição didática desenvolver o nosso guia didático. O guia completo está disposto no Apêndice C e plenamente disponível para aqueles que desejarem utilizá-lo. Os subcapítulos seguintes relatam como ocorreu a construção de cada uma das etapas deste guia didático. Para que o leitor tenha a compreensão destes processos de construção, achamos por bem dividi-los nos subcapítulos individuais que seguem abaixo.

7.1.1 Texto introdutório

Na introdução se faz presente um texto de apoio. Além de contextualizar a atividade e apresentar os objetivos de realização da mesma, o texto (Figura 5) também serviu como organizado prévio (MOREIRA, 2011). A primeira temática apresentada pelo texto de apoio relacionou a Habitabilidade à zona habitável. Tendo como termo de ligação a relação de temperatura e distância, que varia de acordo com a estrela que se encontra no centro do sistema.

Figura 5 – 1º Trecho do texto apoio

Habitabilidade e a zona habitável	
	<p>A habitabilidade de um planeta depende de uma série de fatores, vamos nos ater apenas aos mais relevantes. O principal deles é a existência de água no estado líquido.</p> <p>Utilizando a escala termométrica Kelvin, sabemos que a água se encontra regularmente no estado líquido entre as temperaturas de 273 K e 373K. Logicamente, para que um planeta seja considerado</p>
<p>como possivelmente habitável a temperatura dele deve variar entre estes valores.</p>	

Fonte: A pesquisa (2020)

O segundo tema apresentado pelo texto de apoio expôs a relação entre o tipo de estrela e a localização/extensão da zona habitável. Neste três classes simplificadas de estrelas foram apresentadas, sendo elas “Hotter Stars” (estrela mais quentes que o Sol); “Sunlike Stars” (estrelas como o Sol); “Cooler Star” (estrelas mais frias que o

Sol). Na extensão de pequeno texto foi explicitada a razão pela diferença na comparação entre as zonas habitáveis. Segue abaixo na Figura 6 um recorte deste trecho.

Figura 6 - 2º Trecho do texto apoio

Quais fatores podem influenciar na temperatura de um exoplaneta?

O primeiro deles é a distância em que este planeta se encontra da estrela. Quanto mais perto da estrela, maior será a temperatura efetiva deste planeta. Conforme a distância entre o planeta e a estrela aumenta, a temperatura efetiva do planeta vai diminuindo. Um planeta não pode estar tão perto, a ponto de ter água apenas no estado gasoso (por ser um planeta muito quente) e nem estar tão longe, a ponto de ter água apenas em estado sólido (gelo). Chamamos de zona habitável o espaço onde a temperatura do planeta permita a existência de água líquida.

Podemos visualizar a zona habitável identificada pela cor verde nas imagens 2 e 3. Na imagem 2 é exibida a zona habitável definida em torno do Sol em comparação com a zona habitável definida para outras estrelas. Imediatamente identificamos que o tamanho desta zona é diferente nos casos comparados na imagem 2. Analisando a imagem 3 podemos compreender que o tamanho da zona habitável está diretamente ligado a temperatura da estrela. Em estrelas mais frias que o sol (*Cooler Stars*) a zona habitável está mais próxima da estrela. Enquanto em estrelas mais quentes que o sol (*Hotter Stars*) percebemos que a zona está mais afastada da estrela.

A distância entre o planeta e a estrela não é o único fator que pode influenciar na temperatura dele. A temperatura do planeta pode ser influenciada pela existência de massas de ar (atmosfera) e da espessura destas massas. O nível de luz que o planeta reflete (deixando de absorver) também exerce influência na temperatura do planeta.

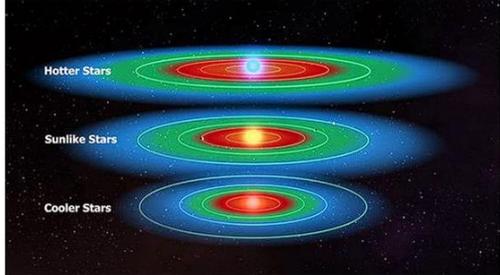


Figura 3-Comparação da zona habitável de três estrelas. Em vermelho estaria a zona muito quente; em verde a zona habitável e em azul a zona muito fria. "Hotter Stars"(estrela mais quentes); "Sunlike Stars" (estrelas como o sol); Cooler Star (estrelas mais frias)

Fonte: A pesquisa (2020)

Julgamos como necessário elucidar os estudantes ao menos um dos processos de detecção de exoplanetas, embora existam diferentes processos, todos eles têm por finalidade detectar exoplanetas e, possivelmente, identificar dados referentes ao exoplaneta ou sobre a estrela que este orbita. Em determinados casos, estes dados passam por tratamentos matemáticos a fim de suscitar características do corpo estudado. Contudo, buscamos possibilitar ao estudante, que o próprio fizesse este tratamento matemático dos dados, além de interpretá-los e definir características de um exoplaneta. Assim, desenvolvemos esta sessão (Figura 7) que apresenta e elucida os conceitos ligados a detecção de exoplanetas pelo método de trânsito, conforme Della-Rose et al.(2018).

Figura 7 - 3º Trecho do texto apoio

Detecção de exoplanetas

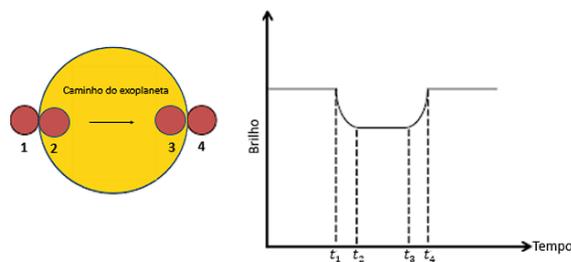


Figura 4- Método de detecção de trânsito.

quando um exoplaneta passa em frente a ela. Essa variação do brilho é detectada por meio da observação com telescópios.

O tempo que o planeta leva para passar em frente a estrela é chamado de tempo de trânsito. Este tempo é contabilizado desde que o brilho da estrela começa a ser reduzido, até o momento em que o brilho detectado da estrela é reestabelecido. A relação entre o tempo de trânsito e a intensidade do brilho detectado pode ser melhor compreendido com a análise da imagem 4.

Assim como o percentual de redução do brilho, o tempo de duração do trânsito é um dado fundamental para a determinação das características do exoplaneta. Para que possamos utilizar equações mais simples presentes neste guia, vamos utilizar o tempo decorrido entre o início do ingresso, (posição t_1 na figura 4) até o momento em que o brilho natural da estrela começa a ser reestabelecido (posição t_3 na figura 4).

Fonte: A pesquisa (2020)

7.1.2 Seleção do exoplaneta a ser estudado

Para utilizar das simples equações e da metodologia de identificação de dados apresentada por Della-Rose et al. (2018), tivemos que limitar a aplicabilidade do guia didático a um total de dez exoplanetas diferentes. Este empecilho existe devido à limitação matemática das equações apresentadas pelos autores. Uma vez que as equações servem apenas para sistemas compostos por apenas dois astros (uma estrela e um planeta), filtramos os dados presentes no portal “exoplanet.org” para identificar exoplanetas que se encaixavam desta especificidade e ao mesmo tempo apresentavam a quantidade mínima de informações necessárias. Desta forma foi possível selecionar ao menos dez exoplanetas que se encaixassem no modelo matemático.

Para esta seleção de exoplanetas, os quais apresentam uma situação compatível com o sistema de equações, tomamos possível que os estudantes determinassem algebricamente as características deles. Uma vez que fosse fornecido aos estudantes os dados necessários para dar início ao processo de identificação de

características. De modo a atender este propósito desenvolvemos tabelas com tais informações, todas as tabelas apresentam a mesma estrutura, visualizável no Quadro 7- Dados iniciais do exoplaneta Kepler-4b

Quadro 7- Dados iniciais do exoplaneta Kepler-4b

Característica	Aferida em	Dado
Raio da estrela hospedeira	Metros [m]	1 034 000 000
Massa da estrela hospedeira	Massas solares [ms]	1,223
Temperatura da estrela hospedeira	Kelvin [K]	5860
Velocidade da estrela hospedeira	Metros por segundo [m/s]	9,3
Tempo de trânsito (ponto 1 a ponto 3)	Segundos [s]	13 452
Profundidade de trânsito	Percentual	0,000610
Distância entre o planeta e a estrela	Metros [m]	6 820 000 000

Fonte: A pesquisa (2020)

7.1.3 Determinação de características

A fim de atender a um de nossos objetivos específicos, de permitir que os estudantes dimensionassem a zona habitável e características do exoplaneta estudado, realizamos algumas adaptações a partir das equações apresentadas por Della-Rose et al (2018). A transposição didática (FREITAS, 2020) se demonstrou necessária para favorecer a construção dos conhecimentos sem perder a essência tanto das equações quanto da proposta de estudos.

A primeira equação apresentada no guia é utilizada para determinar a velocidade orbital do exoplaneta em metros por segundo, advinda do trabalho de Della-Rose et al.(2018). Além da tradução de inglês para o português, eliminamos o cálculo da variação do tempo durante o trânsito. Onde os autores utilizaram de:

$$T_c - T_a \quad (1)$$

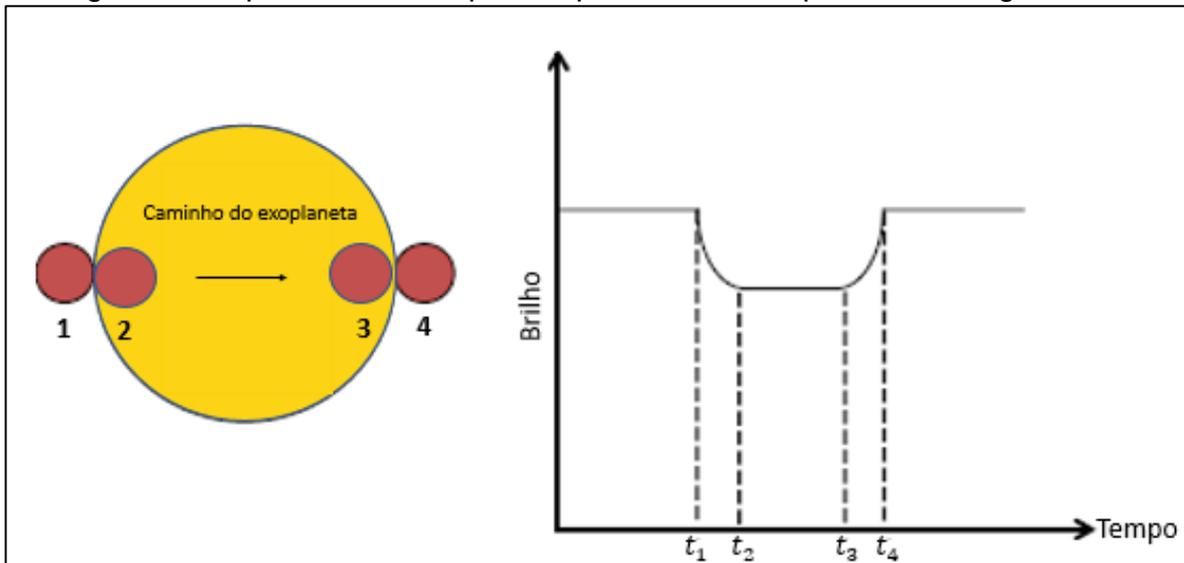
Substituímos por

$$T_{1a3} \quad (2)$$

Para tanto, diferentemente do trabalho de Della-Rose et al (2018), que fornecia o tempo em cada uma das quatro posições de trânsito, fornecemos junto a tabela de dados iniciais o valor exato entre as posições “c” e “a”, como apresentado pelos autores ou “1” e “3” como apresentamos em nosso guia didático. Na intenção de demonstrar como ocorre o trânsito planetário, bem como especificar quais são os pontos “1”

e “3” aos quais nos referimos, inserimos, no guia didático, o esquema apresentado na Figura 8.

Figura 8- Esquema utilizado para explicar o trânsito planetário no guia didático



Fonte: A pesquisa (2020)

A partir equação que determina a velocidade orbital do exoplaneta, apresentada por Della-Rose et al .(2018), realizamos a substituição dos termos matemáticos apresentados. Nossa substituição visualiza, além da tradução dos termos, a facilitação da compreensão e da utilização pelos estudantes. Sendo assim ao invés da equação (3) utilizamos a equação (4).

$$V_m = \frac{2 \cdot R_{star}}{t_c - t_a} \quad (3)$$

$$v_p = \frac{2 \cdot R_e}{t_{1a3}} \quad (4)$$

Onde “ v_p ” representa a velocidade orbital do exoplaneta, “ R_e ” Raio da estrela hospedeira e “ T_{1a3} ” como já mencionado, o tempo entre as posições 1 e 3 do trânsito. De modo a facilitar a compreensão do processo matemático que seria realizado, inserimos um parágrafo descrevendo-o juntamente com a equação escrita por extenso (Figura 9).

Figura 9 – Apresentação da equação para o cálculo da velocidade orbital do planeta

1.1 Velocidade orbital do planeta

A primeira característica do planeta a ser identificada será a velocidade que este planeta orbita em torno da estrela. A equação que utilizaremos para executar tal processo tem “ v_p ” como a velocidade orbital do planeta; “ R_e ” como o raio da estrela hospedeira e “ $t_{1\ a\ 3}$ ” como o tempo de trânsito entre as posições 1 e 3.

$$\text{Velocidade do planeta} = \frac{2. \text{Raio da estrela}}{\text{tempo ponto 1 a ponto 3}}$$

$$v_p = \frac{2. R_e}{t_{1\ a\ 3}}$$

Valor encontrado para a Velocidade Orbital do Planeta (V_p): _____ m/s

Fonte: A pesquisa (2020)

Para determinar a massa do exoplaneta estudado, partindo da equação apresentada por Della-Rose et al. (2018), alteramos o padrão de medida de massa. Enquanto os autores estipulavam a massa do exoplaneta em “Massa de Júpiter”, sendo este o resultado da divisão entre a massa de Jupiter e a massa do exoplaneta utilizado; nós optamos por utilizar da unidade de medida “Massa da Terra”. Atendendo as concepções de transposição didática (Freitas, 2020), a troca para a medida “Massa da Terra” se apresenta como uma boa estratégia para a contextualização do conceito de massa planetária. Baseamos nosso otimismo, perante esta estratégia devido aos subsunçores cujos quais julgamos que os participantes desta pesquisa possuam. Acreditamos que durante as aulas de Ciências da Natureza, bem como nas aulas das Ciências Humanas, o planeta Terra seja mais trabalhado e estudado do que o planeta “Jupiter”.

A equação trazida por Della-Rose et al. (2018) advém de uma relação gravitacional entre os dois corpos massivos (estrela e planeta); onde através da conservação de quantidade de movimento¹ torna-se possível determinar a massa do planeta. Por conseguinte, a equação trazida pelos autores apresenta o seguinte formato:

(5)

¹ “*momentum*” – Tradução nossa.

$$m = \frac{Mv_M}{v_m}$$

Realizando a didatização a equação de Della-Rose et al (2018) e adicionando o fator de conversão para “Massa Terra”, utilizamos como equação:

$$M_p = \frac{M_e \cdot v_e}{v_p} \times 333\,054,25 \quad (6)$$

Onde “ M_p ” representa a massa do exoplaneta que será calculada em quilogramas; “ M_e ” simboliza a massa da estrela que será calculada em massas solares; “ v_e ” correspondendo a velocidade da estrela e “ v_p ” equivalendo a velocidade orbital do exoplaneta (calculada pelo estudante no passo anterior). Por último, mas não menos importante “333 054,25”; sendo ele o fator de conversão de “Massas solares” para “Massa da Terra” (Figura 10 – Guia: estimando a massa do planeta). Diferindo-se dos autores, que padronizaram a massa planetária convertendo-a de “Massas solares” para “Massa de Jupiter”, incluímos o fator de conversão, citado anteriormente, para que os estudantes pudessem calcular e comparar massa do exoplaneta por eles estudados com a Terra. Utilizando outra vez de um pequeno texto explicando o processo a ser realizado, o guia apresenta a etapa de estipulação da massa do exoplaneta da seguinte forma.

Figura 10 – Guia: estimando a massa do planeta

1.2 Estimando a massa do planeta

A equação utilizada para o cálculo da massa do planeta baseia-se na conservação da energia existente no movimento (momento) do sistema inteiro (estrela hospedeira e planeta). Esta equação possui “ M_p ” como a massa do planeta, que será calculada na unidade de medida “massa Terra”; “ M_e ” e “ v_e ” respectivamente como massa da estrela e velocidade da estrela e “ v_p ” como a velocidade orbital do planeta (dado calculado no tópico anterior).

Ao utilizar a unidade de medida “massa Terra” identificaremos a relação entre a massa do planeta e massa da Terra. Se o resultado for maior do que “1” indicará que a massa do planeta é superior a massa da Terra; se o resultado for menor do que “1” indicará que a massa do planeta estudado é menor que a da terra. Para que o dado calculado saia na unidade de medida “massa da terra” iremos utilizar um fator de conversão (333 054,25); sendo este a razão entre a massa do sol e a massa da Terra.

$$\text{Massa do planeta} = \frac{\text{Massa da estrela} \cdot \text{velocidade da estrela}}{\text{velocidade do planeta}} \times 333\,054,25$$

$$M_p = \frac{M_e \cdot v_e}{v_p} \times 333\,054,25$$

Valor encontrado para a massa do planeta $M_p =$ _____ *massa da Terra*.

Fonte: A pesquisa (2020)

A etapa de identificação do raio do exoplaneta seguiu a equação apresentada por Della-Rose et al. (2018). A única modificação realizada foi na resposta, a qual seria mantida em “metros” em nosso guia diário (Figura 11). Diferente dos autores que indicavam a realização da divisão do raio do exoplaneta pelo raio de Júpiter.

Figura 11 – Guia: estimando o raio do planeta

1.3 Estimando o raio do planeta

A estimativa do raio do planeta pode ser obtida através da variação ocorrida no brilho observável da estrela quando o planeta está em período de trânsito (quando o planeta está passando em frente a estrela). Com a utilização da equação abaixo podemos determinar o raio do planeta (R_p) relacionando o raio da estrela (R_e) e percentual de redução do brilho; também conhecido como “Profundidade de trânsito” (P_t).

$$\text{Raio do planeta} = \text{Raio da estrela} \cdot \sqrt{\text{Profundidade de trânsito}}$$

$$R_p = R_e \cdot \sqrt{P_t}$$

Valor encontrado para o raio do planeta $R_p =$ _____ *m*

Fonte: A pesquisa (2020)

Com a intenção de determinar a densidade do planeta incluímos um passo onde o estudante deveria calcular o volume do planeta (Figura 12). Para que assim fosse possível comparar a densidade do exoplaneta estudado com a densidade dos demais planetas do sistema solar. Com esta comparação foi possível aproximar o objeto de estudo, no caso exoplaneta de conceitos e/ou objetos já conhecidos pelo estudante, possibilitado a compreensão de como seria este exoplaneta (Freitas, 2020).

Figura 12– Guia: Volume do planeta

1.3.1 Volume do planeta

Antes de prosseguir para o cálculo da densidade do planeta precisaremos dimensionar o volume deste planeta. Cientes que o formato do planeta será praticamente uma esfera; podemos determinar o volume aproximado de um planeta da mesma forma como determinamos o volume de uma esfera qualquer.

Abaixo vamos utilizar o valor do raio do planeta em *metros* para a realização do cálculo; assim iremos identificar o volume deste planeta em m^3 .

$$\text{Volume do planeta} = \frac{4}{3} \cdot \pi \cdot (\text{Raio do planeta})^3$$

$$\text{Vol}_p = \frac{4}{3} \cdot \pi \cdot (R_p)^3$$

Volume do planeta $\text{Vol}_p = \underline{\hspace{2cm}} m^3$

Fonte: A pesquisa (2020)

A fim de identificar a densidade do exoplaneta em “ kg/m^3 ” adicionamos uma caixa de texto para auxiliar os estudantes no processo de conversão da massa do planeta (Figura 13). Onde antes havíamos utilizado “Massa Terra” passaríamos a utilizar “quilogramas” [kg].

Figura 13 – Guia: Densidade do planeta

1.4 Densidade do planeta

Para obter a massa do planeta em “kg” multiplicaremos a massa calculada no item 1.2 pela massa da Terra

$$\text{Massa do planeta (kg)} = M_p \times 5,972 \times 10^{24}$$

Agora que possuímos tanto volume e quanto a massa do planeta somos plenamente capazes de determinar a densidade do planeta dividindo a massa que ele possui pelo volume que ela ocupa.

$$\text{Densidade do planeta} = \frac{\text{Massa do planeta (kg)}}{\text{Volume do planeta (m}^3\text{)}}$$

Densidade do planeta = _____ kg/m³

Fonte: A pesquisa (2020)

No trabalho de LoPresto e Ochoa (2017) os autores apresentam uma equação simplificada para estimar a temperatura de um exoplaneta. A equação relaciona a temperatura da estrela e raio do mesmo, com base na distância que separa o exoplaneta da estrela que ele orbita.

$$T_p = T_s \cdot \left(\frac{R_s}{2d}\right)^{0,5} \quad (7)$$

Realizamos a tradução das variáveis apresentadas na equação e a inserimos no guia didático apresentando de forma mais clara o processo de radiação que se faz necessário para a resolução da mesma (8). Onde “ T_p ” representa a temperatura do planeta; “ T_e ” simboliza a temperatura da estrela; “ R_e ” corresponde ao raio da estrela e “ d ” refere-se a distância entre o planeta e a estrela.

$$T_p = T_e \cdot \sqrt{\frac{R_e}{2d}} \quad (8)$$

Da mesma forma como procedemos com a descrição de etapas anteriores, incluímos uma parte escrita indicando a razão pela qual este processo estava sendo realizado (Figura 14).

Figura 14– Guia: Temperatura do planeta

1.6 Temperatura do planeta

Nesta etapa poderemos calcular a temperatura que o planeta apresenta conforme a distância que ele está da estrela. Para isso utilizaremos da equação abaixo; esta apresenta como suas variáveis “ T_p ” como temperatura do planeta, “ T_e ” como temperatura da estrela, “ R_e ” como raio da estrela e “ d ” como a distância entre o planeta e a estrela.

$$\text{Temperatura do planeta} = \text{Temperatura da estrela} \cdot \sqrt{\frac{\text{Raio da estrela}}{2 \cdot \text{distância entre planeta e estrela}}}$$

$$T_p = T_e \cdot \sqrt{\frac{R_e}{2d}}$$

Temperatura do planeta: _____ K.

Fonte: A pesquisa (2020)

Para estimar a localização e a extensão da zona habitável utilizamos dos parâmetros físicos apresentados por LoPresto e Ochoa (2017). Sendo, a zona habitável, a região na qual na temperatura é propensa para a obtenção de água líquida, compreendemos que ela se estende a partir de um ponto mais próximo da estrela, onde a temperatura seja no máximo 373 K, até o ponto mais distante da estrela, onde a temperatura seja no mínimo 273 K. A equação que utilizamos no guia parte do processo de isolamento da variável “distância”; tendo como princípio equação fornecida pelos autores (9). Nela, “ d ” refere-se a distância entre o exoplaneta e a estrela; “ R_e ” simboliza o raio da estrela; “ T_e ” corresponde a temperatura da estrela e “ T ” a temperatura desejada. Neste caso, para determinar a distância mínima, início da zona habitável, trocamos “ T ” por “373 K”. Já para determinarmos a distância máxima, final da zona habitável, devemos utilizar o valor de “273 K” no lugar de “ T ” (Figura 15). Desta forma, é possível determinar tanto a distância da zona habitável bem como a extensão que ela possui. Justificando tal processo e esclarecendo uma por uma das variáveis, adicionamos um pequeno texto descritivo para os estudantes

$$d = 2 \cdot R_e \cdot \left(\frac{T_e}{T}\right)^2 \quad (9)$$

Figura 15 – Guia: Zona Habitável

1.5 Zona habitável

A zona habitável está diretamente relacionada ao espaço onde a água pode manter-se no estado líquido. Neste espaço a temperatura do planeta varia de 373 K a 273 K.

Para determinar o tamanho e a posição deste espaço, vamos utilizar uma equação que relaciona o raio da estrela (R_e) com a razão da entre a temperatura da estrela (T_e) e a temperatura selecionada (T).

$$\text{Distância calculada} = 2 \cdot \text{Raio da estrela} \cdot \left(\frac{\text{Temperatura da estrela}}{\text{Temperatura calculada}} \right)^2$$

$$d = 2 \cdot R_e \cdot \left(\frac{T_e}{T} \right)^2$$

Distância temperatura máxima 373 K = _____ m

Distância temperatura mínima 273K = _____ m

Zona habitável entre _____ m e _____ m

Fonte: A pesquisa (2020)

7.2.4 Classificação do exoplaneta

A etapa de classificação consiste na utilização das características previamente calculadas pelo estudante nos passos anteriores, para identificar e definir como o exoplaneta estudado pode ser. Ao longo de todo o guia didático não foram fornecidas imagens sobre o exoplaneta analisado. Assim a coube ao estudante realizar os processos matemáticos para identificar as características do exoplaneta e classificá-los de acordo com as tabelas presentes na etapa de classificação. Desta forma, através da comparação com os planetas do sistema solar o estudante iria adquirir propriedade tanto para imaginar este planeta; quanto para inferir sua Habitabilidade ou não.

