

UNIVERSIDADE FEDERAL DE ALFENAS

JOSÉ CARLOS DA SILVA

**CAÇADOR DE EXOPLANETAS:
UM *CHATBOT* PARA O ENSINO DE ASTRONOMIA NAS AULAS DE FÍSICA**

ALFENAS/MG

2023

JOSÉ CARLOS DA SILVA

**CAÇADOR DE EXOPLANETAS:
UM *CHATBOT* PARA O ENSINO DE ASTRONOMIA NAS AULAS DE FÍSICA**

Dissertação apresentada como parte dos requisitos para obtenção do título de Mestre em Ensino de Física pela Universidade Federal de Alfenas. Área de concentração: Ensino de Física.

Orientador: Prof. Dr. Artur Justiniano Roberto Júnior

ALFENAS/MG

2023

Sistema de Bibliotecas da Universidade Federal de Alfenas
Biblioteca Unidade Educacional Santa Clara

Silva, José Carlos da .

Caçador de exoplanetas : Um chatbot para o ensino de astronomia nas aulas de física / José Carlos da Silva. - Alfenas, MG, 2023.

112 f. : il. -

Orientador(a): Artur Justiniano Roberto Júnior.

Dissertação (Mestrado em Ensino de Física) - Universidade Federal de Alfenas, Alfenas, MG, 2023.

Bibliografia.

1. Chatbot. 2. Exoplanetas. 3. Três momentos pedagógicos. 4. Parâmetros físicos. I. Roberto Júnior, Artur Justiniano, orient. II. Título.

José Carlos da Silva

TÍTULO: CAÇADOR DE EXOPLANETAS: UM CHATBOT PARA O ENSINO DE ASTRONOMIA NAS AULAS DE FÍSICA

A Banca examinadora abaixo-assinada aprova a Dissertação/Tese apresentada como parte dos requisitos para a obtenção do título de Mestre em Ensino de Física pela Universidade Federal de Alfenas. Área de concentração: Física / Astronomia.

Aprovada em: 11 de Maio de 2023

Prof. Dr. Artur Justiniano Roberto Júnior
Instituição: Universidade Federal de Alfenas - UNIFAL-MG

Prof. Dr. Agenor Pina da Silva
Instituição: Universidade Federal de Itajubá - Unifei

Prof. Dr. Paulo Alexandre Bressan
Instituição: Universidade Federal de Alfenas - UNIFAL/MG



Documento assinado eletronicamente por **Agenor Pina da Silva, Usuário Externo**, em 11/05/2023, às 19:05, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 6º, § 1º, do [Decreto nº 8.539, de 8 de outubro de 2015](#).



Documento assinado eletronicamente por **Artur Justiniano Roberto Júnior, Coordenador do Curso de Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física**, em 11/05/2023, às 19:27, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 6º, § 1º, do [Decreto nº 8.539, de 8 de outubro de 2015](#).



Documento assinado eletronicamente por **Paulo Alexandre Bressan, Professor do Magistério Superior**, em 16/05/2023, às 15:49, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 6º, § 1º, do [Decreto nº 8.539, de 8 de outubro de 2015](#).



A autenticidade deste documento pode ser conferida no site https://sei.unifal-mg.edu.br/sei/controlador_externo.php?acao=documento_conferir&id_orgao_acesso_externo=0, informando o código verificador **0986717** e o código CRC **AA5AF40A**.

Dedico este trabalho a todos que de alguma maneira contribuíram para que fosse alcançado, em especial a minha mãe que infelizmente não está entre nós para participar desta conquista.

AGRADECIMENTOS

Primeiramente agradeço a minha família, iniciando pela minha mãe Maria das Graças da Silva (*in memoriam*) e pelo meu pai Noel Manoel da Silva que me criaram e me fizeram crescer valorizando a integridade, o respeito e a honestidade. Muito obrigado por tudo. Ao meu irmão Robson José da Silva e às minhas irmãs Sueli de Fátima Silva Corsini e Águida Aparecida da Silva que por estarem sempre me apoiando. Agradeço todo o companheirismo e apoio de amigos que cultivei na UNIFAL-MG, em especial Rafael Passos e Gabriel Macedo. Aproveito para agradecer ao meu amigo João Carlos pela colaboração e parceria no desenvolvimento deste projeto. Aos meus amigos fora da vida acadêmica agradeço ao Weder e sua esposa Ana Luísa pelo apoio e pelos momentos de descontração e ao Célio Júnior e sua esposa Cristiane pelos passeios de *bike*.

Aos professores do Instituto de Ciências Exatas da Universidade Federal de Alfenas (UNIFAL-MG), que lecionaram no Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física, pelos ensinamentos, dicas, sugestões e motivação no decorrer do curso.

Agradeço a Universidade Federal de Alfenas pelo incentivo financeiro durante seis meses desta minha caminhada.

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

Por último e não menos importante, eu gostaria de deferir minha imensa gratidão ao meu Professor, Orientador e Amigo Dr. Artur Justiniano Roberto Júnior o qual acompanho desde a graduação quando iniciei meus estudos e admiração pela astronomia. E, durante o mestrado presenciou diversos momentos difíceis pra mim e com suas palavras nunca me deixou desistir. Portanto, agradeço profundamente pela sua dedicação em orientar-me durante o mestrado, pela paciência, pelo apoio e motivação na concretização desta dissertação. Muito obrigado!

O céu chama por nós. Se não nos destruímos, um dia iremos nos aventurar nas estrelas.

CARL SAGAN

Você tem que tentar. Pois alguma coisa nova pode acontecer com você.

RAUL SEIXAS

RESUMO

A busca pelo conhecimento sobre a natureza, seja ela terrestre ou celeste, impulsiona as descobertas científicas e o desenvolvimento tecnológico. O *smartphone* é um bom exemplo de recurso tecnológico, produto das descobertas científicas do século XX, que atualmente faz parte do cotidiano da vida de boa parte das pessoas, principalmente dos mais jovens. Pelo fato de possuir recursos que facilitam a comunicação, a busca por informação e a interatividade, o *smartphone* pode ser utilizado dentro de uma estratégia de ensino conhecida como *mobile learning*. Diante disso, nosso trabalho tem como objetivo apresentar e avaliar o potencial pedagógico do *chatbot* Caçador de Exoplanetas. Este *chatbot* interage com o usuário por meio de perguntas e respostas a respeito de parâmetros físicos dos exoplanetas. O *chatbot* foi utilizado como parte da unidade de ensino, desenvolvida a partir dos três momentos pedagógicos de Delizoicov e Angotti. Essa unidade de ensino foi aplicada em uma turma do 2º ano do ensino médio de uma escola pública de Minas Gerais. O resultado da aplicação da unidade de ensino nos mostrou que o *chatbot* pode ser utilizado como um recurso tecnológico no ensino de física, porque ele desperta o interesse e a motivação para o estudo de conteúdos de física e astronomia. Apesar da avaliação da aprendizagem com o *chatbot* ter sido prejudicada, devido ao baixo número de alunos que participaram de todos os três momentos pedagógicos, observamos que a maioria teve dificuldades para realizar alguns cálculos matemáticos e interpretar os resultados. Esse resultado nos motivou a começar a desenvolver uma nova versão do *chatbot*, agora com fases que possuem níveis diferentes de aprofundamento das perguntas.

Palavras-chave: *chatbot*; exoplanetas; três momentos pedagógicos, parâmetros físicos.

ABSTRACT

The search for knowledge about nature, be it terrestrial or celestial, drives the discoveries scientific opportunities and technological development. The smartphone is a good example of a resource technology, product of the scientific discoveries of the 20th century, which is currently part of the daily life of most people, especially the youngest. Due to having resources that facilitate communication, the search for information and interactivity, the smartphone can be used within a teaching strategy known as mobile learning. Against In addition, our work aims to present and evaluate the pedagogical potential of the chatbot Exoplanet Hunter. This chatbot interacts with the user through questions and answers about physical parameters of exoplanets. The chatbot was used as part of the unit of teaching, developed from the three pedagogical moments of Delizoicov and Angotti. That teaching unit was applied in a class of the 2nd year of high school in a public school of Minas Gerais. The result of the application of the teaching unit showed us that the chatbot can be used as a technological resource in physics teaching, because it awakens the interest and motivation for the study of physics and astronomy contents. Despite the assessment of learning with the chatbot was impaired, due to the low number of students who participated in all 3 pedagogical moments, we observed that the majority had difficulties to perform some mathematical calculations and interpret the results. This result motivated us starting to develop a new version of the chatbot, now with phases that have levels different depth of questions.

Keywords: chatbot; exoplanets; three pedagogical moments, physical parameters.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 -	Imagens ilustrativas dos telescópios JWST e TESS.....	21
Figura 2 -	Deteções acumuladas de exoplanetas.....	21
Figura 3 -	Representação ilustrativa de um eclipse solar apresentando - o como exemplo de trânsito. Imagem fora de escala.....	22
Figura 4 -	Passagem de um planeta em frente a estrela bloqueando o brilho estelar.....	23
Figura 5 -	Representação ilustrativa de um trânsito planetário.....	24
Figura 6 -	Apresentação de dois trânsitos consecutivos representando o período orbital.....	25
Figura 7 -	Ilustração do efeito Doppler-Fizeau para ondas sonoras.....	26
Figura 8 -	Movimento da estrela e do exoplaneta em torno do CM.....	27
Figura 9 -	O movimento de aproximação e afastamento da estrela provocam o deslocamento das linhas espectrais <i>blue-shift</i> e <i>red-shift</i>	28
Figura 10 -	Plano da órbita do exoplaneta inclinada em relação ao plano do céu.....	29
Figura 11 -	Modelos de curvas de VR.....	29
Figura 12 -	Representação da ZH em relação a massa da estrela hospedeira.	34
Figura 13 -	Reportagens exibidas para a explanação do primeiro momento pedagógico.....	47
Figura 14 -	Slides utilizados para ministrar a aula relacionada ao tema 01.....	49
Figura 15 -	Slides utilizados para ministrar as aulas relacionadas ao tema 02..	51
Figura 16 -	Imagem utilizada na atividade 01.....	51
Figura 17 -	Curva de luz da estrela Kepler 1 utilizada na atividade 02.....	52
Figura 18 -	Curva de luz da estrela Kepler 11 utilizada na atividade 02.....	52
Figura 19 -	Inicializando o <i>chatbot</i>	54
Figura 20 -	Curva de luz para determinar do período orbital.....	55
Figura 21 -	Mensagem do <i>chatbot</i> para respostas corretas.....	56
Figura 22 -	Mensagem do <i>chatbot</i> para respostas corretas.....	57
Figura 23 -	Curva de luz da estrela hospedeira.....	57
Figura 24 -	Curva de VR da estrela hospedeira.....	59
Figura 25 -	Mensagem final do <i>chatbot</i> com resultados que foram calculados.	78

LISTA DE FOTOGRAFIAS

Fotografia 1 - Cálculos dos alunos convertendo km para UA.....	71
Fotografia 2 - Curva de luz desenhada pelos alunos do grupo 03.....	72
Fotografia 3 - Período orbital estimado pelos alunos do grupo 03.....	73
Fotografia 4 - Período orbital estimado pelos alunos do grupo 03.....	74
Fotografia 5 - Aluna usando o <i>chatbot</i> na aplicação do conhecimento.....	75
Fotografia 6 - Cálculos realizados pelas alunas durante o uso do <i>chatbot</i> ...	76
Fotografia 7 - Resultado calculado para o raio planetário.....	77
Fotografia 8 - Cálculos realizados pelas alunas.....	78
Fotografia 9 - Respostas para a pergunta 01.....	91
Fotografia 10 - Respostas para a pergunta 02.....	91
Fotografia 11 - Respostas para a pergunta 03.....	92
Fotografia 12 - Respostas para a pergunta 04.....	92
Fotografia 13 - Respostas para a pergunta 05.....	93
Fotografia 14 - Respostas para a pergunta 06.....	93
Fotografia 15 - Respostas para a pergunta 07.....	94
Fotografia 16 - Respostas para o desafio investigativo.....	94

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 - Competência específica das ciências da natureza e suas tecnologias para o ensino médio.....	17
Quadro 2 - Habilidades específicas relacionadas com a competência específica 2 (QUADRO 1).....	18
Quadro 3 - Resposta para a pergunta 01.....	64
Quadro 4 - Resposta para a pergunta 02.....	64
Quadro 5 - Resposta para a pergunta 03.....	65
Quadro 6 - Resposta para a pergunta 04.....	66
Quadro 7 - Resposta para a pergunta 05.....	66
Quadro 8 - Resposta para a pergunta 06.....	67
Quadro 9 - Resposta para a pergunta 07.....	67
Quadro 10 - Resposta para o desafio investigativo.....	69

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Valores aproximados para planetas do Sistema Solar.....	50
Tabela 2 - Valores de referência calculados para cada parâmetro.....	62

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

BNCC	Base Nacional Comum Curricular
CBC	Currículo Básico Comum
CoRoT	Convection, Rotation and Transit
CM	Centro de Massa
EMTI	Ensino Médio Tempo Integral
EJA	Educação para Jovens e Adultos
ESA	European Space Agency
NASA	National Aeronautics and Space Administration
PCN's	Parâmetros Curriculares Nacionais
SD	Sequência Didática
SS	Sistema Solar
TESS	Transiting Exoplanet Survey Satellite
TIC's	Tecnologias de Informação e da Comunicação
TTP	Técnica de Trânsito Planetário
UA	Unidade Astronômica
UE	Unidade de Ensino
VR	Velocidade Radial
ZH	Zona Habitável
3MP	Três Momentos Pedagógicos

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO.....	15
1.1	OBJETIVO GERAL.....	18
1.1.1	Objetivo específicos.....	18
2	EXOPLANETAS.....	20
2.1	TÉCNICA DE TRÂNSITO PLANETÁRIO.....	22
2.1.1	Raio do exoplaneta.....	23
2.1.2	Período orbital do exoplaneta.....	25
2.2	TÉCNICA DE VELOCIDADE RADIAL.....	25
2.3	ZONA HABITÁVEL.....	31
3	REVISÃO DE LITERATURA.....	35
3.1	USO DE TECNOLOGIA NO ENSINO MÉDIO.....	37
3.2	ENSINO DE ASTRONOMIA E ASTROFÍSICA.....	39
4	REFERENCIAL TEÓRICO.....	41
4.1	TRÊS MOMENTOS PEDAGÓGICOS.....	41
4.1.1	Primeiro Momento Pedagógico.....	43
4.1.2	Segundo Momento Pedagógico.....	44
4.1.3	Terceiro Momento Pedagógico.....	44
5	METODOLOGIA.....	45
5.1	PRIMEIRO MOMENTO PEDAGÓGICO.....	46
5.1.1	Questionário prévio.....	46
5.2	SEGUNDO MOMENTO PEDAGÓGICO.....	48
5.2.1	Tema 01: Sistemas Planetários e exoplanetários.....	48
5.2.2	Tema 02: As técnicas e a física na detecção de exoplanetas...	50
5.3	TERCEIRO MOMENTO PEDAGÓGICO.....	52
5.3.1	Chatbot Caçador de Exoplanetas.....	52
5.3.1.1	Instalação do aplicativo Telegram.....	54
5.3.1.2	Iniciando o chatbot.....	54
5.3.1.3	Determinando os parâmetros do exoplanetas.....	55
5.3.1.3.1	<i>Período orbital.....</i>	55
5.3.1.3.2	<i>Raio da órbita.....</i>	56
5.3.1.3.3	<i>Raio do exoplaneta.....</i>	57
5.3.1.3.4	<i>Massa do exoplaneta.....</i>	58
5.3.1.3.5	<i>Tipo do exoplaneta.....</i>	60

5.3.1.3.6	<i>Zona habitável</i>	61
5.3.1.3.7	<i>Resultado dos parâmetros</i>	62
6	RESULTADOS	63
6.1	PROBLEMATIZAÇÃO INICIAL.....	63
6.1.1	Análise das respostas da pergunta 01	63
6.1.2	Análise das respostas da pergunta 02	64
6.1.3	Análise das respostas da pergunta 03	65
6.1.4	Análise das respostas da pergunta 04	65
6.1.5	Análise das respostas da pergunta 05	66
6.1.6	Análise das respostas da pergunta 06	66
6.1.7	Análise das respostas da pergunta 07	67
6.1.8	Análise das respostas do desafio investigativo	68
6.2	ORGANIZAÇÃO DO CONHECIMENTO.....	69
6.2.1	Análise do Tema 01	70
6.2.2	Análise do Tema 02	71
6.3	APLICAÇÃO DO CONHECIMENTO.....	74
7	CONSIDERAÇÕES FINAIS	80
	REFERÊNCIAS	82
	APÊNDICES	91

1 INTRODUÇÃO

Eu, em minha incipiente carreira de professor, quase sempre recebo questionamentos por parte dos alunos que, muitas vezes, não são dúvidas do conteúdo lecionado, mas perguntas do tipo: onde usarei isso em minha vida? Indagações desse tipo são, sem dúvida, racionais, profundas e desafiadoras. Caso a resposta do professor seja um não sei, os alunos, geralmente, não têm motivação para aprender e questionam: senunca irei usar por que devo aprender e perder tempo com isso?

Diante deste cenário, vamos refletir!

Segundo Verdet (1987, p. 12), "há um milhão e meio de anos o homem elevou os olhos para o céu e desde então começou a contemplar os mistérios da natureza que os cercava". No entanto, somente há cerca de 50 mil anos que o pensamento humano começou a se manifestar através de ossos decorados, pedras gravadas e esculturas. Da mesma forma que os alunos, o homem naquele tempo provavelmente não viu significado e nem sabia que usaria o movimento do cosmos para a vida. Mas não deixou de observar, mantendo-se curioso ao que acontecia ao seu redor e, de acordo com Rodrigues e Borges (2008), a curiosidade é uma característica natural do ser humano. Um atributo fundamental para a compreensão do mundo.

Essa curiosidade tem nos levados a descobertas científicas que estão produzindo uma revolução tecnológica que cada vez mais influencia o cotidiano das pessoas, e ter acesso a ela é, muitas vezes, uma questão de poder exercer a cidadania (COSTA,2017). Neste contexto, podemos dizer que compreender a ciência atualmente se tornou uma necessidade e não apenas uma questão de curiosidade.

Sendo assim, entendemos que a motivação é um fator crucial para gerar interesse nos alunos pelos assuntos científicos. Uma das formas de aguçar esta motivação é buscar dinâmicas de trabalho que envolvam metodologias de ensino que substituam o método tradicional do quadro e o giz. De acordo com Goya, Bzuneck e Guimarães (2008) os alunos precisam se sentir motivados para aprender os aspectos teóricos, experimentais e aplicados da ciência.

Entretanto, como já exaustivamente discutido na literatura especializada, nem sempre esse engajamento dos alunos pode ser alcançado. Muitas vezes, o professor se depara com situações que não permitem a elaboração e o desenvolvimento de

um trabalho adequado, e por exemplo, a escassez de aulas semanais de física - que impossibilita o cumprimento do conteúdo programático, fazendo com que eles sejam desenvolvidos superficialmente - e a falta de laboratórios nas escolas, que poderiam contribuir no aprendizado e na interpretação dos conteúdos estudados, conforme Castro (2017).

Todavia, atualmente, partes desses problemas podem ser amenizados por um dispositivo que alguns ainda os enxergam como adversários dos professores, o *smartphone*. Um dos dispositivos tecnológicos mais usados pelos brasileiros (MEIRELLES, 2022) e que pode ser utilizado para favorecer, de forma significativa, o processo ensino aprendizagem (FONSECA, 2013).

Os *smartphones* destacam-se pela disponibilidade de recursos que permitem novas experiências na obtenção de informações e entretenimento e, segundo Fedoce (2011), os *smartphones* tornaram-se atrativos por terem características como mobilidade, interatividade e portabilidade. Sendo assim, estas características permitiram que os celulares façam parte das Tecnologias de Informação e da Comunicação (TIC's) que tornaram os processos de comunicação social potencializados pela internet.