A primeira classificação ocorreu com base na massa calculada. Analisando o Quadro 8, o sujeito da pesquisa poderia classificar o exoplaneta analisado entre as classes “Sub Terra”, “Terra”, “Super Terra”, “Netuniano” e “Jupiteriano”. Além da classificação a tabela apresenta descritores que apresentam possíveis características para o exoplaneta classificado com determinada classe.

Quadro 8 - Classificação de planetas conforme a massa.

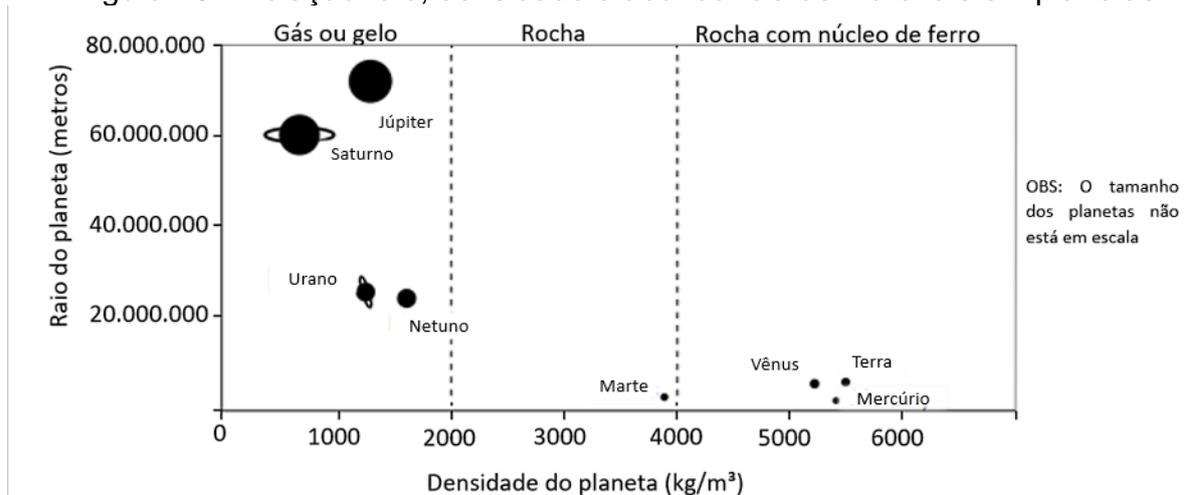
Tipo de planeta	Massa (unidades terrestres)	Raio (unidades terrestres)	Atmosfera Potencial *
-----------------	-----------------------------	----------------------------	-----------------------

Sub Terra	0,1 - 0,5	0,5 - 1,2	São capazes de manter uma atmosfera significativa após as bordas externas da zona habitável (ou seja, Marte).
Terra	0,5 - 2	0,8 - 1,9	São capazes de manter uma atmosfera significativa com água líquida dentro da zona habitável (ou seja, a Terra).
Super Terra	2 - 10	1,3 - 3,3	São capazes de manter atmosferas densas com água líquida dentro da zona habitável.
Netuniano	10 - 50	2,1 - 5,7	Os netunianos podem ter atmosferas densas na zona quente.
Jupteriano	50 - 5.000	3,5 - 27	Os jupterianos podem ter atmosferas super-densas na zona quente.

Fonte: The Planetary Habitability Laboratory Arcibo ¹. Adaptado

A segunda classificação ocorreu com base na densidade do exoplaneta. Tendo como base a Figura 16 seria possível para os estudantes identificar quais materiais se apresentavam em maior abundância no exoplaneta estudado. Bem como compará-los com os exoplanetas do sistema solar, presentes no gráfico.

Figura 16 - Relação raio, densidade e abundância de materiais em planetas



Fonte: Immersive Experiences²

Com o intuito de prover embasamento para que o estudante pudesse, não se ater somente a análise numérica e qualitativa do sistema (estrela e planeta), mas também imaginar este sistema como um todo, inserimos o Quadro 9 no guia didático. A classificação da estrela pode ser feita de acordo com a temperatura que ela apresenta, a tabela possibilita identificar a cor deste corpo celeste.

Quadro 9- Tipos de estrela

Tipo de estrela	Temperatura (K)	Cor
-----------------	-----------------	-----

¹ <https://sites.google.com/a/upr.edu/planetary-habitability-laboratory-upra/library/notes/amassclassificationforbothsolarandextrasolarplanets>

² https://www.immersive-experiences.co.uk/images/Documents/Planet_density.pdf

O	30 000 a 60 000	Azul
B	10 000 a 30 000	Entre azul e branca
A	7 500 a 10 000	Branca
F	6 000 a 7 500	Entre branca e amarela
G	5 000 a 6 000	Amarela
K	3 500 a 5 000	Laranja
M	2 000 a 3 500	Vermelha

Fonte: Centro de Dados Astronômicos de Estrasburgo¹. Adaptado

7.1.5 Possibilidades (casos extremos)

De acordo com LoPresto e Ochoa (2017) a temperatura de um planeta não depende somente da distância que ele se encontra da estrela e por conseguinte da quantidade de radiação que o mesmo recebe. Conforme os autores, além desta relação distância/radiação a temperatura de um planeta depende também do grau de reflexibilidade de luz em sua superfície e do efeito estufa que este sofre. Com base nas informações fornecidas, optamos por adicioná-las como “possibilidades” ou “casos extremos”, pois existem chances de um exoplaneta ser habitável fora da zona habitável; desde que este possua um grau de reflexibilidade ou um efeito estufa capaz de compensar o excesso ou a falta de radiação.

Realizando a transposição didática dos conceitos (FREITAS, 2020) optamos por escrever um pequeno texto (Figura 11) que apresentava a possibilidade da Habitabilidade em uma zona “pouco quente”, com um alto nível de reflexibilidade; bem como em uma zona “pouco fria”, visível no Apêndice B. Considerando ambas as possibilidades podemos estipular uma zona habitável que abranja um espaço maior. Assim solicitamos aos estudantes que determinassem algebricamente a extensão desta “zona habitável otimista”.

Figura 17- Guia: Zona Habitável (possibilidades)

¹ <http://cds.u-strasbg.fr/twikiAIDA/pub/EuroVOAIDA/WP5WorkProgrammeUsecases/stars.pdf>.

3.2 Margem de temperatura utilizada

Cientes da possibilidade de se obter água líquida nas redondezas da zona habitável podemos expandir nossa busca; da zona habitável para a “zona de análise”. Englobando as zonas “pouco quente” e “pouco fria” a zona habitável determinamos nossa “zona de análise”. Com base nos fatores apresentados acima podemos estabelecer uma margem maior de temperaturas; assumindo que as temperaturas nossa “zona de análise” variem de 392 K até 260 K. Utilizando a mesma equação utilizada no tópico 1.5, determine a distância máxima e mínima para a zona habitável da estrela estudada.

$$\text{Distância calculada} = 2. \text{Raio da estrela} \cdot \left(\frac{\text{Temperatura da estrela}}{\text{Temperatura calculada}} \right)^2$$

$$d = 2 \cdot R_e \cdot \left(\frac{T_e}{T} \right)^2$$

Distância temperatura máxima 370 K = _____ m

Distância temperatura mínima 235 K = _____ m

Zona habitável entre _____ m e _____ m

Fonte: A pesquisa (2020)

7.1.6 Inferência

A finalização do guia didático ocorre quando o estudante elabora a sua inferência. Nesta etapa o estudante utiliza de seus conhecimentos prévios e dos conhecimentos adquiridos ao longo da realização do guia didático para apontar se o exoplaneta estudado por ele é ou não habitável. Solicitamos que os estudantes levassem em consideração ao longo da argumentação os tópicos que foram abordados no guia (Figura 12).

Figura 18 - Guia: Argumentação sobre a Habitabilidade.

3.3 Argumentação sobre a habitabilidade

Argumente utilizando os conhecimentos recém adquiridos referente a habitabilidade do exoplaneta _____. Em sua argumentação relacione:

- Classificação do planeta conforme a massa, raio e densidade (consequentemente a abundância de determinados materiais);
- A distância entre o planeta e a estrela (se este se encontra dentro da zona de análise);
- Temperatura do planeta conforme a distância da estrela;
- Possibilidade da existência de uma atmosfera densa onde a temperatura do planeta possa ser levemente acrescida;
- Possibilidade de um alto índice de reflexão de luz (o que reduz a quantidade de energia absorvida e pode reduzir a temperatura do planeta em aproximadamente 10%);

Fonte: A pesquisa (2020)

Os conceitos seriam apresentados aos estudantes e desenvolvidos com um auxílio deste guia didático. O guia foi o principal recurso didático desta pesquisa. Através dele objetivamos despertar subsunçores estáveis para aumentar a probabilidade do surgimento da aprendizagem significativa. A estrutura organizacional deste material didático pode ser dividida em diferentes etapas. De modo geral, os conceitos ligados a Exoplanetologia e Habitabilidade foram explorados tanto qualitativamente, quanto quantitativamente.

7.2 ANÁLISE TEXTUAL

Sendo está uma pesquisa de caráter qualitativo, utilizamos de questões abertas tanto para as etapas presentes no guia; bem como nas perguntas realizadas durante a realização da entrevista. Visualizamos a Análise de Conteúdo de Bardin (2016) como uma boa metodologia de análise para os dados gerados.

Conforme apresentado por Bardin (2016), a análise de conteúdo tem seu princípio na organização da análise. Realizando a leitura flutuante dos dados, uma vez identificada a assertividade das inferências dos estudantes, direcionamos nossos esforços para a identificação dos fatores mais utilizados na inferência dos estudantes. Os fatores de inferência indicam a compreensão deles, a partir do momento em que eles são utilizados em uma explicação. Nesta etapa, os materiais foram organizados em uma grande tabela para a fácil visualização dos mesmos. A partir da relação entre os objetivos desta pesquisa e dos materiais coletados estipulamos objetivos e

hipóteses para a análise. De acordo com a autora a elaboração das hipóteses e dos objetivos fundamenta a interpretação final dos dados.

De modo a responder nossa pergunta de pesquisa selecionamos três recortes de cada estudante para compor a nossa análise. O primeiro deles sendo a própria inferência elaborada pelos estudantes no guia didático. Já o segundo recorte agrega a transcrição do *Report aloud* (TREVISAN, 2016) sobre a inferência, feito na entrevista. O terceiro recorte faz referência a uma das situações problemas apresentados na entrevista, sendo esta um produto da utilização do protocolo *Think Aloud* (Van-Someren; Barnard; Sandberg, 1994).

7.2.1 Análise da inferência – Guia didático

Esta análise traz como objetivo principal a identificação dos fatores nos quais os estudantes se embasaram para o desenvolvimento das suas respectivas inferências. Possuíamos a hipótese de que os estudantes teriam elencado a temperatura como principal fator de influência na Habitabilidade. Acreditamos também que os estudantes poderiam utilizar com menor frequência das possibilidades apresentadas, como os casos extremos de Habitabilidade, para a fundamentação de suas inferências. Uma vez que a compreensão destes casos exige conhecimentos específicos ligados a óptica e a hidrostática.

Para tanto definimos como pergunta de análise “*Quais evidências empíricas foram mais relevantes na construção, pelos estudantes, da inferência quanto a Habitabilidade dos exoplanetas estudados?*”

Passada a organização da análise tem início a etapa de codificação (BARDIN, 2016). De modo a contemplar respostas completas tendo em vista a expressão dos estudantes também durante a entrevista, definimos que a unidade de recorte seria realizada por tema. De acordo com Bardin (2016) a unidade de registro por tema é geralmente utilizada para analisar respostas a questões abertas e entrevistas, se demonstrou ideal para a análise pretendida.

Segundo Bardin (2016) além da definição da unidade de registro é necessário estabelecer uma regra de enumeração para a contagem das unidades identificadas. Dentro de nossas categorias estabelecemos como regra de enumeração a “presença”. Conforme a autora a presença de determinado elemento pode ser significativa para a

mensagem. Em nosso caso a presença das temáticas na inferência dos estudantes serve como um indicador de que ela fora compreendida a ponto de ser mencionada pelo estudante.

Para a categorização do *corpus* foram identificadas as categorias nas quais os recortes estariam classificados. Por conseguinte, as categorias foram definidas a posteriori, utilizando o critério semântico para a classificação dos elementos. Bardin (2016) define o critério semântico como aquele que contempla categorias temáticas. Este se enquadra com o objetivo estipulado para esta pesquisa. Da análise do *corpus* emergiram duas categorias, sendo elas “Condições” e “Possibilidades”. Tendo cada qual suas subcategorias primárias. A categoria “Condições” faz referência as condições que foram expressas nas respostas dos estudantes; como: massa, densidade, temperatura, distância entre o exoplaneta e a estrela, classificação do exoplaneta. Já a categoria “Possibilidades” se refere as possibilidades extremas de Habitabilidade, que se são eventualidade de um exoplaneta que se encontra fora da zona habitável, ser classificado como habitável. Nesta categoria se fazem presentes as subcategorias “Atmosfera densa” e “Alto índice de reflexão”. Categorias, subcategorias, bem como a frequência de condições presentes e o percentual que cada uma representou nas respostas analisadas, estão presentes no Quadro 10.

Quadro 10- Categorias, frequência e percentual resultante do uso do protocolo Report Aloud

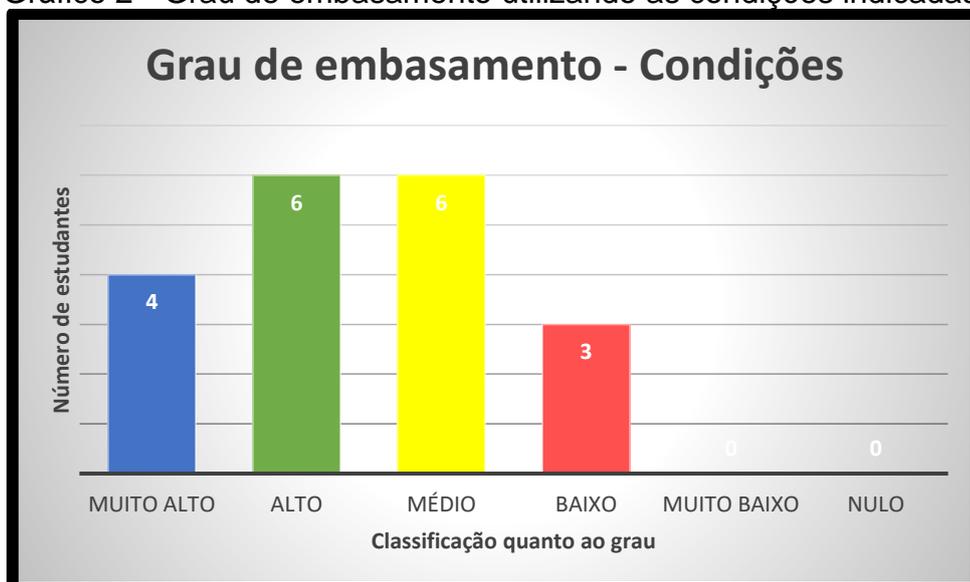
Categoria	Subcategoria	Frequência (f)	%
Condições	Massa	9	13,2
	Densidade	10	14,7
	Temperatura	18	26,4
	Distância entre o exoplaneta e a estrela	16	23,5
	Classificação do exoplaneta	15	22
	Total	68	100
Possibilidades	Alto índice de reflexão	6	54,5
	Efeito estufa (atmosfera densa)	5	45,5
	Total	11	100

Fonte: A pesquisa (2022)

Analisando os materiais gerados pelos 19 estudantes que finalizaram a realização das atividades e participaram da entrevista, foi possível identificar que todos argumentaram assertivamente acerca da Habitabilidade do respectivo exoplaneta estudado. Contudo, nossa análise teve como principal foco determinar os critérios que fundamentaram a correta inferência dos estudantes.

Referente a categoria de “Condições”, adotamos o termo “grau de embasamento” que se refere a quantidade de elementos utilizados pelos entrevistados na construção de cada resposta. Foram classificados com grau “Muito alto” de embasamento, os estudantes que relacionaram assertivamente as 5 condições propostas. Os estudantes classificados com grau “Alto” de embasamento fundamentaram sua resposta utilizando de 4 condições apresentadas. Na sequência temos as categorias “Médio”, “Baixo”, “Muito baixo” e “Nulo” que correspondem respectivamente a estudantes que relacionaram “3”, “2”, “1” e “nenhuma” das condições apresentadas. estudantes que utilizaram das três condições propostas para fundamentar a inferência.

Gráfico 2 - Grau de embasamento utilizando as condições indicadas.



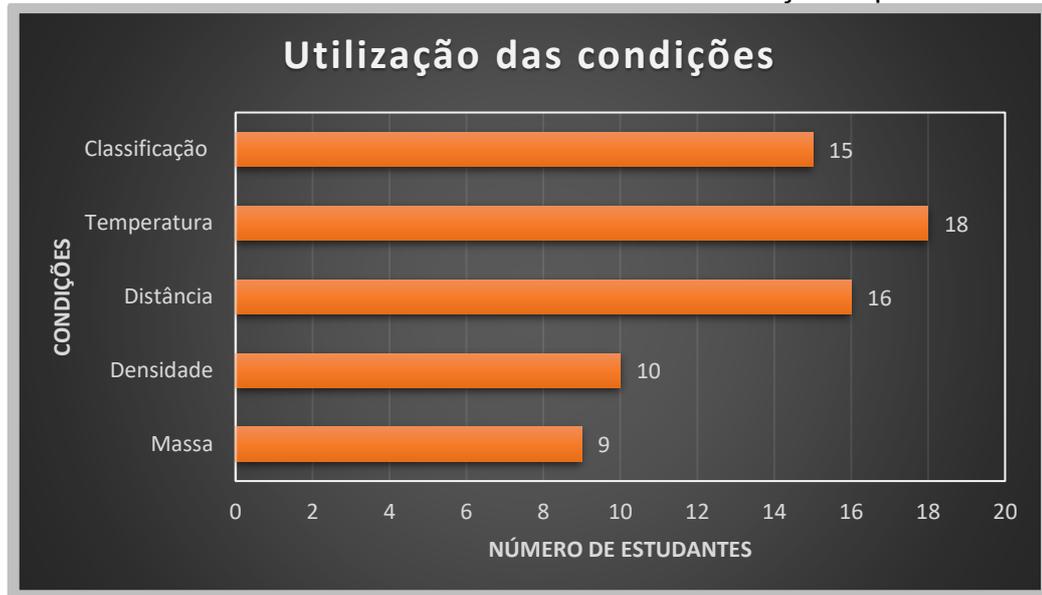
Fonte: A pesquisa (2022)

Visualizando o Gráfico 2, percebemos que pelo menos 16 dos 19 estudantes relacionaram de forma assertiva ao menos três condições em suas respostas. Dentre

os participantes não foram constatados casos passíveis das classificações “muito baixa” ou “nula”.

Através do Gráfico 3 podemos visualizar de forma gráfica a utilização das condições. Percebemos que a condição mais utilizada foi a “Temperatura”, sendo mencionada por 18 dos 19 participantes. Por conseguinte, vemos a confirmação da primeira hipótese estipulada para esta análise.

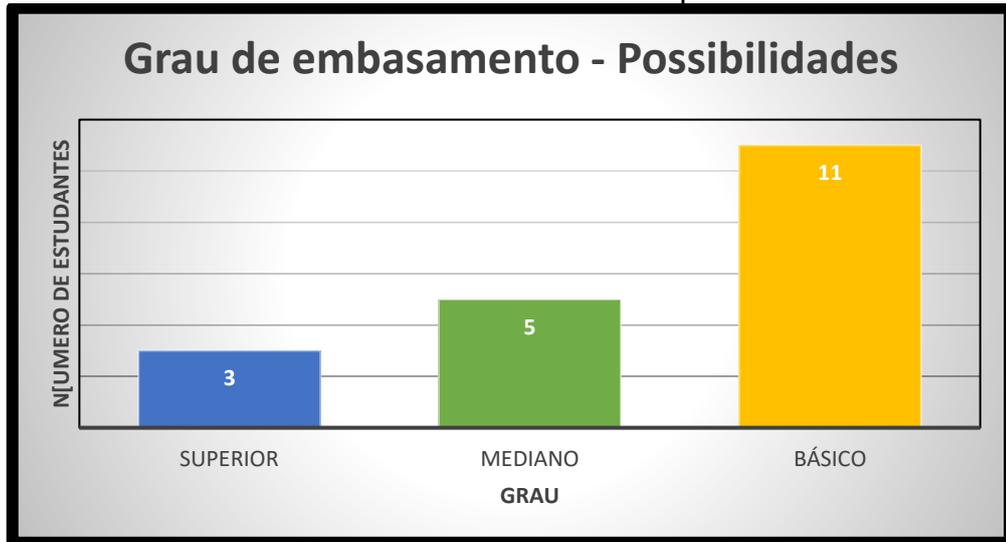
Gráfico 3 - Intensidade de uso de cada uma das condições apresentadas



Fonte: A pesquisa (2022)

Realizando a análise da categoria “Possibilidades”; desenvolvemos uma classificação similar à utilizada na categoria “Condições”. Para esta categoria, foram julgados com o grau “Superior” de utilização das possibilidades os estudantes que utilizaram das duas possibilidades para fundamentar sua resposta. O grau “Mediano” foi atribuído a participantes que relacionaram apenas uma das duas possibilidades. Já o grau “Básico” identifica os estudantes que não mencionaram nenhuma das possibilidades, utilizando apenas das condições.

Gráfico 4 - Grau de embasamento utilizando as possibilidades indicadas

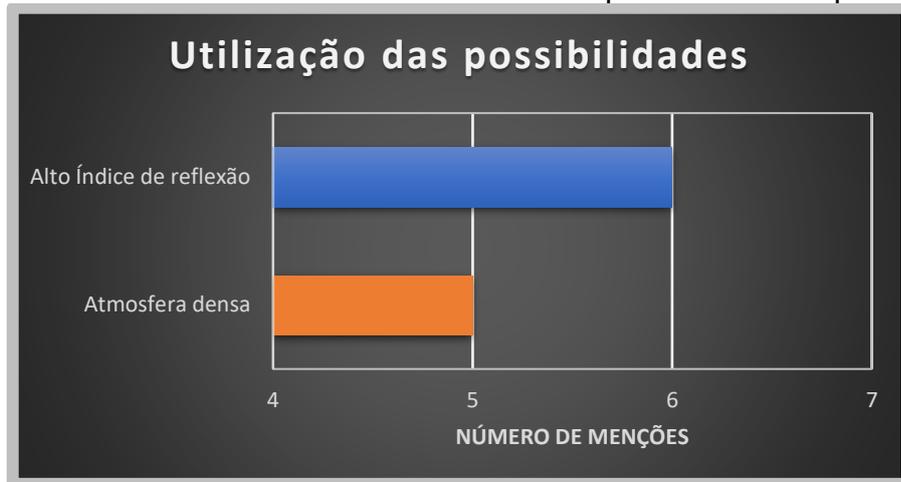


Fonte: A pesquisa (2022)

Analisando o gráfico percebemos que a parcela maior de estudantes foi classificada com o grau “Básico” no que diz respeito a utilização ou a consideração das possibilidades para a inferência da Habitabilidade. Ainda assim 8 dos 19 participantes da pesquisa utilizaram ao menos de uma das duas possibilidades para embasar a sua respectiva inferência. Percebemos que o percentual de estudantes que não mencionaram nenhuma das possibilidades (58%) se mostrou superior ao dos que utilizaram das mesmas. Fator este que corrobora com a segunda hipótese estipulada para esta análise.

Analisando a intensidade da aplicação das possibilidades como fundamentação para a inferência, percebemos no Gráfico 5 que a possibilidade do “Alto índice de reflexão” foi ligeiramente mais mencionada do que a possibilidade de um “Atmosfera densa”.

Gráfico 5 - Intensidade de uso de cada uma das possibilidades apresentadas



Fonte: A pesquisa (2022)

7.2.2 Análise da inferência – Report Aloud

Com a realização das entrevistas nos dedicamos a transcrição delas. Uma vez que os dados se encontravam no formato de texto, fomos capazes de submetê-los a Análise de Conteúdo de Bardin (2016). Sendo um *Report Aloud*, acerca de um problema já solucionado pelos estudantes, achamos por bem, manter parâmetros de análise similares a investigação apresentada no subcapítulo anterior. Desta forma, temos como pergunta da análise “*Quais das evidências apresentadas na inferência foram mais relevantes para os estudantes? Eles são capazes de imaginar o exoplaneta estudado?*”.

Através do relato dos estudantes, traçamos como objetivo, identificar a relevância das condições e possibilidades que eles apresentaram nas suas respectivas inferências. Adotamos convictamente como hipóteses desta análise, a ideia de que nem todos os estudantes irão relatar acerca de todos as condições de Habitabilidade; que pouquíssimos estudantes irão relatar a respeito das possibilidades extremas para a Habitabilidade e que ao menos 1/3 dos estudantes consegue imaginar o exoplaneta estudado, tendo como base os dados apresentados no guia.

Para realizar uma comparação direta com a inferência, mantivemos as categorias e subcategorias apresentadas, porém acrescentamos uma nova categoria intitulada “imaginação”. Esta nova categoria se divide em duas subcategorias, sendo elas “presente” e “ausente”. Vemos de forma clara no Quadro 11 - Condição, frequência e

percentual – Relato sobre a inferência (Report Aloud), categorias e subcategorias juntamente com a frequência e o percentual de aparecimento de cada uma delas.

Quadro 11 - Condição, frequência e percentual – Relato sobre a inferência (Report Aloud)

Categoria	Subcategoria	Frequência (f)	%
Condições	Massa	2	4,6
	Densidade	12	27,9
	Temperatura	15	34,8
	Distância entre o exoplaneta e a estrela	8	18,6
	Classificação do exoplaneta	6	13,9
	Total	43	100
Possibilidades	Alto índice de reflexão	3	100
	Efeito estufa	0	0
	Total	3	100
Imaginação	Presente	9	47,3
	Ausente	10	52,6
	Total	19	100

Fonte: A pesquisa (2022)

Analisando os resultados presentes na tabela, verificamos que a condição que foi predominantemente mencionada pelos estudantes foi a da “temperatura”. Como havíamos previstos nas hipóteses, grande parte dos estudantes acabou contemplando em seu relato menos condições, do que as condições abordadas por eles na etapa de inferência. Além disso, percebemos que as condições quase não apareceram nos relatos, bem como, a imaginação do exoplaneta estudado foi considerada presente em 47,3% dos participantes. Por conseguinte, ocorreu a validação das hipóteses previstas para esta análise.

7.2.3 Análise das situações problema - Think Aloud

A execução do protocolo think aloud foi realizada através das seguintes situações problema. Identificaremos como “Situação problema 1” os questionamentos “O que aconteceria com este planeta se a estrela a qual ele orbita tivesse a metade da temperatura que foi apresentada? Em quais aspectos esta mudança poderia interferir?”

“Nomearemos como “Situação problema 2” a questão que imediatamente sucedeu a “Situação problema 1” subsequente “*Neste caso seria possível o desenvolvimento de vida?*”. Esta situação foi apresentada durante a entrevista, logo após o estudante relatar acerca do processo de construção da inferência, na execução do guia didático.

Após a transcrição e a leitura flutuante dos dados advindos das entrevistas, julgamos como ideal realizar os recortes de acordo com o tema; elencando como pergunta de análise “*De que forma as situações problemas foram resolvidas e quais conceitos fundamentaram estas soluções?*”. Por conseguinte, definimos como objetivo desta análise “Identificar a assertividade e elementos relacionados para fundamentar a resposta”. Para a presente análise de conteúdo estabelecemos duas hipóteses, cremos que:

- Grande parte estudantes compreende a relação entre a temperatura da estrela e a temperatura do planeta;
- Alguns dos estudantes relacionam a temperatura da estrela a zona habitável.

A formação das categorias primárias e secundárias ocorreu a posteriori. Foram definidas quatro categorias primárias, sendo elas:

- Resolução da situação problema 1;
- Resolução da situação problema 2;
- Conceitos relacionados corretamente;
- Conceitos relacionados de forma equivocada e/ou sem fundamentação.

As respostas obtidas para as situações problema 1 e 2 foram analisadas quanto a assertividade. Entretanto, percebemos que muitos estudantes estavam incertos ou inseguros quanto o seu julgamento. Por fim, as respostas obtidas para as situações problema foram classificadas ente 5 subcategorias, visíveis no Quadro 12- Subcategorias utilizadas para a classificação das respostas nas situações problema.

Quadro 12- Subcategorias utilizadas para a classificação das respostas nas situações problema

Subcategorias	Critério de inclusão
Assertivo	Quando a resposta para a situação problema é clara, precisa e certa.
Incerto (assertivo)	Quando existe a crença, mas não a certeza na resposta certa.
Incerto	Quando o estudante não apresenta um posicionamento claro

Incerto (equivocado)	Quando existe a crença, mas não a certeza em uma resposta errônea
Equivocado	Quando a resposta é clara e equívoca.

Fonte: A pesquisa (2022)

Ambas as categorias designadas a explorar as relações conceituais realizadas pelos estudantes tiveram suas subcategorias definidas a partir da identificação das associações feitas pelos estudantes. As subcategorias contendo as relações conceituais, bem como as demais categorias desta análise, estão presentes no Quadro 13 juntamente com a frequência e com o percentual.

Quadro 13 - Tabela de frequência e percentual – Situações problema (Think Aloud)

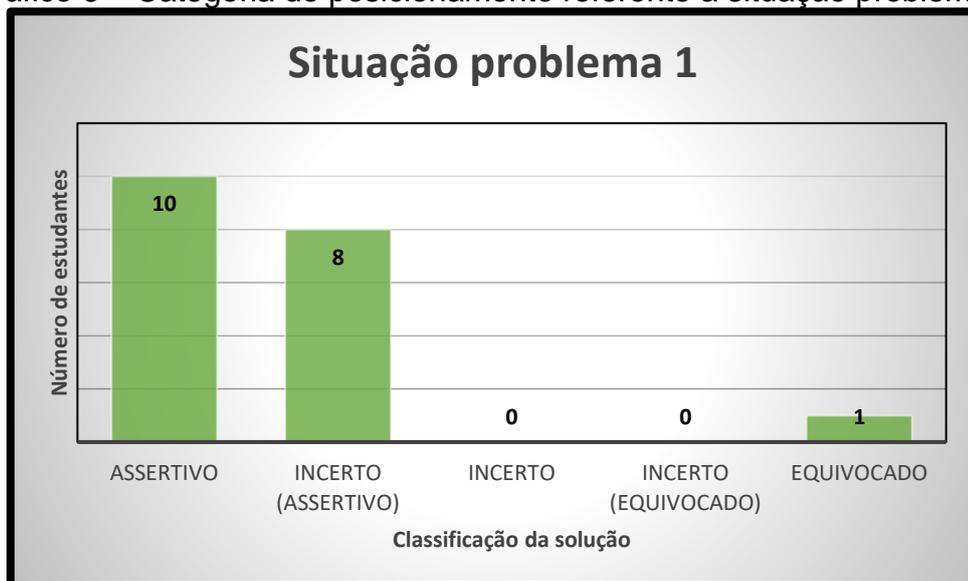
Categoria	Subcategoria	Frequência (f)	%
Posicionamento referente a situação problema 1	Assertivo	10	52,6
	Incerto (assertivo)	8	42,1
	Incerto	0	0
	Incerto (equivocado)	0	0
	Equivocado	1	5,2
	Total	19	100
Posicionamento referente a situação problema 2	Assertivo	2	10,5
	Incerto (assertivo)	10	52,6
	Incerto	5	26,3
	Incerto (equivocado)	2	10,5
	Equivocado	0	0
	Total	19	100
Conceitos relacionados corretamente	Temperatura da estrela e temperatura do planeta	18	50
	Temperatura da estrela e Zona Habitável	7	19,4
	Temperatura da estrela e tipo de estrela	2	5,5
	Temperatura do planeta e possibilidade	2	5,5
	Temperatura do planeta e estado físico da água	5	13,8
	Temperatura do planeta e atmosfera do planeta	2	5,5

	Total	36	100
Conceitos relacionados de forma equivocada e/ou sem fundamentação	Temperatura da estrela e luminosidade	1	12,5
	Temperatura da estrela distância do planeta	1	12,5
	Temperatura da estrela e massa do planeta	2	25
	Temperatura de estrela e tipo de planeta	1	12,5
	Temperatura da estrela e temperatura do planeta	1	12,5
	Temperatura da estrela e densidade do planeta	1	12,5
	Temperatura da estrela e Atmosfera do planeta	1	12,5
	Total	8	100

Fonte: A pesquisa (2022)

Para facilitar a leitura dos dados presentes na **Erro! Fonte de referência não encontrada.**, desenvolvemos os Gráficos Gráfico 6, Gráfico 7, Gráfico 8 e Gráfico 9.

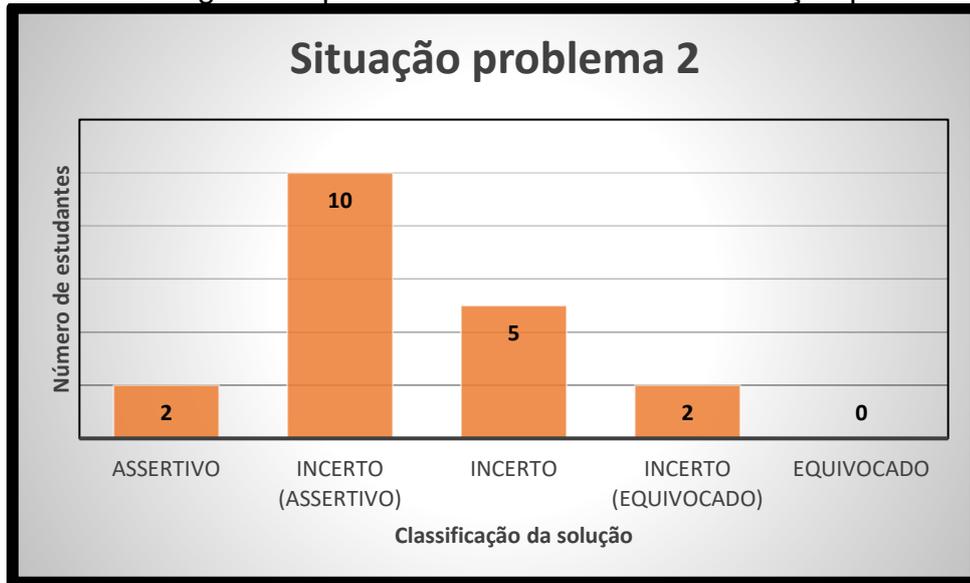
Gráfico 6 – Categoria de posicionamento referente a situação problema 1



Fonte: A pesquisa (2022)

Através do Gráfico 6, constatamos que grande parte dos estudantes apresentou uma resposta assertiva, mesmo que houvesse a incerteza por parte do estudante. O somatório das categorias “Assertivo” e “incerto (assertivo)” ultrapassa os 90%.

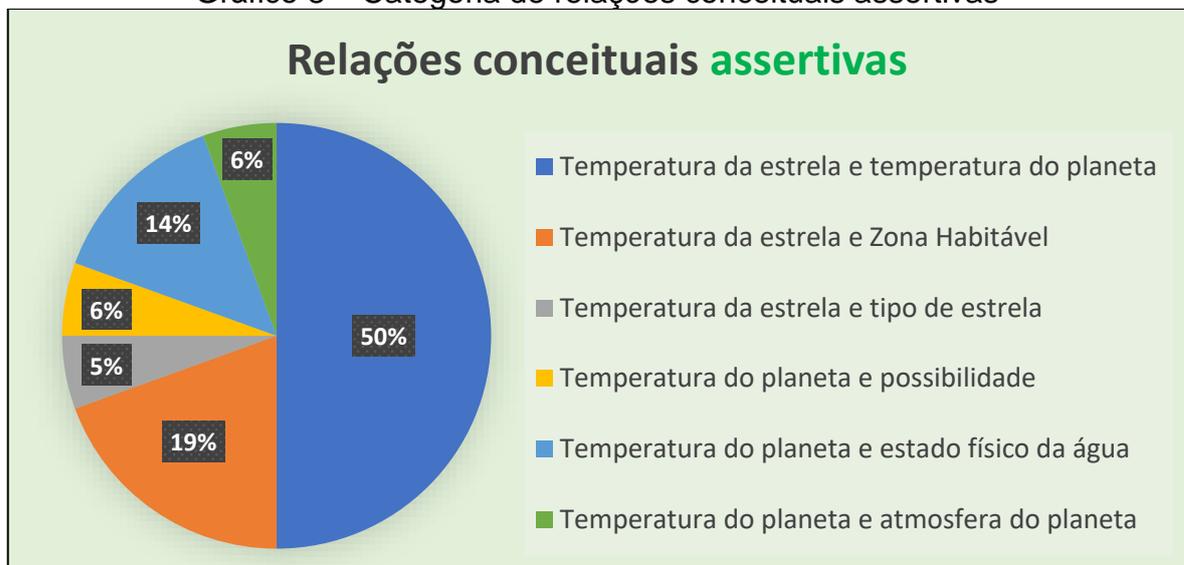
Gráfico 7- Categoria de posicionamento referente a situação problema 2



Fonte: A pesquisa (2022)

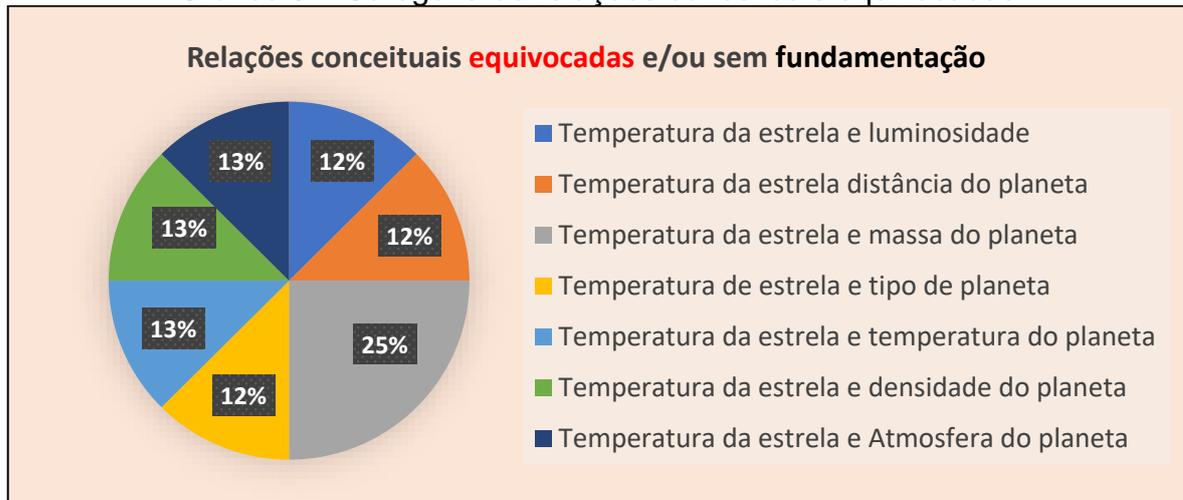
Por meio do Gráfico 7, percebemos que na situação problema de número dois a assertividade se fez fortemente presente, porém o nível de incerteza dos estudantes é maior. No entanto, quando somados os percentuais das subcategorias assertivas, percebemos uma assertividade que ultrapassa os 60%.

Gráfico 8 – Categoria de relações conceituais assertivas



Fonte: A pesquisa (2022)

Gráfico 9 – Categoria de relações conceituais equivocadas



Fonte: A pesquisa (2022)

Por meio da comparação entre as categorias de relações conceituais (assertiva e equivocada) reparamos que a quantidade de conceitos relacionados corretamente, é 4,5 vezes maior do que a quantidade de conceitos relacionados de forma equivocada ou sem a fundamentação.

Realizada a análise dos dados, percebemos que ambas as hipóteses falar das hipóteses estabelecidas para esta análise de conteúdo, se mostraram válidas. Os dados presentes na **Erro! Fonte de referência não encontrada.** e no assertivas atestam que de 50% dos participantes compreende a relação entre a temperatura estelar e a temperatura do exoplaneta. Como previsto pela segunda hipótese, alguns dos estudantes, aproximadamente 20% demonstraram ter a noção de que a temperatura da estrela influencia na dimensão e na localização da zona habitável. Não obstante, temos a convicção de que mais estudantes possam ter desenvolvido esta compreensão, mas não tenham se expressado referente a ele.

7.3 Análise Gestual

Nossa gestual análise foi desenvolvida conforme os trabalhos de Stephens e Clement (2010, 2015). De acordo com os autores, os gestos representativos realizados podem ser categorizados e analisados. Uma vez que os gestos podem descrever objetos imaginários, ação e localizações, torna-se possível inferir com maior precisão, aspectos das imagens mentais e dos processos cognitivos de raciocínio efetuados pelos estudantes. Ao realizar a análise gestual juntamente com o protocolo *Report Aloud* (TREVISAN, 2016) podemos identificar com maior profundidade os processos

feitos durante a inferência sobre a Habitabilidade, sendo este o *corpus* selecionado para esta análise.

Uma vez que as entrevistas foram analisadas podemos identificar que alguns estudantes realizaram gestos representativos e classificá-los de acordo com a representatividade de cada um. Através dos dados analisados não foi identificado muitos gestos representativos. Ainda assim, os gestos identificados expressam concepções advindas da memória e/ou imaginário dos estudantes (STEPHENS; CLEMENT, 2010).

De acordo com Reiner e Gilbert (2000; 2004) apenas uma pequena parte do conhecimento desenvolvido com processos não formalizados pode ser expressado de forma verbal. Desta forma devemos buscar também por evidências não verbais de aprendizagem.

Para de categorizar os gestos realizados nomeamos os mesmo de acordo com o significado e de acordo com o formato do gesto. Por exemplo: ao gesto primeiro representativo identificado que representa uma estrela foi nomeado de “Estrela A”. Sucessivamente surgiram gestos mais gestos que também representavam uma estrela. Como estes novos gestos eram compostos por movimentos diferentes, os mesmos foram nomeados como “Estrela B”, “Estrela C” e assim sucessivamente.

Na sequência, apresentaremos dois subcapítulos dedicados aos resultados das análises gestuais nos dois recortes selecionados. Achamos por bem separar os gestos de acordo com a etapa (*Report Aloud* e *Think Aloud*), assim como separamos as análises de conteúdo das seguintes etapas.

7.3.1 Report Aloud

A luz do embasamento teórico fornecido por Stephens e Clement (2010) foram possíveis identificar o total de 12 gestos representativos, realizados por 5 estudantes. Tais gestos foram realizados durante o *Report Aloud* sobre a inferência, no decorrer das entrevistas individuais.

Os gestos mais recorrentes efetuados pelos estudantes foram utilizados para representar uma estrela. O “gesto estrela” foi realizado por três participantes diferentes. No gesto “Estrela A” o estudante B 02 utiliza das duas mãos e dos dedos indicadores para representar a esfericidade de uma estrela; desenhando-a no ar. Ao se

referir ao exoplaneta estudado o estudante mencionou “Eu acredito que ele esteja bem perto da estrela dele” enquanto realizava o gesto (Figura 13).

Figura 19 - Gesto “Estrela A” realizado pelo estudante B 02



Fonte: A pesquisa (2021)

O participante B05 realiza um gesto diferente para representar uma estrela. Com uma mão o estudante articula seus dedos de modo como se estivesse segurando uma esfera. Na eminência da realização do gesto “Estrela B” (Figura 14) o estudante relatava sobre as fases da vida de uma estrela quando disse que “...pode ser que alguma vida tenha sido exterminada por conta da estrela dele ter aumentado” enquanto realizava o gesto.

Figura 20 - Gesto “Estrela B” realizado pelo estudante B 05



Fonte: A pesquisa (2021)

A terceira participante a realizar um gesto representativo referente a uma estrela foi a participante B 06. Esta utilizou das duas mãos juntas, no formato de concha uma mão se sobrepôs a outra. Como se a entrevistada estivesse segurando uma esfera em suas mãos. No momento do gesto a estudante relatava sobre a posição do exoplaneta estudado e da estrela a qual este exoplaneta orbitava, dizendo “Aqui estaria a estrela” durante a realização do gesto “Estrela C” (Figura 15).

Figura 21 - Gesto “Estrela C” realizado pelo estudante B 06



Fonte: A pesquisa (2021)

Analisando os gestos representativos para a representação de um “planeta”. Quatro participantes realizaram gestos diferentes para este corpo celeste. O estudante B 02 utilizou das duas mãos semiabertas com os dedos da mesma mão distantes entre si, mas aproximando os dedos das mãos. Similar a uma pessoa segurando uma bola de “handbol”. No momento da realização do gesto “Planeta A” (Figura 16) o estudante falava sobre a proximidade entre o planeta e a estrela, a qual o mesmo orbita. Durante a realização do gesto, B 02 expressou-se dizendo “Eu imagino ele como muito perto da estrela”.

Figura 22- Gesto “Planeta A” realizado pelo estudante B 02



Fonte: A pesquisa (2021)

O gesto realizado por B 05 para representar um planeta é levemente parecido com o gesto feito por B 02. O participante B 05 utilizou apenas uma mão, posicionando-a entreaberta e os dedos espaçados entre si. Enquanto realizava o gesto “Planeta B” (Figura 17), o estudante B 05 descrevia o exoplaneta estudado relatando “...pensava que ele era um planeta pesado, gigante no caso; bem grande”.

Figura 23- Gesto “Planeta B” realizado pelo estudante B 05



Fonte: A pesquisa (2021)

A participante B 07 apresenta um gesto para a representação de um exoplaneta diferente dos gestos já analisado. A estudante utiliza das duas mãos para demonstrar a esfericidade da parte inferior do exoplaneta. Imediatamente antes da realização do gesto “Planeta C” (Figura 18) a estudante relacionava o exoplaneta estudado pela mesma, com a Terra. Dizendo que “o planeta que eu peguei era bem, bem maior que a nossa Terra” durante a realização do gesto.

Figura 24- Gestos “Planeta C” realizado pelo estudante B 07



Fonte: A pesquisa (2021)

O gesto representativo realizado pela estudante B 20 difere-se dos gestos realizados por B 02 e B 05 e se assemelha levemente ao gesto realizado por B 07. A participante utiliza as duas mãos abertas e faz um gesto circular com ambas as mãos, esboçando no ar o contorno esférico de um planeta. No momento da realização do gesto a estudante argumentava sobre a sua imaginação do exoplaneta estudado em relação a Terra, proferindo durante a realização do gesto “Planeta D” (Figura 19) que “tinha imaginado alguma coisa assim como se fosse a Terra”.

Figura 25- Gestos “Planeta D” realizado pela estudante B 20



Fonte: A pesquisa (2021)

Dois participantes, B 02 e B 06 realizaram gestos para representar a distância entre dois corpos (estrela e planeta). Logo após realizar o gesto “Planeta A” o estudante B 02 posiciona as mãos de modo a dimensionar a distância entre o planeta representado no gesto “Planeta A” e a estrela. Analisando detalhadamente o gesto, percebemos o entrevistado representa a estrela utilizando de uma das mãos aberta, demonstrando que a estrela é um corpo maior do que o planeta. Acreditamos que a o apontamento dos dedos em várias direções ainda possa representar o brilho da estrela. Enquanto o gesto “Distância entre corpos A” (Figura 20) era realizado o estudante relatou que imaginava “que ele (o exoplaneta estudado) esteja muito perto da estrela dele”.

Figura 26 - Gestos “Distância entre corpos A” realizado pelo estudante B 02



Fonte: A pesquisa (2021)

Similar ao estudante B 02, a participante B 06 realiza um gesto para representar a distância entre dois corpos (estrela e planeta), partindo de sua representação de estrela; apresentada acima como gesto “Estrela C”. Logo após representar uma estrela a estudante comenta que o planeta por ela estudado “estaria muito próximo da estrela dele”, no momento da realização do gesto “Distância entre corpos B” (Figura 21). Analisando-o percebemos que a mão esquerda da estudante permanece em

formato de concha, representando a estrela; enquanto a mão direita encontra-se rapidamente fechada, como se a entrevistada segurasse um alfinete utilizando todos os dedos da mão. Acreditamos que o formato da mão direita da entrevistada, faça referência a dimensão do planeta. Uma vez que ele é muito pequeno se comparado a estrela a qual ele orbita.

Figura 27- Gestos “Distância entre corpos B” realizado pela estudante B 06



Fonte: A pesquisa (2021)

Ao descrever como o exoplaneta estudado seria, o estudante B 02 identificou que o mesmo era do tipo gasoso; por sua vez apresentando uma maior concentração de gases em sua composição. Conforme as palavras do participante B 02 ele acredita “que ele(exoplaneta) seria bem gasoso”, ao mesmo tempo o entrevistado realizou o gesto “Densidade (gasoso)” (Figura 22) com ambas as mãos abertas. Neste gesto o estudante movimentava ambas as mãos no ar, acreditamos que sua gesticulação tenha servido para demonstrar gases visíveis, como o vapor de água, por exemplo.

Figura 28- Gestos “Densidade (gasoso)” realizado pelo estudante B 02



Fonte: A pesquisa (2021)

A única participante que realizou gestos representativos referindo-se a zona habitável ao reportar a construção da sua argumentação foi a participante B 06. Ao referir-se a localização do exoplaneta em relação a estrela a qual o mesmo orbita, a estudante relatou que “Ele está muito distante da zona habitável” enquanto realizava o gesto “Zona Habitável A” (Figura 23). Nele a estudante utiliza de ambas as mãos abertas para demonstrar o espaço que seria considerado como zona habitável.

Figura 29- Gesto “Zona Habitável A” realizado pela estudante B 06



Fonte: A pesquisa (2021)

Em sequência, a estudante B 06 realiza um novo gesto para especificar os limites da zona habitável. Como esclarecido pela participante a zona habitável parte “de uma distância até a outra”, dizendo isto enquanto realizava o gesto “Zona Habitável B” (Figura 24). A entrevistada utilizou de ambas as mãos, hora delimitando um extremo da zona habitável com a mão direita; sucessivamente realizando o mesmo processo com a mão esquerda demarcando o outro extremo da zona habitável.