Dentre as características ressaltadas nos *smartphones* destacamos a interatividade, disponibilizada em bibliotecas de aplicativos (*app*). Esta interação possibilitou o surgimento de uma estratégia de ensino conhecida como *mobile-learning* (*m-learning*). Esta estratégia proporciona ao estudante comodidade e facilidade na hora de estudar, por estar quase todo o tempo em posse do celular.

A própria Base Nacional Comum Curricular (BNCC) recomenda que a escola possibilite aos estudantes apropriarem-se das linguagens das tecnologias digitais e tornar-se fluente em sua utilização. Assim, a competência geral 5 estabelece que o estudante precisa:

Compreender, utilizar e criar tecnologias de informação e comunicação de forma crítica, significativa, reflexiva e ética nas diversas práticas sociais (incluindo escolares) para se comunicar, acessar e disseminar informações, produzir conhecimentos, resolver problemas e exercer protagonismo e autoria na vida pessoal e coletiva. (BNCC, 2018, p. 9).

Neste contexto, é importante ressaltar que o objetivo de incorporar tecnologias digitais na educação não pode ser usado como meio de apenas promover interesses dos alunos, mas também utilizá-las com o propósito de que os alunos possam construir o conhecimento com o uso das TIC's.

Nesta perspectiva, neste trabalho apresentamos um *chatbot*, denominado Caçadorde exoplanetas, que busca conectar a implementação do uso do *smartphone* com a Astronomia dentro da sala de aula, mais especificamente com o estudo dos exoplanetas. A Astronomia foi associada ao *chatbot* porque esta ciência tem a capacidade de despertar a curiosidade nos jovens para os assuntos científicos e a aprendizagem da Física, (LANGHI; NARDI, 2014; DAMASCENO, 2016; PEIXOTO, KLEINKE; 2016).

Além disso, este tema já foi tratado nos Parâmetros Curriculares Nacionais (PCNs) e Currículo Base Comum (CBC), que orientavam o ensino de Física no ensino médio (PENA, 2009). No entanto, estes documentos foram substituídos pela BNCC que estabelece as competências específica 2 (QUADRO 1), a construção do conhecimento acerca do tema da Vida, da Terra e do Cosmos e seguem descrito pelas competências específicas de ciências da natureza e suas tecnologias para o ensino médio da BNCC (2009, p. 553).

Quadro 1 - Competência específica das ciências da natureza e suas tecnologias para o ensino médio.

Competência específica 2
Construir e utilizar interpretações sobre a dinâmica da Vida, da Terra e do Cosmos para elaborar argumentos, realizar previsões sobre o funcionamento e a evolução dos seres vivos e do Universo, e fundamentar decisões éticas e responsáveis.

Fonte: BRASIL, 2018, p. 553.

Nas habilidades específicas descritas por Brasil (2018) estabelece um processo de investigação acerca de temas relacionados à Astronomia, neste sentido, destacamos a seguintes habilidades.

Quadro 2 - Habilidades específicas relacionadas com a competência específica 2 (QUADRO 1).

Habilidades específicas
(EM13CNT204X) Elaborar explicações, previsões e realizar cálculos a respeito dos movimentos de objetos da Terra, no Sistema Solar e no Universo com base na análise das interações gravitacionais, com ou sem o uso de dispositivos e aplicativos digitais.
(EM13CNT210MG) Reconhecer as leis da natureza, identificar suas ocorrências, avaliar suas aplicações em processos tecnológicos e elaborar hipóteses de procedimentos para a exploração do Cosmos e do planeta Terra.
(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-problemas sob uma perspectiva científica.

Fonte: BRASIL, 2018, p. 557.

Apesar destes conteúdos estarem na BNCC, muitos professores não estão familiarizados com o tema, não têm interesse em abordá-los, ou até mesmo não estão preparados para trabalharem com assuntos relacionando a Astronomia e o uso de recursos tecnológicos em sala de aula (COSTA, 2021). Por esses motivos, decidimos desenvolver um produto educacional que aborda esse tema, o *chatbot* Caçador de Exoplanetas, que apresenta uma sequência dinâmica e interativa para determinar os parâmetros físicos de um exoplaneta. Além disso, o *chatbot* vai acompanhado de vídeos sobre os assuntos abordados, para auxiliar os alunos durante a sua utilização.

1.1 OBJETIVO GERAL

Desenvolver e utilizar o *chatbot*, Caçador de Exoplanetas, em uma situação real de ensino, para que ocorra a inserção de assuntos relacionados a Astronomia como eixomotivador para a aprendizagem de conteúdos de Física.

1.1.1 Objetivos específicos

- Potencializar o uso de *smartphones* como recurso didático para o ensino de física em sala de aula.

- Desenvolver e aplicar uma unidade de ensino sobre exoplanetas usando a estratégia dos três momentos pedagógicos como metodologia de ensino.
- Proporcionar aos estudantes a compreensão das leis físicas por meio da sua aplicação no estudo dos exoplanetas.
- Avaliar o uso do *chatbot* como recurso didático.

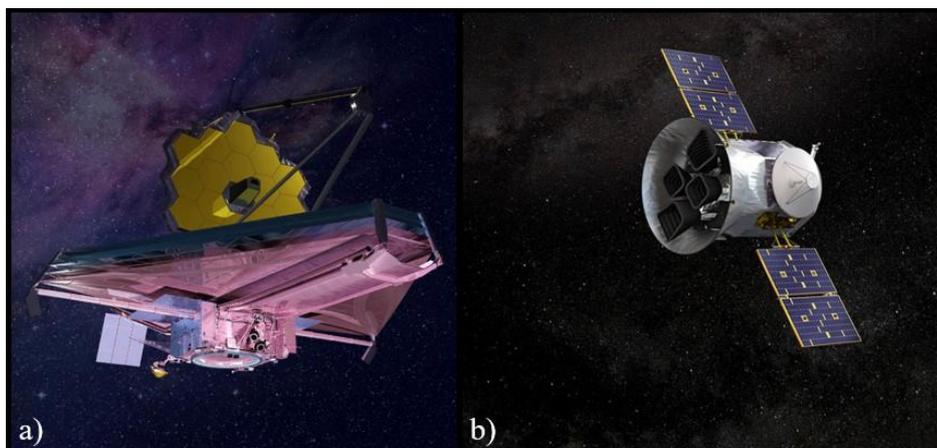
Para cumprir com estes objetivos as próximas seções serão detalhadas assim: na Seção 2 iremos contextualizar os exoplanetas tratando sobre as técnicas de detecção, parâmetros planetários e zona habitável. Na Seção 3, apresentaremos a nossa revisão de literatura. Na Seção 4, apresentamos o referencial teórico que usamos para aplicar este trabalho. Na seção 5 foi exposto a metodologia com base nos três momentos pedagógicos. Na Seção 6, apresentamos nossos resultados e, por fim, na Seção 7 apresentamos nossas considerações finais.

2 EXOPLANETAS

Após séculos de especulações sobre a existência de outros mundos (FARIAS; BARBOSA, 2017; COSTA, 2021), ou seja, planetas orbitando estrelas além do Sol (HASWELL, 2010), o primeiro exoplaneta foi descoberto em 1992 orbitando o pulsar PSR1257+12 (WOLSZCZAN; FRAIL, 1992). No entanto, o primeiro exoplaneta orbitando uma estrela do tipo solar foi descoberto em 1995 (MAYOR; QUELOZ, 1995), cujos autores foram agraciados com o prêmio Nobel de Física em 2019. Desde então, a busca por estes mundos foi intensificada e as primeiras missões espaciais foram elaboradas com esta proposta. Entre elas, a missão espacial CoRoT (***Convection, Rotation and Transit***), lançada em 2006 pela Agência Espacial Européia (ESA) (EUROPEAN SPACE AGENCY, 2021) e em 2009 a missão espacial Kepler da NASA, lançada exclusivamente para observar uma região da Via-Láctea com aproximadamente 150 mil estrelas com a finalidade de explorar a estrutura e a diversidade de sistemas exoplanetários (NASA, 201-?). Apesar da Missão Kepler já ter sido desativada, o seu sucesso foi notável e até o momento foram mais de 2700 exoplanetas descobertos e mais de dois mil podem ser confirmados (NASA, 2020).

Mais recentemente telescópios mais sofisticados (FIGURA 1) foram incorporados nas missões espaciais, o ***Transiting Exoplanet Survey Satellite*** (TESS) e o ***James Webb Space Telescope*** (JWST). O telescópio TESS foi lançado em abril de 2018 a bordo do foguete *Space X Falcon 9* com a finalidade de monitorar 200 mil estrelas, com a expectativa de catalogar aproximadamente centenas de exoplanetas similares à Terra (NASA, 2020). Já o telescópio JWST trabalha no infravermelho com um espelho primário de 6,5 metros. Ele foi lançado pelo foguete *Ariane 5* no final de 2021. O JWST estuda todas as fases da história do Universo, desde os primeiros brilhos luminosos após o ***Big Bang***, até a formação de sistemas solares capazes de sustentar a vida em planetas como a Terra (NASA, 2021).

Figura 1 - Imagens ilustrativas dos telescópios JWST e TESS.

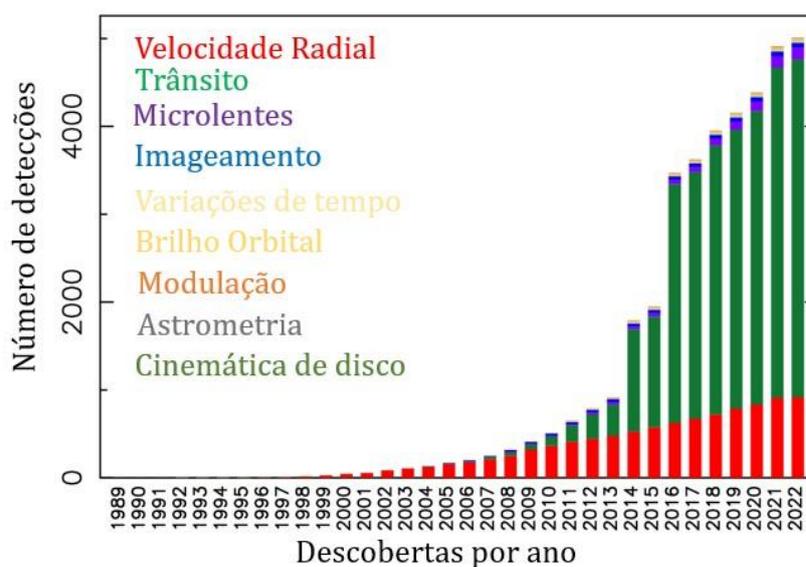


Fonte: NASA, 2021; NASA, 2022.

Legenda: a) JWST
b) TESS

Com exceção do telescópio JWST, os demais telescópios apresentados contribuíram com a detecção de milhares de exoplanetas (NASA, 201-?). No entanto, o desenvolvimento tecnológico empregado nestes equipamentos não foi o único responsável por todas estas descobertas. Junto à tecnologia desenvolveu-se técnicas que proporcionaram o estudo e a análise dos dados obtidos pelos telescópios. Na Figura 2 apresentamos as técnicas utilizadas em telescópios espaciais e terrestres com suas respectivas detecções de exoplanetas acumuladas anualmente.

Figura 2 - Detecções acumuladas de exoplanetas.



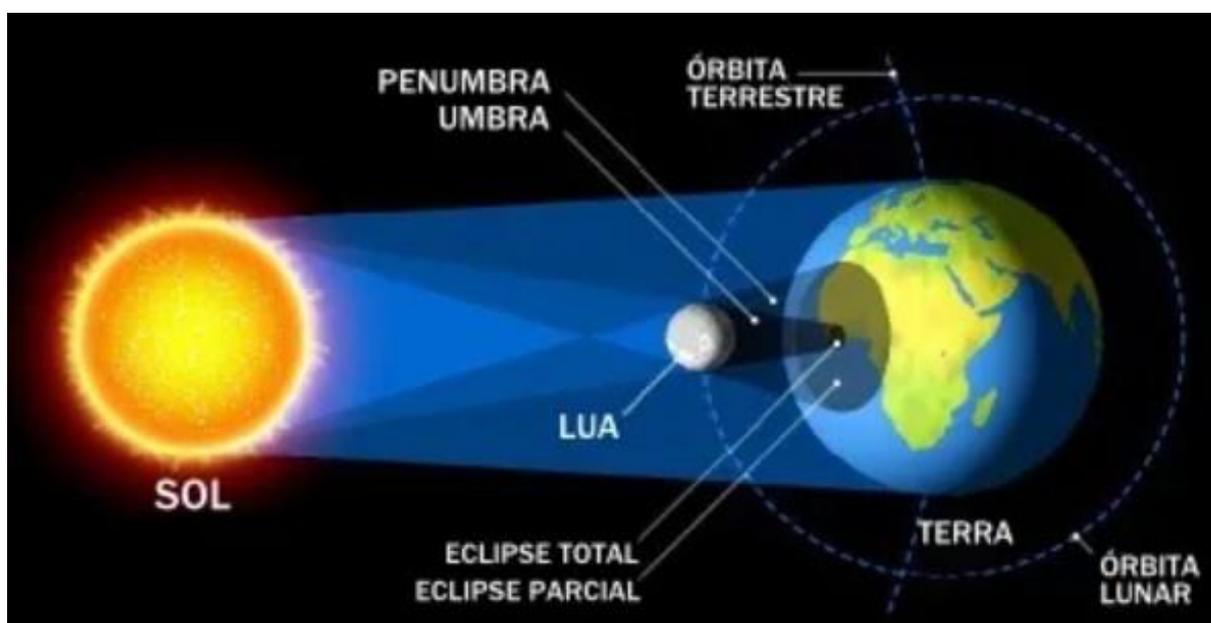
Fonte: NASA [201-?] (Adaptada).

Embora todas as técnicas desempenhem um papel fundamental na detecção de exoplanetas, destacamos as técnicas de trânsito planetário (TTP) e velocidade radial (VR). Apesar de promissoras, as demais técnicas estão muito longe do potencial destas duas técnicas em destaque. Sendo assim, iremos detalhar a seguir as TTP e VR. O leitor que deseja saber mais sobre as técnicas recomendamos a leitura das referências Perryman (2011) e Haswell (2010).

2.1 TÉCNICA DE TRÂNSITO PLANETÁRIO

Desde a antiguidade nossos antepassados já observavam o fenômeno de trânsito. No entanto, estes trânsitos ocorrem quando a Lua, em sua fase de Lua Nova, passa na frente do Sol e impede que parte da luz solar atinja certa região na Terra. Este tipo de trânsito que acontece no sistema Sol-Terra-Lua é conhecido por eclipse solar (FIGURA 3).

Figura 3 - Representação ilustrativa de eclipse solar apresentando-o como exemplo de trânsito. Imagem fora de escala.

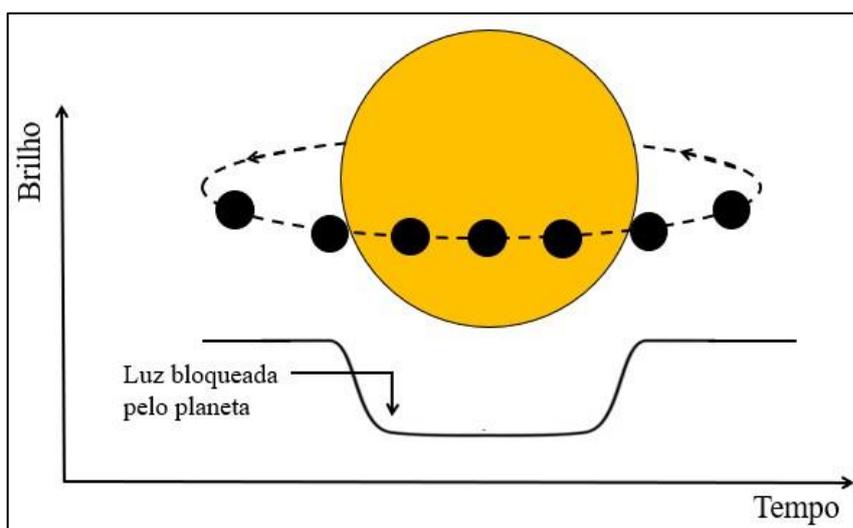


Fonte: HELERBROCK [201-?].

De forma similar, um planeta orbitando uma estrela em que o plano da sua órbita esteja na linha de visada de um observador, vai se interpor entre a estrela e o observador, bloqueando parte da luz da estrela que está sendo medida aqui na Terra.

O ato de medir a luz, determinando a variação do brilho da estrela antes, durante e depois do trânsito recebe o nome de Técnica de Trânsito Planetário (TTP) (FIGURA 4).

Figura 4 - Passagem do planeta em frente a estrela bloqueando o brilho estelar.



Fonte: Do autor.

Ao apresentar as equações que são utilizadas para determinar os parâmetros que podem ser extraídos da técnica de trânsito planetário adotaremos os procedimentos indicados pelas referências (SILVA; ROBERTO JÚNIOR; ALVES, 2020; BARROSO; OLIVEIRA; JESUS, 2020; HASWELL, 2010).

2.1.1 Raio do exoplaneta

Para determinar o raio do exoplaneta analisamos o fluxo de luz (F_*) recebido da estrela hospedeira que é parcialmente bloqueado durante um trânsito planetário. Neste caso, o fluxo da estrela sofre uma variação no fluxo de luz (ΔF), então:

$$\Delta F = F_* - F_b \quad (1)$$

em que, F_b é o fluxo estelar mínimo durante o trânsito planetário.

Para uma estrela que possui um certo brilho (B_*) antes do trânsito, temos que seu fluxo é

$$F_* = B_* \cdot A_* \quad (2)$$

em que A_* é a área do disco estelar. No entanto, durante o trânsito, o fluxo luminoso da estrela passa a ser,

$$F_b = B_* \cdot A_b \quad (3)$$

em que

$$A_b = A_* - A_p \quad (4)$$

e A_p é a área do disco do exoplaneta que bloqueia o fluxo luminoso da estrela. Sabendo que a área do disco estelar é $A_* = \pi \cdot R_*^2$ e a área do disco do exoplaneta é $A_p = \pi \cdot R_p^2$ temos que,

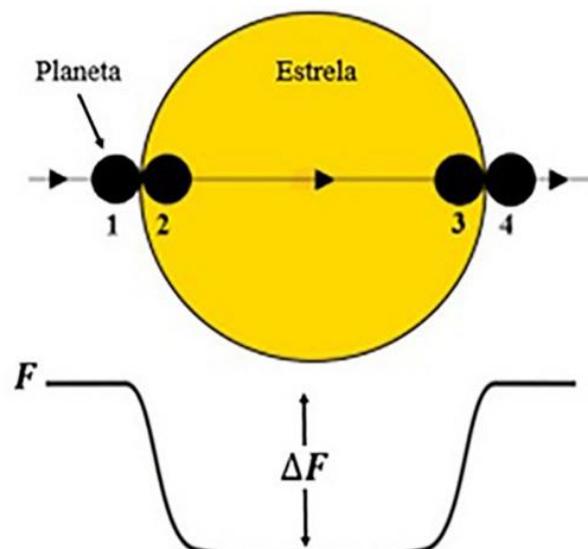
$$\frac{\Delta F}{F_*} = \frac{F_* - F_b}{F_*} = 1 - \frac{F_b}{F_*} \quad (5)$$

Substituindo as Equações 2 e 3 obtemos que,

$$\frac{\Delta F}{F_*} = \left(\frac{R_p}{R_*} \right)^2 \quad (6)$$

Com a Equação 6 é possível estimar o raio do exoplaneta através da razão $\Delta F/F_*$ juntamente com o raio da estrela (FIGURA 5).

Figura 5 – Representação do trânsito planetário.