Figura 30- Gesto “Zona Habitável B” realizado pela estudante B 06



Fonte: A pesquisa (2021)

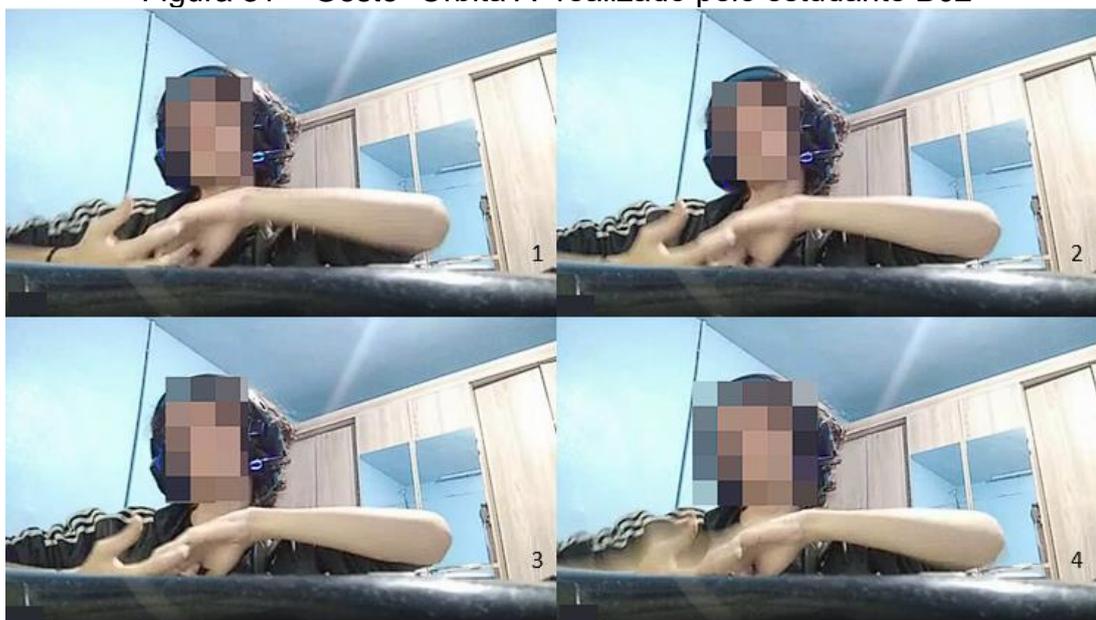
7.3.2 Think Aloud

Retomando a forma de realização do *Think Aloud*, durante as entrevistas individuais foi apresentado aos estudantes o seguinte problema: “O que aconteceria com este planeta se a estrela a qual ele orbita tivesse a metade da temperatura que foi apresentada? Em quais aspectos esta mudança poderia interferir?”. A resolução desta problemática seria realizada por eles, no exato momento da entrevista. Deste modo seríamos capazes de acompanhar a construção das relações conceituais na construção do raciocínio.

Diferentemente da etapa *Report Aloud*, percebemos que a realização de gestos foi demasiadamente menor. Foram identificados o total de 5 gestos, realizados por dois participantes.

O estudante B02 apresentou um gesto representativo no intuito de expressar o movimento que um exoplaneta descreve entorno da estrela a qual ele orbita. No gesto Órbita A (Figura 31 – Gesto “Órbita A” realizado pelo estudante B02), percebemos que o estudante movimenta suas mãos, uma delas representando a estrela e a outra representando o exoplaneta por ele imaginado. Durante a realização do gesto o estudante expresso que este exoplaneta estava “está orbitando a estrela”.

Figura 31 – Gesto “Órbita A” realizado pelo estudante B02



Fonte: A pesquisa (2022)

Um gesto representativo para utilizado descrever um sistema planetário foi realizado pelo estudante B02. No decorrer da execução do gesto Sistema Planetário A (Figura 32) o estudante se referia “A zona habitável do sistema dele” (palavras do estudante), utilizando das mãos para descrever este sistema.

Figura 32 – Gesto “Sistema Planetário” realizado pelo estudante B02



Fonte: A pesquisa (2022)

Ao expressar a relação existente entre a temperatura estelar e a dimensão da zona habitável, o estudante B02 realizou o gesto Zona Habitável A (Figura 33). Um gesto muito similar foi realizado por outra participante da pesquisa. Ao longo da realização do gesto, o entrevistado relata que “Acho que a zona habitável dele mudaria bastante”, enquanto movimenta ambas as mãos de forma conjunta demonstrando deslocamento.

Figura 33 – Gesto “Zona Habitável A” realizado pelo estudante B02



Fonte: A pesquisa (2022)

Posteriormente, o estudante B02 realiza outro formato de gesto para de referir a Zona Habitável, sendo este o gesto Zona Habitável C (Figura 34). Neste geste percebemos a movimentação das mãos do entrevistado, demonstrando a variação na zona habitável. No decorrer da efetuação o estudante relata “Aqui é a possível chance e aqui é ele, ele foi pra cá”.

Figura 34 – Gesto “Zona Habitável C” realizado pelo estudante B02

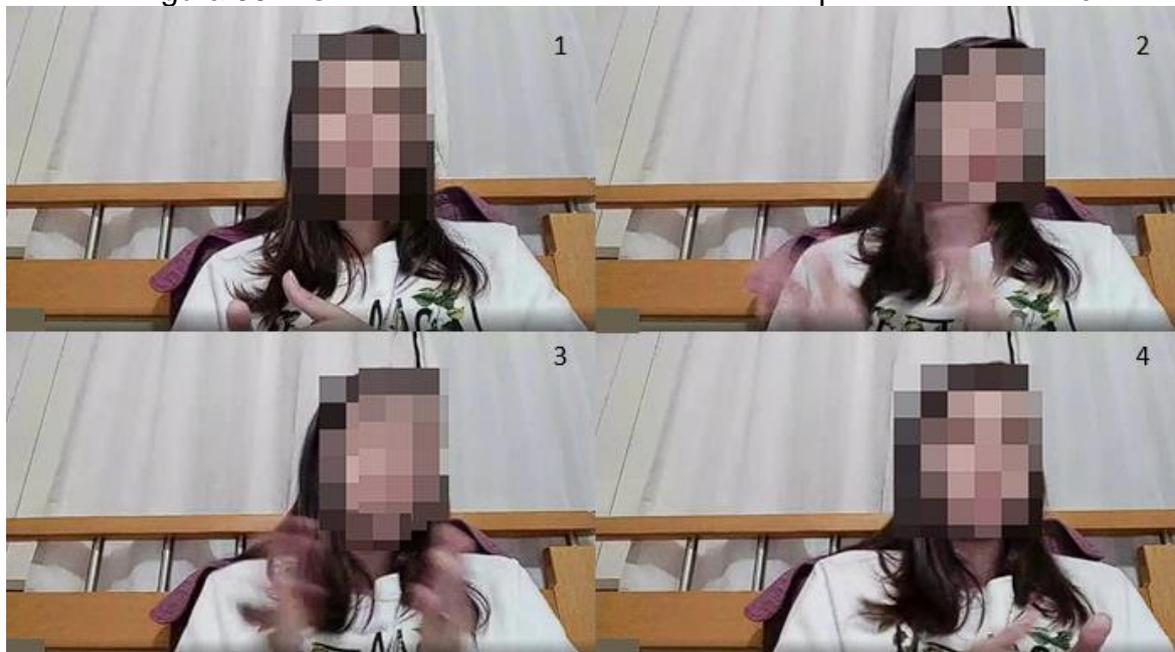


Fonte: A pesquisa (2022)

A representação gestual da zona habitável recebeu um novo formato quando demonstrada pela participante B19. No gesto Zona Habitável D (Figura 35) percebemos que a estudante utiliza de suas mãos para mapear o entorno de uma estrela.

Relatando que o exoplaneta “poderia ao invés de estar na quente, estar na pouco quente”.

Figura 35 – Gesto “Zona Habitável D” realizado pela estudante B19



Fonte: A pesquisa (2022)

8 DISCUSSÃO DOS RESULTADOS E A RELAÇÃO COM O REFERENCIAL TEÓRICO

Iniciaremos a nossa discussão relacionando os resultados textuais da inferência com os trabalhos de Moreira (2011,2012). Dividimos nossa discussão dos resultados em subcapítulos, mantendo a sequência que foi realizada pelos participantes da pesquisa. Nesta primeira subseção nos atemos a discussão dos resultados advindos da inferência, que foi realizada como conclusão do guia didático. Chamaremos esta primeira etapa de “Textual”. Em seguida relacionamos a escrita dos estudantes com o relato (etapa Report Aloud). Posteriormente confrontamos os resultados advindos da inferência, com a análise detalhada das situações problema, as quais chamamos de etapa “*Think Aloud*”. Por fim, elaboramos uma comparação geral entre os dados a fim de localizar os casos mais propícios ao desenvolvimento da aprendizagem significativa.

8.1 DISCUSSÃO DA INFERÊNCIA – ETAPA TEXTUAL

A luz da aprendizagem significativa, verificamos o êxito dos estudantes, que em uma atividade inédita para os estudantes, puderam utilizar dos conceitos estudados no guia para a construção da inferência. Ficamos surpresos ao notar que todos os estudantes, puderam inferir assertivamente quanto a Habitabilidade ou a não Habitabilidade do exoplaneta estudado por eles. Acreditamos que este sucesso se deva as ações que realizamos para facilitar a aprendizagem significativa.

Retomamos as palavras de Valares (2011), o autor indica que para que se aprenda de forma significativa é necessário que novas informações se relacionem com os conhecimentos prévios do estudante. Se tratando de estudantes de um terceiro ano do Ensino Médio, temos a convicção de que muito, se não a totalidade destes, tiveram o contato com os conceitos explorados pelo guia didático. Sendo estes os conceitos de temperatura, meios de transmissão de energia térmica, densidade, pressão, estados físicos da matéria; dentre outros. Isto não significa que os estudantes tenham aprendido tais conceitos de forma significativa. Por conseguinte, na realização do guia didático, os conhecimentos prévios que acreditamos que os estudantes

tivessem podem vir a faltá-los; bem como, podem vir a ser significados pela temática abordada.

Analisando minuciosamente os resultados, percebemos que nem todos os estudantes souberam utilizar das condições e das possibilidades em suas respostas. Por mais que a assertividade tenha sido de 100%, alguns estudantes sustentaram sua inferência praticamente sem fundamentação. Através do Quadro 14 podemos ver o desempenho individual dos participantes.

Quadro 14 - Grau de embasamento: Etapa Textual (individual)

Estudante	Grau de embasamento	
	Condições	Possibilidades
B 01	Alto	Mediano
B 02	Alto	Superior
B 03	Muito alto	Mediano
B 04	Médio	Mediano
B 05	Alto	Superior
B 06	Muito alto	Mediano
B 07	Alto	Básico
B 08	Médio	Básico
B 09	Alto	Básico
B 10	Muito alto	Básico
B 11	Médio	Básico
B 12	Alto	Mediano
B 13	Baixo	Básico
B 14	Médio	Básico
B 15	Médio	Básico
B 16	Médio	Superior
B 18	Baixo	Básico
B 19	Muito alto	Básico
B 20	Baixo	Básico

Fonte: A pesquisa (2022)

Através da tabela vemos o caso de maior insucesso como o participante B13, B18 e B20. Este caso demonstra uma possível aprendizagem mecânica, contrariando o que foi apresentado por Darroz e Santos (2013). Os autores alegaram que na ocorrência da aprendizagem significativa, a transferência de conceitos para uma nova situação, ocorre com êxito. Nos demais casos é percebido o êxito na transição conceitual. Evidentemente, desempenhos variados foram identificados entre os participantes.

8.2 DISCUSSÃO DA INFERÊNCIA – ETAPA REPORT ALOUD

Como mencionado anteriormente, durante a realização da entrevista, solicitamos aos estudantes que relatassem o que eles estavam pensando quando escreveram suas respectivas inferências. Os questionamos também quanto a imaginação, se quando eles descreviam este exoplaneta eles chegaram a imaginá-lo.

A análise dos resultados culminou na constatação de que, quando relatada, a argumentação dos estudantes acaba por não ser tão íntegra quanto na etapa escrita. Através do Quadro 15 realizamos uma comparação com a argumentação escrita, da etapa textual, com o relato realizado pelos estudantes. Para que a comparação seja direta, estabelecemos para a etapa do Report Aloud, a mesma escala utilizada para o grau de embasamento na análise de conteúdo da inferência.

Quadro 15 - Comparação do embasamento entre a Textual e a Report Aloud

	Etapa	
	TEXTUAL	REPORT ALOUD
Estudante	Condições	Condições
B 01	Alto	Média
B 02	Alto	Média
B 03	Muito alto	Média
B 04	Médio	Baixa
B 05	Alto	Baixa
B 06	Muito alto	Alta
B 07	Alto	Baixa
B 08	Médio	Baixa
B 09	Alto	Baixa
B 10	Muito alto	Baixa
B 11	Médio	Baixa
B 12	Alto	Muito baixa
B 13	Baixo	Média
B 14	Médio	Baixa
B 15	Médio	Baixa
B 16	Médio	Média
B 18	Baixo	Baixa
B 19	Muito alto	Nula
B 20	Baixo	Média

Fonte: A pesquisa (2022)

Percebemos uma grande discrepância entre os dados respondidos e os dados reportados pelos estudantes. Inicialmente acreditamos que a discrepância pudesse

existir devido ao intervalo de uma semana entre a realização do guia didático e a entrevista. Entretanto, se tratando de uma aprendizagem significativa, retomando as palavras de Moreira (2011), a aprendizagem significativa é aquela que permanece durante longos períodos. Por conseguinte, ao visualizar os dados, podemos ser levados a acreditar que a aprendizagem de alguns conceitos possa ter sido mecânica. Porém, o relato dos estudantes não configura uma situação inédita. O relato dos estudantes seria uma descrição dos pensamentos que os guiaram para a resolução de uma situação. Acreditamos que determinadas condições possam ter sido consideradas mais relevantes da perspectiva do estudante; sendo assim, os estudantes relataram apenas o mais relevante e esquecendo ou ignorando demais condições.

No Quadro 155, não incluímos os dados relacionados as possibilidades para a Habitabilidade. Percebemos, que em ambas as etapas da inferência (textual e Report Aloud), os índices de menção destes conceitos foram consideravelmente baixos.

8.3 DISCUSSÃO DAS SITUAÇÕES PROBLEMA – ETAPA THINK ALOUD

Por meio desta etapa, buscamos trazer uma nova situação problema durante a entrevista. Diferente da situação anteriormente apresentada neste capítulo, onde os participantes apenas relatavam o que haviam pensado. Nosso objetivo ao trazer esta situação problema concorda com Ausubel (apud. Moreira, 2011), de solicitar aos estudantes que realizassem a máxima transformação do conteúdo para solucionar a questão apresentada.

Acreditamos que no decorrer da uma semana, entre a aplicação do guia didático e da entrevista, determinados conceitos possivelmente aprendidos de forma mecânica possam ter sido parcialmente esquecidos. Desenvolvemos esta convicção ao comparar os resultados individuais apresentados em cada uma das etapas. Apresentamos a seguir o Quadro 176, sendo ela um grande painel para analisarmos as diferentes probabilidades de aprendizagem.

Quadro 16 –Tabela de comparação geral de dados

Etapa		Relações conceituais expressas na resolução das situações problema
Inferência	Situações Problema	

Estu- dante	TEXTUAL	REPORT ALOUD	THINK ALOUD		Conceitos relacionados corretamente	Conceitos relacionados de forma equivocada e/ou sem fundamentação
	Condições	Condições	Assertividade na Situação Problema 1	Assertividade na Situação Problema 2		
B 01	Alto	Média	Assertivo	Incerto (Equivocado)	1	3
B 02	Alto	Média	Assertivo	Incerto (Assertivo)	3	0
B 03	Muito alto	Média	Assertivo	Incerto (Assertivo)	2	0
B 04	Médio	Baixa	Incerto (Assertivo)	Incerto (Assertivo)	2	0
B 05	Alto	Baixa	Assertivo	Assertivo	3	0
B 06	Muito alto	Alta	Incerto (Assertivo)	Incerto (Assertivo)	2	0
B 07	Alto	Baixa	Incerto (Assertivo)	Incerto (Equivocado)	4	0
B 08	Médio	Baixa	Incerto (Assertivo)	Incerto (Assertivo)	3	0
B 09	Alto	Baixa	Incerto (Assertivo)	Incerto (Assertivo)	2	1
B 10	Muito alto	Baixa	Incerto (Assertivo)	Incerto	2	0
B 11	Médio	Baixa	Assertivo	Incerto (Assertivo)	1	0
B 12	Alto	Muito baixa	Equivocado	Incerto (Assertivo)	0	2
B 13	Baixo	Média	Assertivo	Assertivo	1	0
B 14	Médio	Baixa	Assertivo	Incerto (Assertivo)	2	2
B 15	Médio	Baixa	Assertivo	Incerto	2	0
B 16	Médio	Média	Assertivo	Incerto	1	0
B 18	Baixo	Baixa	Incerto (Assertivo)	Incerto	1	0
B 19	Muito alto	Nula	Incerto (Assertivo)	Incerto	3	0
B 20	Baixo	Média	Assertivo	Incerto (Assertivo)	1	0

Fonte: A pesquisa (2022)

Através da Análise de conteúdo (BARDIN,2016) pudemos identificar não somente quais conceitos foram relacionados de forma assertiva, mas também quais conceitos foram relacionados de forma equivocada, visíveis nos gráficos Gráfico 8 e Gráfico 9. A quantização das relações conceituais assertivas e equivocadas nos mostra primeiramente que, a assertividade quanto ao posicionamento dos estudantes não está diretamente ligada a relação conceitual, principalmente em relação a situação problema 1.

Pensando em termos da aprendizagem significativa e da máxima transformação do conhecimento enfatizada por Ausubel, acreditamos que seja fundamental que; mesmo após uma semana de contato com determinado conceito, o estudante ainda assim lembre corretamente das relações conceituais construídas. Do contrário

teremos um caso de aprendizagem possivelmente mecânica ou bancária, conforme Moreira (2011) e Freire (2008).

8.4 ANÁLISE DAS POSSIBILIDADES DE APRENDIZAGEM

Nesta subseção objetivamos analisar diferentes perfis, identificados na análise de conteúdo das atividades pedagógicas realizadas pelos estudantes. Relacionando as evidências de aprendizagem em termos da AS de Ausubel. Adotamos como base a tabela geral de dados, referida nesta pesquisa como Quadro 16 –Tabela de comparação geral de dados. Desta tabela foram derivados três grupos de estudantes.

Ao analisar os dados de B01, B11, B12, B13 e B14, observamos muitos erros nas relações conceituais. No entanto B01 e B12 apresentavam inicialmente um “alto” grau de embasamento em suas respectivas inferências; o que demonstra que no momento da realização do guia didático, os estudantes compreendiam os conceitos a ponto de articulá-los em suas respostas. Esta diferença pode ser explicada através do ensino mecânico, trazido por Moreira (2011). Por conseguinte, acreditamos que muitos dos conceitos desenvolvidos nesta pesquisa possam ter sido aprendidos de forma mecânica. Relacionando com o trabalho de Moreira (2011) presumimos que a possível aprendizagem mecânica possa ter sido causada por uma possível carência de subsunçores significativos necessários, pelo desinteresse na temática, ou até mesmo questões que dizem respeito a metodologia didática utilizada nesta pesquisa. Generalizando, em termos da AS, acreditamos que este grupo de estudantes teve uma aprendizagem “Potencialmente Mecânica”

O segundo grupo agrega os estudantes B09, B16, B18 e B20. Entendemos que estes estudantes tenham aprendido os conceitos de forma “Parcialmente Significativa”. Pois percebemos que todos eles relacionaram ao menos um conceito de forma assertiva. Sendo assim não podemos afirmar que os demais possam ter sido desenvolvidos de forma significativa, já que eles não foram utilizados por estes estudantes nas situações problema. Contudo, notamos que nas situações problema, todos os estudantes deste agregado manifestaram a incerteza. Desta forma percebemos que estes estudantes não consideram apenas a relação conceitual assertiva, por eles realizada; mas compreendem e provavelmente através de revisões, conseguiriam relacionar demais conceitos de forma assertiva.

O terceiro é mais numeroso agrupamento de estudantes este é composto pelos participantes B02, B03, B04, B05, B06, B07, B08, B10, B15 e B19. Avaliamos a compreensão conceitual destes estudantes como “Significativa”. Nossa posição foi baseada no sucesso que os estudantes obtiveram ao transferir seus conhecimentos e aplicá-los corretamente em situações problema inéditas. Notamos entre estes participantes elevados graus de embasamento na etapa de inferência e posicionamentos em grande parte assertivos, na etapa *Think Aloud*. Relatamos em especial o caso da estudante B07, que mesmo se posicionando de forma equivocada em frente as situações problema, foi a estudante que mais relacionou conceitos de forma assertiva. Deste modo podemos dizer que os conceitos foram aprendidos de forma potencialmente significativa.

8.5 ANÁLISE GESTUAL

Os gestes representativos, avaliados com passe nos trabalhos de Stephens e Clement (2010, 2015) possibilitaram a detecção de indicadores que demonstram quais processos cognitivos estavam sendo realizados para a elaboração da inferência. Em destaque possuímos os estudantes B 02 e B 06, que demonstraram uma grande compreensão da dimensão dos corpos, bem como a sua localização em relação um ao outro.

O dimensionamento do exoplaneta e da estrela demonstraram-se inadequados apenas para o estudante B 05; pois acreditamos que ambos os gestos realizados pelo estudante tenham sido muito similares. Entretanto isto pode ter ocorrido devido ao fato de o participante estar segurando ao aparelho celular com uma das mãos enquanto realizava ambos os gestos. As participantes B 07 e B 20, demonstram em seus gestos a compreensão da esfericidade do planeta. Informação que pode advir tanto dos conhecimentos prévios das estudantes quanto das imagens fornecidas no guia.

Constatamos que gestos diferentes foram utilizados para descrever a Zona Habitável. Dentre estes notamos quatro variações diferentes, trazidas pelos estudantes B02, B06 e B19. A realização dos gestos representativos juntamente com a assertividade na relação conceitual entre temperatura e Zona Habitável, apresentam-se como fortes indicadores da aprendizagem significativa deste conceito.

Com o objetivo de comparar a realização de gestes com o grau de utilização de condições e possibilidades desenvolvemos o Quadro 17. Não existe uma relação

clara e que se aplique a todos os participantes da pesquisa, já que nem todos realizarem gestos representativos. Entretanto, nossas evidências demonstram que, boa parte dos estudantes que realizaram gestos representativos apresentaram bons resultados tanto na realização da inferência, quanto na resolução das situações problema e na construção das relações conceituais.

Quadro 17 – Classificações e quantidade de gestos realizada

Inferência				Situações Problema				Análises Gestuais
Alunos	TEXTUAL		REPORT ALOUD	THINK ALOUD		Relações conceituais expressas na resolução das situações problema		
	Condições	Possibilidades	Condições	Assertividade na Situação Problema 1	Assertividade na Situação Problema 2	Conceitos relacionados corretamente	Conceitos relacionados de forma equivocada e/ou sem fundamentação	Número de gestos representativos realizados
B 02	Alto	Superior	Média	Assertivo	Incerto (Assertivo)	3	0	8
B 05	Alto	Superior	Baixa	Assertivo	Assertivo	3	0	2
B 06	Muito alto	Mediano	Alta	Incerto (Assertivo)	Incerto (Assertivo)	2	0	4
B 07	Alto	Básico	Baixa	Incerto (Assertivo)	Incerto (Equivocado)	4	0	1
B 19	Muito alto	Básico	Nula	Incerto (Assertivo)	Incerto	3	0	1
B 20	Baixo	Básico	Média	Assertivo	Incerto (Assertivo)	1	0	1

Fonte: A pesquisa (2022)

CONSIDERAÇÕES FINAIS

A presente pesquisa teve como finalidade investigar se o ensino de conceitos ligados a Exoplanetologia e a Habitabilidade é capaz de propiciar uma aprendizagem significativa. Desenvolvemos este projeto de modo adequado ao contexto educacional instaurado durante o período pandêmico, com distanciamento social por meio de aulas remotas e adaptado à realização de atividades de forma remota. Contudo, acreditamos que os materiais construídos para esta pesquisa possam também ser utilizados durante aulas presenciais.

Adotamos como pergunta de pesquisa “*Como ensinar conceitos ligados à Exoplanetologia e Habitabilidade no Ensino Médio, de forma a propiciar uma aprendizagem significativa?*”. Nosso intuito foi desenvolver, junto aos estudantes, as relações entre conceitos físicos de modo a facilitar o desenvolvimento das habilidades necessárias para identificar tanto fatores que contribuem, bem como fatores que prejudicam a Habitabilidade de exoplanetas. Isto implica na identificação de características planetárias, bem como na compreensão da relação distância-temperatura entre o exoplaneta estudado e a estrela à qual orbita.

Para tanto, utilizamos didaticamente os conceitos trazidos pela Teoria da Aprendizagem Significativa de Ausubel (1968), bem como dos trabalhos desenvolvidos por Moreira (2011; 2012) circundando a aprendizagem significativa. As atividades realizadas seguiram os preceitos teóricos na busca de desenvolvê-las de forma efetiva, objetivamente ao final uma aprendizagem profunda e duradoura dos temas abordados.

Desenvolvemos um guia didático para trabalhar a temática selecionada e desenvolver habilidades de identificação de características de exoplanetas. O guia foi construído seguindo alguns dos preceitos apresentados pelas UEPS (MOREIRA, 2011), apresentando situações em que os estudantes utilizavam seus conhecimentos prévios, ligados à Física e à Astronomia, para solucionar uma situação problema inédita, chamada por nós de “argumentação sobre a Habitabilidade”.