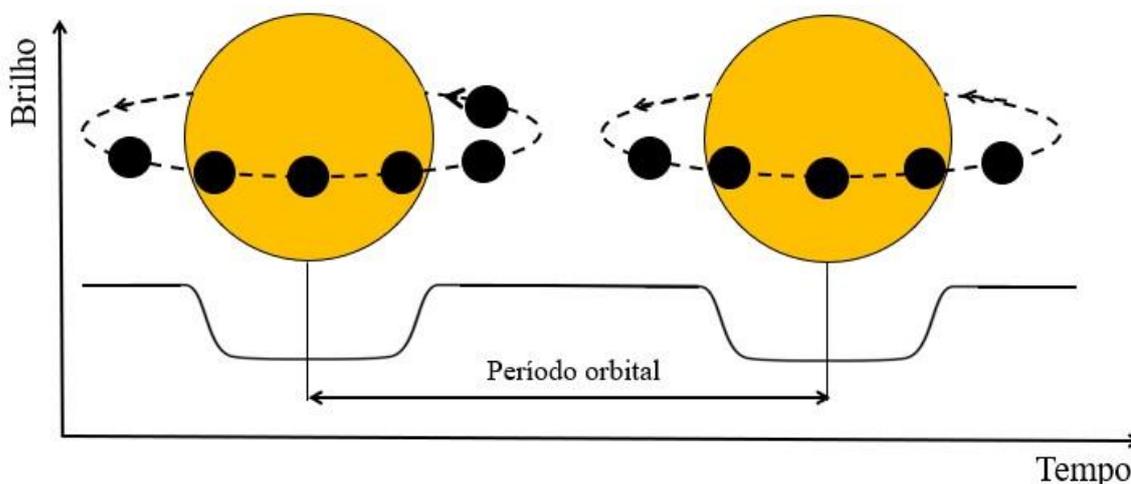


Fonte: SILVA; ROBERTO JÚNIOR; ALVES, 2020.

2.1.2 Período orbital do exoplaneta

Quando são detectados repetidos trânsitos, observamos uma variação periódica do fluxo da estrela. O intervalo de tempo entre dois mínimos consecutivos pode ser utilizado para determinar o período orbital do exoplaneta (FIGURA 6).

Figura 6 - Apresentação de dois trânsitos consecutivos representando o período orbital.



Fonte: Do autor.

O resultado encontrado para o período orbital do exoplaneta é utilizado para estimar a massa do exoplaneta ao utilizar a técnica de velocidade radial.

2.2 TÉCNICA DE VELOCIDADE RADIAL

A técnica de velocidade radial há diversos anos vem sendo amplamente utilizada na observação de sistemas binários para a obtenção de diversos parâmetros, tais como o período orbital e a massa dos constituintes do sistema (MARTIOLI, 2006). Nos sistemas exoplanetários ela é utilizada para obtenção do período orbital e a massa do exoplaneta.

Esta técnica também recebe o nome de método Doppler por estar baseada no efeito Doppler da luz. Sendo assim, primeiramente apresentaremos as definições do efeito Doppler e posteriormente será apresentado como a técnica de velocidade radial faz uso deste efeito.

O efeito Doppler foi descrito pela primeira vez em 1842 pelo físico austríaco

Christian Doppler (1803-1853) o qual fez previsões que este efeito se aplica a qualquer fenômeno ondulatório. Desde então se mostra fundamental por sua aplicação em diversos campos da ciência (FERNANDES *et al.*, 2016). No entanto, foi o físico francês Hyppolyte Louis Fizeau (1819-1896) que propôs uma aplicação deste efeito para fontes luminosas em movimento. Sendo assim, o efeito passou a ser denominado efeito Doppler-Fizeau (MELO, 2014).

Quando consideramos as ondas sonoras, este efeito pode ser observado facilmente no nosso dia a dia. A Figura 7 ilustra um exemplo clássico relatado nos livros didáticos (RAMALHO JÚNIOR; FERRARO; SOARES, 1993; BONJORNIO, 2013; NANI, 2016) e de graduação (YOUNG; FREEDMAN, 2008) em que uma ambulância, com a sirene ligada, se aproxima e ou afasta de um observador.

Figura 7 – Ilustração do efeito Doppler-Fizeau para ondas sonoras.



Fonte: Do autor

As linhas em torno da ambulância representam as cristas das ondas. Sendo que durante a aproximação a frequência da onda sonora aumenta e o observador da direita percebe um som agudo e, para a observadora da esquerda, quando a ambulância se afasta a frequência diminui e ela ouve um som grave. Sendo assim, para as ondas sonoras, podemos representar matematicamente o efeito Doppler com a Equação 7 (FERNANDES *et al.*, 2016).

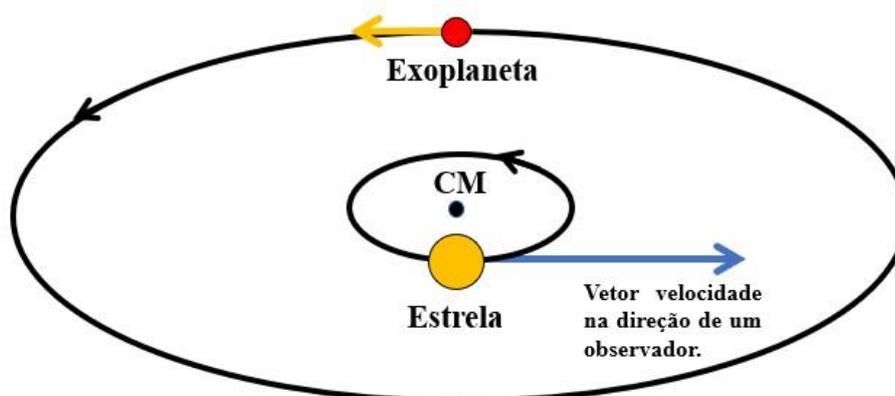
$$f_0 = \left(\frac{v \pm v_0}{v \mp v_F} \right) \cdot f \quad (7)$$

Em que f_0 é a frequência percebida pelo observador, v_0 é a velocidade do observador, v e f são, respectivamente, a velocidade e a frequência da onda sonora. E por fim, v_F é a velocidade da fonte. Quando a fonte emissora se aproxima do observador, este ouvirá um som agudo. Mas quando a fonte se afasta, o observador irá ouvir um som grave.

Mas no caso de estrelas hospedeiras, como podemos implementar o efeito Doppler para detecção de exoplanetas?

Em um sistema planetário vários corpos estão orbitando uma estrela, onde a massa da estrela é muito maior que a massa dos demais corpos. Temos como exemplo o Sistema Solar (SS) em que a massa do Sol corresponde à 99,85% de toda a massa do SS e apenas 0,15% fazem referência aos demais corpos (OLIVEIRA FILHO; SARAIVA, 2004). E isso faz com que todos os corpos de um sistema planetário orbitem um ponto em comum, denominado centro de massa (CM). Isso faz com que a estrela também realize movimentos orbitais em torno do CM e, conseqüentemente, movimentos na direção de um observador conforme a Figura 8.

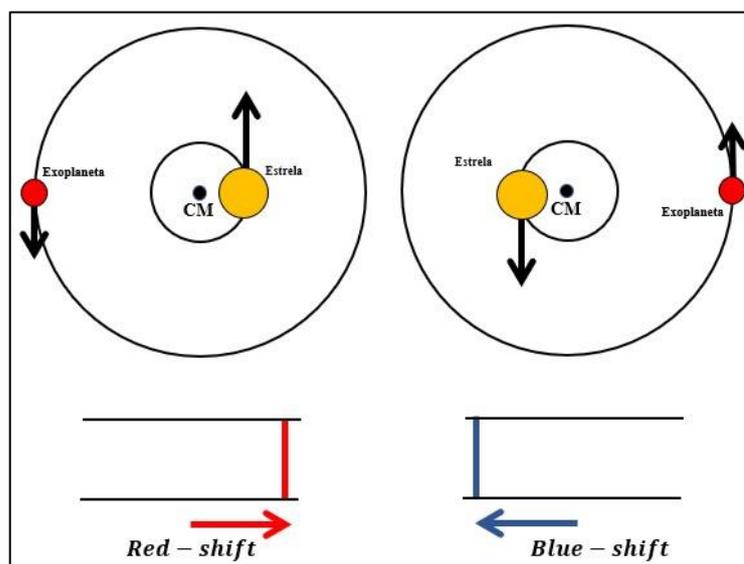
Figura 8 – Movimento da estrela e do exoplaneta em torno do CM.



Fonte: Do autor.

Os movimentos orbitais da estrela em torno do CM fazem com que a estrela se afaste e se aproxime do observador. Ao observar uma estrela utilizando um espectrógrafo, equipamento instalado no telescópio, é possível verificar um deslocamento das linhas espectrais no espectro desta estrela. Este deslocamento é causado pelo efeito Doppler da luz, em que ao se aproximar ocorre um deslocamento das linhas espectrais para o azul (*blue-shift*) e ao afastar há um deslocamento das linhas espectrais para o vermelho (*red-shift*) (FIGURA 9).

Figura 9 - O movimento de aproximação e afastamento da estrela provocam o deslocamento das linhas espectrais *blue-shift* e *red-shift*.



Fonte: Do autor.

Neste caso, para um observador em repouso a variação radial da fonte (v_R) decorre da detecção da variação do comprimento de onda da luz ($\Delta\lambda$), portanto este é o efeito Doppler-Fizeau para a luz. Conforme Melo (2014), o efeito Doppler para a luz pode ser representado matematicamente pela Equação 8.

$$\frac{v_R}{c} = \frac{\Delta\lambda}{\lambda} \quad (8)$$

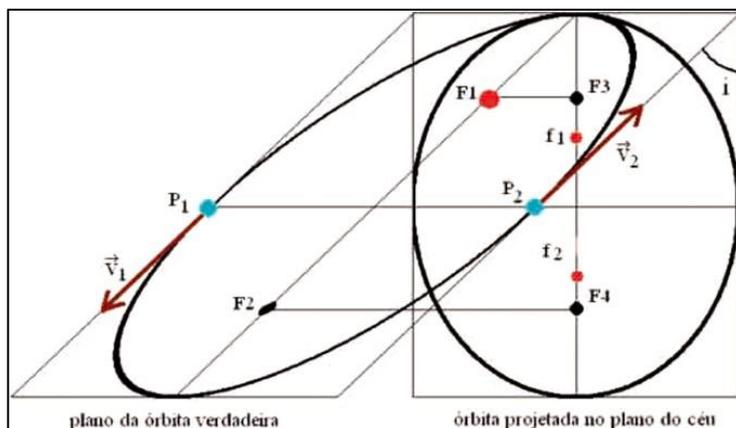
em que c é a velocidade da luz.

Salientamos que ao observarmos uma estrela não é possível medir diretamente a velocidade com que ela se aproxima ou se afasta, portanto, não é possível medir diretamente a velocidade radial da estrela e o que medimos é variação do comprimento de onda da luz que chega até nós (MELO, 2014).

Na Equação 8, v_R é a velocidade radial da fonte que pode ser relacionada com velocidade real v . Se considerarmos o ângulo θ entre a direção de v e a linha de visada do observador, temos que $v_R = v \cdot \cos(\theta)$. Geralmente, ao invés de usar θ , utilizamos o ângulo i entre a normal ao plano orbital e a linha de visada (FIGURA 10),

que está relacionada ao θ da forma $\theta = (\pi/2 - i)$, assim que $v_R = v \cdot \text{sen}^2(i)$.

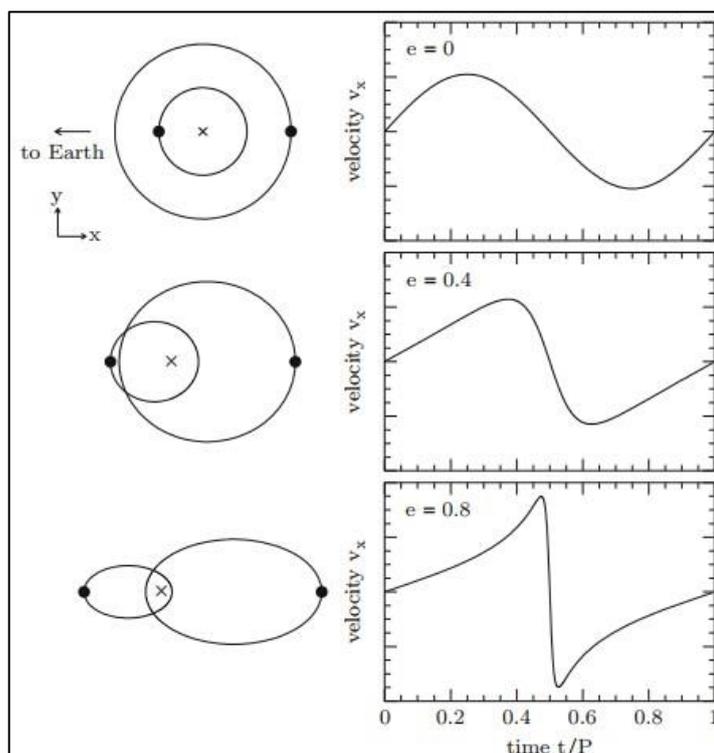
Figura 10 - Plano da órbita do exoplaneta inclinada em relação ao plano do céu.



Fonte: AMORIM; SANTOS, 2016.

Apesar do formato da curva de velocidade radial depender da excentricidade da órbita do exoplaneta, como pode ser visto na figura (Figura 11), neste trabalho iremos considerar exoplanetas com órbitas circulares em torno do CM, ou seja, $e = 0$.

Figura 11 – Modelos de curvas de VR.



Fonte: KEETON, 2014.

Para chegar definir a equação da massa do exoplaneta iremos adotar os procedimentos apresentados por Amorin e Santos (2016). Assim, a partir da curva de velocidade radial da estrela podemos calcular a massa do exoplaneta que provoca o balanço da estrela em torno do centro de massa. Primeiro vamos assumir que as órbitas são aproximadamente circulares (FIGURA 8) e que a distância do exoplaneta e da estrela ao centro de massa são respectivamente, a e R . Dessa forma temos que a relação entre as massas e as distâncias ao centro de massa é:

$$\frac{R}{a} = \frac{m_2}{m_1} \quad (9)$$

sendo m_1 a massa da estrela e m_2 a massa do exoplaneta.

Assumindo que a força gravitacional entre a estrela hospedeira e o exoplaneta seja igual a força centrípeta que descreve a órbita circular em torno do centro de massa podemos escrever que:

$$\frac{G \cdot m_1 \cdot m_2}{(R+a)^2} = \frac{m_1 \cdot v^2}{R} \quad (10)$$

em que v é a velocidade radial da estrela. Uma vez que a distância entre o exoplaneta ao centro de massa é muito maior que a distância da estrela hospedeira ao centro de massa do sistema ($a \gg R$), podemos escrever a Equação 10 da seguinte forma:

$$m_2 = \frac{a^2 \cdot v^2}{G \cdot R} \quad (11)$$

Isolando R na Equação 9 e substituindo na Equação 11, temos,

$$m_2^2 = \frac{a \cdot m_1 \cdot v^2}{G} \quad (12)$$

Considerando a terceira lei de Kepler e que $m_1 \gg m_2$, temos a ,

$$a = \left(\frac{P}{2 \cdot \pi} \right)^{2/3} \cdot G^{1/3} \cdot m_1^{1/3} \quad (13)$$

Substituindo a Equação 13 na Equação 12, temos

$$m_2 = m_1^{2/3} \cdot \left(\frac{P}{2\pi \cdot G} \right)^{1/3} \cdot v \quad (14)$$

sendo que P é o período orbital do exoplaneta, G é a constante gravitacional e v é a velocidade radial da estrela hospedeira. A partir da Equação 14 é possível estimar a massa do exoplaneta.

2.3 ZONA HABITÁVEL

Desde as primeiras civilizações o ser humano tem contemplado a beleza e as maravilhas do mundo que o cerca. Esta admiração pela vastidão do espaço levou-o a fazer questionamentos a respeito da sua existência. “De onde viemos?”, “Para onde vamos?”, “Existe vida em outro planeta?” e “Estamos sozinhos?” são questões que permeiam pela humanidade há milênios, e, provavelmente, fazem parte do que nos torna humanos (GALANTE *et al.*, 2016).

O avanço tecnológico proporcionou, nos últimos tempos, descobertas científicas que levou ao surgimento de mais um campo da ciência moderna, a astrobiologia. Assim, Costa (2021) caracteriza a astrobiologia como:

A astrobiologia é uma ciência que estuda a possibilidade de vida no universo. Ela surgiu da necessidade de sabermos se estamos ou não sozinhos na imensidão do universo, se há forma de vida lá fora, como ela pode se parecer, como ela pode evoluir, se comunicar e, eventualmente, extinguir-se. (COSTA, 2021, p. 143).

A astrobiologia ganhou destaque após a primeira detecção de exoplanetas e a busca por um que seja possivelmente habitado tem sido um dos principais propósitos das missões espaciais. De acordo com Faria e Barbosa (2017), um dos objetivos da astrobiologia moderna é levantar a possibilidade de existência de vida fora do nosso planeta. Segundo Galante *et al.*, (2016), a existência de vida não é simples por isso tenta-se entender como são os exoplanetas, como por exemplo a composição química da sua atmosfera. Dessa forma a busca está na descoberta de bons candidatos com características que possam abrigar a vida com condições de habitabilidade.

Assim, Vieira *et al.* (2018) ressalta a habitabilidade como um conjunto de

características que permitem um planeta abrigar vida e apresenta um conjunto de condições:

- a) a presença de uma fonte de energia necessária para o metabolismo;
- b) os elementos químicos para formar as biomoléculas;
- c) a existência de um planeta rochoso que possa abrigar essas biomoléculas;
- d) um solvente para viabilizar as reações químicas;

Além destas, Vieira *et al.* (2018) ainda destaca que as condições geofísicas e geológicas, tais como, a presença de um campo magnético no planeta, a tectônica das placas e a presença de um escudo natural, tais como Lua e Júpiter, também são condições necessárias para a habitabilidade.

Devido à complexidade de se analisar todas estas condições para a habitabilidade, nosso trabalho se limitará em analisar apenas os itens “c” e “d” os quais poderemos fazer relações com a densidade e o raio da órbita do exoplaneta.

No item “c” destaca-se o tipo do planeta, que pode ser rochoso ou gasoso. É possível determinar o tipo do planeta calculando a sua densidade que determina a composição do exoplaneta. A densidade pode ser obtida utilizando a Equação 15 (FURLAN; HOWELL, 2017).

$$\rho = \frac{m_p}{V_p} \quad (15)$$

sendo, m_p é a massa do planeta em gramas (g) e V_p é o volume do planeta em centímetros cúbicos (cm^3). O volume do planeta pode ser obtido utilizando o valor do seu raio e a Equação 16 (IEZZI *et al.*, 2016).

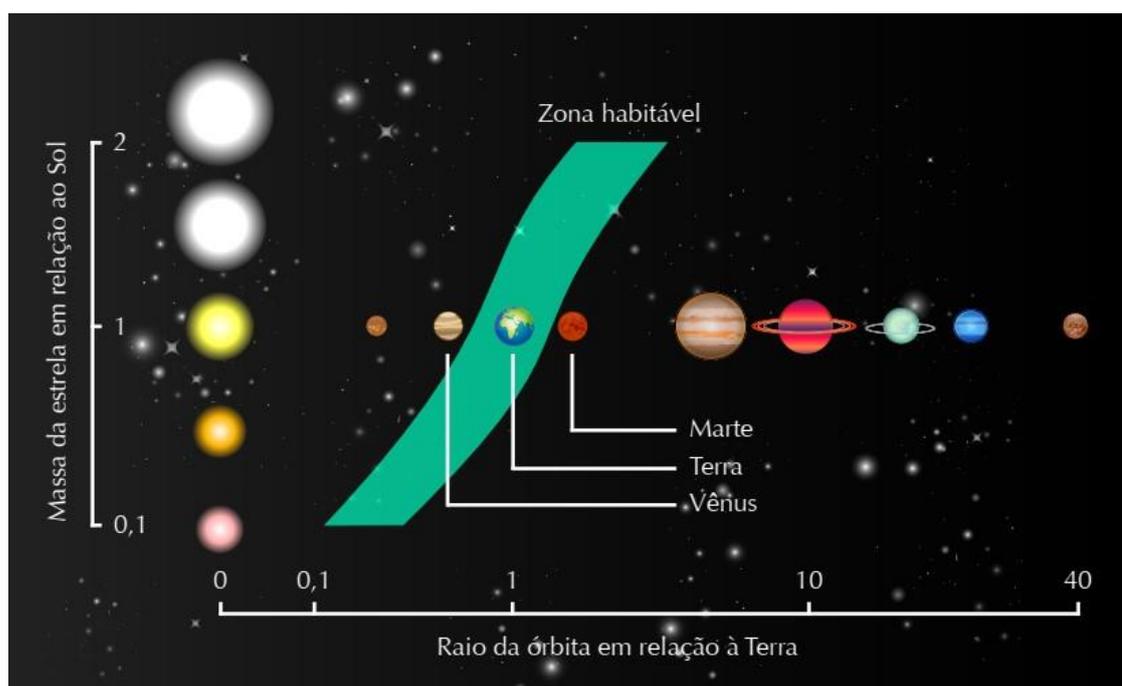
$$V_p = \frac{4}{3} \cdot \pi \cdot R_p^3 \quad (16)$$

Assim, podemos calcular a densidade do exoplaneta com a Equação 15. Para classificar o exoplaneta vamos utilizar os critérios adotados por Zurich (2016).