Após a realização do guia didático os estudantes passaram por uma entrevista individual estruturada e com perguntas abertas. As questões realizadas aos estudantes foram desenvolvidas com base nos protocolos *Think Aloud* (VAN-SOMEREN; BARNARD; SANDBERG, 1994) e *Report Aloud* (TREVISAN, 2016). Através da utilização destes protocolos foi possível identificar maiores detalhes sobre

os processos cognitivos realizado pelos participantes ao resolver determinada situação problema.

Adotamos como *corpus* de análise: a escrita da inferência acerca da Habitabilidade (etapa textual), a transcrição do *report* sobre a inferência (etapa *report aloud*) e a transcrição das respostas apresentadas para as situações problema (etapa *Think Aloud*). Por meio da Análise de Conteúdo de Bardin (2016) conseguimos identificar quais fatores estavam dando sustentação às respostas desenvolvidas pelos estudantes nas situações propostas a eles.

Por último, mas não menos importante, juntamente com a análise textual, executamos a análise gestual das entrevistas, buscando identificar em nosso *corpus* gestos que fossem representativos, conforme os trabalhos de Stephens e Clement (2012; 2015). Como mencionado pelos autores, torna-se possível a identificação de imagens, simulações mentais ou processos cognitivos que não são expressos na fala dos estudantes, sendo possível, assim, obter uma maior quantidade de detalhes sobre a concepção que um estudante tem sobre a temática, assim como conceitos não abordados pela fala, mas visíveis na realização de um gesto significativo.

Com base na análise dos dados, ficamos surpresos ao verificar que todos os estudantes responderam assertivamente à inferência, definindo corretamente a Habitabilidade ou inabitabilidade do exoplaneta estudado. No entanto a análise de conteúdo (BARDIN, 2016), nos auxiliou a aprofundar na interpretação destes dados e constatar que houve diferentes níveis de fundamentação entre os participantes. Verificamos que aproximadamente 85% dos participantes souberam relacionar e articular ao menos três das cinco condições para a Habitabilidade que apresentamos.

Quanto à categoria de “possibilidades extremas”, tratando-se da possibilidade de uma atmosfera densa ou de um alto índice de reflexão; verificamos que pelo menos 58% dos estudantes consideraram, na sua argumentação, pelo menos uma das possibilidades propostas acima. Apenas 25% dos estudantes relacionaram, na sua argumentação, ambas as possibilidades. Acreditamos que isto se deva ao fato destes casos extremos apresentarem uma complexidade maior do que os casos apresentados.

Na etapa *Report Aloud*, percebemos que, de forma quase unânime, os participantes acabaram relatando menos características do planeta do que estes haviam inserido na etapa textual, durante a realização do guia didático. Acreditamos que essa discrepância pode ter sido causada pelo tempo entre a atividade pedagógica e a entrevista, sendo possível a obliteração de parte do conteúdo aprendido de forma

significativa; ou algum possível constrangimento do estudante ao relatar o seu processo de pensamento ou até mesmo a dificuldade em elaborar tal relato.

Já na etapa *Think Aloud*, foram apresentadas duas situações problema inéditas aos estudantes. Através deste momento conseguimos identificar com maior precisão a transformação máxima dos conceitos aplicados, o que configura uma evidência da aprendizagem significativa. Em nossa análise, constatamos que muitos dos participantes da pesquisa souberam se posicionar de forma assertiva em relação a solução das situações problema. Constatamos também que os estudantes eram capazes de relacionar conhecimentos adquiridos anteriormente com estas novas situações.

De modo geral, a análise textual nos permitiu definir perfis de aprendizagem para os estudantes, definidos de acordo com as evidências de aprendizagem. No total 26% dos participantes foram classificados com uma aprendizagem “Potencialmente Mecânica”. Sendo assim, por mais que estes estudantes possam ter exibido um bom desempenho na etapa textual, não souberam transpor os conceitos utilizados na etapa de inferência para as novas situações problema, o que, de acordo com Moreira (2011) e Freire (2008), são características de uma aprendizagem mecânica e irrefletida. Aproximadamente 21% dos participantes tiveram o aprendizado classificado como “Parcialmente Significativo”, pois conseguiram relacionar alguns dos conceitos de forma assertiva para defender seu posicionamento frente as situações problema (tendo inclusive errado na utilização de alguns conceitos). Os demais 53% dos participantes tiveram sua aprendizagem categorizada como “Significativa”. Os participantes abarcados nesta categoria relacionaram uma grande quantidade de conceitos, tanto na situação de inferência (etapa textual), quanto nas novas situações problema, sem incorrer em erros.

A quantidade de gestos descritivos identificados foi relativamente baixa. Ainda assim foi possível identificar com maiores detalhes a compreensão dos conceitos ligados ao formato dos corpos, bem como a distância entre eles – que são conceitos que possuem aspectos topológicos e visuais associados. Destacam-se os estudantes B02 e B06 por demonstrarem profundo conhecimento no dimensionamento e no distanciamento entre estrela e planeta, através da gesticulação. Destacam-se também os estudantes B02, B06 e B19 ao realizarem diferentes gestos representativos para descrever a Zona Habitável.

Com base nos resultados apresentados é possível afirmar que a aprendizagem de conceitos ligados a Exoplanetologia e a Habitabilidade podem ser desenvolvidos

de forma significativa através da realização de um guia didático, desde que os estudantes apresentem, previamente, em sua estrutura cognitiva os conceitos necessários (subsunçores) para a compreensão dos novos conceitos físicos abordados no guia didático. Estes subsunçores são: temperatura, massa, volume, densidade, radiação, reflexão e efeito estufa.

Acreditamos que esta temática pode ser desenvolvida de forma ainda mais significativa através da utilização de softwares de simulação e simulações psicofísicas (pg. 32); como visto na revisão de literatura. Por conseguinte, através da execução de sequências didáticas e da interação presencial, cremos que as “possibilidades extremas” ligadas à Habitabilidade possam ser tão bem compreendidas quanto as “condições”. Esta hipótese será investigada em trabalhos futuros.

REFERENCIAS

ANDRADE, Maurício Henrique. Exoplanetas como tópico de Astronomia motivador e inovador para o ensino de Física no ensino médio. **Dissertação de Mestrado**, 2012.

ANJOS, Juliana.; SERRANO, Agostinho. **Desenvolvimento e aplicações de um espectrofotômetro de baixo custo para o ensino de física**. 4º Encontro ULBRA de bolsistas CNPq e FAPERGS. Canoas, 2018. Disponível em: < <http://www.eventos.ulbra.br/index.php/eucf/eucf4/paper/viewFile/3548/1916>>. Acesso em 07 de outubro de 2020.

AMARAL, Patrícia. **O Ensino de Astronomia nas séries finais do Ensino Fundamental: Uma proposta de material didático de apoio ao professor**. Brasília. Programa de Pós-Graduação em ensino de ciências. Universidade de Brasília, 2008. Disponível em <https://repositorio.unb.br/bitstream/10482/2517/1/2008_PatriciaAmaral.pdf>. Acesso em 05 de setembro de 2020.

AMATO, Joe. Motivating introductory physics students using astronomy and space Science. **The Physics Teacher** 54, 56 DOI: 10.1119/1.4937980, 2016. Disponível em:< <https://aapt.scitation.org/doi/10.1119/1.4937980> > Acesso em 14 de abril de 2020.

ASTOLFI, Gilberto; JUNIOR, Dejahyr Lopes. Investigação sobre conhecimentos prévios de alunos do curso Técnico em Informática a partir da aplicação de organizadores prévios. **Aprendizagem Significativa em Revista/Meaningful Learning Review**, p. 15-28, 2015. Disponível em: <http://www.if.ufrgs.br/asr/artigos/Artigo_ID85/v5_n3_a2015.pdf>. Acesso em 02 de maio 2022

AUSUBEL, David Poul., NOVAK, Joseph. Donald.; HANESIAN, Helen. **Educational psychology: A cognitive view**. Nova Iorque: Holt, Rinehart & Winston, 1968.

BARBOSA, Ruben Romano Borges. **Exoplanetologia-em busca de um planeta habitável**. Dissertação de Mestrado. Faculdade de Ciências. Universidade do Porto. 2015. Disponível em:< <https://repositorio-aberto.up.pt/bitstream/10216/78508/2/34592.pdf>>. Acesso em: 16 de maio de 2022

BARDIN, Laurence. **Análise de conteúdo**. Lisboa: Edições 70, 1977.

BARROSO, Renato Rodrigues; OLIVEIRA, Alexandre Lopes de; JESUS, Vitor Luiz de. Simulação da detecção de exoplanetas pelo método do trânsito utilizando o pêndulo cônico e o smartphone. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v. 42, 2020. Disponível em:< <https://www.scielo.br/j/rbef/a/BJgdVjPX9wBsRmHQJRRfHLf/?format=html>>. Acesso em: 02 de maio de 2022.

BERELSON, Berbard. **Content analysis in communication research**. Nova Iorque. HafnerPubl.Co. 1971

BERNARDES, Luander. **Exoplanetas, Extremófilos e Habitabilidade**. 2013. Tese de Doutorado. Universidade de São Paulo. Disponível em:< <https://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/14/14131/tde-21062013-162408/en.php>>. Acesso em: 15 de agosto de 2020

BRAATHEN, Christian. Aprendizagem mecânica e aprendizagem significativa no processo de ensino-aprendizagem de Química. **Revista Eixo**, v. 1, n. 1, p. 74-86, 2012.

BRANCO, Hely Cristian. **GEOLOGIA PLANETÁRIA: O PLANETA TERRA COMO MODELO ANÁLOGO PARA ESTUDOS DE CORPOS PLANETÁRIOS**. Monografia. Departamento de Geologia. Universidade Federal do Paraná. Curitiba. 2016

BRASIL. Ministério da Educação. **Base Nacional Comum Curricular**. Brasília: MEC, 2017. Disponível em: <http://basenacionalcomum.mec.gov.br/images/BNCC_20dez_site.pdf> Acesso em: 08 de abril de 2020.

BUCK, Zoë.; HEE-SUN, Lee.; FLORES, Joana. I Am Sure There May Be a Planet There: Student articulation of uncertainty in argumentation tasks. **International Journal of Science Education**. v.36,14.

DOI: 10.1080/09500693.2014.924641. 2014. Disponível em: < <https://www.tandfonline.com/doi/full/10.1080/09500693.2014.924641>>; Acesso em 14 de abril de 2020.

CARVALHO, Telma; MAIA, André; MOTA, Aline. **EXISTE VIDA FORA DA TERRA? UMA PROPOSTA DE UNIDADE DE ENSINO UTILIZANDO O TEMA EXOPLANETAS**. In: **V Simpósio Nacional de Educação em Astronomia**. Londrina, 2018.

CARVALHO, Telma de Fátima Clarita; MOTA, André Lucas. MAIA, Aline Tiara. EXISTE VIDA FORA DA TERRA? UMA PROPOSTA DE UNIDADE DE ENSINO UTILIZANDO O TEMA EXOPLANETAS IS THERE LIFE OUT OF THE EARTH? A LECTURE PROPOSAL UNIT USING THE SUBJECT EXOPLANETS. V Simpósio Nacional de Educação em Astronomia. Londrina. 2018. Disponível em: < https://sabastro.org.br/wp-content/uploads/2020/01/SNEA2018_TCP24.pdf>. Acesso em: 01 de maio de 2022.

CASTRO, Bruna Jamila de; COSTA, Priscila Carozza Frasson. Contribuições de um jogo didático para o processo de ensino e aprendizagem de Química no Ensino Fundamental segundo o contexto da Aprendizagem Significativa. **Revista eletrônica de investigación en educación en ciencias**, v. 6, n. 2, p. 25-37, 2011. Disponível em: < <http://www.scielo.org.ar/pdf/reiec/v6n2/v6n2a02.pdf>>. Acesso em: 01 de mai. 2022

CHOOBAN, Wachiraporn; KETPICHAINARONG, Watcharee; LAOSINCHAI, Parames; PANIJPAN, Bhinyo. A demonstration setup to simulate detection of planets outside the solar system. **Physics Education**. v.46 554. 2011. Disponível em: < <https://iopscience.iop.org/article/10.1088/0031-9120/46/5/007>>; Acesso em 14 de abril de 2020.

CLEMENT, James M; MONAGHAN, Monaghan John. Use of a computer simulation to develop mental simulations for understanding relative motion concepts. **International Journal of Science Education**, v. 21, n. 9, p. 921-944, 1999.

COWARD. D. M; HEARY, A; VENVILLE, G; TODD, M; LASS-BUEREZ, M; ZANDNIK, M; KLOTZ, A; BOËR, M; LONGECKER, N. The Zadko telescope: A resource for science education enrichment. **Advances in Space Research**. v. 47, issue 11, junho 2011 p. 1922-1930 doi:10.1016/j.asr.2011.01.005. 2011. Disponível em: < <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0273117711000299?via%3Dihub>>. Acesso em 14 de abril de 2020.

COWARD, D. M. et al. The Zadko telescope: A resource for science education enrichment. **Advances in space research**, v. 47, n. 11, p. 1922-1930, 2011.

COWLEY, M.; HUGUES, S. Characterization of transiting exoplanets by way of differential photometry. **Physics Education**. v.49 293, DOI: 10.1088/0031-9120/49/3/293. 2014. Disponível em: < <https://iopscience.iop.org/article/10.1088/0031-9120/49/3/293>>. Acesso em 14 de abril de 2020.

DA SILVA, Gislaine Evangelista; DA SILVA, Cristiane Aparecida. A importância da aprendizagem significativa nos anos iniciais. *Revista Ensaio*. v.09 n.02 p. 173-187. 2007. Disponível em: < <https://www.scielo.br/j/epec/a/jVJt79Q5yXpjfyWGD3BrJKs/?format=pdf&lang=pt>> Acesso em: 01 de maio de 2022

DARROZ, Luiz Marcelo; DOS SANTOS, Flávia Maria Teixeira. Astronomia: uma proposta para promover a aprendizagem significativa de conceitos básicos de Astronomia na formação de professores em nível médio. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, v. 30, n. 1, p. 104-130, 2013. Disponível em: < <https://periodicos.ufsc.br/index.php/fisica/article/view/25461>>. Acesso em 20 de abril de 2022.

DE SOUSA, Alana Cruz et al. UNIDADE DE ENSINO POTENCIALMENTE SIGNIFICATIVA (UEPS): A IMPORTÂNCIA PARA AS AULAS DE ÓPTICA GEOMÉTRICA NO ESTADO DO TOCANTINS (Potentially Meaningful Teaching Unit (PMTU): the importance for Geometric Optical classes in the state of Tocantins). **Aprendizagem Significativa em Revista**. Disponível em: < http://www.if.ufrgs.br/asr/artigos/Artigo_ID131/v8_n1_a2018.pdf>. Acesso em 29 de abr. de 2022.

DELLA-ROSE, D.; CARLSON, R.; HARPE, K.; NOVOTNY, S.; POLSGROVE, D. Exoplanet Science in the Classroom: Learning Activities for an Introductory Physics Course. **The Physics Teacher** v.56, 170.

DOI: 10.1119/1.5025299. 2018 Disponível em:<<https://aapt.scitation.org/doi/10.1119/1.5025299> >. Acesso em 14 de abril de 2020.

EMYGDIO, Ana Paula Mendes et al. **Habitabilidade em exoplanetas do tipo terrestre**. Universidade Estadual Paulista, 2012. Disponível em:< https://repositorio.unesp.br/bitstream/handle/11449/118938/emygdio_apm_tcc_rcla.pdf?sequence=1&isAllowed=y>. Acesso em 08 de maio de 2022

EVANGELISTA, Robson. **Física moderna e contemporânea no Ensino Médio: uma proposta didática baseada nos três momentos pedagógicos utilizando a astronomia como temática central**. 2016. Dissertação (Mestrado em Ensino de Física)- Curso de Mestrado Profissional em Ensino de Física- Universidade Federal do Espírito Santo, Vitória, 2016.

FARIAS, Maria Licia de Lima.; BARBOSA, Marco Antônio. Integrando o ensino de astronomia e termodinâmica: explorando a zona habitável no diagrama de fases da água. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v. 39, 2017. Disponível em:< https://web.archive.org/web/20180724222402id_/http://www.scielo.br/pdf/rbef/v39n4/1806-1117-rbef-39-04-e4402.pdf>. Acessado em 04 de maio de 2022

FREIRE, Paulo. **Pedagogia da Autonomia. Saberes necessários à prática educativa**. São Paulo: Editora Paz e Terra, 2008.

_____. **Pedagogia do oprimido**. São Paulo: Paz e Terra, 2009.

FREITAS, Fabiana. TRANSPOSIÇÃO DIDÁTICA E O ENSINO DE CIÊNCIAS. **VII Congresso Nacional de Educação**. Maceió. Disponível em:< https://editorarealize.com.br/editora/anais/connedu/2020/TRABALHO_EV140_MD1_SA16_ID3655_01092020134710.pdf>. Acesso em: 12 de outubro de 2021.

GEORGE, Samuel. Extrasolar planets in the classroom. **Physics Education**. v.46 403, DOI:10.1088/031-9120/46/4/004. 2011. Disponível em:< <https://iopscience.iop.org/article/10.1088/0031-9120/46/4/004>>. Acesso em 14 de abril de 2020.

GIL, Antônio. C. **Métodos e Técnicas de Pesquisa Social** 5. ed. São Paulo:Atlas, 2006.

GILBERT, John K.; REINER, Miriam. Thought experiments in science education: potential and current realization. **International Journal of Science Education**, v. 22, n. 3, p. 265-283, 2000. Disponível em:< <https://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/095006900289877>>. Acesso em 12 de maio de 2022

GOULD, Roy.; SUNBURY, Susan.; KRUMHANSL, Ruth. Using online telescopes to explore exoplanets from the physics classroom. **American Journal of Physics** v.80, 445. DOI: 10.1119/1.3671072. 2012. Disponível em:< <https://aapt.scitation.org/doi/10.1119/1.3671072>>. Acesso em 14 de abril de 2020.

JESUS, Marcos Antonio Santos de; SILVA, Romeu Carlos Oliveira. A teoria de David Ausubel—o uso dos organizadores prévios no ensino contextualizado de funções. **VII Encontro Nacional de Educação Matemática—2004**, 2004. Disponível em:< <http://www.sbem.com.br/files/viii/pdf/03/MC05002402801.pdf>>. Acesso em 02 de maio de 2022.

LENCHUK, Adryan Petry; FERREIRA, Aline Marques; VETTORACI, Davi Bossatto; BAYERL, Livia Cezar; GOMES, Roger da Trindade. Como identificar exoplanetas. **Cadernos de Astronomia**, v. 2, n. 1, p. 191-191, 2021. Disponível em :< <https://periodicos.ufes.br/astro/article/view/34063>>. Acesso em: 30 de abril de 2022.

LOPRESTO, Michael.; OCHOA, Hector. Searching for potentially habitable extra solar planets: a directed-study using real data from the NASA Kepler-Mission. **Physics Education**. v.52 065016. 2017. Disponível em:< <https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1361-6552/aa8740>>; Acesso em 14 de abril de 2020.

MARQUES, GABRIEL PETRINI. **ABORDAGEM DE APOIO AOS TESTES DE USABILIDADE UTILIZANDO THINK ALOUD**. Universidade Estadual do Norte do Paraná. 2016.

MARTIOLI, Eder. **Exoplanetas: O que são e como detectá-los**. Dissertação de Mestrado, Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, São José dos Campos. 2006

MEDEIROS, Eder Campos et al. **Exoplanetas: classificação, habitabilidade e métodos de detecção**. Universidade Federal do Amazonas. 2019. Disponível em: <<https://www.rii.ufam.edu.br/handle/prefix/5678>>. Acesso em: 12 de maio de 2022.

MICHAELSEN, Gian Alexandre; DE ANDRADE NETO, Agostinho Serrano. Teaching of physics in the context of planetology and habitability in high school: a case of successful online meaningful learning. **RENOTE**, v. 19, n. 2, p. 437-446, 2021.

MORAES, RM de. **A aprendizagem significativa de conteúdos de biologia no ensino médio, mediante o uso de organizadores prévios e mapas conceituais**. Dissertação (Mestrado em Educação). Universidade Católica Dom Bosco, Campo Grande, 2005. Disponível em: <<https://site.ucdb.br/public/md-dissertacoes/7796-a-aprendizagem-significativa-de-conteudos-de-biologia-no-ensino-medio-mediante-o-uso-de-organizadores-previos-e-mapas-conceituais-com-apoio-de-um-software-especifico.pdf>>. Acesso em 02 de maio de 2022.

MOREIRA, Marco Antônio. LINGUAGEM E APRENDIZAGEM SIGNIFICATIVA. In **Conferência de encerramento do IV Encontro Internacional sobre Aprendizagem Significativa**. Maragogi, 2003. Disponível em: <<http://www.if.ufrgs.br/~moreira/linguagem.pdf>>. Acesso em: 01 de mai. 2022

_____. Organizadores prévios e aprendizagem significativa. **Revista Chilena de Educación Científica**, v.7, n. 2, p. 23-30, 2008. Disponível em: <<http://www.if.ufrgs.br/~moreira/ORGANIZADORESport.pdf>>. Acesso em: 02 maio 2022.

_____. **Unidades de Ensino Potencialmente Significativas – UEPS**. Aprendizagem Significativa em Revista. Meaningful Learning Review, v. 1, n. 2, p. 43-63, 2011.

_____. **O que é afinal aprendizagem significativa?**. Porto Alegre, Instituto de Física da UFRGS, 2012. Disponível em: <<http://moreira.if.ufrgs.br/oqueeafinal.pdf>>. Acesso em: 04 de abril de 2020.

PLANETARY **Habitability Laboratory**. Disponível em :< <http://phl.upr.edu/>>. Acesso em: 03 de abril de 2020

PLANINSIC, Gorazd.; MARSHALL, Rick. Is there life on exoplanet Maja? A demonstration for schools. . **Physics Education**. v.47 584. 2012. Disponível em:<<https://iopscience.iop.org/article/10.1088/0031-9120/47/5/584>>; Acesso em 14 de abril de 2020.

RAMOS, Adriana. Estudo da influência da utilização de software de modelagem molecular no processo de aprendizagem de conceitos químicos por estudantes do ensino médio e superior. **Tese (Doutorado em Ensino de Ciências e Matemática)**. Universidade Luterana do Brasil, Canoas, 2015.

RAMOS, Tarcísio. A aprendizagem mecânica e a dança: Tensões entre professor e aluno. **Revista do Programa de Pós-graduação em Artes da EBA/UFMG**, 2018. RIO GRANDE DO SUL. SECRETARIA DE ESTADO DA EDUCAÇÃO. **Referencial curricular Gaúcho: Ciências da Natureza**. Porto Alegre: SE/RS, 2018. Disponível em:< <http://portal.educacao.rs.gov.br/Portals/1/Files/1530.pdf>>. Acesso em 01 maio de 2022

REINER, Miriam. Thought experiments and collaborative learning in physics. **International Journal of Science Education**, v. 20, n. 9, p. 1043-1058, 1998. Disponível em:<<https://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/0950069980200903>>. Acesso em 01 maio de 2022

REINER, Miriam; GILBERT, John. Epistemological resources for thought experimentation in science learning. **International Journal of Science Education**, 2000. Disponível em:

<<https://www.tandfonline.com/doi/citedby/10.1080/095006900289741?scroll=top&needAccess=true>>. Acesso em 12 de maio de 2021

_____. The symbiotic roles of empirical experimentation and thought experimentation in the learning of physics. **International Journal of Science Education**, v. 26, n. 15, p. 1819-1834, 2004. Disponível em: <<https://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/0950069042000205440>>. Acesso em 01 maio de 2022

REIS, Josiane Silva dos. Ferramentas tecnológicas como organizadores prévios no ensino da matemática. **Educação Online**, n. 20, p. 137-145, 2015. Disponível em: <http://educacaoonline.edu.puc-rio.br/index.php/eduonline/article/view/122>>. Acesso em 02 de maio de 2022.

RIBEIRO, Rafael João; SILVA, Sani de Carvalho Rutz da; KOSCIANSKI, André. Organizadores prévios para aprendizagem significativa em Física: o formato curta de animação. **Ensaio Pesquisa em Educação em Ciências (Belo Horizonte)**, v. 14, n. 3, p. 167-183, 2012. Disponível em: <<https://www.scielo.br/pdf/epec/v14n3/1983-2117-epec-14-03-00167.pdf>>. Acesso em 02 de maio de 2022

ROCHA, Alcione Maria. **Ensino de Astronomia no contexto das descobertas de exoplanetas**. Natal. Programa de Pós-Graduação em Ensino de Ciências Naturais e Matemática: UFRN, 2019 Disponível em <<https://repositorio.ufrn.br/handle/123456789/27132>>. Acesso em: 05 de abril de 2020.

RONCH, Sthefen Fernando Andrade; ZOCH, Alana Neto; LOCATELLI, Aline. Aplicação da Unidade de Ensino Potencialmente Significativa (UEPS) para introdução dos conteúdos de química e biologia no ensino médio. **Revista Polyphonía**, v. 26, n. 2, p. 129-142, 2015.

SANTOS, Flávia Maria Teixeira dos. As emoções nas interações e a aprendizagem significativa. **Ensaio Pesquisa em Educação em Ciências (Belo Horizonte)**, v. 9, n. 2, p. 173-187, 2007. Disponível em: <<https://www.scielo.br/j/epec/a/jVJt79Q5yXpjfyWGD3BrJKs/?format=pdf&lang=pt>>. Acesso em: 01 de maio de 2022

SANTOS, Wytler Cordeiro dos; AMORIM, Ronni Geraldo Gomes de. Descobertas de exoplanetas pelo método do trânsito. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v. 39, 2017. Disponível em: <<https://www.scielo.br/j/rbef/a/gCsTTSM8XypVnqVpyj8xJqJ/?lang=pt&format=html>>. Acesso em: 05 de maio de 2022.

SILVA, José Carlos; ROBERTO JUNIOR, Artur Justiniano; ALVES, João Carlos Pereira. Detecção do trânsito planetário de um exoplaneta com um telescópio de pequena abertura. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v. 42, 2020. Disponível em: <<https://www.scielo.br/j/rbef/a/jDJsgb-Pvg4NbBV6JrC7r9wf/?lang=pt&format=html>>. Acesso em: 07 de maio de 2022.

SIMON, Molly.; PRATHER, Edward.; BUXNER, Sanlyn.; IMPEY, Chris. The development and validation of the Planet Formation Concept Inventory. **International Journal of Science Education**. 41:17, 2448-2464, DOI: 10.1080/09500693.2019.1685140, 2019. Disponível em: <<https://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/09500693.2019.1685140?tab=permissions&scroll=top>> Acesso em 14 de abril de 2020.

SIQUEIRA, Gustavo Almeida. **Conceitos Físicos em Métodos de Detecção de Exoplanetas: Método Doppler**. Universidade Federal do Mato Grosso. Barra do Garças. 2020. Disponível em: <https://cms.ufmt.br/files/galleries/170/TC_Gustavo.pdf>. Acesso em 2 de maio de 2022.

SOUZA, Graziela Ferreira; PINHEIRO, Nilcéia Aparecida Maciel. UNIDADES DE ENSINO POTENCIALMENTE SIGNIFICATIVAS (UEPS): IDENTIFICANDO TENDÊNCIAS E POSSIBILIDADES DE PESQUISA/POTENTIALLY MEANINGFUL TEACHING UNITS (PMTU): IDENTIFYING TRENDS AND RESEARCH POSSIBILITIES. **Revista Dynamis**, v. 25, n. 1, p. 113-128, 2019.

SOUZA, Cleângela Oliveira.; SILVANO, Antônio Marcos da Costa.; LIMA, Ivoneide Pinheiro. Teoria da aprendizagem significativa na prática docente. **Revista Espacios**, v.39. p. 27-38, 2018. Disponível em: <<https://www.revistaespacios.com/a18v39n23/a18v39n23p27.pdf>>. Acesso em: 02 de abril de 2022.

SPINARDI, José Ivan. **Elaboração de uma sequência didática em Astrobiologia para o Ensino Fundamental 2**. 2017. Dissertação (Mestrado Profissional em Ensino de Astronomia) - Curso de Ensino de Astronomia- Universidade de São Paulo, São Paulo, 2017.

STEPHENS, A. Lynn.; CLEMENT, John J. Documenting the use of expert scientific reasoning processes by high school physics students. **Physical Review Special Topics: physics education research**, College Park, v. 6, n. 2, p. 20122/1-20122/15, 2010. DOI: <https://doi.org/10.1103/PhysRevSTPER.6.020122>. Disponível em: < <https://journals.aps.org/prper/abstract/10.1103/PhysRevSTPER.6.020122>> Acesso em 25 de setembro de 2020.

_____. Use of physics simulations in whole class and small group settings: Comparative case studies. **Computers & Education**, v. 86, n. 86, 137-156, 2015. Disponível em: < <http://people.umass.edu/~clement/pdf/Stephens%20Use%20of%20Physics%20Sims%20C&E.pdf>>. Acesso em 25 de setembro de 2020.

TEIXEIRA, Márcio Assunção. **Ferramentas da astroestatística para o estudo da velocidade radial estelar**. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal do Rio Grande do Norte. Natal.2016. Disponível em: < https://repositorio.ufrn.br/bitstream/123456789/21587/1/MarcioAssuncaoTeixeira_DIS-SERT.pdf>. Acesso em 02 de maio de 2022

TREVISAN, Robson. Um Estudo da Relação entre as Imagens Mentais Utilizadas por Estudantes de Mecânica Quântica e seu Perfil Epistemológico: uma investigação pela metodologia Report Aloud. 2016, 170 f. **Dissertação (Mestrado em Ensino de Ciências e Matemática)**, Programa de Pós-Graduação em Ensino de Ciências e Matemática, Universidade Luterana do Brasil, Canoas, 2016.

TREVISAN, Robson.; SERRANO, Agostinho.; WOLFF, Jorge; RAMOS, Adriana. Peeking into students' mental imagery: the Report Aloud technique in Science Education research. **Ciência e educação (Bauru), Bauru**, v. 25, n. 3, p. 647-664, 2019. Disponível em <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1516-73132019000300647&lng=en&nrm=iso>. Acesso em 15 maio de 2020.

VALADARES, Jorge. A teoria da aprendizagem significativa como teoria construtivista. **Aprendizagem Significativa em Revista**, v. 1, n. 1, p. 36-57, 2011.

VAN-SOMEREN, M. W.; BARNARD, Y. F.; SANDBERG, J. A. C. **The think aloud method: a practical guide to modeling cognitive processes**. London: Academic Press, 1994.

VERNIER, Andréa Magale Berro. DESENVOLVIMENTO DE PRÁTICAS DE ASTRONOMIA NO ENSINO DE CIÊNCIAS. **Dissertação (Mestrado em Educação em Ciências: Química da Vida e Saúde)**, Programa de Pós Graduação: Mestrado em Educação em Ciências: Química da Vida e Saúde, Universidade Federal do Pampa, Uruguiana, 2019.

WOLFF, Jeferson Fernando. QUAL A MUDANÇA NA ESTRUTURA COGNITIVA DE ESTUDANTES APÓS O USO DE SIMULAÇÕES COMPUTACIONAIS? Uma investigação da relação entre representações computacionais internalizadas e aprendizagem significativa de conceitos no campo das colisões mecânicas em Física. **Tese (Doutorado em Ensino de Ciências e Matemática)**. Universidade Luterana do Brasil, Canoas, 2015.

APÊNDICE A- PRÉ-TESTE IDEALIZADO INICIALMENTE



Nome:

UNIVERSIDADE LUTERANA DO BRASIL
PROGRAMA DE PÓS GRADUAÇÃO EM ENSINO
DE CIÊNCIAS E MATEMÁTICA



Nome fictício (preenchido pelo pesquisador):

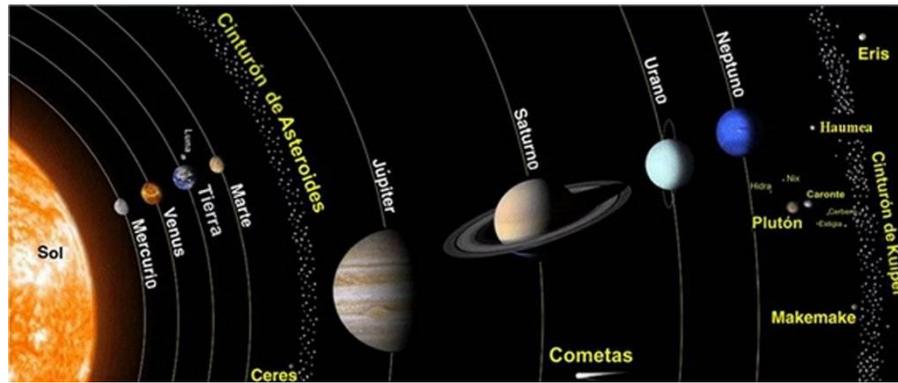
Apresentação

Caro estudante, solicito sua colaboração, respondendo as questões apresentadas abaixo. Seguem abaixo algumas instruções para a realização deste pré-teste.

- Utilize apenas dos conhecimentos que você já possui, sem efetuar demais pesquisas;
- As questões não serão analisadas como certas ou erradas, desejamos apenas analisar as suas concepções sobre os temas abordados;
- As questões podem ser respondidas tanto na forma digital (utilizando o *Microsoft word* ou Documentos do Google), quanto a mão. Caso prefiras realizar a atividade a mão podes imprimi-la; ou até mesmo responder as perguntas em uma folha anexo e enviá-la ao pesquisador;
- Podes utilizar de desenho e gráficos em suas respostas; faça-os em uma folha anexa e envie separadamente ao pesquisador.

Questões

- 1) No Ensino Fundamental você estudou sobre o universo e o sistema solar? Cite, mesmo que em tópicos, o que você recorda deste tempo.
- 2) Você acredita na existência de vida extraterrestre? O que te leva a acreditar nisto?
- 3) Na sua concepção a espécie humana seria capaz de sobreviver em outro planeta? O que você considera ideal para a sobrevivência da espécie humana?
- 4) Se um amigo te perguntasse “Será que existe um planeta gêmeo ao planeta Terra?”, como você o responderia?
- 5) Para você, como surgiu a vida no planeta Terra?
- 6) Como você acredita que ocorra a detecção de novos planetas?
- 7) Você acredita que a vida possa surgir no planeta Saturno da mesma forma como surgiu na Terra? Por quê?



APÊNDICE B – NOVO MODELO DE PRÉ E PÓS TESTE (BLANK SHEET TEST)**ULBRA**

Nome:

UNIVERSIDADE LUTERANA DO BRASIL
PROGRAMA DE PÓS GRADUAÇÃO EM ENSINO DE CIÊNCIAS E MATEMÁTICA

Nome fictício (preenchido pelo pesquisador):

Apresentação

As questões apresentadas abaixo pertencem ao Pré-teste. Seguem abaixo algumas instruções para a realização adequada desta etapa.

- Utilize apenas dos conhecimentos que você já possui, sem efetuar demais pesquisas;
- As respostas não serão analisadas como certas ou erradas, desejamos apenas analisar as suas concepções sobre os temas abordados;
- Sinta-se à vontade para utilizar de desenho, gráficos, esquemas e mapas mentais em suas respostas;
- Resposta as questões abaixo como se estivesse respondendo para um colega.
- Encaminhe fotos das páginas utilizadas ao pesquisador.

Questões

- 1) O que é o Sistema Solar? O que faz parte dele?
- 2) Você acredita na existência de um planeta gêmeo ao planeta Terra? O que leva você a acreditar ou não nessa possibilidade?
- 3) Você acredita na existência de vida extraterrestre? O que leva você a acreditar ou não acreditar nesta possibilidade?

APÊNDICE C - GUIA DIDÁTICO



UNIVERSIDADE LUTERANA DO BRASIL
PROGRAMA DE PÓS GRADUAÇÃO EM EN-
SINO DE CIÊNCIAS E MATEMÁTICA



Nome:

Nome fictício (preenchido pelo pesquisador):

Exoplaneta: em busca de um planeta que suporte a vida

Existe vida fora da Terra? Será que existem extraterrestres como o ET do filme clássico lançado no ano de 1982? Nós estamos sozinhos no universo? Perguntas assim sempre intrigaram e continuam intrigando a humanidade. Sabemos que é possível que exista a vida fora da Terra, mas o que significa essa possibilidade? No que ela baseia?

Ao longo dos anos a ciência vem obtendo grandes avanços e encontrando cada vez respostas mais polidas para estas perguntas. Nesta atividade vamos nos ater as respostas que tem ligação direta com a Física. Embora o estudo da possibilidade de vida extraterrestre englobe diversos conceitos ligados Biologia e Química.

A execução deste roteiro de atividades irá proporcionar uma vivência diferenciada da Física. Utilizando de dados reais extraídos do banco de dados na NASA, você será capaz de determinar características de estrelas e de planetas que orbitam estas estrelas. Com os conhecimentos que você irá adquirir, será capaz de determinar se o planeta em estudo pode ou não ser considerado como “habitável”. Baseado nos conhecimentos recém adquiridos você será capaz de determinar se o planeta estudado pode ou não ser considerado como “habitável”.

A “habitabilidade” é um conceito relacionado a possibilidade do desenvolvimento de vida em um planeta. Encontrar um planeta possivelmente habitável não significa necessariamente encontrar vida extraterrestre. Sendo assim um planeta possivelmente habitável apresenta o potencial para o desenvolvimento e suporte da vida. A seguir serão apresentados os principais conceitos que fundamentam a habitabilidade de planetas.

Habitabilidade e a zona habitável

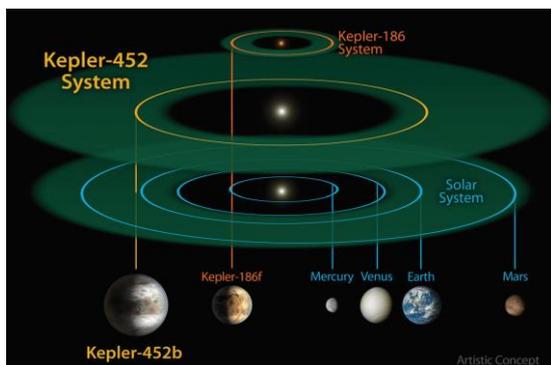


Figura 2 - Zona habitável de diferentes estrelas.

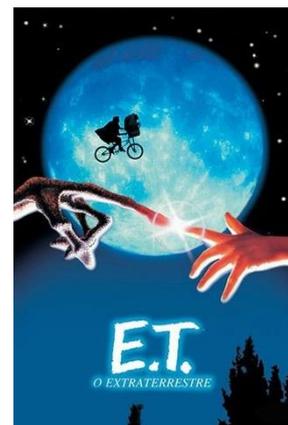


Figura 1- Pôster do filme E.T (1982) dirigido por Steven Spielberg

se

A habitabilidade de um planeta depende de uma série de fatores, vamos nos ater apenas aos mais relevantes. O principal deles é a existência de água no estado líquido.

Utilizando a escala termométrica Kelvin, sabemos que a água se encontra regularmente no estado líquido entre as temperaturas de 273 K e 373K. Logicamente, para que um planeta seja considerado como possivelmente habitável a temperatura dele deve variar entre estes valores.

Quais fatores podem influenciar na temperatura de um exoplaneta?

O primeiro deles é a distância em que este planeta se encontra da estrela. Quanto mais perto da estrela, maior será a temperatura efetiva deste planeta. Conforme a distância entre o planeta e a estrela aumenta, a temperatura efetiva do planeta vai diminuindo. Um planeta não pode estar tão perto, a ponto de ter água apenas no estado gasoso (por ser um planeta muito quente) e nem estar tão longe, a ponto de ter água apenas em estado sólido (gelo). Chamamos de zona habitável o espaço onde a temperatura do planeta permita a existência de água líquida.

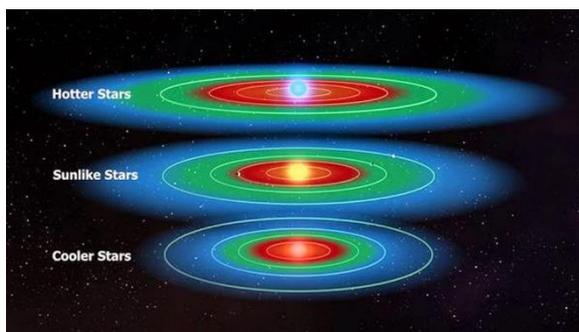
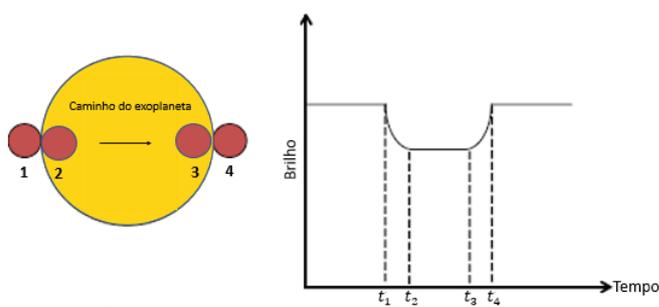


Figura 3-Comparação da zona habitável de três estrelas. Em vermelho estaria a zona muito quente; em verde a zona habitável e em azul a zona muito fria. "Hotter Stars" (estrela mais quente); "Sunlike Stars" (estrelas como o sol); Cooler Star (estrelas mais frias)

Podemos visualizar a zona habitável identificada pela cor verde nas imagens 2 e 3. Na imagem 2 é exibida a zona habitável definida em torno do Sol em comparação com a zona habitável definida para outras estrelas. Imediatamente identificamos que o tamanho desta zona é diferente nos casos comparados na imagem 2. Analisando a imagem 3 podemos compreender que o tamanho da zona habitável está diretamente ligado a temperatura da estrela. Em estrelas mais frias que o sol (*Cooler Stars*) a zona habitável está mais próxima da estrela. Enquanto em estrelas mais quentes que o sol (*Hotter Stars*) percebemos que a zona está mais afastada da estrela.

A distância entre o planeta e a estrela não é o único fator que pode influenciar na temperatura dele. A temperatura do planeta pode ser influenciada pela existência de massas de ar (atmosfera) e da espessura destas massas. O nível de luz que o planeta reflete (deixando de absorver) também exerce influência na temperatura do planeta.

Detecção de exoplanetas



Levam o nome de exoplaneta os planetas que orbitam alguma estrela diferente; ou seja, fazem parte de outro sistema planetário.

Para a execução deste roteiro serão utilizados dados de um exoplaneta que foi encontrado através do método de trânsito. Este método de detecção de exoplanetas baseia-se na variação do brilho da estrela

quando um exoplaneta passa em frente a ela. Essa variação do brilho é detectada por meio da observação com telescópios.

O tempo que o planeta leva para passar em frente a estrela é chamado de tempo de trânsito. Este tempo é contabilizado desde que o brilho da estrela começa a ser reduzido, até o momento em que o brilho detectado da estrela é reestabelecido. A relação entre o tempo de trânsito e a intensidade do brilho detectado pode ser melhor compreendido com a análise da imagem 4.

Assim como o percentual de redução do brilho, o tempo de duração do trânsito é um dado fundamental para a determinação das características do exoplaneta. Para que possamos utilizar equações mais simples presentes neste guia, vamos utilizar o tempo decorrido entre o início do ingresso, (posição t_1 no gráfico da imagem 4) até o

momento em que o brilho natural da estrela começa a ser reestabelecido (posição t3 na imagem 4).

Dados obtidos

Os dados abaixo foram extraídos do banco de dados “exoplanet.org”. Este banco de dados é resultado de um projeto que envolve a Universidade de Massachusetts e IPAC/Caltech. Tal projeto foi financiado pela Administração Nacional da Aeronáutica e Espaço (NASA). Este banco de dados é apresentado em forma de site e exibe uma grande quantidade de dados referentes ao exoplaneta que se deseja estudar.

Para realizar nossos estudos, foi selecionado o exoplaneta OGLE-TR-111 b. Segue abaixo uma tabela contendo apenas os dados que iremos utilizar em nossos estudos.

Característica	Dado
Raio da estrela hospedeira (m)	578 650 000
Massa da estrela hospedeira (massa do Sol)	0,852
Temperatura da estrela hospedeira (K)	5 040
Velocidade da estrela hospedeira (m/s)	78
Tempo de trânsito (ponto 1 a ponto 3) (segundos)	9 100
Profundidade de trânsito (%)	0,01687
Distância entre o planeta e a estrela (m)	7 016 140 000

Tabela 1- Dados retirados do banco de dados “exoplanet.org” (http://exoplanets.org/detail/OGLE-TR-111_b).

1. Determinando as características do exoplaneta

Com base nos dados apresentados, você será capaz de calcular as demais características deste exoplaneta selecionado para o estudo. Siga os passos abaixo na ordem como estão sendo apresentados.

1.1 Velocidade orbital do planeta

A primeira característica do planeta a ser identificada será a velocidade que este planeta orbita em torno da estrela. A equação que utilizaremos para executar tal processo tem “ v_p ” como a velocidade orbital do planeta; “ R_e ” como o raio da estrela hospedeira e “ t_{1a3} ” como o tempo de trânsito entre as posições 1 e 3.

$$\text{Velocidade do planeta} = \frac{2. \text{Raio da estrela}}{\text{tempo ponto 1 a ponto 3}}$$

$$v_p = \frac{2. R_e}{t_{1a3}}$$

Valor encontrado para a Velocidade Orbital do Planeta (V_p): _____ m/s

1.2 Estimando a massa do planeta

A equação utilizada para o cálculo da massa do planeta baseia-se na conservação da energia existente no movimento (momento) do sistema inteiro (estrela hospedeira e planeta). Esta equação possui “ M_p ” como a massa do planeta, que será calculada na unidade de medida “massa Terra”; “ M_e ” e “ v_e ” respectivamente como

massa da estrela e velocidade da estrela e “ v_p ” como a velocidade orbital do planeta (dado calculado no tópico anterior).

Ao utilizar a unidade de medida “massa Terra” identificaremos a relação entre a massa do planeta e massa da Terra. Se o resultado for maior do que “1” indicará que a massa do planeta é superior a massa da Terra; se o resultado for menor do que “1” indicará que a massa do planeta estudado é menor que a da terra. Para que o dado calculado saia na unidade de medida “massa da terra” iremos utilizar um fator de conversão (333 054,25); sendo este a razão entre a massa do sol e a massa da Terra.

$$\text{Massa do planeta} = \frac{\text{Massa da estrela} \cdot \text{velocidade da estrela}}{\text{velocidade do planeta}} \times 333\,054,25$$

$$M_p = \frac{M_e \cdot v_e}{v_p} \times 333\,054,25$$

Valor encontrado para a massa do planeta $M_p =$ _____ *massa da Terra*.

1.3 Estimando o raio do planeta

A estimativa do raio do planeta pode ser obtida através da variação ocorrida no brilho observável da estrela quando o planeta está em período de trânsito (quando o planeta está passando em frente a estrela). Com a utilização da equação abaixo podemos determinar o raio do planeta (R_p) relacionando o raio da estrela (R_e) e percentual de redução do brilho; também conhecido como “Profundidade de trânsito” (P_t).

$$\text{Raio do planeta} = \text{Raio da estrela} \cdot \sqrt{\text{Profundidade de trânsito}}$$

$$R_p = R_e \cdot \sqrt{P_t}$$

Valor encontrado para o raio do planeta $R_p =$ _____ *m*

1.3.1 Volume do planeta

Antes de prosseguir para o cálculo da densidade do planeta precisaremos dimensionar o volume deste planeta. Cientes que o formato do planeta será praticamente uma esfera; podemos determinar o volume aproximado de um planeta da mesma forma como determinamos o volume de uma esfera qualquer.

Abaixo vamos utilizar o valor do raio do planeta em *metros* para a realização do cálculo; assim iremos identificar o volume deste planeta em m^3 .

$$\text{Volume do planeta} = \frac{4}{3} \cdot \pi \cdot (\text{Raio do planeta})^3$$

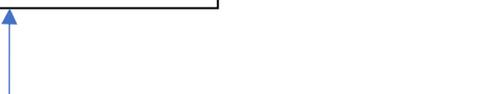
$$\text{Vol}_p = \frac{4}{3} \cdot \pi \cdot (R_p)^3$$

Volume do planeta $\text{Vol}_p =$ _____ m^3

1.4 Densidade do planeta

Para obter a massa do planeta em “kg” multiplicaremos a massa calculada no item 1.2.1 pela massa da Terra
 $\text{Massa do planeta (kg)} = M_p \times 5,972 \times 10^{24}$

Agora que possuímos tanto volume e quanto a massa do planeta somos plenamente capazes de determinar a densidade do planeta dividindo a massa que ele possui pelo volume que ela ocupa.



$$\text{Densidade do planeta} = \frac{\text{Massa do planeta (kg)}}{\text{Volume do planeta (m}^3\text{)}}$$

Densidade do planeta = _____ kg/m³

1.5 Zona habitável

A zona habitável está diretamente relacionada ao espaço onde a água pode manter-se no estado líquido. Neste espaço a temperatura do planeta varia de 373 K a 273 K.

Para determinar o tamanho e a posição deste espaço, vamos utilizar uma equação que relaciona o raio da estrela (R_e) com a razão da entre a temperatura da estrela (T_e) e a temperatura selecionada (T).

$$\text{Distância calculada} = 2. \text{Raio da estrela} \cdot \left(\frac{\text{Temperatura da estrela}}{\text{Temperatura calculada}} \right)^2$$

$$d = 2 \cdot R_e \cdot \left(\frac{T_e}{T} \right)^2$$

Distância temperatura máxima 373 K = _____ m

Distância temperatura mínima 273K = _____ m

Zona habitável entre _____ m e _____ m

1.6 Temperatura do planeta

Nesta etapa poderemos calcular a temperatura que o planeta apresenta conforme a distância que ele está da estrela. Para isso utilizaremos da equação abaixo; esta apresenta como suas variáveis " T_p " como temperatura do planeta, " T_e " como temperatura da estrela, " R_e " como raio da estrela e " d " como a distância entre o planeta e a estrela.