- Para $\rho \geq 3,0 \text{ g/cm}^3$, os exoplanetas são classificados como **rochosos**;
- Para $\rho \sim 2,0 \text{ g/cm}^3$, os exoplanetas são classificados como **rochosos** com uma quantidade substancial de gelo;
- Para $\rho \leq 2,0 \text{ g/cm}^3$, os exoplanetas são classificados como **gasosos**;

Para o ítem “d” sabemos que a água é um solvente que viabiliza as reações químicas, portanto, se mostra como um item fundamental para a vida. Por isso, determinou-se uma região em torno da estrela onde os níveis de radiação emitidos permitem a existência de água líquida na superfície do exoplaneta. Esta região é denominada de zona habitável (ZH), (FIGURA 12).

Figura 12 – Representação da ZH em relação a massa da estrela hospedeira.



Fonte: GALANTE *et al.*, 2016.

A astrônoma Kaltenegger (2017) enfatiza que a ZH não é uma região em torno da estrela onde a vida é possível ou exista, mas uma região em torno da estrela onde é possível que exista água líquida na superfície de um exoplaneta rochoso geologicamente ativo.

Para determinar os limites periféricos da zona habitável, o raio interno e o raio externo, a referência (MORRIS, 2021) apresenta as seguintes equações:

Para o raio interno da ZH, temos:

$$R_i = \sqrt{\frac{L_*}{1,1}} \quad (17)$$

E para o raio externo da ZH, temos:

$$R_e = \sqrt{\frac{L_*}{0,53}} \quad (18)$$

Em que L_* é a luminosidade absoluta da estrela.

Portanto, os parâmetros que podem ser obtidos usando as equações apresentadas nos condiciona a classificá-lo como um exoplaneta que tem a possibilidade de vida.

3 REVISÃO DE LITERATURA

O céu noturno tornou-se um palco de contemplação e o homem desde então tenta desvendar os mistérios que o cercava. Inicialmente, a motivação das observações se deu para finalidades práticas como a passagem do tempo, a alternância dos dias e noites, prever a melhor época para plantio e colheita e até mesmo fazer previsões do futuro (OLEIVEIRA FILHO; SARAIVA, 2004; VERDET, 1987; CONTADOR, 2012). Um trecho extraído do livro *O Céu, mistério, magia e mito*, Verdet (1987) apresenta uma manifestação dos seres humanos em uma tentativa de observar o cosmo:

E, há um milhão e meio de anos, graças as sombrias histórias das colunas vertebrais cujas curvas se compensam, o homem adquire a verticalidade. Há um milhão e meio de anos, o homem está de pé. Há um milhão e meio de anos, ele eleva os olhos para o céu. (VERDET, 1987, p. 12)

Apesar desta possibilidade ter sido tão remota, os seres humanos se calaram durante séculos e as primeiras manifestações do pensamento humano são datadas na idade da pedra lascada (VERDET, 1987) e a confecção da primeira carta celeste data de aproximadamente 23500 anos (ROBERTO JÚNIOR; BOTELHO, 2016). Estas manifestações demonstram, segundo Lattari e Trevisan (1999), que a Astronomia é a mais antiga das ciências.

Neste sentido, o ensino de Astronomia se justifica pelo potencial interdisciplinar que esta ciência oferece. Além disso, Caniato (1974) propõe seis justificativas para o ensino da Astronomia, entre elas destacamos:

A Astronomia, pela diversidade dos problemas que propõe e dos meios que utiliza, oferece o ensejo de contato com atividades e desenvolvimento de habilidades úteis em todos os ramos do saber e do cotidiano da ciência. (CANIATO, 1973, p. 39)

Os documentos oficiais organizaram temas estruturadores para o ensino de Física envolvendo a Astronomia. Durante a sua vigência, o PCN+ apresentava competências e propunha seis temas estruturadores, divididos em seis temáticas, entre elas o tema que estava relacionado com a Astronomia. O tema 06, Universo, Terra e Vida, dividido em três unidades temáticas: Terra e Sistema Solar, O Universo e sua origem e Compreensão humana do Universo.

Já o Currículo Básico Comum do Estado de Minas Gerais (CBC) era constituído por conteúdos em comum a todos os níveis da educação básica. Sobre os conteúdos, o CBC apresentava tópicos relacionados com o Ensino de Astronomia. No 1º ano do ensino médio foi contemplado com o estudo da Gravitação Universal, movimento do Sol, das estrelas, da Lua, dos planetas, dos cometas, satélites e as marés. Apesar de que este conteúdo estivesse explícito no CBC, Lattari e Trevisan (1999) argumentam que, mesmo a Astronomia fazendo parte dos conteúdos de ciências do ensino médio, ela nunca foi abordada de forma ampla e aprofundada e muitas vezes nem é tratada. Isso acontece porque os professores que lecionam disciplinas relacionados a esta temática, como Física no ensino médio, não possuem formação para ministrar aulas de Astronomia, conforme mostrado por Bretones (1999) e Roberto Júnior, Reis e Germinaro (2014).

Além disso, Dias e Rita (2008) acreditam que, devido ao caráter interdisciplinar, uma disciplina de Astronomia no ensino médio poderia auxiliar no desenvolvimento cognitivo dos alunos nas outras disciplinas. Nesse sentido, as Diretrizes Curriculares para a implementação no Novo Ensino Médio em Minas Gerais estabelecem uma carga horária de uma aula semanal para disciplinas eletivas, como a Astronomia. No entanto, essas disciplinas são escolhidas pelos alunos, com exceção dos primeiros anos que são escolhidas pela equipe pedagógica da escola. Isso significa que nem sempre a Astronomia é escolhida. Em 2022, 24 escolas de Minas Gerais optaram por terem uma disciplina eletiva de Astronomia.

Uma alternativa para incorporar Astronomia nas aulas de Física do Ensino Médio é através da Astrofísica, em que é possível buscar relações entre estes dois conteúdos. No entanto, é importante salientar que o professor deve buscar aplicações que não demandam de uma matemática aprofundada, ou que seja possível simplificá-la. Ainda assim, é necessário buscar interação dos alunos com o conteúdo ministrado e, para esse fim, Leão e Teixeira (2020) salientam que a máxima distância que os olhos dos estudantes chegam, muitas vezes, é a dos braços esticados para visualizar a tela do *smartphone*. Nesse sentido, ao integrar as temáticas, astrofísica e o uso da tecnologia, poderemos estar contribuindo para melhorar aprendizagem dos estudantes conforme preconiza os documentos oficiais:

Investigar situações-problema e avaliar aplicações do conhecimento científico e tecnológico e suas implicações no mundo, utilizando procedimentos e linguagens próprios das Ciências da Natureza [...] por meio de tecnologias digitais de informação e comunicação (TDIC). (BNCC, 2018, p. 558)

Nesta perspectiva, será apresentado nas duas próximas seções uma revisão de literatura abordando alguns trabalhos relacionando ao uso da tecnologia no ensino de Física e ao ensino de Astronomia e Astrofísica no ensino médio.

3.1 USO DE TECNOLOGIA NO ENSINO DE FÍSICA

Atualmente a sociedade vivencia a era da conexão e da mobilidade utilizando dispositivos que estão desencadeando diversas formas de interação. Há uma disseminação crescente no uso de aparelhos móveis em diversos ambientes, inclusive nas escolas. Por isso, diversas estratégias de ensino estão sendo elaboradas com o intuito que prender a atenção dos alunos ao conteúdo que está sendo ministrado. Nesse sentido, Fiasca *et al.*, (2021) defendem que o uso de aplicativos móveis proporciona maior interação, protagonismo e envolvimento dos alunos em atividades colaborativas.

Há na literatura uma vastidão de trabalhos voltados ao ensino de física associados à tecnologia. Sendo assim, apresentaremos a seguir alguns trabalhos que fazem parte da nossa revisão e que possuem propostas que estão alinhadas com este trabalho.

Os dispositivos móveis tornaram-se uma ferramenta fundamental para potencializar o ensino e a aprendizagem e assim diversas publicações apresentam propostas usando estes dispositivos no cotidiano da escola. Diante disso, Santos *et al.*, (2017) fizeram uso do aplicativo “Meu Professor de Cálculo” como um instrumento de suporte com vários recursos como, calculadora, conversão de unidades e resolução de problemas relacionados a cinemática. Por meio de uma mediação pedagógica de Vigotski, realizaram uma pesquisa qualitativa do tipo exploratória que os levaram a concluir que a tecnologia móvel foi capaz de envolver os alunos durante as aulas contribuindo com a motivação dos alunos e conseqüentemente melhorando a aprendizagem.

Com uma proposta semelhante ao nosso trabalho, Dantas *et al.*, (2019) apresentam o desenvolvimento do *chatbot* denominado AstroBot que tem o propósito

de obter dados relacionados a dúvidas e questionamentos dos alunos. Com os resultados, o docente pode obter o *feedback* das principais dificuldades dos alunos e, dessa forma, buscar estratégias tornando as aulas mais produtivas corroborando com o aprendizado dos alunos.

Silva *et al.*, (2021) menciona que é comum os alunos fazerem questionamentos a respeito de matérias que são veiculadas na mídia justamente porque estão ligadas ao próprio cotidiano, pois assim despertam interesse de entender como funcionam. Nestesentido, estes autores utilizam o *PhET Interactive Simulations* para fazer simulações de Física Moderna que estão relacionadas ao cotidiano do aluno. Sendo assim, elaboram uma oficina computacional que viabiliza a utilização de simulações para o ensino da Radiação de Corpo Negro.

Já Rascalha e Santos (2017) ao ressaltarem a importância do uso de recursos audiovisuais, sites especializados e aplicativos descrevem uma série de ferramentas que estão relacionadas ao tema de descoberta de exoplanetas que podem ser úteis a alunos e professores. Entre os sites especializados, eles citam *Planet Quest* e *Kepler Home Page – A Search for Habitable Planets* que disponibilizam informações atualizadas sobre exoplanetas e pesquisas científicas relacionadas à busca de vida fora da Terra, bem como ferramentas educacionais e diversos outros conteúdos ligados a ciência e tecnologia. Entre os aplicativos, os autores destacam o *Exoplanet* desenvolvido pelo astrônomo profissional Hanno Hein e *Exoplanets* desenvolvido por Neil Burlock os quais disponibilizam um banco de dados interativo que apresenta diversas informações como localização e características relacionadas ao sistema planetário, ao planeta e à estrela.

Com a proposta de discutir o uso de novas tecnologias de informação e comunicação no ensino de Física, Monteiro (2016) desenvolveu um *site* que disponibiliza diferentes recursos multimídias visando facilitar a aprendizagem de conceitos relativos aos fenômenos ondulatórios e magnéticos, a partir de tecnologias móveis. Utilizaram estes recursos em três turmas do ensino médio e os resultados demonstraram que o uso de tecnologias móveis contribui com o aumento da motivação dos alunos além de envolver os alunos durante as aulas e consequentemente a aprendizagem dos conceitos científicos se tornam mais satisfatórios.

Diante do que foi apresentado nos parágrafos anteriores, vimos que as

tecnologias durante as aulas de Física tornam as aulas mais produtivas e dinâmicas de modo que a aprendizagem seja mais produtiva e eficiente. Estes motivos mostram-se suficientes para a inserção de tecnologias durante as aulas.

3.2 ENSINO DE ASTRONOMIA E ASTROFÍSICA NO ENSINO MÉDIO

A tecnologia tornou-se a principal difusora de informação da sociedade. Neste processo, algumas ferramentas tecnológicas são desenvolvidas com o intuito de tornar as salas de aula mais dinâmicas e interativas. Neste sentido, Santos e Mafalda (2019) apresentaram aplicativos que fazem uso da realidade virtual (RV) para estimular e prender a atenção e interação com os alunos. Na mesma linha de tecnologia, Dutra e Vernier (2019) apresentam sete aplicativos gratuitos pesquisados na loja virtual *Google Play* com a temática do movimento aparente do Sol. Nestes aplicativos, eles exploraram suas funcionalidades e o uso sobre a temática através de gráficos e das informações de coordenadas horizontais de Altura e Azimute do Sol.

Napoleão (2022) apresenta um guia de estudos com a proposta da Astrofísica Estelar para o Ensino Médio disponibilizando o conteúdo abordando desde um breve histórico da astrofísica, passando pela análise de espectros estelares até a física das estrelas variáveis. Por outro lado, Panke e Góes (2020) apresentam um *software* denominado *SkyConquest* que possibilita comparações entre as características planetárias e estelares utilizando a tecnologia de Realidade Aumentada. Ainda nesta linha, Mykoliuk, Malchenko e Kiv (2019) usando o simulador *Universe Sandbox*, apresenta uma proposta de atividade fazendo a coleta de dados deste *software* apresentando as alterações de massa, raio, temperatura da superfície, volume e tempo de vida de uma estrela durante a sua evolução. Para simular o movimento de astros como o Sol, a Lua e dos planetas do Sistema Solar, Roberto Júnior *et al.* (2017) apresentaram o *software* Astro3D que apresenta o movimento dos corpos celestes em dois referenciais, topocêntrico e o heliocêntrico.

Durante as aulas do noturno, Bernardes e Alves (2019) depararam com alunos que nunca tiveram contato com assuntos relacionados à Astronomia. Sendo assim, eles apresentaram uma proposta aos alunos da Educação para Jovens e Adultos (EJA), utilizando tecnologias mediáticas, com uma apresentação interativa sobre as constelações.

O trabalho de Rascalha e Santos (2017) apresentou uma revisão que apontou algumas ferramentas *online* e aplicativos que exploram a temática dos sistemas solares. Ainda como um trabalho de revisão, Santos *et al.* (2019) apresentam uma Revisão Sistemática de Literatura apresentando de que forma as tecnologias estão sendo empregadas nas salas de aula para ensino de astronomia. Como resultado, apresentaram 33 trabalhos onde a maioria faz uso de *software* para ensinar astronomia.

Desta forma, é possível verificar que há uma infinidade de trabalhos envolvendo o ensino de Astronomia à *softwares* e ferramentas digitais. Neste sentido, estas tecnologias promovem uma possibilidade de fazer com que as aulas sejam atrativas e dinâmicas de modo que os alunos possam estar motivados favorecendo o seu protagonismo.

4 REFERENCIAL TEÓRICO

Neste capítulo vamos apresentar o referencial teórico que foi adotado para alicerçar a nossa Unidade de Ensino (UE). Dentre tantas metodologias que oportunizam e incentivam o aluno para obtenção do conhecimento, para este trabalho, optamos pela metodologia Três Momentos Pedagógicos (3MP) (DELIZOICOV, 1982), pois esta opção possibilita acompanhar progressivamente o aprendizado e o desenvolvimento do aluno. Embora tenhamos optado por este referencial, ressaltamos que o produto apresentado possibilita a implementação com outros referenciais.

4.1 TRÊS MOMENTOS PEDAGÓGICOS

Em minha recente carreira como professor do ensino médio foi possível observar que diversos alunos tiveram pouco ou nenhum contato com os assuntos relacionados ao cosmos. Além disso, muitos relatam que tiveram contato por meio de telejornais informando alguma descoberta. Com foco nesta perspectiva constatamos que, por meio dos 3MP, a possibilidade de fazer uma verificação das concepções iniciais dos alunos relacionados ao tema deste trabalho e de forma estruturada podemos obter como resultado o conhecimento e a aprendizagem obtidos pelos alunos.

A dinâmica didático-pedagógica fundamenta-se pela perspectiva de uma abordagem temática conhecida como 3MP foi elaborada por Delizoicov (1982) e Angoti (1982) durante um projeto educacional de formação de professores na região de Guiné-Bissau localizada na África ocidental utilizando as ideias de Paulo Freire sobre investigação temática. Inicialmente, esta dinâmica foi abordada por Delizoicov (1982) mas passou a ser disseminada a partir das publicações dos livros Metodologia do Ensino de Ciências (DELIZOICOV; ANGOTI, 1990) e Física (DELIZOICOV; ANGOTI, 1992) e atualmente está incorporada em diversas propostas de ensino como apresentado nos trabalhos a seguir.

Santini e Terrazzan (2006) estabeleceram parâmetros para organizar situações de aprendizagem em Física para que os alunos vivenciem momentos de vinculação entre conhecimentos práticos da área técnica agrícola e suas necessidades no cotidiano, usando equipamentos agrícolas como recursos didáticos com uma SD

utilizando a dinâmica dos 3MP.

Já, Borges e Corrêa (2017) utilizaram a metodologia dos 3MP apresentando uma proposta alternativa e contextualizada tendo o tema “Anomalias ligadas à visão” como estruturante no ensino e aprendizado do conteúdo de óptica.

Visando desenvolver os conceitos de eletrostática em sala de aula de forma a construir o conhecimento e avaliar a aprendizagem dos alunos, Sales *et al.* (2020) consideraram os 3MP como estrutura de planejamento de aula e, para isso, utilizaram demonstrações experimentais e um *quiz* como avaliação do aprendizado.

Bonfim, Costa e Nascimento (2018) relataram uma experiência referente à abordagem metodológica dos 3MP que foi aplicada em uma turma de formação de docentes na disciplina de Física. Nesta turma foi desenvolvido um conteúdo específico de velocidade escalar média em consonância à educação no trânsito, ressaltando ainda as possibilidades desta abordagem nas aulas de Física.

Pereira e Souza-Motta (2020) apresentaram os resultados do Projeto de Extensão “Micologia nas escolas: o grande reino dos fungos” no qual basearam-se nos 3MP para elaborar atividades experimentais de fácil acesso que pudessem contribuir para melhoria do processo de ensino-aprendizagem.

A metodologia dos 3MP também são explorados em diversas dissertações de mestrado. Podemos citar Marengão (2012) que explora esta metodologia em sua pesquisa para investigar a possibilidade de os estudantes identificarem problemas de Física no cotidiano após as aulas de Mecânica. Com o intuito de apresentar o software Astro 3D, Moraes (2016) fez uso dos 3MP para propor uma SD apresentando algumas potencialidades deste software para o ensino de Astronomia na educação básica. Já Chaves (2019) utilizou esta metodologia para desenvolver uma unidade de ensino onde analisou fenômenos solares para estudar conceitos de Velocidade, Óptica, escalas e movimento circular. Em outra linha, Araújo (2015) demonstrou que a utilização desta metodologia não se restringe a uma ferramenta didático-pedagógica para a sala de aula e neste caso os 3MP foram utilizados na estruturação do currículo da escola estadual de educação básica no Instituto Estadual Luiz Guilherme do Prado Veppo.

Por intermédio dos trabalhos apresentados pode-se constatar que a metodologia dos 3MP é uma estratégia consistente que pode ser abordada nos mais diversos temas e estudos. Além disso, Salles *et al.* (2020) afirmam que por meio do diálogo – aluno e professor – constrói-se o conhecimento científico a respeito

do tema proposto, pois em sala de aula há uma necessidade de transformar o conhecimento empírico em conhecimento científico. Uma das maneiras de efetivar este conhecimento é por intermédio da contextualização buscando o que o aluno já sabe possibilitando a construção e a estruturação do conhecimento científico. Este processo pode ser estruturado através dos 3MP que serão apresentados a seguir.

4.1.1 Primeiro Momento Pedagógico

Freire (2009) nos fala que ensinar exige criticidade, e que esta se constrói com a superação de uma curiosidade ingênua impregnada no senso comum. Mas a superação do senso comum não se dá automaticamente, mas sim por meio de estímulos utilizando questionamentos que desafiam os alunos a refletirem sobre as situações reais que os cercam.

Neste sentido, o Primeiro Momento Pedagógico se dá na *Problematização Inicial* por meio de questões ou situações que estejam relacionadas com a temática central a ser abordada e que, simultaneamente, contenham uma capacidade problematizadora, referenciadas na realidade dos alunos. Então, neste momento, tem-se como objetivo permitir que apareçam concepções prévias sobre o tema abordado, como também desperte o interesse nos alunos levando-os a necessidade para a aquisição de novos conhecimentos que ainda não detém (MUENCHEN; ANGOTI, 2012).

Sendo assim, Delizoicov e Angoti (1994) recomendam que a postura do educador neste momento seja mais de questionar e lançar dúvidas do que responder e fornecer explicações prontas e acabadas.

Posto isso, os autores destacam que:

A problematização poderá ocorrer pelo menos em dois sentidos. De um lado, pode ser que o aluno já tenha noções sobre as questões colocadas, fruto da sua aprendizagem anterior, na escola ou fora dela. Suas noções poderão estar ou não de acordo com as teorias e as explicações das Ciências, caracterizando o que se tem chamado de “concepções alternativas” ou “conceitos intuitivos” dos alunos. A discussão problematizadora pode permitir que essas concepções apareçam. De outro lado, a problematização poderá permitir que o aluno sinta a necessidade de adquirir outros conhecimentos que ainda não detém; ou seja, coloca-se para ele um problema para ser resolvido. Eis porque as questões e situações devem ser problematizadas. (DELIZOICOV; ANGOTI, 2000, p. 54).

4.1.2 Segundo Momento Pedagógico

O Segundo Momento Pedagógico é o momento destinado à *Organização do Conhecimento*. É neste momento que o professor apresenta os conhecimentos necessários para a compreensão do tema central encaminhando as soluções para as questões da *Problematização Inicial*.

Neste momento, o conhecimento em Ciências Naturais necessário para a compreensão do tema e da problematização inicial será sistematicamente estudado sob orientação do professor. Serão desenvolvidas definições, conceitos, relações. O conteúdo é programado e preparado em termos instrucionais para que o aluno aprenda de forma a, de um lado, perceber a existência de outras visões e explicações para as situações e fenômenos problematizados, e, de outro, a comparar esse conhecimento com o seu, para usá-lo para melhor interpretar aqueles fenômenos e situações. (DELIZOICOV; ANGOTI, 2000, p. 55)

Então, é neste momento que deve acontecer a ruptura dos conhecimentos fundamentados no senso comum, construindo uma visão crítica interpretando a ciência envolvida no fenômeno estudado. Assim Muenchen (2010) recomenda que este momento pedagógico deve-se aprofundar nas definições, conceitos, relações e leis. Para solidificar estes conteúdos relacionados com o tema é recomendado ao professora utilização de atividades diversas, tais como: exposição, formulações de questões, textos para discussão etc.

4.1.3 Terceiro Momento Pedagógico

Por fim, é no Terceiro Momento Pedagógico, denominado *Aplicação do Conhecimento*, que segundo os autores dos 3MP, esse momento objetiva:

Destinar-se, sobretudo, a abordar sistematicamente o conhecimento incorporado pelo aluno, para analisar e interpretar tanto as situações iniciais que determinaram seu estudo quanto outras que, embora não estejam diretamente ligadas ao momento inicial, possam ser compreendidas pelo mesmo conhecimento. (DELIZOICOV; ANGOTI, 2000, p. 55)

Sendo assim, é neste momento que se coloca em prática o conteúdo apresentadona organização do conhecimento. O ideal aqui é que o professor retome às questões apresentadas na *Problematização Inicial*, dessa forma, possibilitará reavaliar se os alunos conseguiram compreender conteúdos abordados no Segundo Momento. Comisso, Lyra (2013) destaca a importância de serem apresentadas novas

situações ligadas, ou não, à *Problematização Inicial* possibilitando novos questionamentos e novas possibilidades de interpretar e (re)criar a realidade.

Para esse momento, devemos também pensar nas mais diversas estratégias, a fim de romper com as tradicionais atividades de exercícios de fixação e resolução de problemas fechados, visto que estes poucos estimulam reflexões críticas, restringindo-se, na maioria das vezes, em memorização e reprodução de conceitos, o que impossibilita a aprendizagem de conteúdos procedimentais e atitudinais.

5 METODOLOGIA

Com a implementação do novo ensino médio houve uma perda significativa no número de aulas semanais de Física e esta situação faz com que os professores tenham que inovar nas suas estratégias de ensino. Neste sentido, neste trabalho propomos as descobertas de exoplanetas como um tema motivador para o estudo de alguns conceitos e leis da Física por meio do uso do *smartphone* com o *chatbot* Caçador de Exoplanetas. Utilizando do *chatbot* o estudante poderá aprender sobre esse tema de forma ativa e interativa, na escola ou fora dela, interagindo com os colegas e com o professor a qualquer momento. Assim, o estudante passa a ser protagonista do seu processo de aprendizagem.

Para desenvolver o tema, descoberta de exoplanetas com o *chatbot* Caçador de Exoplanetas, a dinâmica dos 3MP foi utilizada como metodologia de ensino. Na *problematização inicial* foram utilizadas reportagens sobre a temática para despertar o senso investigativo nos alunos e, em seguida, apresentamos um questionário para avaliar os conhecimentos prévios a respeito das descobertas dos exoplanetas. Na *organização do conhecimento* foram apresentados alguns conceitos físicos utilizados nas pesquisas sobre exoplanetas. Foram estudados termos técnicos, as Leis de Kepler, com o foco na terceira lei, e o efeito Doppler da luz, para o entendimento do que significa uma curva de velocidade radial de uma estrela. Na *aplicação do conhecimento* foi dado aos estudantes um desafio: determinar os parâmetros físicos de exoplanetas analisando a curva de luz e a curva de velocidade radial da estrela hospedeira com o *chatbot* Caçador de Exoplanetas.

5.1 PRIMEIRO MOMENTO PEDAGÓGICO

5.1.1 Questionário prévio

Objetivos: Apresentar reportagens que relatam a descoberta de exoplanetas de modo que os alunos sejam estimulados a investigarem sobre o tema proposto, a fim de identificar o conhecimento prévio dos alunos.

Recursos utilizados: Projeção de reportagens circuladas em jornais e televisão (FIGURA 13).

Tempo estimado: Uma aula de 50 minutos.

Desenvolvimento: Iniciamos o estudo do tema no *primeiro momento pedagógico* em que é necessário estabelecer uma *problematização inicial* de modo que os alunos identifiquem a necessidade da obtenção de um novo conhecimento.

Na abordagem inicial buscamos explorar não apenas os conhecimentos prévios dos alunos, mas também o senso investigativo diante de um problema ou questionamento. Sendo assim, apresentamos reportagens (FIGURA 13) de jornais e TV, as quais relatavam descobertas de exoplanetas similares à Terra, planetas com possibilidade de vida e de seus parâmetros orbitais.

Figura 13: Reportagens exibidas para a explanação do primeiro momento pedagógico.



Fonte: Do autor.

Durante a explanação de cada reportagem foram lançadas hipóteses sobre os termos exibidos na matéria. Ao final, após as reportagens, a turma foi dividida em grupos e foi solicitado que respondessem um questionário com o objetivo de diagnosticar os conhecimentos prévios dos estudantes. Não foi permitida nenhuma pesquisa na internet sobre o tema, as respostas foram redigidas com base no diálogo estabelecido na equipe. No questionário foram feitas as seguintes perguntas:

1. O que são exoplanetas? E onde eles estão?
2. Como os cientistas são capazes de descobrir exoplanetas? E como eles sabem que são exoplanetas?

3. Quando olhamos para o céu noturno é possível ver várias estrelas. Por que não é possível ver planetas orbitando estas estrelas? Justifique.

4. Nas reportagens são apresentados corpos celestes que são parecidos com a Terra. Pensando nisso, quais características necessárias para que sejam parecidos com a Terra? E como fazemos para saber estas características?

5. Nas reportagens foram apresentados alguns planetas que podem ter vida. Façam uma discussão e apresentem as condições necessárias para que exista vida?

6. Em uma reportagem é apresentado um planeta que tem um ano de oito horas. Sendo assim, como podemos definir o ano em um planeta?

7. Qual a importância de estudar os exoplanetas?

Para explorar o senso investigativo dos alunos, no final foi apresentado o seguinte desafio:

Foi cogitado a possibilidade da existência de um novo exoplaneta que está orbitando uma estrela longe da Terra e sua equipe foi indicada como responsável para fazer esta verificação. Elabore uma estratégia apresentando uma proposta de como vocês fariam para verificação e quais os possíveis indicativos para a existência de vida.

5.2 SEGUNDO MOMENTO PEDAGÓGICO

5.2.1 Tema 01: Sistemas planetários e exoplanetários

Objetivos: Apresentar o Sistema Solar (SS) e a definição de planetas. Compreender e fazer comparações da dimensão dos planetas. Compreender as unidades de medida utilizadas na astronomia, em destaque a unidade astronômica (UA). Apresentar outrossistemas com um ou mais exoplanetas e, por fim, apresentar o conceito de zona habitável.

Recursos utilizados: Projeção de imagens e vídeos (FIGURA 14).

Figura 14 – Slides utilizados para ministrar a aula relacionada ao tema 01.



Fonte: Do autor.

Tempo estimado: Duas aulas de 50 minutos.

Desenvolvimento: Neste tema iniciamos o segundo momento pedagógico, momento em que estruturamos a organização do conhecimento. Na abordagem deste tema exploramos, de forma conceitual, o Sistema Solar apresentando suas características, a definição e os tipos de planetas. Foram trabalhados os conceitos de razão e proporção, para efeito de comparação entre o raio e massa dos planetas, e a definição de Unidade Astronômica (UA).

A seguir, apresentamos um contexto histórico sobre os exoplanetas desde a especulação feita por Giordano Bruno, passando pelas primeiras detecções até o cenário atual com a apresentação dos sistemas exoplanetários com um ou mais exoplanetas similares à Júpiter ou à Terra. Neste contexto, expomos a definição de densidade planetária e as condições necessárias para a existência de água líquida e, para isso, foi apresentados os conceitos relacionados a ZH.

Como atividade foi solicitado uma investigação do sistema solar com as seguintes questões:

- calcular as razões e proporções entre as massas e raios dos planetas;
- converter a distância dos planetas ao Sol de quilômetros para UA;
- calcular as densidades planetárias;
- determinar se o planeta é do tipo gasoso ou rochoso;
- estimar os limites internos e externo da Zona Habitável.

A Tabela 1 apresenta os valores utilizados nos cálculos.

Tabela 1 – Valores aproximados para planetas do Sistema Solar.

Planeta	Massa (kg)	Raio (km)	Distância ao Sol (km)
Mercúrio	$3,30 \cdot 10^{23}$	2.450	57.910.000
Vênus	$4,87 \cdot 10^{24}$	6.050	108.200.000
Terra	$5,97 \cdot 10^{24}$	6.380	150.000.000
Marte	$6,42 \cdot 10^{23}$	3.400	227.940.000
Júpiter	$1,90 \cdot 10^{27}$	71.500	778.330.000
Saturno	$5,69 \cdot 10^{26}$	60.300	1.429.400.000
Urano	$8,70 \cdot 10^{25}$	25.500	2.870.990.000
Netuno	$1,03 \cdot 10^{26}$	25.000	4.504.300.000

Fonte: Do autor.

Para obter a massa do planeta em função da massa da Terra foi utilizada a Equação 19:

$$M_{planeta} = \frac{\text{Valor da massa do planeta}}{\text{Valor da massa da Terra}} M_{Terra} \quad (19)$$

Para obter o valor do raio do planeta em função do raio da Terra a Equação 20:

$$R_{planeta} = \frac{\text{Valor do raio do planeta}}{\text{Valor do raio da Terra}} R_{Terra} \quad (20)$$

E para determinar a distância do planeta ao Sol em UA a Equação 21:

$$a_{planeta} = \frac{\text{Valor da distância do planeta ao Sol}}{\text{Valor da distância da Terra ao Sol}} UA \quad (21)$$

Por fim, para calcular a densidade dos planetas, verificar o seu tipo (gasoso ou rochoso) e estimar os limites internos e externo da Zona Habitável, foram trabalhados com os alunos os conceitos e equações apresentadas no Capítulo 2.

5.2.2 Tema 02: As técnicas e a Física na detecção de exoplanetas

Objetivos: Ensinar os conceitos básicos sobre as Leis de Kepler e o efeito Doppler da luz, utilizados para estimar o período orbital, o raio da órbita e a massa do exoplaneta, a partir da observação do trânsito planetário e da curva de velocidade radial da estrela hospedeira.

Recursos utilizados: Projeção de imagens e vídeos (FIGURA 15).

Figura 15 - Slides utilizados para ministrar as aulas relacionadas tema 02.



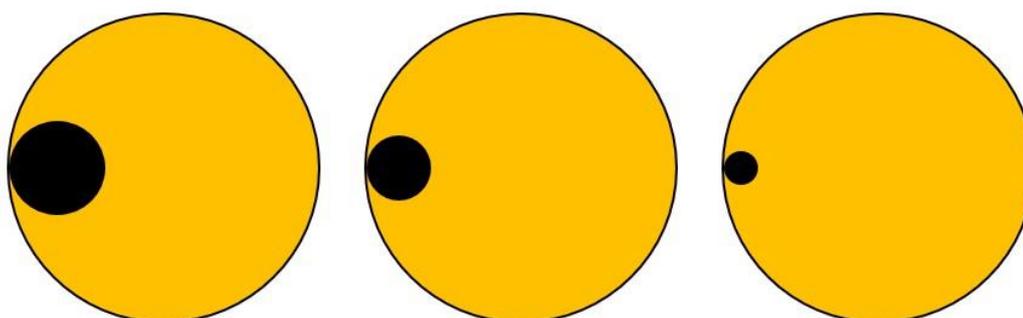
Fonte: Do autor.

Tempo estimado: Duas aulas de 50 minutos.

Desenvolvimento: Iniciamos a aula apresentando os desafios para detectar exoplanetas e as limitações tecnológicas que dificultam estas descobertas. Entre os desafios enfatizamos a diferença de brilho e a separação angular entre a estrela hospedeira e o exoplaneta. Em seguida, apresentamos os telescópios pioneiros nos primeiros estudos até aos lançados recentemente. Além disso, apresentamos as contribuições realizadas e as possíveis contribuições no futuro. Após esta explanação iniciamos a contextualização dos conceitos físicos apresentando as Leis de Kepler e o efeito Doppler. Em seguida, apresentamos as técnicas de detecção de exoplanetas, trânsito planetário e velocidade radial, e como elas se relacionam com os conceitos físicos citados anteriormente. Ao final os alunos realizaram as seguintes atividades:

Atividade 01: Desenhar a curva de luz durante o trânsito planetário associando a profundidade da curva de luz com o raio do planeta (FIGURA 16).

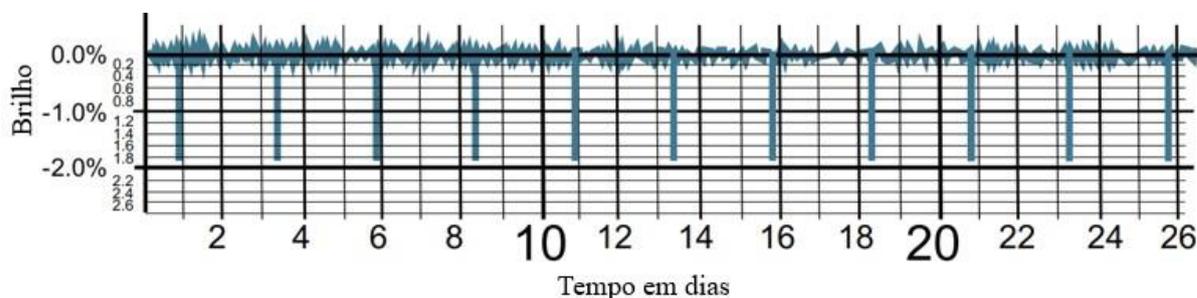
Figura 16 – Imagem utilizada na atividade 01.



Fonte: Do autor.

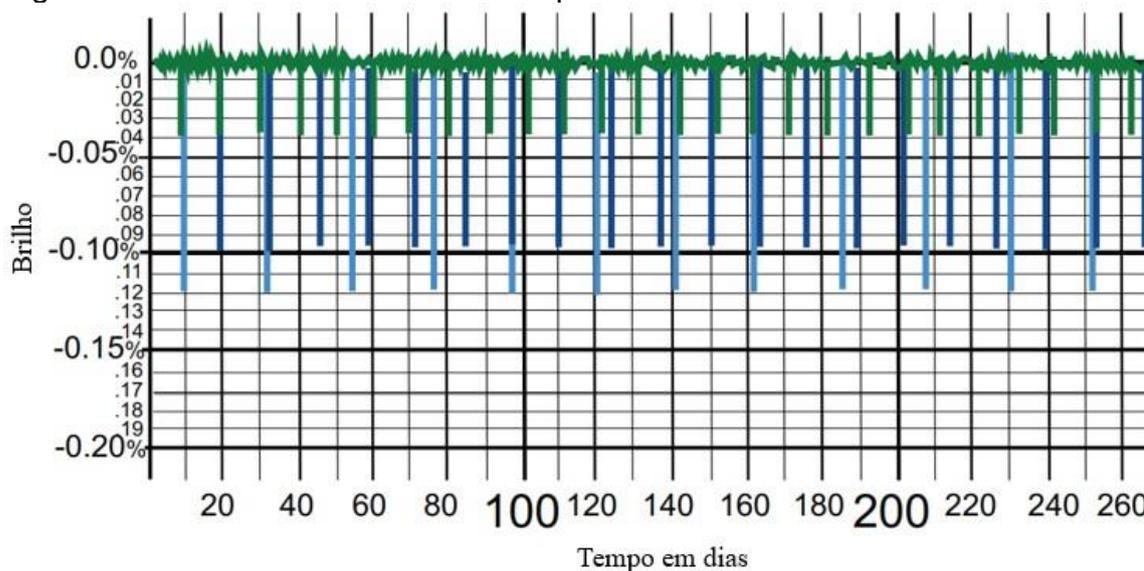
Atividade 02: Determinar o período orbital de cada objeto apresentado nas imagens abaixo.

Figura 17 – Curva de luz da estrela Kepler 1 utilizada na atividade 02.



Fonte: NASA, [201-?]. (Adaptada).

Figura 18 – Curva de luz da estrela Kepler 11 utilizada na atividade 02.



Fonte: NASA [201-?] (Adaptada).

5.3 TERCEIRO MOMENTO PEDAGÓGICO

Neste terceiro momento pedagógico investigaremos a assimilação do conhecimento obtida pelos alunos. Sendo assim, iremos verificar se o aluno será capaz de analisar, interpretar e associar o conhecimento obtido com as situações iniciais e, para isso, vamos incorporar o *chatbot* Caçador de Exoplanetas.

Este terceiro momento pedagógico foi aplicado no 4º bimestre escolar de 2022 para duas alunas do 2º ano. A aplicação do produto foi limitada a duas alunas devido a

algumas ocorrências que dificultaram e em algumas ocasiões que impossibilitaram a aplicação. O primeiro impasse que deparamos foi a indisponibilidade da internet na escola e com isso foi necessário que o professor compartilhasse a própria internet com as alunas e desta forma foi necessário limitar a quantidade de alunos. Outro impasse que dificultou a aplicação foi o fato de estar ocorrendo alguns eventos que coincidiram com o horário das aulas.