Temperatura do planeta

$$= \text{Temperatura da estrela} \cdot \sqrt{\frac{\text{Raio da estrela}}{2 \cdot \text{distância entre planeta e estrela}}}$$

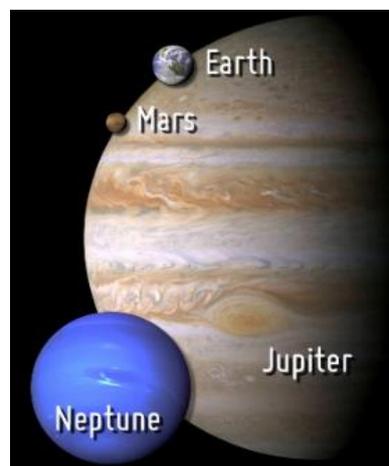
$$T_p = T_e \cdot \sqrt{\frac{R_e}{2d}}$$

Temperatura do planeta: _____ K.

2. Classificação do exoplaneta e da estrela

Nesta etapa você irá analisar os resultados obtidos através dos cálculos. No intuito de determinar as características tanto do exoplaneta estudado quanto da estrela que ele orbita.

2.1 Classificação do exoplaneta



Existem cinco classes possíveis para rotular um planeta. Cada classe possui suas características específicas quanto a tamanho, massa e composição. Estas classes foram concebidas tendo como princípio o tipo “terráqueo”; sendo esta a classe de planetas que mais se assemelham com a Terra.

Na tabela 2, os dados apresentados estão parametrizados em unidades terrestres; isto significa que valores abaixo de “1” indicam que a massa ou o raio é menor do que a da Terra. Valores muito próximos a “1” indicam uma grande semelhança com a Terra. Valores acima de “1” indicam o número de vezes que; seja a massa ou o raio é maior do que a Terra.

A tabela 2 Figura 5 - Imagem 3: Comparação do tamanho dos planetas em classes de plane- escala

tas, assim como os parâmetros para cada uma destas. A principal característica que influencia na classificação de um planeta é a massa. O raio do planeta pode variar muito dependendo da composição; desta forma não podemos estabelecer o raio como principal característica para a classificação de um planeta.

Tipo de planeta	Massa (unidades terrestres)	Raio (unidades terrestres)	Atmosfera Potencial *
Sub Terra	0,1 - 0,5	0,5 - 1,2	São capazes de manter uma atmosfera significativa após as bordas externas da zona habitável (ou seja, Marte).
Terra	0,5 - 2	0,8 - 1,9	São capazes de manter uma atmosfera significativa com água líquida dentro da zona habitável (ou seja, a Terra).
Super Terra	2 - 10	1,3 - 3,3	São capazes de manter atmosferas densas com água líquida dentro da zona habitável.
Netuniano	10 - 50	2,1 - 5,7	Os netunianos podem ter atmosferas densas na zona quente.
Jupteriano	50 - 5.000	3,5 - 27	Os jupterianos podem ter atmosferas superdensas na zona quente.

Tabela 2- Classificação de planetas conforme a massa. (<https://sites.google.com/a/upr.edu/planetary-habitability-laboratory-upra/library/notes/amassclassificationforbothsolarandextrasolarplanets>). (Adaptado)

Para determinar a classificação para OGLE-TR-111B, divida o raio do planeta pelo raio da Terra (6.371.000 m) e classifique de acordo com a tabela acima.

Classificação de OGEL-TR-111B: _____ fazer o esquema de conversão automática.

2.2 Classificação do planeta conforme a Densidade

A densidade do planeta auxilia na identificação dos principais materiais que compõem o mesmo. Alguns planetas como Júpiter e Saturno apresentam uma proporção maior de gás e gelo em sua composição. Enquanto planetas como Marte, Vênus e a própria Terra apresentam matérias sólidos em maior abundância.

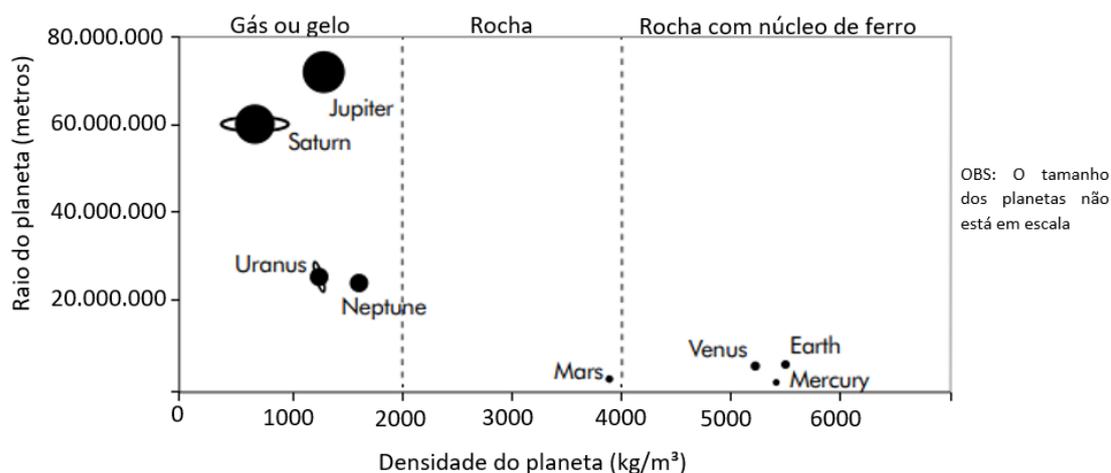


Figura 6- Relação raio, densidade e abundância de materiais em planetas (https://www.immersive-experiences.co.uk/images/Documents/Planet_density.pdf)

Classificação de OGEL-TR-111B: _____

2.3 Classificação do tipo de estrela

O tipo de uma estrela é definido de acordo com a temperatura efetiva que ela apresenta. A temperatura e a coloração apresentada por uma estrela estão diretamente relacionadas. Segue abaixo uma tabela que indica algumas das diferentes classes que uma estrela pode se enquadrar.

Tipo de estrela	Temperatura (K)	Cor
O	30 000 a 60 000	Azul
B	10 000 a 30 000	Entre azul e branca
A	7 500 a 10 000	Branca
F	6 000 a 7 500	Entre branca e amarela
G	5 000 a 6 000	Amarela
K	3 500 a 5 000	Laranja
M	2 000 a 3 500	Vermelha

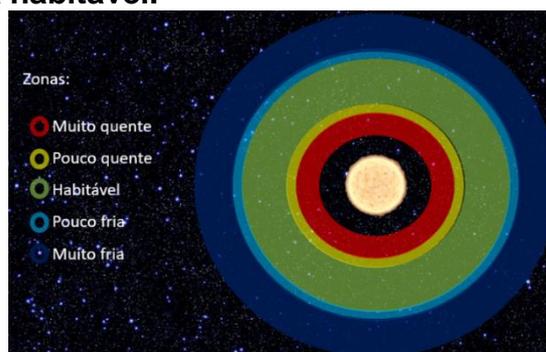
Tabela 3 - Tipos de estrela. Disponível em <http://cds.u-strasbg.fr/twikiAIDA/pub/EuroVO-AIDA/WP5WorkProgrammeUsecases/stars.pdf>. Adaptado

Tipo da estrela orbitada por OGLE-TR-111: _____

3. Habitabilidade

3.1. Habitabilidade dentro e fora da zona habitável.

Como apresentado no início deste guia a zona habitável é um local ideal para o desenvolvimento da vida; porém a possibilidade do desenvolvimento da vida pode ocorrer fora da zona habitável. Esta possibilidade está limitada a proximidade da zona habitável. Analisando a Figura , percebemos 5 zonas. Iremos explorar a possibilidade e as condições para a



existência de vida na zona “Pouco quente” e “Pouco fria”.

Zona “Pouco quente”

Por ser uma zona “pouco quente” é possível que um planeta possua água líquida em sua superfície; desde que este reflita boa parte da luz que incide sobre ele.

Figura 7- Zona habitável e proximidades detalhadas.

Como podemos visualizar na Figura , uma parte da luz que chega ao planeta é absorvida (elevando a temperatura do planeta)

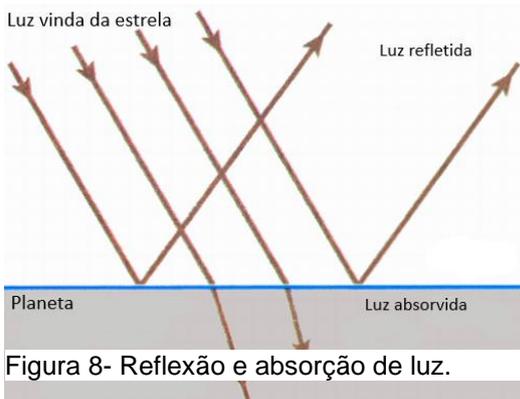


Figura 8- Reflexão e absorção de luz.

enquanto outra parte é refletida. Todos os planetas possuem um índice de reflexão de luz, quanto maior for este índice, mais luz o planeta reflete; assim consequentemente este planeta sofrerá um aquecimento menor.

Zona “Pouco fria”

Na zona “pouco fria” um planeta pode atingir uma temperatura suficiente para manter a água no estado líquido. Para isso é necessário que esteja ocorrendo neste planeta o efeito estufa.

Tanto a Terra quanto qualquer outro planeta que possuir uma atmosfera e sofrer o efeito estufa.

Como vemos na

alguns dos gases que preenchem a atmosfera impedem que luz solar volte para o espaço. Desta forma a energia e o calor transmitidos pelo Sol ficam aprisionados no planeta, gerando assim um maior aquecimento do planeta. Assim, mesmo que um planeta esteja fora da zona habitável o efeito estufa pode propiciar o aquecimento a ponto de tornar-se a água líquida.



Figura 9- Efeito estufa. Fonte: Brasil Escola

3.2 Margem de temperatura utilizada

Cientes da possibilidade de se obter água líquida nas redondezas da zona habitável podemos expandir nossa busca; da zona habitável para a “zona de análise”. Englobando as zonas “pouco quente” e “pouco fria” a zona habitável determinamos nossa “zona de análise”. Com base nos fatores apresentados acima podemos estabelecer uma margem maior de temperaturas; assumindo que as temperaturas nossa “zona de análise” variem de 392 K até 260 K. Utilizando a mesma equação utilizada no tópico 1.5, determine a distância máxima e mínima para a zona habitável da estrela OGLE-TR- 111.

$$Distância\ calculada = Raio\ da\ estrela \cdot \left(\frac{Temperatura\ da\ estrela}{Temperatura\ calculada} \right)^2$$

$$d = R_e \cdot \left(\frac{T_e}{T} \right)^2$$

Distância temperatura máxima 370 K = _____ m

Distância temperatura mínima 235 K = _____ m

Zona habitável entre _____ m e _____ m

3.2 Argumentação sobre a habitabilidade

Argumente utilizando os conhecimentos recém adquiridos referente a habitabilidade do exoplaneta OGLR- TR- 111 b. Em sua argumentação relacione:

- Classificação do planeta conforme a massa, raio e densidade (consequentemente a abundância de determinados materiais);
- A distância entre o planeta e a estrela (se este se encontra dentro da zona de análise);
- Temperatura do planeta conforme a distância da estrela;
- Possibilidade da existência de uma atmosfera densa onde a temperatura do planeta possa ser levemente acrescida;
- Possibilidade de um alto índice de reflexão de luz (o que reduz a quantidade de energia absorvida e consequentemente a temperatura do planeta);

[escreva sua resposta]

APÊNDICE D – ENTREVISTA SEMIESTRUTURADA



ULBRA

Lembretes:

TEXTO EXEMPLO:

UNIVERSIDADE LUTERANA DO BRASIL
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENSINO DE CIÊNCIAS E MATEMÁTICA



PPGECIM

PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM
ENSINO DE CIÊNCIAS E MATEMÁTICA

A entrevista será conduzida seguindo o protocolo Report Aloud, o qual tem por objetivo compreender o processo de pensamento do estudante. A ideia é entender os detalhes e origem do que o aluno pensou no momento de responder aos questionários (pré-teste, guias ou pós-teste).

Usarei como exemplo o Modelo Atômico de Rutherford:

“Quando penso no átomo, visualizo o núcleo como sendo uma bolinha cinza, localizada na região central do átomo e que apresenta um tamanho pequeno em relação ao seu tamanho total. A bolinha do centro é rodeada por um espaço que imagino ser branco, com algumas linhas azuis por onde movimentam-se partículas iluminadas (azuladas), que giram e descrevem um movimento circular ao redor do núcleo. A minha ideia de átomo vem de imagens ilustrativas representadas em sala de aula.”

- As respostas não serão avaliadas como certas ou erradas;
- As questões têm o objetivo de avaliar a compreensão que você possui ligados a planetologia e a habitabilidade. Não há a necessidade de pesquisas adicionais.
- Não se preocupe com tempo, ou com formalismo nas respostas. Responda como se estivesse conversando com um colega.
- Como foi dito no termo de assentimento, a entrevista será gravada para a realização da análise. Os dados coletados nesta entrevista serão utilizados para o desenvolvimento de pesquisas acadêmicas. Sendo expostos apenas em feiras ou artigos científicos. Sempre preservando a identidade do entrevistado.

Entrevista estruturada

1) Você já tinha, mesmo que por conta própria, investigado sobre a possibilidade do desenvolvimento de vida extraterrestre? Se sim, onde estudou? O que você lembra de ter visto?

2) Pré e pos-teste

- *Report Aloud* do pré-teste

A) (1ª Pergunta do pré-teste) Descrição do que foi posto e “O que você estava pensando quando respondeu?”

B) (2ª Pergunta do pré-teste) Descrição do que foi posto e “O que você estava pensando quando respondeu?”

C) (3ª Pergunta do pré-teste) Descrição do que foi posto e “O que você estava pensando quando respondeu?”

- Comparação entre pré e pós-teste e *Report Aloud* do pós-teste

D) (1ª Pergunta do pós-teste) Alterações identificadas e “O que você estava pensando quando respondeu?”

E) (2ª Pergunta do pós-teste) Alterações identificadas e “O que você estava pensando quando respondeu?”

F) (3ª Pergunta do pós-teste) Alterações identificadas e “O que você estava pensando quando respondeu?”

3) Com base no que foi estudado o que um planeta precisa para que haja a possibilidade do desenvolvimento da vida?

4) O que você entende que seja a zona habitável? Explique como se estivesse explicando a um amigo ou colega.

5) Qualquer planeta que esteja dentro da zona habitável pode desenvolver vida?

6) Qualquer planeta que possua água pode desenvolver vida?

7) (*Think Aloud* / Questão problema) Cientes de que o Sol é uma estrela que está em expansão; quais implicações este fenômeno pode causar no planeta Terra?

a) Quais influências haveria na vida humana?

b) Qual seria a alternativa mais viável de preservar a vida humana?

8) (*Report Aloud* do Guia didático) Com base na argumentação apresentada no guia. O que você pensou para responder à questão? O que você imaginava ou quais imagens vem a sua cabeça?

9) (*Think Aloud* / Questão problema) Como base no exoplaneta que você estudou _____. O que aconteceria com este planeta se a estrela a qual ele orbita tivesse a metade da temperatura que foi apresentada?

a) Em quais aspectos esta mudança poderia interferir.

b) Neste caso seria possível o desenvolvimento de vida?

10) (*Think Aloud* / Questão problema) Se você pudesse modificar a estrela e o planeta; o que você poderia fazer para tornar este planeta possivelmente habitável?

APÊNDICE E – TERMO DE ASSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO

(PARA MENORES DE 12 a 18 ANOS - Resolução 466/12)

Convidamos você, após autorização dos seus pais [ou dos responsáveis legais] para participar como voluntário (a) da pesquisa: *O Ensino de conceitos ligados a Planetologia e a Habitabilidade de forma Significativa no Ensino Médio*. Esta pesquisa é da responsabilidade do pesquisador Gian Alexandre Michaelsen (Av. Farrapos

8001, prédio 14 – sala 338, gianam@rede.ulbra.br) e está sob a orientação do Prof. Dr. Agostinho Serrano de Andrade Neto (agostinho.serrano@ulbra.br).

Este Termo de Consentimento pode conter informações que você entenda. Caso haja alguma dúvida, pergunte à pessoa que está lhe entrevistando para que esteja bem esclarecido (a) sobre sua participação na pesquisa. Você não terá nenhum custo, nem receberá qualquer pagamento para participar. Você será esclarecido(a) sobre qualquer aspecto que desejar e estará livre para participar ou recusar-se. Após ler as informações a seguir, caso aceite participar do estudo, assine ao final deste documento, que está em duas vias. Uma delas é para ser entregue aos seus pais para guardar e a outra é do pesquisador responsável. Caso não aceite participar, não haverá nenhum problema se desistir, é um direito seu. Para participar deste estudo, o responsável por você deverá autorizar e assinar um Termo de Consentimento, podendo retirar esse consentimento ou interromper a sua participação a qualquer momento, sem nenhum prejuízo.

INFORMAÇÕES SOBRE A PESQUISA: A pesquisa tem como objetivo investigar o desenvolvimento da aprendizagem significativa através do estudo da Planetologia e da habitabilidade. Os conceitos serão apresentados e desenvolvidos com o auxílio de um guia autoinstrucional. Os dados serão coletados através da realização de um pré-teste, do próprio guia autoinstrucional, de um pós-teste e uma entrevista. Os alunos serão atendidos pelo pesquisador através de encontros virtuais agendados, utilizando a plataforma de vídeo conferências *Google Meet*. Estes encontros virtuais estão previstos para ocorrer entre o segundo semestre de 2020 e o primeiro semestre de 2021. Tanto dos dados coletados quanto as informações advindas da análise destes dados serão utilizados na dissertação de Mestrado do pesquisador. Esta dissertação objetiva investigar os indícios da aprendizagem significativa emergentes com o desenvolvimento dos conceitos de Planetologia e habitabilidade. Analisando os dados textuais e gestuais espera-se identificar indícios da aprendizagem significativa e conhecimentos prévios podem auxiliar como base para a fixação no processo de aprendizagem dos novos conhecimentos. O desenvolvimento desta pesquisa (aplicações dos instrumentos de pesquisa) é de responsabilidade do pesquisador, ficando a disposição para possíveis esclarecimentos. Ressalto o compromisso que terei de resguardar a confidencialidade das informações prestadas, que serão usadas exclusivamente para análise dos resultados.

As informações desta pesquisa serão confidenciais e serão divulgadas apenas em eventos ou publicações científicas, não havendo identificação dos voluntários, a não ser entre os responsáveis pelo estudo, sendo assegurado o sigilo sobre a sua participação. Os dados coletados nesta pesquisa (gravações, entrevistas, fotos, filmagens, etc), ficarão armazenados em pastas de arquivo de computador pessoal, sob a responsabilidade do pesquisador e do orientador, no endereço acima informado, pelo período de mínimo 5 anos. Nem você e nem seus pais [ou responsáveis legais] pagarão nada para você participar desta pesquisa. Se houver necessidade, as despesas para a sua participação e de seus pais serão assumidas ou ressarcidas pelos pesquisadores. Fica também garantida indenização em casos de danos, comprovadamente decorrentes da sua participação na pesquisa, conforme decisão judicial ou extrajudicial.

Este documento passou pela aprovação do Comitê de Ética em Pesquisa Envolvendo Seres Humanos da UFPE que está no endereço: **Avenida Farroupilha nº 8001 – prédio 14, sala 224 – Bairro: São José – Canoas/RS, CEP: 92425-900, Tel.: (51) 3477-9217 – e-mail: comitedeetica@ulbra.br.**

Assinatura da pesquisadora: _____

ASSENTIMENTO DO MENOR DE IDADE EM PARTICIPAR COMO VOLUNTÁRIO

Eu, _____, portador (a) do documento de Identidade _____ (se já tiver documento), abaixo assinado, concordo em participar do estudo “*O Ensino de conceitos ligados a Planetologia e a Habitabilidade de forma Significativa no Ensino Médio*”, como voluntário (a). Fui informado (a) e esclarecido (a) pelo pesquisador sobre a pesquisa, o que vai ser feito, assim como os possíveis riscos e benefícios que podem acontecer com a minha participação. Foi-me garantido que posso desistir de participar a qualquer momento, sem que eu ou meus pais precise pagar nada.

Local e data: _____

Assinatura do (da) menor: _____

Presenciamos a solicitação de assentimento, esclarecimentos sobre a pesquisa e aceite do/a voluntário/a em participar. 02 testemunhas (não ligadas à equipe de pesquisadores):

Nome: _____

Nome: _____

Assinatura: _____

Assinatura: _____

APÊNDICE F – TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO

1. IDENTIFICAÇÃO DO PROJETO DE PESQUISA												
Título do Projeto: O Ensino de conceitos ligados a Planetologia e a Habitabilidade de forma Significativa no Ensino Médio												
Área do Conhecimento: Ciências e Matemática						Número de participantes: 15			Total: 15			
Curso: Mestrado em Ensino de Ciências e Matemática						Unidade: Programa de Pós-Graduação de Ensino de Ciências e Matemática (PPGECIM)						
Projeto Multi-cêntrico		Sim	x	Não	x	Nacional		Internacional	Cooperação Estrangeira	Sim	x	Não
Patrocinador da pesquisa: Pesquisador												

Instituição onde será realizado: Colégio Estadual Dr. Wolfram Metzler
Nome dos pesquisadores e colaboradores: Gian Alexandre Michaelsen (pesquisador)

Seu filho (**e/ou menor sob sua guarda**) está sendo convidado (a) para participar do projeto de pesquisa acima identificado. O documento abaixo contém todas as informações necessárias sobre a pesquisa que estamos fazendo. Sua autorização para que ele participe neste estudo será de muita importância para nós, mas se retirar sua autorização, a qualquer momento, isso não lhes causará nenhum prejuízo.

2. IDENTIFICAÇÃO DO PARTICIPANTE DA PESQUISA E/OU DO RESPONSÁVEL			
Nome do Menor:		Data de Nasc:	Sexo:
Nacionalidade:		Estado Civil:	Profissão:
RG:	CPF/MF:	Telefone:	E-mail:
Endereço:			

3. IDENTIFICAÇÃO DO PESQUISADOR RESPONSÁVEL	
Nome: Gian Alexandre Michaelsen	Telefone: (51) 981504540
Profissão: Professor	Registro no Conselho Nº: E-mail: gianam@rede.ulbra.br
Endereço: Av. Farroupilha, 8001 – prédio 14, sala 338, bairro: São José – Canoas.	

Eu, responsável pelo menor acima identificado, pós receber informações e esclarecimento sobre este projeto de pesquisa, autorizo, de livre e espontânea vontade, sua participação como voluntário (a) e estou ciente:

1. Da justificativa e dos objetivos para realização desta pesquisa.

Acreditamos que essa pesquisa proporcionará aos estudantes a possibilidade de compreenderem um pouco mais sobre Ciência, e especificamente Física, durante os encontros virtuais. Estes encontros serão agendados de acordo com a disponibilidade do estudante e do pesquisador. Esta pesquisa não possui vínculo direto com as aulas remotas da rede pública estadual.

Com a participação dos alunos, pretendemos investigar os processos de aprendizagem ocorridos ao estudar os conceitos foco desta pesquisa. Acreditamos que aos alunos que participarem desse projeto, será possibilitado a compreensão de conceitos científicos pertinentes para a sua formação como cidadão.

2. Do objetivo da participação de meu filho.

A participação de seu filho (e/ou menor sob sua guarda) é de extrema importância para nossa pesquisa, pois buscamos investigar como ocorre a aprendizagem dos conceitos por esta pesquisa trabalhados e quais conhecimentos prévios podem facilitar a aprendizagem destes novos conceitos.

3. Do procedimento para coleta de dados.

Iremos aplicar nos alunos questionários e realizaremos após essa aplicação, entrevistas com os alunos. Dias e horários serão combinados entre pesquisador e estudante voluntário.

4. Da utilização, armazenamento e descarte das amostras.

Os dados coletados através desta investigação serão armazenados pelo pesquisador em seu computador pessoal.

5. Dos desconfortos e dos riscos.

Acreditamos que todas as pesquisas podem causar riscos. No entanto, nessa pesquisa, os alunos serão convidados a participar livremente, o único risco que acreditamos ser possível é que os estudantes fiquem desconfortáveis em alguns momentos da entrevista, mas ficando livres de não participarem a qualquer momento.

6. Dos benefícios.

Participando desta pesquisa os alunos terão a possibilidade de aprender mais e compreender melhor os fenômenos estudados. Para a sociedade e ciência será benéfico investigar como ocorrem os processos de aprendizagem ao estudar astronomia, especificamente os conceitos de Planetologia e

habitabilidade. Identificando quais conhecimentos prévios corroboram com a aprendizagem destes novos conhecimentos.

7. Dos métodos alternativos existentes.

Não iremos utilizar métodos alternativos.

8. Da isenção e ressarcimento de despesas.

O participante ficará isento de qualquer despesa e não receberá pagamento pela atividade.

9. Da forma de acompanhamento e assistência.

O desenvolvimento da pesquisa com os alunos é de responsabilidade do pesquisador, ficando a disposição para possíveis esclarecimentos.

10. Da liberdade de recusar, desistir ou retirar meu consentimento.

Seu filho (**e/ou menor sob sua guarda**) tem a liberdade de recusar, desistir ou de interromper a colaboração nesta pesquisa no momento em que desejar, sem necessidade de qualquer explicação. A desistência não causará prejuízo algum e não irá interferir na pesquisa O Ensino de conceitos ligados a Planetologia e a Habitabilidade de forma Significativa no Ensino Médio.

11. Da garantia de sigilo e de privacidade.

Os resultados obtidos durante este estudo serão mantidos em sigilo, mas concordo que sejam divulgados em publicações científicas, desde que dados pessoais não sejam mencionados.