Neste sentido, a próxima seção será destinada para uma apresentação detalhada do *chatbot* Caçador de Exoplanetas explorando cada etapa do processo de aprendizagem e compreensão na detecção de exoplanetas.

5.3.1 Chatbot Caçador de Exoplanetas

Web Robot, também conhecidos como *chatbot*, são algoritmos desenvolvidos para simular uma interação humana em aplicativos de mensagens. A utilização desta tecnologia vem sendo amplamente utilizada por empresas com o objetivo de oferecer atendimentos rápidos proporcionando uma melhor experiência ao usuário.

Os *chatbots* possuem interação instantânea em que o usuário digita ou escolhe opções pré-determinadas e o algoritmo apresenta respostas através de mensagens de texto, imagens, arquivos etc.

Visando a capacidade de interação do usuário com esta tecnologia foi desenvolvido o *chatbot* **Caçador de Exoplanetas**. Este *chatbot* está implementado na plataforma do *Telegram* com uma sequência pré-determinada para estimular o estudo investigativo dos exoplanetas. Sendo assim, o *chatbot* disponibiliza gráficos confeccionados com dados coletados por missões de telescópios espaciais e terrestres. Além disso, para cada etapa, o *chatbot* disponibiliza vídeos abordando cada tema para auxiliar o estudante no processo de aprendizagem.

O *chatbot* Caçador de Exoplanetas foi desenvolvido com os seguintes objetivos:

- Estimular o senso investigativo dos estudantes perante ao tema dos exoplanetas.
- Possibilitar a interação e participação dos estudantes;
- Compreender e calcular os parâmetros físicos e orbitais dos exoplanetas;
- Implementar o uso dos *smartphones* em sala de aula;

A seguir iremos apresentar o passo-a-passo de como utilizar o *Chatbot* Caçador

de Exoplanetas, desde a instalação do aplicativo *Telegram* até a exposição do exoplaneta estudado.

5.3.1.1 Instalação do aplicativo Telegram

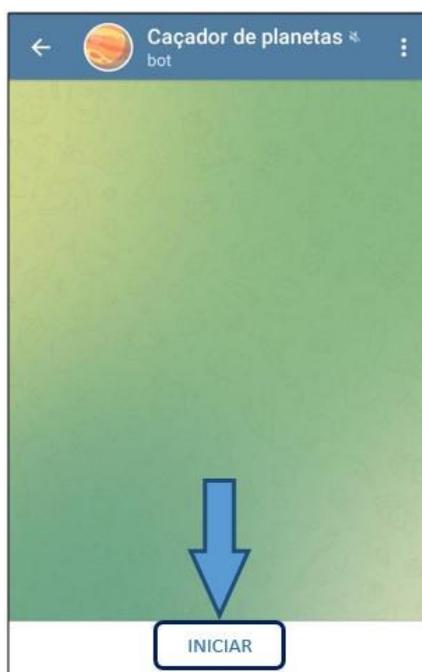
O *Telegram* é um aplicativo de mensagens que está entre os mais utilizados e, por isso está disponível em todas as plataformas móveis.

As imagens apresentadas aqui foram extraídas da instalação usando a plataforma *Android*. Para instalar o *Telegram* é necessário acessar a biblioteca de aplicativos do *smartphone* e pesquisar por *Telegram*.

5.3.1.2 Iniciando o *chatbot*

Após a instalação do *Telegram*, deve-se acessar o aplicativo e procurar por **Caçador de Exoplanetas**. Em seguida clicar em iniciar conforme a Figura 19.

Figura 19 - Inicializando o *chatbot*.



Fonte: Do autor.

Após iniciar o *chatbot*, surgirá na tela uma descrição das características dos exoplanetas que iremos estudar e quais os pré-requisitos necessários para investigar os exoplanetas.

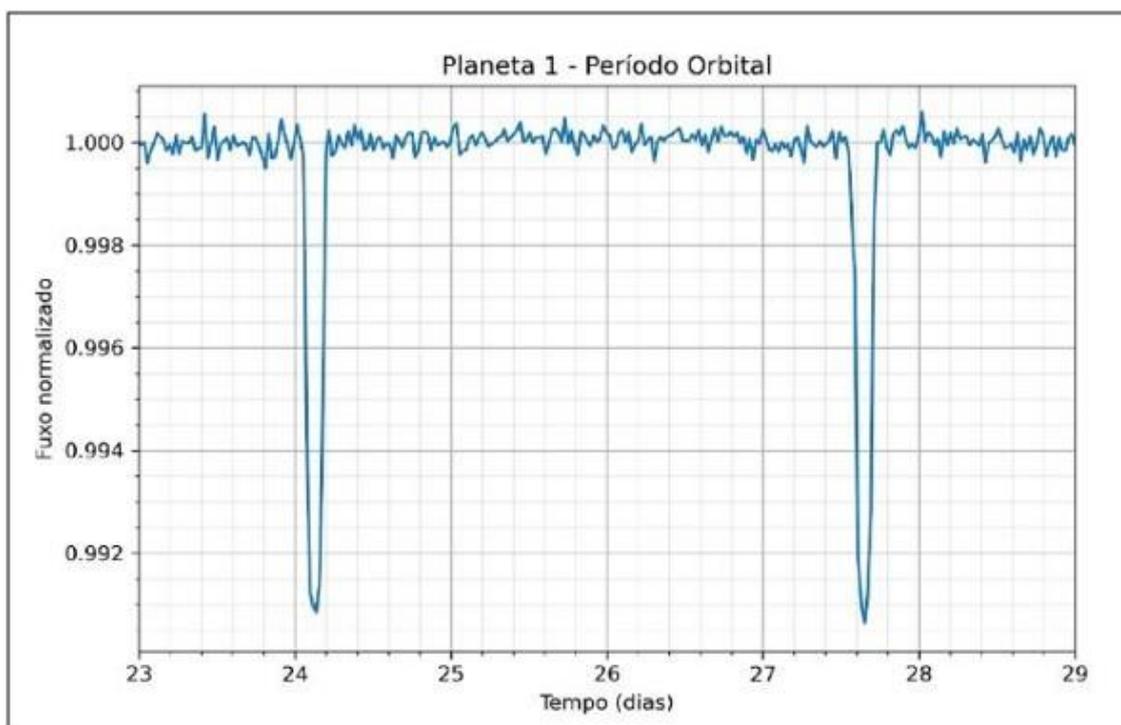
O *chatbot* disponibiliza três exoplanetas que foram detectados por missões espaciais. Após escolher um dos três exoplanetas, o *chatbot* exibirá na tela do *smartphone* algumas informações sobre a estrela hospedeira que serão importantes para determinar alguns parâmetros dos exoplanetas. Logo depois, iniciaremos nossa investigação determinando o período orbital e, para isso, deve-se clicar em /período.

5.3.1.3 Determinando os parâmetros do exoplaneta

5.3.1.3.1 Período orbital

Após clicar no link /período o *chatbot* exibirá o gráfico da curva de luz da estrela hospedeira em que o estudante determinará o período orbital do exoplaneta através de duas quedas consecutivas do brilho da estrela. Conforme mostra a Figura 20.

Figura 20: Curva de luz para determinar o período orbital.

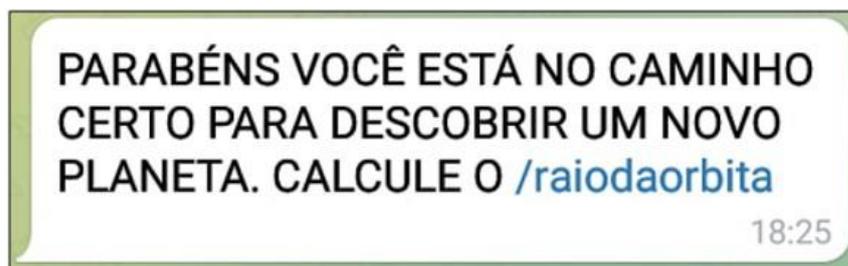


Fonte: Do autor.

O estudante deverá analisar o tempo entre as duas quedas de brilho e determinar o tempo em dias e, em seguida, digitar e enviar uma mensagem com o resultado encontrado conforme o exemplo descrito no *chatbot*. Caso o estudante tenha dúvidas

em como determinar o período orbital, ele poderá assistir o vídeo disponibilizado pelo *chatbot*. Se o resultado estiver incorreto, o *chatbot* irá solicitar que revise os cálculos, mas se estiver correto o usuário será encaminhado para determinar o próximo parâmetro, conforme a Figura 21.

Figura 21 – Mensagem para respostas corretas.



Fonte: Do autor.

5.3.1.3.2 Raio da órbita

Para determinar o raio da órbita do exoplaneta vamos utilizar o resultado encontrado para o período orbital e a terceira Lei de Kepler (EQUAÇÃO 22) (OLIVEIRA FILHO; SARAIVA, 2004).

$$T^2 = K \cdot a^3 \quad (22)$$

Fazendo a derivação da constante K obtemos $4 \cdot \pi^2 / G \cdot (M_* + m_p)$. Mas como a $M_* \gg m_p$, então podemos reduzir a constante K sendo $4 \cdot \pi^2 / G \cdot M_*$. Então, após a substituição em K e uma manipulação matemática, podemos reescrever a Equação 22 conforme representada na Equação 23 para determinação do raio da órbita.

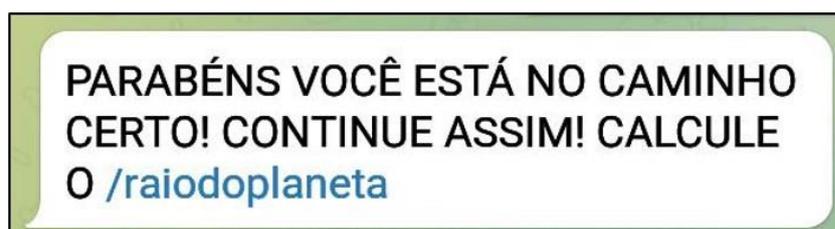
$$a = \sqrt[3]{\frac{G \cdot M_*}{4 \cdot \pi^2} \cdot T^2} \quad (23)$$

Sendo M_* a massa da estrela hospedeira e G a constante da gravitação universal com o valor aproximado de $6,67 \cdot 10^{-11} \text{ N} \cdot \text{m}^2 / \text{kg}^2$. Para aplicar os valores na Equação 23, é necessário que os valores sejam convertidos para unidades do Sistema Internacional (SI).

Para lembrar a terceira Lei de Kepler, o estudante poderá assistir um vídeo que está disponível no *chatbot*.

Após efetuar os cálculos, o estudante obterá o resultado em metros que deverá ser convertido para UA e, em seguida inserir o valor obtido, conforme orientado pelo *chatbot*. Se o valor estiver incorreto, você deverá revisar os cálculos. Mas, caso o valor estiver correto, o estudante será direcionado para o determinar o próximo parâmetro, conforme a Figura 22.

Figura 22 – Mensagem para respostas corretas.



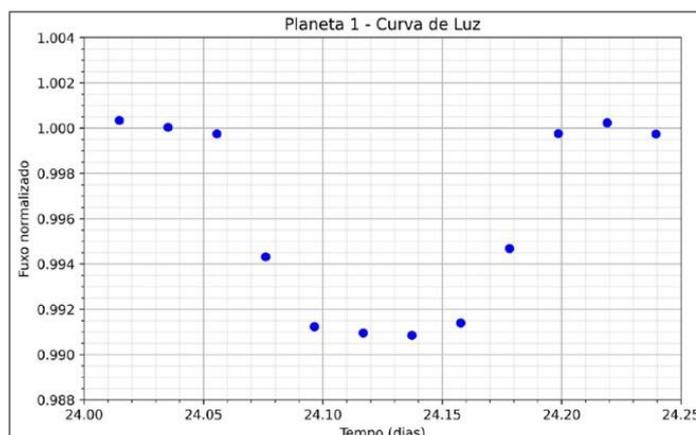
Fonte: Do autor

5.3.1.3.3 Raio do exoplaneta

O raio de exoplaneta pode ser obtido através da análise da curva de luz da estrelahospedeira. Isso é possível, pois quando um planeta se deslocar na frente do disco estelar ele bloqueia parte da radiação emitida pela estrela e o seu brilho é atenuado. Então através do monitoramento do brilho da estrela ao longo do tempo é possível observar esse pequeno decréscimo (SILVA; ROBERTO JÚNIOR; SILVA, 2020).

No *chatbot*, uma imagem semelhante a Figura 23 será exibida.

Figura 23 - Curva de luz da estrela hospedeira.



Fonte: Do autor.

A Figura 23 representa uma curva de luz da estrela hospedeira, a qual o estudante deverá identificar o decréscimo do fluxo (ΔF) e fluxo total (F) do brilho da estrela e aplicar os valores na Equação 24 para determinar o raio do exoplaneta (HASWELL, 2010).

$$R_p = R_* \cdot \sqrt{\frac{\Delta F}{F}} \quad (24)$$

Da Equação 24, R_p é o raio do exoplaneta e R_* é o raio da estrela. O R_* pode ser obtido através das informações importantes da estrela que foram disponibilizadas após escolher o exoplaneta a ser investigado. Em caso de dúvidas para determinar o valor do raio do exoplaneta R_p , o estudante poderá assistir o vídeo disponibilizado pelo *chatbot*.

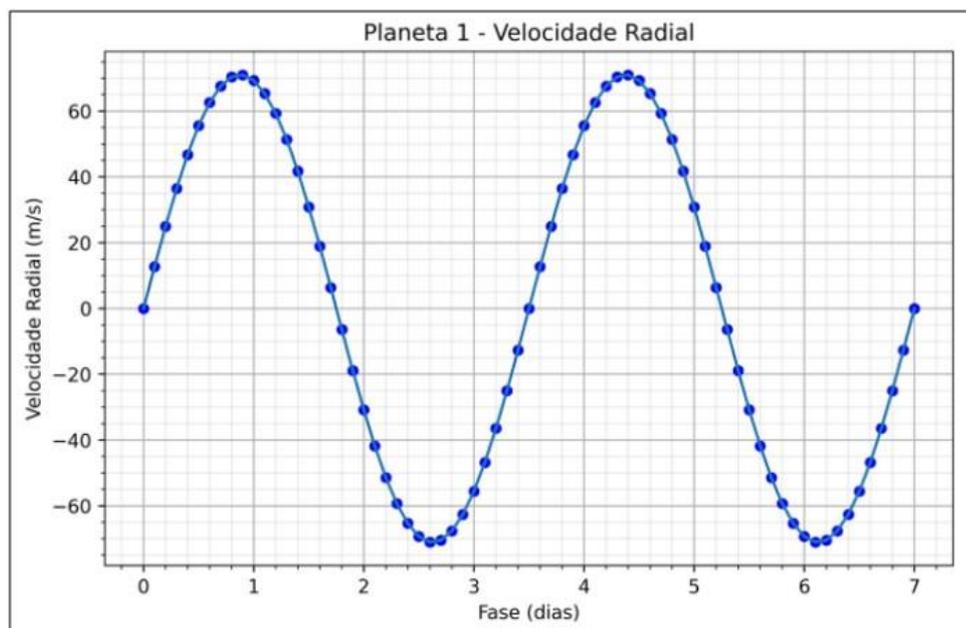
Para inserir o resultado, o estudante deverá seguir as orientações expressas no *chatbot* e converter o resultado encontrado para unidades de raio de Júpiter (R_J). Se o valor inserido estiver correto, o estudante será direcionado para calcular a massa do exoplaneta.

5.3.1.3.4 Massa do exoplaneta

Para determinar a massa do exoplaneta iremos analisar a curva de velocidade radial da estrela hospedeira em torno do centro de massa do sistema (Figura 24) que é obtida através do efeito Doppler da luz.

Para determinar este parâmetro, o *chatbot* disponibiliza a curva de velocidade radial da estrela hospedeira do exoplaneta 01, por se tratar de um sistema com apenas um exoplaneta. Para os demais exoplanetas, não foi possível confeccionar a curva de velocidade radial das estrelas hospedeiras por se tratar de sistemas com três exoplanetas. Portanto, as massas dos exoplanetas 02, 03 e 04 serão disponibilizadas pelo *chatbot*.

Figura 24 – Curva de VR da estrela hospedeira.



Fonte: Do autor.

O *chatbot* exibirá uma imagem semelhante à Figura 24 da qual teremos que identificar alguns parâmetros para aplicar na Equação 25 (KEETON, 2014). No caso, a massa da estrela (M_*) foi fornecida logo após ter escolhido o exoplaneta, o período (P) foi o primeiro parâmetro a ser determinado, a velocidade (v) pode ser obtida através da amplitude da curva de velocidade radial.

$$m_p = \left(\frac{M_* \cdot P}{2 \cdot \pi \cdot G} \right)^{1/3} \cdot v \quad (25)$$

Sendo assim, temos que:

- m_p é a massa do planeta;
- M_* é a massa da estrela;
- P é o período orbital do planeta;
- G é a constante gravitacional ($6,67 \cdot 10^{-11} \text{ N} \cdot \text{m}^2 / \text{kg}^2$);
- v é a velocidade da estrela hospedeira em torno do centro de massa do sistema;

Está disponível um vídeo no *chatbot* abordando velocidade radial caso o aluno queira saber mais sobre esta técnica.

Antes de inserir o resultado obtido, o valor deverá ser convertido para massa de Júpiter (M_J) e caso o resultado esteja correto, seguiremos para o próximo parâmetro

que é determinar o tipo do exoplaneta.

5.3.1.3.5 Tipo do exoplaneta

O tipo de cada exoplaneta é determinado pela sua composição e são classificados em rochosos ou gasosos. Para determinar o tipo do exoplaneta determinamos a sua densidade, utilizando a Equação 26 (FURLAN; HOWELL, 2017).

$$\rho = \frac{m_p}{V_p} \quad (26)$$

Portanto, m_p é a massa do planeta em gramas (g) e V_p é o volume do planeta em centímetros cúbicos (cm^3). O volume do exoplaneta pode ser obtido utilizando o valor do seu raio do exoplaneta e a Equação 27 que determina o volume de uma esfera (IEZZI *et al.*, 2002).

$$V_p = \frac{4}{3} \cdot \pi \cdot R_p^3 \quad (16)$$

Após realizar os cálculos, o estudante poderá inserir o resultado no *chatbot* em g/cm^3 . Se a resposta do aluno estiver correta, ele será direcionado para a próxima etapa onde terá que classificar o planeta em gasoso ou rochoso seguindo a seguinte descrição (ZURICH, 2016).

- Para $\rho \geq 3,0 g/cm^3$, os exoplanetas são classificados como **rochosos**;
- Para $\rho \sim 2,0 g/cm^3$, os exoplanetas são classificados como **rochosos** com uma quantidade substancial de gelo;
- Para $\rho \leq 2,0 g/cm^3$, os exoplanetas são classificados como **gasosos**;

Após identificar e classificar o tipo do planeta, o aluno deverá digitar a resposta conforme as orientações do *chatbot*. Depois de classificar os planetas em rochosos e gasosos, iremos determinar os limites da Zona Habitável.

5.3.1.3.6 Zona Habitável

A zona habitável é a região em torno da estrela, na qual a radiação emitida permitetemperaturas suficientes para que a água seja encontrada no estado líquido. Sendo assim, podemos definir o raio interno e o raio externo que são os limites periféricos da Zona Habitável. E para isso podemos utilizar as equações as Equações 28 e 29 (MORRIS, 2021):

Raio interno da Zona Habitável.

$$R_i = \sqrt{\frac{L_*}{1,1}} \quad (17)$$

E para o raio externo da ZH, temos:

$$R_e = \sqrt{\frac{L_*}{0,53}} \quad (18)$$

Em que L_* é a luminosidade absoluta da estrela.

Após efetuar os cálculos para o raio interno e externo, o aluno deverá digitar os resultados na ordem que serão solicitados pelo *chatbot*. Após digitar os resultados, o *chatbot* irá questionar o aluno se o exoplaneta está na Zona Habitável e, para isso o aluno deverá verificar o resultado obtido para o raio da órbita e analisar se o planeta está dentro dos limites periféricos da zona habitável. Após fazer esta análise, o aluno deverá inserir a sua resposta SIM ou NÃO conforme o exemplo: /ZHISim.

Se a resposta do aluno estiver correta, o *chatbot* irá disponibilizar um link do site da NASA apresentando o nome do exoplaneta investigado e uma simulação da sua Zona Habitável.

5.3.1.3.7 Resultado dos parâmetros

Na Tabela 2, apresentamos os valores aproximados para cada parâmetros.

Tabela 2 – Valores de referência a calculados para cada parâmetro.

Exoplaneta	P	a	R_p	m_p	ρ	R_i	R_e
Exoplaneta 1	3,50	0,048	1,42	0,5900	0,26	1,52	2,20
Exoplaneta 2	3,36	0,030	0,12	0,0049	4,97	0,14	0,20
Exoplaneta 3	5,66	0,030	0,21	0,0190	2,60	0,14	0,20
Exoplaneta 4	11,37	0,073	0,19	0,1500	2,72	0,14	0,20

Fonte: Do Autor.

Sendo assim, temos que:

- P é o período em dias.
- a é o raio da órbita em unidades astronômicas (UA).
- R_p é o raio do planeta em raios de Júpiter (R_J).
- m_p é a massa do planeta em massas de Júpiter (m_J).
- ρ_p é a densidade do planeta em g/cm^3 .
- R_i é o raio interno da Zona Habitável em unidades astronômicas (UA).
- R_e é o raio externo da Zona Habitável em unidades astronômicas (UA).

6 RESULTADOS

O tema do trabalho foi aplicado nas aulas de Física para turmas do segundo ano do EMTI com aproximadamente 35 alunos. O nosso objetivo foi investigar as contribuições do estudo dos exoplanetas com o *chatbot* Caçador de Exoplanetas na aprendizagem de alguns conceitos de física e astronomia, utilizando a dinâmica dos 3MP como metodologia de ensino. e para isso, é fundamental que as atividades desenvolvidas pelos estudantes sejam analisadas. Portanto, nesta vamos apresentar os resultados do 1º momento pedagógico, a problematização inicial, seguidos da análise do 2º e dos 3º momentos pedagógicos, organização do conhecimento e aplicação do conhecimento, respectivamente.

6.1 PROBLEMATIZAÇÃO INICIAL

Ao iniciar a primeira aula apresentamos uma série de reportagens que abordavam a descoberta de exoplanetas e, em seguida, fizemos uma série de perguntas relacionadas a exoplanetas e condições para a vida nestes objetos que serão assuntos estudados durante a UE. Os alunos estavam organizados em grupos para que os alunos pudessem dialogar sobre cada pergunta e, por isso, as respostas elaboradas de forma descritivas. A seguir, será apresentada a análise de cada resposta e, para isso redigimos as respostas em tabelas pelo fato de as letras estarem, em alguns casos, ilegíveis. Sendo assim, para preservar a integridade das respostas foi mantido a ortografia e gramática utilizadas pelos alunos nas respostas.

6.1.1 Análise das respostas da pergunta 01

Pergunta 01: O que são exoplanetas? E onde eles estão?

Para esta primeira pergunta, podemos observar que apenas a resposta do grupo G5 apresenta a definição correta para exoplanetas. As respostas apresentadas pelos grupos G1, G2, G4 e G6 não apresentam a correta definição para exoplanetas, no entanto os grupos associam a definição com a possibilidade da existência de vida nestes planetas. Esta dificuldade de elaborar uma definição está associada ao fato destes termos estarem distantes do cotidiano observável dos alunos, conforme apontado por Langhi e Nardi (2012).

Quadro 3: Resposta para a pergunta 01.

Grupo 01	São planetas que podem ter vida. Fora do Sistema Solar
Grupo 02	São planetas estudados pela NASA, com a pequena possibilidade de que existem vidas. Fora do sistema solar.
Grupo 03	São planetas, que orbitam um outro sistema, sem ser o sistema solar.
Grupo 04	São planetas que foram descobertos, e que podem ter chance de um dia ter vida humana. No universo
Grupo 05	São planetas que estão fora do Sistema Solar; Eles estão em órbita.
Grupo 06	Planetas recentemente descobertos, que possivelmente possam habitar seres vivos. No espaço

Fonte: Do autor.

Para a pergunta, "Onde eles estão?", não houve nenhuma resposta satisfatória, pois, obtemos nenhuma resposta objetiva, mas sim respostas com termos gerais, tais como universo e espaço. E, por fim, a resposta do grupo G3 foi apresentada de forma confusa pois não sabemos se a resposta menciona que o planeta está inserido em outro sistema ou se eles estão orbitando outro sistema planetário.

6.1.2 Análise das respostas da pergunta 02

Pergunta 02: Como os cientistas são capazes de descobrir exoplanetas? E como eles sabem que são exoplanetas?

Quadro 4: Respostas para a pergunta 02.

Grupo 01	Por via satélites e telescópios, por causa das características relacionadas com a terra.
Grupo 02	Através de satélites, através de graus de temperatura ideal para vida humana.
Grupo 03	Com a ajuda de satélites, sabem que são exoplanetas pois não estão no Sistema Solar.
Grupo 04	Através de satélites, telescópios e por estudos.
Grupo 05	através de satélites, não eles não conseguem descobrir se são exoplanetas.
Grupo 06	Por satélites, por hipóteses e estudos.

Fonte: Do autor.

Durante a apresentação das reportagens surgiu um questionamento em que um aluno perguntou onde ficam os telescópios espaciais e foi mencionado que ficam no espaço orbitando a Terra. Por este motivo, acreditamos que todas as respostas ressaltam que os exoplanetas podem ser descobertos através de satélites, pois são telescópios que ficam em órbita. Assim, é possível que as respostas foram elaboradas em torno deste questionamento, pois não mencionam outra possibilidade.

E como os cientistas sabem que são exoplanetas, destacamos a resposta do

Grupo 02. Onde mencionam que os exoplanetas são confirmados através da temperatura ideal para a vida. Pois esta não é uma condição para classificar um exoplaneta.

6.1.3 Análise das respostas da pergunta 03

Pergunta 03: Quando olhamos para o céu noturno é possível ver várias estrelas. Por que não é possível ver planetas orbitando estas estrelas? Justifique.

Quadro 5 – Respostas para a pergunta 03.

Grupo 01	Porque os planetas não tem luz própria.
Grupo 02	Porque não é possível ser visto a olho nu.
Grupo 03	Não conseguimos ver por conta da distância, da posição que estamos.
Grupo 04	Pois os planetas não são visíveis a olho nu.
Grupo 05	por que eles estão a muitos anos luz daqui, e por que as estrelas brilham mais do que os planetas.
Grupo 06	Por que não é possível vê-los a olho nu.

Fonte: Do autor.

Na análise desta pergunta, destacamos a resposta do Grupo 05, pois a resposta está de acordo com o motivo pelo qual não conseguimos ver os exoplanetas. No entanto, há um erro em que ao invés do aluno escrever luz, escreveu “luz”. As demais respostas são apresentadas ao fato dos alunos não poderem ver os planetas, sendo assim estão em consonância com o argumento apresentado por Chaves (2019) o qual é esperado que os alunos tenham concepções baseadas nos sentidos.

6.1.4 Análise das respostas da pergunta 04

Pergunta 04: Nas reportagens são apresentados corpos celestes que são parecidos com a Terra. Pensando nisso, quais características necessárias para que sejam parecidos com a Terra? E como fazemos para saber estas características?

Todas as respostas foram associadas com características que privilegiam a habitabilidade do planeta, pois são características vivenciadas e aguçadas pelos nossos sentidos, que mais uma vez está alinhada com o argumento de Chaves (2019) no qual concepções são elaboradas com base nos sentidos.

No entanto, entre as respostas apresentadas pelo Grupo 01, as características relacionadas ao tamanho e a composição do planeta (rochosos) estão de acordo com as características necessárias para comparar outros exoplanetas com a Terra.

Quadro 6: Respostas para a pergunta 04.

Grupo 01	Temperatura, água, atmosfera, sistema solar, tamanho, se é rochoso, um clima, (ex: não ter tempestade solar, furacão, clima tempestuoso, distância do Sol e do planeta.
Grupo 02	São temperatura, oxigênio, água, enviando mini foguetes.
Grupo 03	Condições parecidas, exemplo: temperatura, se há existência de água e atmosfera. Para descobrir estas características são necessários pesquisas por satélites
Grupo 04	Presença de água. Através de imagens de satélite.
Grupo 05	Identificar se no planeta há algum tipo de bactéria viva, mandando sondas e robos para estes planetas
Grupo 06	Observando se há água e substâncias químicas como o oxigênio, que são necessárias para a condição de vida além do clima e formato da Terra. Comparando as semelhanças.

Fonte: Do autor.

6.1.5 Análise das respostas da pergunta 05

Pergunta 05: Nas reportagens foram apresentados alguns planetas que podem ter vida. Faça uma discussão e apresente as condições necessárias para que exista vida?

Quadro 7 – Respostas para a pergunta 05.

Grupo 01	Água, oxigênio, atmosfera, solo fértil, ambiente adaptável.
Grupo 02	Água, oxigênio, temperatura correta.
Grupo 03	Água, temperatura, ter oxigênio.
Grupo 04	Água, solo fértil, distância boa do Sol e oxigênio
Grupo 05	ar, oxigênio, água e comida.
Grupo 06	se há água, substâncias químicas necessárias para condições de vida, oxigênio.

Fonte: Do autor

Nesta pergunta verificamos que todas as respostas foram elaboradas explorando as diversas condições que propiciam a vida aqui na Terra, assim podemos dizer que os conhecimentos científicos podem ser elaborados de acordo com o mundo dos próprios indivíduos (GEORGES NETO; ARTHURY, 2021).

6.1.6 Análise das respostas da pergunta 06

Pergunta 06: Em uma reportagem é apresentado um planeta que tem um ano de oito horas. Sendo assim, como podemos definir o período de um ano em um planeta?

Quadro 8 – Respostas para a pergunta 06.

Grupo 01	Pela distância do planeta ao Sol, cálculos e análises.
Grupo 02	Desmatamento, falta de água
Grupo 03	Medir a rotação de um planeta em torno da sua estrela
Grupo 04	Por que o ano é o tempo que o planeta gasta pra dar uma volta completa no Sol.
Grupo 05	por que ele demora 8 horas para girar em torno do sol, quanto mais perto do sol mais rapido ele gira
Grupo 06	por conta do movimento de rotação deste planeta, podemos definir através da rotação e translação da Terra que acontece em 365 dias.

Fonte: Do autor.

A Terra necessita de 365 dias e 6 horas para dar uma volta em torno do Sol, ou seja, um ano. Então, “...é o tempo que o planeta gasta pra dar uma volta completa no Sol.” Esta resposta elaborada pelo Grupo 04 foi a única elaborada corretamente. Desta forma é possível certificar que os alunos fazem a relação de ano apenas com o calendário e não associam este período ao movimento da Terra em torno do Sol.

Além desta resposta, destacamos que alguns grupos não apresentaram conhecimento sobre os movimentos de rotação e translação, onde apresentaram equívocos ao citarem estes movimentos. Neste sentido, Boczko (1998) e Tignanelli (1998) mencionam que a falta de cuidados com algumas terminologias utilizadas nos textos, como giro, rotação e revolução ou translação são, muitas vezes, empregadas sem distinção, podendo comprometer o ensino e aprendizagem em astronomia.

6.1.7 Análise das respostas da pergunta 07

Pergunta 07: Qual é a importância de estudar os exoplanetas?

Quadro 9 – Respostas para a pergunta 07.

Grupo 01	Por que a descoberta de um novo planeta é essencial para a colonização humana
Grupo 02	Para que possa aver novas vidas e novos mundos
Grupo 03	Para saber se há vidas em outras galáxias
Grupo 04	Para que futuramente esse planeta possa ser uma segunda casa para nós.
Grupo 05	para saber se existe vida nos planetas e se poderam ser habitados
Grupo 06	Para conhecimentos gerais

Fonte: Do autor.

Esta é uma questão bastante indagada quando o tema está relacionado como pesquisas voltadas para o cosmo. Pois algumas pessoas sempre argumentam:

“Há várias coisas para estudar aqui na Terra, porque devemos estudar o espaço?”; sendo assim apresentamos este questionamento aos alunos na temática dos exoplanetas.

Apesar dos estudos sobre os exoplanetas não estarem conectados diretamente a sociedade, eles contribuem para compreendermos como os planetas são formados e como evoluem, e pode nos dar a possibilidade de responder uma das questões mais instigantes da humanidade: “estamos sozinhos no universo?” Neste sentido, enfatizamos as respostas do Grupo 03 e 05, em que mencionam a existência de vida em outros planetas. Já a resposta do Grupo 04 argumenta que a importância de estudar os exoplanetas está relacionada com uma possível colonização no futuro.

Isso demonstra que o aluno não relaciona e não conhece as dificuldades de uma viagem interestelar e, segundo Costa Júnior e Jammal (2018) esta concepção está associada a falta de apropriação de um conhecimento científico que ainda não foi transmitido ao aluno.

6.1.8 Análise das respostas do desafio investigativo

Desafio investigativo: Ao final, ao invés de uma pergunta solicitamos aos alunos que apresentassem um argumento perante a um desafio investigativo, conforme apresentado a seguir:

“Foi cogitado a possibilidade da existência de um novo exoplaneta que está orbitando uma estrela longe da Terra e sua equipe foi indicada como responsável para fazer esta verificação. Elabore uma estratégia apresentando uma proposta de como vocês fariam para verificação e quais os possíveis indicativos para a existência de vida.”

A maioria das respostas obtidas, podemos observar que, para os alunos, ainda é necessário ir até ao planeta para estudá-lo. Isso demonstra que os alunos não reconhecem que as leis físicas nos dão a possibilidade de estudar os exoplanetas aqui na Terra. No Quadro 9 apresentamos a resposta do Grupo 04, na qual apresentam, inicialmente, um argumento válido, mas logo depois mencionam o envio de um astronauta ao planeta para estudá-lo.

Quadro 10 - Resposta para o grupo investigativo.

Resposta do Grupo 04
Utilizar equipamentos próprios para analisar o planeta, através de imagens do satélite. Fazer pesquisas, testes e quando tiver retorno de algum modo do planeta, mandamos um foguete com um astronauta para analisar de perto o planeta.

Fonte: Do autor.

Assim, Costa Júnior e Jammal (2018) argumentam que os indivíduos procuram atribuir significados às situações e desenvolvem uma série de representações sobre a realidade. Sendo assim, os alunos chegam à escola com uma bagagem prévia dos conhecimentos originadas das experiências cotidianas, no entanto, até mesmo após receber uma instrução formal, os alunos podem apresentar noções incompatíveis com conceitos científicos. Sendo assim, conforme citado por Paganotti et al., (2021), devemos trabalhar os conceitos errôneos carregados pelos alunos.

É necessário saber quais conceitos o estudante já possui, verificar se tais conceitos não possuem erros e a partir dessa análise adequar as metodologias de ensino. (PAGANOTTI et al., 2021, p. 59)

Neste sentido, a partir da nossa análise do primeiro momento pedagógico elaboramos uma sequência didática a qual estruturamos o segundo momento pedagógico com os conceitos científicos envolvendo os exoplanetas. No terceiro momento, a aplicação do conhecimento, foi utilizado o produto educacional desenvolvido neste trabalho, o *chatbot* Caçador de Exoplanetas.

6.2 ORGANIZAÇÃO DO CONHECIMENTO

As aulas relacionadas aos temas que estruturam a organização do conhecimento compreendem o segundo momento pedagógico e foram aplicadas no 4º bimestre do ano de 2022. Os temas foram definidos embasando os conceitos necessários para compreender a detecção de exoplanetas. Para aplicar os dois temas foram utilizadas quatro aulas, sendo duas para cada tema. Este tempo foi necessário porque a escola não dispõe de uma estrutura pronta para a apresentação de *slides* e foi necessário utilizar parte do tempo da aula para a montagem de equipamentos. Mas, em uma escola que dispõe desta estrutura é possível abordar estes temas em até três aulas.

6.2.1 Análise do Tema 01

Nesta aula introduzimos conceitos sobre sistema planetários em que abordamos sobre a sua formação. Sendo assim, foi apresentado a definição de planetas e exoplanetas e alguns sistemas planetários similares ao SS. Apesar da mídia sempre apresentar reportagens sobre a descoberta de exoplanetas, alguns alunos relataram que não conheciam ou nunca tiveram contato com o termo exoplaneta.

Apesar da reclassificação de Plutão ter sido bastante explorada pelos veículos de divulgação científica (HELERBROCK, 201-?), ainda assim surgiram questionamentos sobre a reclassificação de Plutão pois alguns desconheciam o fato de Plutão já ter sido considerado um planeta. Outros sabiam da reclassificação de Plutão, mas não tinham conhecimento dos critérios que levaram a esta nova classificação. Segundo Albuquerque e Leite (2016), os estudantes tiveram a oportunidade de acompanhar as alterações nos livros didáticos que transitavam entre as concepções antigas sobre o planeta e as novas imagens provindas da recente categorização, propondo a mudança da classificação de Plutão como um potencial tema problematizador para se discutir a natureza da ciência. Para Chalmers (1994) e Cachapuz *et al.*, (2005), o entendimento do saber científico pode colaborar com a formação de cidadãos capazes compreender e avaliar as tomadas de envolvimento e aplicação do conhecimento e ainda ressaltam que estas tomadas de decisões vão além de questões relacionadas à ciência. Como exemplo, Chalmers (1994) apresentam que:

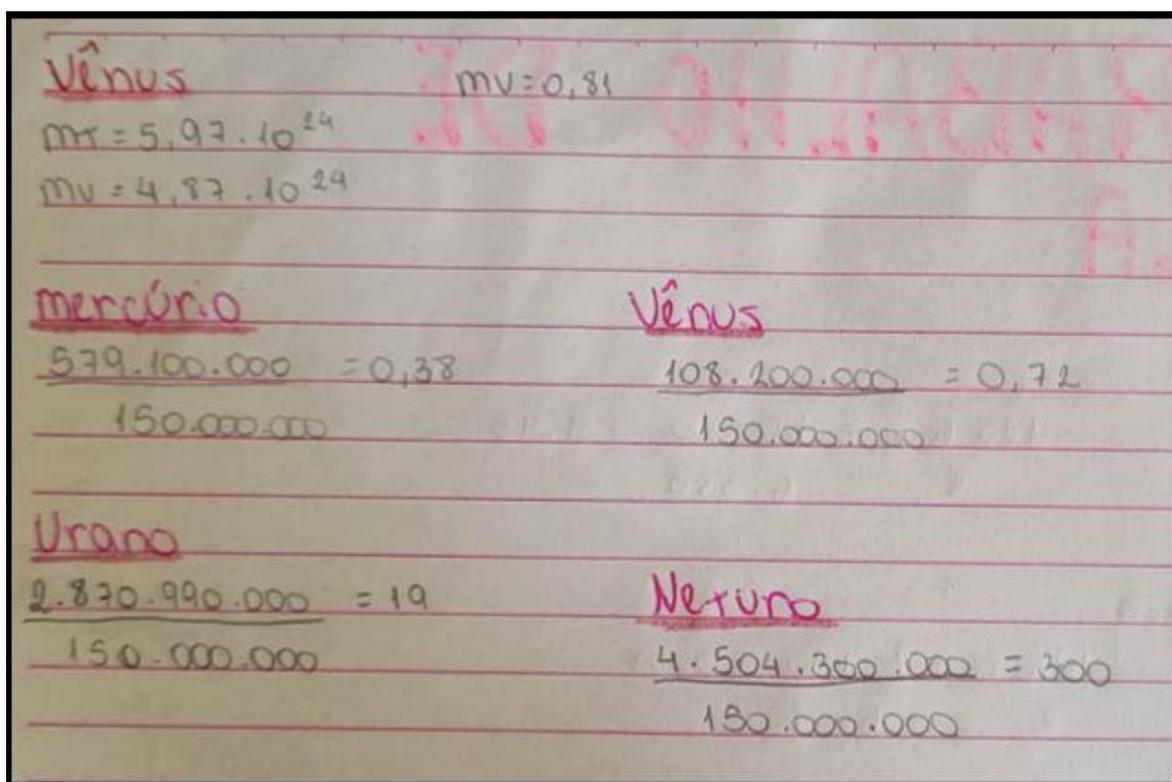
Tais decisões podem estar relacionadas, por exemplo, à conveniência e segurança das diversas intervenções tecnológicas, mecânicas e ambientais no mundo, ou aos efeitos adversos que a ciência possibilita, como danos ao meio ambiente ou até a aniquilação nuclear. (CHALMERS, 1994)

Neste sentido, destacamos a importância de resgatar a (re)classificação científica, pois com a abordagem envolvendo Plutão demonstramos, através das dúvidas dos alunos e literatura, que este saber científico poderá colaborar com a sua formação como cidadão.