12. Da garantia de esclarecimento e informações a qualquer tempo.

Tenho a garantia de tomar conhecimento e obter informações, a qualquer tempo, dos procedimentos e métodos utilizados neste estudo, bem como dos resultados finais, desta pesquisa. Para tanto, poderei consultar o **pesquisador responsável Gian Alexandre Michaelsen**. Em caso de dúvidas não esclarecidas de forma adequada pelo pesquisador de discordância com os procedimentos, ou de irregularidades de natureza ética poderei ainda contatar o **Comitê de Ética em Pesquisa em Seres Humanos da ULBRA Canoas (RS)**, com endereço na Rua Farroupilha, 8001 – Prédio 14 – Sala 224, Bairro São José, CEP 92425-900 - telefone (51) 3477-9217, e-mail comitedeetica@ulbra.br.

Declaro que obtive todas as informações necessárias e esclarecimento quanto às dúvidas por mim apresentadas e, por estar de acordo, assino o presente documento em duas vias de igual conteúdo e forma, ficando uma em minha posse.

_____ (), _____ de _____ de _____.

Participante da Pesquisa

Responsável pelo Participante da Pesquisa

Pesquisador Responsável pelo Projeto

APÊNDICE G- TERMO DE AUTORIZAÇÃO USO DE IMAGEM, NOME E VOZ

Pelo presente instrumento particular de licença de uso de imagem, nome e voz, _____, portador(a) do CPF de nº _____, residente e domiciliado(a) na rua _____, nº _____, na cidade de _____ / __, doravante denominado(a) Licenciante, autoriza a veiculação de sua imagem, nome e voz, gratuitamente por tempo indeterminado, para a pesquisador Gian Alexandre Michaelsen, portadora do CPF de nº 037.310.390-51, doravante denominado Licenciado.

Mediante assinatura deste termo, fica a Licenciada autorizada a utilizar a imagem, nome e voz do Licenciante no projeto intitulado: **O Ensino de conceitos ligados a Planetologia e a Habitabilidade de forma Significativa no Ensino Médio**, para fins exclusivos de sua pesquisa de dissertação de mestrado, sendo que, visando respeitar as questões éticas e morais, os participantes desta pesquisa **não serão identificados** em nenhum momento, seus **nomes serão zelados**, bem como sua fisionomia no decorrer das análises, sem qualquer contraprestação ou onerosidade, comprometendo-se a Licenciante a nada exigir da Licenciada em razão do ora autorizado.

Em nenhuma hipótese poderá a imagem, nome e voz do Licenciante ser utilizada de maneira contrária a moral, bons costumes e ordem pública.

E, por estarem de acordo, as partes assinam o presente instrumento em 02 (duas) vias, de igual teor e forma, para que produza entre si os efeitos legais.

_____, _____ de _____ de _____,

Licenciante

No caso de menores de 18 (dezoito) anos, o documento obrigatoriamente deverá ser assinado pelo Representante Legal.

Representante Legal

Nome: _____

RG: _____ CPF: _____

APÊNDICE H – CARTA DE ANUÊNCIA

COLÉGIO ESTADUAL DR. WOLFRAMMETZLER
CARTA DE ANUÊNCIA DO LOCAL DA COLETA DE DADOS



Ao Comitê de Ética em Pesquisa em Seres Humanos da Universidade Luterana do Brasil/RS

Prezados Senhores,

Declaro que tenho conhecimento e autorizo a realização do projeto de pesquisa intitulado “O ensino de conceitos ligados a planetologia e da habitabilidade de forma significativa no ensino médio”, proposto pelo(s) pesquisador (es) **Gian Alexandre Michaelsen**.

O referido projeto será realizado de forma voluntária, na modalidade a distância, com alunos do segundo ano de algumas das turmas do Colégio Estadual Dr. Wolfram Metzler, localizada na cidade de Novo Hamburgo. Este só poderá ocorrer a partir da apresentação do Parecer de Aprovação do Colegiado do Comitê de Ética em Pesquisa em Seres Humanos da Universidade Luterana do Brasil/RS.

Local e data: NH de 26 de outubro, 2020

Nome: Juliana Cristina Plentz Petry

Função na Instituição: Supervisora

Endereço: Rua Silveira Martins, 979, Bairro Centro

Colégio Estadual Dr. Wolfram Metzler
Novo Hamburgo
Port. N° 109 de 14/04/00 - D.O 17/04/00

Assinatura e carimbo

Juliana Cristina Plentz Petry
Supervisora Educacional

APÊNDICE I- VERSÃO ADAPTADA DO “TERMO DE ASSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO”

Seguem o link de acesso e versão impressa da adaptação do termo.

Link: <https://forms.gle/RtkEHXMyLizVHfy37>

09/01/2021

TERMO DE ASSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO

TERMO DE ASSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO

(PARA MENORES DE 12 a 18 ANOS - Resolução 466/12)

***Obrigatório**

1. Endereço de e-mail *

Convidamos você, após autorização dos seus pais [ou dos responsáveis legais] para participar como voluntário (a) da pesquisa: *O Ensino de conceitos ligados a Planetologia e a Habitabilidade de forma Significativa no Ensino Médio*. Esta pesquisa é da responsabilidade do pesquisador Gian Alexandre Michaelsen (Av. Farrapos 8001, prédio 14 – sala 338, gianam@rede.ulbra.br) e está sob a orientação do Prof. Dr. Agostinho Serrano de Andrade Neto (agostinho.serrano@ulbra.br).

Este Termo de Consentimento pode conter informações que você entenda. Caso haja alguma dúvida, pergunte à pessoa que está lhe entrevistando para que esteja bem esclarecido (a) sobre sua participação na pesquisa. Você não terá nenhum custo, nem receberá qualquer pagamento para participar. Você será esclarecido(a) sobre qualquer aspecto que desejar e estará livre para participar ou recusar-se. Após ler as informações a seguir, caso aceite participar do estudo, assine ao final deste documento, que está em duas vias. Uma delas é para ser entregue aos seus pais para guardar e a outra é do pesquisador responsável. Caso não aceite participar, não haverá nenhum problema se desistir, é um direito seu. Para participar deste estudo, o responsável por você deverá autorizar e assinar um Termo de Consentimento, podendo retirar esse consentimento ou interromper a sua participação a qualquer momento, sem nenhum prejuízo.

INFORMAÇÕES SOBRE A PESQUISA: A pesquisa tem como objetivo investigar o desenvolvimento da aprendizagem significativa através do estudo da planetologia e da habitabilidade. Os conceitos serão apresentados e desenvolvidos com o auxílio de um guia autoinstrucional. Os dados serão coletados através da realização de um pré-teste, do próprio guia autoinstrucional, de um pós-teste e uma entrevista. Os alunos serão atendidos pelo pesquisador através de encontros virtuais agendados, utilizando a plataforma de vídeo conferências *Google Meet*. Estes encontros virtuais estão previstos para ocorrer no primeiro semestre de 2021. Tanto dos dados coletados quanto as informações advindas da análise destes dados serão utilizados na dissertação de Mestrado do pesquisador. Esta dissertação objetiva investigar os indícios da aprendizagem significativa emergentes com o desenvolvimento dos conceitos de planetologia e habitabilidade. Analisando os dados textuais e gestuais espera-se identificar indícios da aprendizagem significativa e conhecimentos prévios podem auxiliar como base para a fixação no processo de aprendizagem dos novos conhecimentos. O desenvolvimento desta pesquisa (aplicações dos instrumentos de pesquisa) é de responsabilidade do pesquisador, ficando a disposição para possíveis esclarecimentos. Ressalto o compromisso que terei de resguardar a confidencialidade das informações prestadas, que serão usadas exclusivamente para análise dos resultados.

As informações desta pesquisa serão confidenciais e serão divulgadas apenas em eventos ou publicações científicas, não havendo identificação dos voluntários, a não ser entre os responsáveis pelo estudo, sendo assegurado o sigilo sobre a sua participação. Os dados coletados nesta pesquisa (gravações, entrevistas, fotos, filmagens, etc), ficarão armazenados em pastas de arquivo de computador pessoal e na nuvem conhecida como "Drive" (da empresa google) em uma conta institucional do pesquisador. Estes dados estarão sob a responsabilidade do pesquisador e do orientador, no endereço acima informado, pelo período de mínimo 5 anos. Nem você e nem seus pais [ou responsáveis legais] receberão nada para você participar desta pesquisa. Se houver

09/01/2021

TERMO DE ASSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO

região, pagando nada para poder participar desta pesquisa. Se houver necessidade, as despesas para a sua participação e de seus pais serão assumidas ou ressarcidas pelos pesquisadores. Fica também garantida indenização em casos de danos, comprovadamente decorrentes da sua participação na pesquisa, conforme decisão judicial ou extrajudicial.

Assinatura do pesquisador: _____



ASSENTIMENTO DO MENOR DE IDADE EM PARTICIPAR COMO
VOLUNTÁRIO

Dados do
estudante

2. Nome: *

3. CPF: *

4. Ao clicar nos botões abaixo, você concorda em participar da pesquisa nos termos deste TALE. Caso não concorde em participar, apenas feche essa página no seu navegador. *

Marque todas que se aplicam.

Concordo em participar do estudo "O Ensino de conceitos ligados a Planetologia e a Habitabilidade de forma Significativa no Ensino Médio", como voluntário (a)

Fui informado (a) e esclarecido (a) pelo pesquisador sobre a pesquisa, o que vai ser feito, assim como os possíveis riscos e benefícios que podem acontecer com a minha participação.

Foi-me garantido que posso desistir de participar a qualquer momento, sem que eu ou meus pais precise pagar nada.

1º Testemunha

Identificação da 1º testemunha do preenchimento do termo.

5. Nome da testemunha 1: *

09/01/2021

TERMO DE ASSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO

6. Número de documento (RG ou CPF): *

7. Ao clicar no botão abaixo, você afirma ter presenciado o preenchimento deste termo. Caso não tenha presenciado, apenas feche essa página no seu navegador. *

Marque todas que se aplicam.

Declaro que presencie a solicitação de assentimento, esclarecimentos sobre a pesquisa e aceite do/a voluntário/a em participar

2º Testemunha

Identificação da 2º testemunha do preenchimento do termo.

8. Nome da testemunha 2: *

9. Número de documento (RG ou CPF): *

10. Ao clicar no botão abaixo, você afirma ter presenciado o preenchimento deste termo. Caso não tenha presenciado, apenas feche essa página no seu navegador. *

Marque todas que se aplicam.

Declaro que presencie a solicitação de assentimento, esclarecimentos sobre a pesquisa e aceite do/a voluntário/a em participar

Este conteúdo não foi criado nem aprovado pelo Google.

Google Formulários

APÊNDICE J- VERSÃO ADAPTADA DO “TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO (PARA MENORES DE IDADE)”

Seguem o link de acesso e versão impressa da adaptação do termo.

Link: <https://forms.gle/EyqoC6ZU3WD1gAkN9>

09/01/2021

TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO

TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO

Atendendo as exigências previstas pelas resoluções 466/2012-CNS, 510/2-18-CNS e demais exigências complementares; segue abaixo o termo de consentimento livre e esclarecido.

***Obrigatório**

1. Endereço de e-mail *

Identificação do projeto de pesquisa

1. IDENTIFICAÇÃO DO PROJETO DE PESQUISA										
Título do Projeto: O Ensino de conceitos ligados a Planetologia e a Habitabilidade de forma Significativa no Ensino Médio										
Área do Conhecimento: Ciências e Matemática				Número de participantes: 15			Total: 15			
Curso: Mestrado em Ensino de Ciências e Matemática				Unidade: Programa de Pós-Graduação de Ensino de Ciências e Matemática (PPGECIM)						
Projeto Multicêntrico	Sim	x	Não	x	Nacional	Internacional	Cooperação Estrangeira	Sim	x	Não
Patrocinador da pesquisa: Pesquisador										
Instituição onde será realizado: Colégio Estadual Dr. Wolfram Metzler										
Nome dos pesquisadores e colaboradores: Gian Alexandre Michaelsen (pesquisador); Agostinho Serrano de Andrade Neto (orientador).										

IDENTIFICAÇÃO DO PARTICIPANTE DA PESQUISA

2. Nome do menor de idade: *

3. Data de nascimento: *

Exemplo: 7 de janeiro de 2019

09/01/2021

TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCARECIDO

4. Sexo: *

5. Nacionalidade: *

6. Estado Civil: *

7. Profissão: *

8. RG: *

9. CPF/MF: *

10. Telefone: *

11. E-mail: *

09/01/2021

TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCARECIDO

12. Endereço: *

IDENTIFICAÇÃO DO RESPONSÁVEL

13. Nome do responsável: *

14. Data de nascimento: *

Exemplo: 7 de janeiro de 2019

15. Sexo: *

16. Nacionalidade: *

17. Estado Civil: *

18. Profissão: *

09/01/2021

TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCARECIDO

19. RG: *

20. CPF/MF: *

21. Telefone: *

22. E-mail: *

23. Endereço: *

Identificação do pesquisador

3. IDENTIFICAÇÃO DO PESQUISADOR RESPONSÁVEL		
Nome: Gian Alexandre Michaelсен		Telefone: (51) 981504540
Profissão: Professor	Registro no Conselho Nº:	E-mail: gianam@rede.ulbra.br
Endereço: Av. Farroupilha, 8001 – prédio 14, sala 338, bairro: São José – Canoas.		

Eu, responsável pelo menor acima identificado, pós receber informações e esclarecimento sobre este projeto de pesquisa, autorizo, de livre e espontânea vontade, sua participação como voluntário (a) e estou ciente:

1. Da justificativa e dos objetivos para realização desta pesquisa.

Acreditamos que essa pesquisa proporcionará aos estudantes a possibilidade de compreenderem um pouco mais sobre Ciência, e especificamente Física, durante os encontros virtuais. Estes encontros serão agendados de acordo com a disponibilidade do estudante e do pesquisador. Esta pesquisa não possui vínculo direto com as aulas remotas da rede pública estadual.

Com a participação dos alunos, pretendemos investigar os processos de aprendizagem ocorridos ao estudar os conceitos foco desta pesquisa. Acreditamos que aos alunos que participarem desse projeto, será possibilitado a compreensão de conceitos científicos pertinentes para a sua formação como cidadão.

2. Do objetivo da participação de meu filho.

A participação de seu filho (e/ou menor sob sua guarda) é de extrema importância para nossa pesquisa, pois buscamos investigar como ocorre a aprendizagem dos conceitos por esta pesquisa trabalhados e quais conhecimentos prévios podem facilitar a aprendizagem destes novos conceitos.

3. Do procedimento para coleta de dados.

Iremos aplicar nos alunos questionários e realizaremos após essa aplicação, entrevistas com os alunos. Dias e horários serão combinados entre pesquisador e estudante voluntário.

4. Da utilização, armazenamento e descarte das amostras.

Os dados coletados através desta investigação serão armazenados pelo pesquisador em pastas de computador em seu computador pessoal e em pastas online na plataforma "Drive" da empresa "Google". As pastas online estão vinculadas a uma conta institucional da Universidade Luterana do Brasil sob o domínio do pesquisador. Os dados permanecerão armazenados nos locais descritos acima pelo um período mínimo de 5 (cinco) anos. Passado o período de armazenamento, os dados serão excluídos (apagados), tanto das pastas de computador pessoal quanto das pastas online presentes na plataforma "Drive".

5. Dos desconfortos e dos riscos.

Acreditamos que todas as pesquisas podem causar riscos. No entanto, nessa pesquisa, os alunos serão convidados a participar livremente, o único risco que acreditamos ser possível é que os estudantes fiquem desconfortáveis em alguns momentos da entrevista, mas ficando livres de não participarem a qualquer momento.

6. Dos benefícios.

Participando desta pesquisa os alunos terão a possibilidade de aprender mais e compreender melhor os fenômenos estudados. Para a sociedade e ciência será benéfico investigar como ocorrem os processos de aprendizagem ao estudar astronomia, especificamente os conceitos de planetologia e habitabilidade. Identificando quais conhecimentos prévios corroboram com a aprendizagem destes novos conhecimentos.

7. Da isenção e ressarcimento de despesas.

O participante ficará isento de qualquer despesa e não receberá pagamento pela atividade.

8. Da forma de acompanhamento e assistência.

O desenvolvimento da pesquisa com os alunos é de responsabilidade do pesquisador, ficando a disposição para possíveis esclarecimentos.

9. Da liberdade de recusar, desistir ou retirar meu consentimento.

Seu filho (e/ou menor sob sua guarda) tem a liberdade de recusar, desistir ou de interromper a colaboração nesta pesquisa no momento em que desejar, sem necessidade de qualquer explicação. A desistência não gera qualquer tipo de interferência nas atividades escolares desenvolvidas pelo seu filho.

10. Da garantia de sigilo e de privacidade.

Os resultados obtidos durante este estudo serão mantidos em sigilo, mas concordo que sejam divulgados em publicações científicas, desde que dados pessoais não sejam mencionados.

09/01/2021

TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCARECIDO

11. Da garantia de esclarecimento e informações a qualquer tempo.

Tenho a garantia de tomar conhecimento e obter informações, a qualquer tempo, dos procedimentos e métodos utilizados neste estudo, bem como dos resultados finais, desta pesquisa. Para tanto, poderei consultar o **pesquisador responsável Gian Alexandre Michaelsen**. Em caso de dúvidas não esclarecidas de forma adequada pelo pesquisador de discordância com os procedimentos, ou de irregularidades de natureza ética poderei ainda contatar o **Comitê de Ética em Pesquisa em Seres Humanos da ULBRA Canoas (RS)**, com endereço na Rua Farroupilha, 8001 – Prédio 14 – Sala 224, Bairro São José, CEP 92425-900 - telefone (51) 3477-9217, e-mail comitedeetica@ulbra.br.

24. Ao clicar nos botões abaixo, o(a) Senhor(a) concorda com os termos deste TCLE. Caso não concorde com os termos, apenas feche essa página no seu navegador. *

Marque todas que se aplicam.

- Declaro que obtive todas as informações necessárias e esclarecimento quanto às dúvidas por mim apresentadas.
- Declaro que autorizo a participação do menor de idade nesta pesquisa, dentro dos termos apresentados acima.

Este conteúdo não foi criado nem aprovado pelo Google.

Google Formulários

APÊNDICE K- VERSÃO ADAPTADA DO “TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO (PARA MAIORES DE IDADE)”

Seguem o link de acesso e versão impressa da adaptação do termo.

Link: <https://forms.gle/Cj5HtpdzDfH2EfLY8>

09/01/2021

TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO

TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO

Atendendo as exigências previstas pelas resoluções 466/2012-CNS, 510/2-18-CNS e demais exigências complementares; segue abaixo o termo de consentimento livre e esclarecido.

***Obrigatório**

1. Endereço de e-mail *

Identificação do projeto de pesquisa

1. IDENTIFICAÇÃO DO PROJETO DE PESQUISA										
Título do Projeto: O Ensino de conceitos ligados a Planetologia e a Habitabilidade de forma Significativa no Ensino Médio										
Área do Conhecimento: Ciências e Matemática				Número de participantes: 15			Total: 15			
Curso: Mestrado em Ensino de Ciências e Matemática				Unidade: Programa de Pós-Graduação de Ensino de Ciências e Matemática (PPGECIM)						
Projeto Multicêntrico	Sim	x	Não	x	Nacional	Internacional	Cooperação Estrangeira	Sim	x	Não
Patrocinador da pesquisa: Pesquisador										
Instituição onde será realizado: Colégio Estadual Dr. Wolfram Metzler										
Nome dos pesquisadores e colaboradores: Gian Alexandre Michaelsen (pesquisador); Agostinho Serrano de Andrade Neto (orientador).										

IDENTIFICAÇÃO DO PARTICIPANTE DA PESQUISA

2. Nome do maior de idade: *

3. Data de nascimento: *

Exemplo: 7 de janeiro de 2019

09/01/2021

TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCARECIDO

4. Sexo: *

5. Nacionalidade: *

6. Estado Civil: *

7. Profissão: *

8. RG: *

9. CPF/MF: *

10. Telefone: *

11. E-mail: *

09/01/2021

TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCARECIDO

12. Endereço: *

Identificação do pesquisador

3. IDENTIFICAÇÃO DO PESQUISADOR RESPONSÁVEL		
Nome: Gian Alexandre Michaelсен		Telefone: (51) 981504540
Profissão: Professor	Registro no Conselho Nº:	E-mail: gianam@rede.ulbra.br
Endereço: Av. Farroupilha, 8001 – prédio 14, sala 338, bairro: São José – Canoas.		

Eu, pós receber informações e esclarecimento sobre este projeto de pesquisa, desejo, de livre e espontânea vontade, participar como voluntário (a) e estou ciente:

1. Da justificativa e dos objetivos para realização desta pesquisa.

Acreditamos que essa pesquisa proporcionará aos estudantes a possibilidade de compreenderem um pouco mais sobre Ciência, e especificamente Física, durante os encontros virtuais. Estes encontros serão agendados de acordo com a disponibilidade do estudante e do pesquisador. Esta pesquisa não possui vínculo direto com as aulas remotas da rede pública estadual.

Com a participação dos alunos, pretendemos investigar os processos de aprendizagem ocorridos ao estudar os conceitos foco desta pesquisa. Acreditamos que aos alunos que participarem desse projeto, será possibilitado a compreensão de conceitos científicos pertinentes para a sua formação como cidadão.

2. Do objetivo da participação de meu filho.

A participação de seu filho (e/ou menor sob sua guarda) é de extrema importância para nossa pesquisa, pois buscamos investigar como ocorre a aprendizagem dos conceitos por esta pesquisa trabalhados e quais conhecimentos prévios podem facilitar a aprendizagem destes novos conceitos.

3. Do procedimento para coleta de dados.

Iremos aplicar nos alunos questionários e realizaremos após essa aplicação, entrevistas com os alunos. Dias e horários serão combinados entre pesquisador e estudante voluntário.

4. Da utilização, armazenamento e descarte das amostras.

Os dados coletados através desta investigação serão armazenados pelo pesquisador em pastas de computador em seu computador pessoal e em pastas online na plataforma "Drive" da empresa "Google". As pastas online estão vinculadas a uma conta institucional da Universidade Luterana do Brasil sob o domínio do pesquisador. Os dados permanecerão armazenados nos locais descritos acima pelo um período mínimo de 5 (cinco) anos. Passado o período de armazenamento, os dados serão excluídos (apagados), tanto das pastas de computador pessoal quanto das pastas online presentes na plataforma "Drive".

5. Dos desconfortos e dos riscos.

Acreditamos que todas as pesquisas podem causar riscos. No entanto, nessa pesquisa, os alunos serão convidados a participar livremente, o único risco que acreditamos ser possível é que os estudantes fiquem desconfortáveis em alguns momentos da entrevista, mas ficando livres de não participarem a qualquer momento.

6. Dos benefícios.

Participando desta pesquisa os alunos terão a possibilidade de aprender mais e compreender melhor os fenômenos estudados. Para a sociedade e ciência será benéfico investigar como ocorrem os processos de aprendizagem ao estudar astronomia, especificamente os conceitos de planetologia e habitabilidade. Identificando quais conhecimentos prévios corroboram com a aprendizagem destes novos conhecimentos.

7. Da isenção e ressarcimento de despesas.

O participante ficará isento de qualquer despesa e não receberá pagamento pela atividade.

8. Da forma de acompanhamento e assistência.

O desenvolvimento da pesquisa com os alunos é de responsabilidade do pesquisador, ficando a disposição para possíveis esclarecimentos.

9. Da liberdade de recusar, desistir ou retirar meu consentimento.

Seu filho (e/ou menor sob sua guarda) tem a liberdade de recusar, desistir ou de interromper a colaboração nesta pesquisa no momento em que desejar, sem necessidade de qualquer explicação. A desistência não gera qualquer tipo de interferência nas atividades escolares desenvolvidas pelo seu filho.

10. Da garantia de sigilo e de privacidade.

Os resultados obtidos durante este estudo serão mantidos em sigilo, mas concordo que sejam divulgados em publicações científicas, desde que dados pessoais não sejam mencionados.

09/01/2021

TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCARECIDO

11. Da garantia de esclarecimento e informações a qualquer tempo.

Tenho a garantia de tomar conhecimento e obter informações, a qualquer tempo, dos procedimentos e métodos utilizados neste estudo, bem como dos resultados finais, desta pesquisa. Para tanto, poderei consultar o **pesquisador responsável Gian Alexandre Michaelsen**. Em caso de dúvidas não esclarecidas de forma adequada pelo pesquisador de discordância com os procedimentos, ou de irregularidades de natureza ética poderei ainda contatar o **Comitê de Ética em Pesquisa em Seres Humanos da ULBRA Canoas (RS)**, com endereço na Rua Farroupilha, 8001 – Prédio 14 – Sala 224, Bairro São José, CEP 92425-900 - telefone (51) 3477-9217, e-mail comitedeetica@ulbra.br.

13. Ao clicar nos botões abaixo, o(a) Senhor(a) concorda com os termos deste TCLE. Caso não concorde com os termos, apenas feche essa página no seu navegador. *

Marque todas que se aplicam.

Declaro que obtive todas as informações necessárias e esclarecimento quanto às dúvidas por mim apresentadas.

Declaro que concordo em participar da pesquisa dentro dos termos apresentados acima.

Este conteúdo não foi criado nem aprovado pelo Google.

Google Formulários