No último tópico desta aula apresentamos a UA em que os alunos revelaram que não tinham conhecimento desta unidade de medida, demonstrando que muitas vezes as unidades criadas para o campo da astronomia não são sequer conhecidas, ou até mesmo, confundidas como ocorre com o ano-luz, conforme

mencionado por Heilmann *et al.*, (2011). Então, apresentamos a definição de UA e como é utilizada para determinar as dimensões de sistemas planetários. Para que os alunos pudessem compreender esta unidade foi utilizado o simulador *Solar System Exploration*. Após esta demonstração, os alunos foram orientados a usar a Equação 21 e a Tabela 3 para converter as distâncias dos planetas ao Sol que estão *km* para UA.

Fotografia 1 – Cálculos realizados pelos alunos convertendo *km* para UA.



Fonte: Do autor.

A Fotografia 1 corresponde aos cálculos realizados pelos alunos e mesmo sendo cálculos simples que relacionam matemática básica como operações de divisão, alguns alunos apresentaram dificuldades para compreender tais cálculos que relacionam uma proporcionalidade. Sendo assim, foi necessário a intervenção do professor apresentando alguns exemplos para contextualizar os resultados obtidos.

6.2.2 Análise do Tema 02

Sempre que iniciamos um novo conteúdo em sala de aula, alguns alunos perguntam "Onde usaremos isso?". Neste sentido, este tema foi elaborado para apresentar uma das possíveis aplicações da Física que é lecionada em sala de aula.

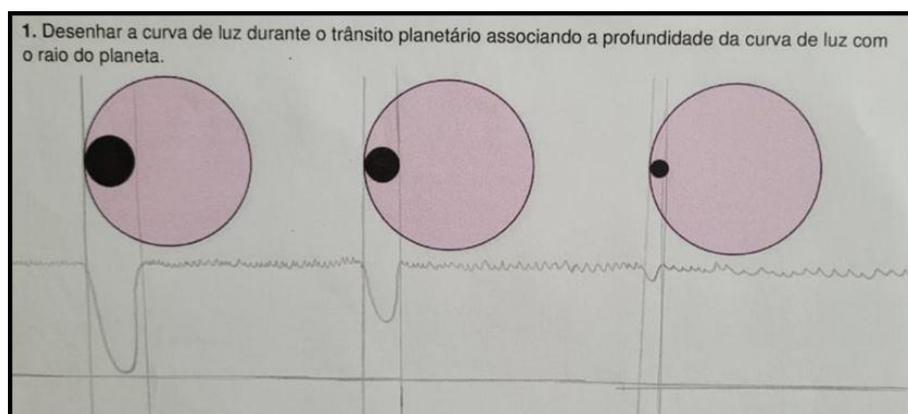
Além disso, apresentamos técnicas que foram implementadas para a detecção de exoplanetas e, entre elas, priorizamos a técnica de trânsito planetário e velocidade radial. Além das técnicas foram abordadas a densidade planetária para determinar o tipo do planeta e os conceitos de zona habitável.

Então, iniciamos a aula apresentando e explicando o que seria um trânsito planetário e suas respectivas equações para determinar o raio do planeta e com dois trânsitos subsequentes podemos determinar o período orbital de um planeta. Para iniciar os conceitos de velocidade radial salientamos que esta técnica possibilita a determinação da massa nos objetos e, assim foi revisado o efeito Doppler para explicar o deslocamento das faixas do espectro e, em seguida, mostramos a curva de velocidade radial e as aproximações necessárias para o desenvolvimento deste trabalho.

Logo depois apresentamos as características de planetas e como calcular a densidade planetária para que os planetas sejam classificados como gasosos ou rochosos. E, por fim, apresentamos a definição de zona habitável demonstrando suas características e exemplos de sistemas que possuem planetas dentro dos limites da zona habitável da estrela hospedeira.

Para finalizar esta aula, os alunos realizaram algumas tarefas que ilustram o trânsito planetário e a determinação do período orbital. Sendo assim, iremos analisar os resultados de algumas destas atividades.

Fotografia 2: Curva de luz desenhada pelos alunos do grupo 03.

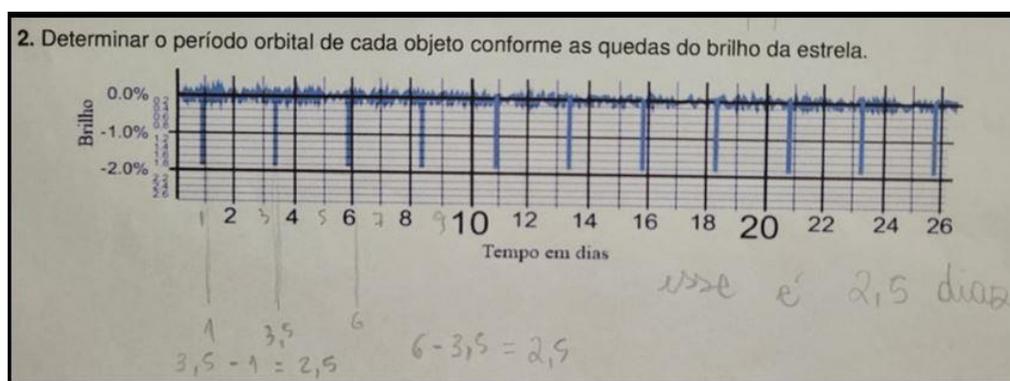


Fonte: Do autor.

Na Fotografia 02 está representada uma curva de luz desenhada pelos alunos do grupo 03. Podemos observar que a profundidade da curva de luz que representa a queda do brilho da estrela está em concordância com o tamanho do planeta em

conformidade com a menção de Ribeiro e Nunes (1997) em que a identificação exige do alunoum conhecimento da estrutura conceitual e à medida que isso acontece, é possível diferenciá-lo. Então, podemos dizer que os alunos conseguiram diferenciar e fazer a relação de quanto maior o planeta maior será a quantidade de luz bloqueada. No entanto, os alunos representaram o trânsito somente onde está o planeta, apesar do professor ter ressaltado o fato do planeta estar em movimento acreditamos que os alunos tenham entendido que a representação era para ser feita apenas onde está o planeta. Sendo assim, estas possibilidades de interpretação poderiam ter sido evitadas com uma seta indicando o movimento do planeta.

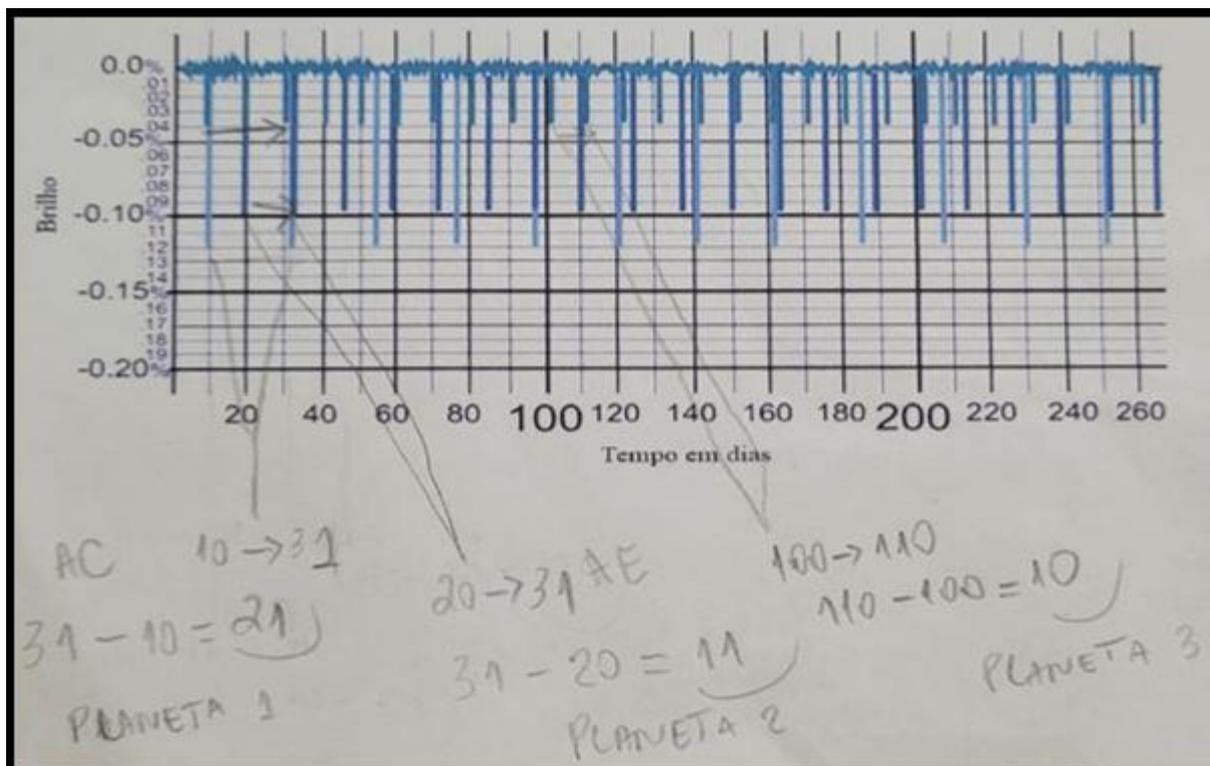
Fotografia 3: Período orbital estimado pelos alunos do grupo 03.



Fonte: Do autor.

Nesta atividade os alunos estimaram o período orbital dos planetas. A Fotografia 3 representa a curva de luz de uma estrela que possui um exoplaneta detectado e com esta atividade certificamos que os alunos do grupo 03 compreenderam a curva de luzem que cada queda do brilho da estrela representa a passagem do exoplaneta na frente da estrela. Com o intuito de explorar a percepção dos alunos apresentamos uma curvade luz de uma estrela hospedeira, Fotografia 4, que apresenta três exoplanetas detectados, mesmo assim os alunos identificaram cada planeta e estimaram seus respectivos períodos orbitais, o que nos demonstra um claro entendimento fazendo referência da queda de brilho com o trânsito planetário, indo de encontro com o argumento de Leite e Almeida (2001) que ressalta quão é importante ter o conhecimento dos conceitos científicos assim como a importância da linguagem científica para falar de ciência e ter uma interpretação crítica dos textos científicos.

Fotografia 4: Período orbital estimado pelos alunos do grupo 03.



Fonte: Do autor.

6.3 APLICAÇÃO DO CONHECIMENTO

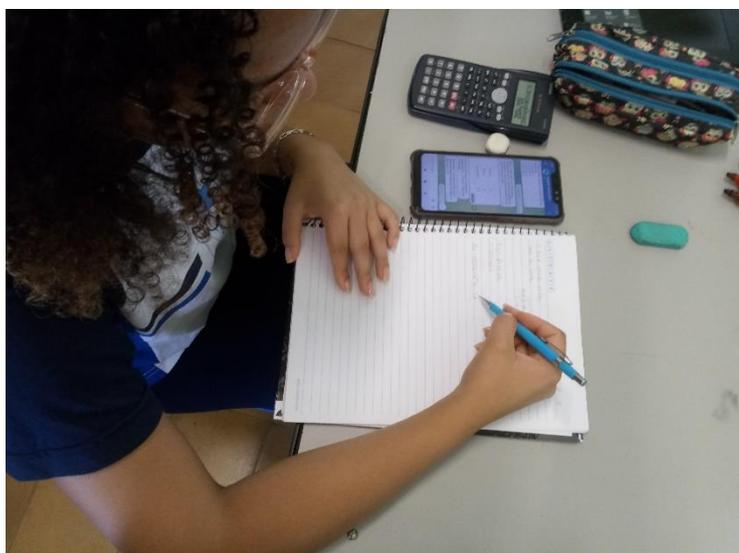
O terceiro momento pedagógico foi aplicado no 4º bimestre escolar de 2022 para alunos que frequentam o 2º ano. Na aplicação do produto apresentado neste trabalho ocorreu algumas adversidades que dificultaram e teve algumas ocasiões que impossibilitaram a aplicação. O primeiro impasse que deparamos foi a indisponibilidade da internet na escola e com isso foi necessário que o professor compartilhasse a própria internet com os alunos e desta forma o número de alunos conectados foi limitado. Outro impasse que dificultou a aplicação foi o fato de estar ocorrendo alguns eventos na escola coincidindo os horários das aulas com os eventos.

Mesmo assim, na primeira tentativa de aplicação os alunos formaram grupos e apenas um dos integrantes estava com acesso à internet. Os grupos foram orientados para que eles iniciassem o *chatbot* e escolhessem um exoplaneta. Foi solicitado aos alunos que acessassem o vídeo para determinar o período do orbital do exoplaneta. Para averiguar se os alunos compreenderam que a queda do brilho da estrela era

referente a passagem do planeta à frente da estrela, foi necessário a intervenção do professor com alguns questionamentos. Mesmo assim, apenas alguns alunos conseguiram relacionar a queda do brilho à passagem do planeta na frente da estrela. Ainda assim, após o auxílio do professor eles determinaram o valor para o período orbital. Apenas para este parâmetro foi necessária uma aula.

Dando seguimento aos parâmetros do exoplaneta, por três aulas consecutivas não foi possível retomar o *chatbot*, pois as aulas coincidiram com os eventos da escola e com a ausência de diversos alunos. Após estes incidentes e visto que durante os cálculos alguns alunos ficavam dispersos, fizemos a opção de aplicar o *chatbot* para duas alunas em um horário alternativo fora do horário das aulas. As alunas foram orientadas a reiniciar o *chatbot* e escolher um dos exoplanetas disponíveis. Para cada etapa do *chatbot* solicitamos que assistissem o vídeo de apoio antes de realizarem os cálculos necessários para a determinação de cada parâmetro.

Fotografia 5 - Aluna usando o *chatbot* na aplicação do conhecimento.



Fonte: Do autor.

Durante a utilização do *chatbot* as alunas tiveram dificuldades para determinar alguns parâmetros. No entanto, estas dificuldades estavam relacionadas com o desenvolvimento dos cálculos por envolverem números grandes os quais as alunas não estavam habituadas. Na Fotografia 6 apresenta-se os cálculos feitos pelas alunas para determinar o raio e a massa do exoplaneta.

Fotografia 6 – Cálculos realizados pelas alunas durante o uso do *chatbot*.

a)

MASSA: $v = 70 \text{ m/s}$

$$m_p = \sqrt[3]{\frac{M^2 \cdot T}{2 \cdot \pi \cdot G}} \cdot v$$

$$m_p = \sqrt[3]{\frac{(2,386704 \times 10^{30})^2 \cdot 302400}{2 \cdot \pi \cdot 6,67 \times 10^{-11}}} \cdot 70$$

$$m_p = \sqrt[3]{\frac{1,722578049 \times 10^{64}}{4,1908846 \times 10^{-10}}} \cdot 70$$

$$m_p = \sqrt[3]{4,330297022 \times 10^{75}} \cdot 70$$

$$m_p = 1,60185943 \times 10^{25} \cdot 70$$

$$m_p = 1,121301601 \times 10^{27} \text{ (30)}$$

$$M_J = \frac{1,121301601 \times 10^{27}}{1,99 \times 10^{27}}$$

$$M_J = 0,59$$

b)

$$5 \text{ dias} + 3 \cdot 4,2 = 19,4$$

$$0,6 + 5 = 5,6 + \text{período}$$

$$M(a) = 0,39 \cdot 1,989 \cdot 10^{30} = 777567210^{29}$$

$$5,6 \cdot 60 \cdot 60 = 483.840 \text{ segundos}$$

$$a = \sqrt[3]{\frac{6,67 \cdot 10^{-11} \cdot 7756722 \cdot 10^{29} \cdot (483.840)^2}{4 \cdot 3,14^2}}$$

$$a = \sqrt[3]{\frac{6,67 \cdot 10^{-11} \cdot 7756722 \cdot 10^{29} \cdot 233911200 \cdot 10^8}{39,4784176}}$$

$$a = \sqrt[3]{\frac{1,231103337 \cdot 10^{27}}{39,4784176}}$$

$$a = \sqrt[3]{3,133619486 \cdot 10^{24}}$$

$$a = 6792277983$$

Fonte: Do autor

Legenda: a) Cálculos realizados pela aluna A.

b) Cálculos realizados pela aluna B.

Segundo Vitti e D'ambrósio (1996) estas dificuldades em matemática são carregadas pelos alunos desde as séries iniciais e ressaltam que não é um fato novo e isso faz com que as dificuldades fiquem atenuadas nas séries subsequentes onde o conhecimento se torna mais complexo. E, segundo Loss (2016), a matemática só faz sentido aos alunos se ela estiver contextualizada a outros conteúdos. Neste sentido, averiguamos uma contribuição do *chatbot* Caçador de Exoplanetas para o ensino de matemática conectando a astronomia a outra disciplina além da Física.

Para determinar o período orbital as alunas não encontraram dificuldades, pois usaram uma régua e realizaram uma proporcionalidade para que pudessem encontrar os resultados. Ao realizarem o cálculo do raio planetário, as alunas identificaram corretamente o ponto mínimo do gráfico de trânsito planetário e, em seguida converteram o resultado em raios de Júpiter, conforme apresentado nos cálculos da Fotografia 7.

Fotografia 7 – Resultado calculado para o raio planetário

Handwritten calculations for the planet radius (R_p):

$$R_p = R_{\text{ref}} \cdot \sqrt{\frac{\Delta F}{F}}$$

$$R_p = 264.609.200 \cdot \sqrt{\frac{1 - 0,996}{1}}$$

$$R_p = 264.609.200 \cdot \sqrt{0,004}$$

$$R_p = 264.609.200 \cdot 0,063$$

$$R_p = 16.670.379,6$$

$$R_p = \frac{16.670.379,6}{69.911.000}$$

$$R_p = 0,2384519539915$$

Fonte: Do autor.

Na Fotografia 8 apresentamos os resultados para a densidade e limites da ZH. Para interpretação destes resultados, as alunas foram capazes de identificar se o exoplaneta é gasoso ou rochoso. No entanto, apenas uma delas foi capaz de relacionar os limites da ZH com o raio da órbita afirmando corretamente que o exoplaneta não está na ZH. Por outro lado, uma das alunas não fez esta relação condizendo com Inocêncio e Midões (2021) que ressaltam sobre a dificuldade do aluno de construir um conhecimento a partir de algo desconhecido e neste caso são necessárias analogias que conduzem ao processo de criação de um modelo, podendo ser expressas de diferentes formas de representações. Diante disso, orientamos a aluna a assistir o vídeo disponível no *chatbot*. Após assistir o vídeo, a aluna retornou ao resultado do raio da órbita e certificou que o plano não estava nos limites da ZH.

Fotografia 8 – Cálculos realizados pelas alunas.

a)

$$\rho = \frac{M_p}{V_p}$$

$$\rho = \frac{1,12430501 \times 10^{23}}{4,07559711 \times 10^{20}}$$

$$\rho = 0,2758126337$$

$$V_p = \frac{4}{3} \cdot \pi \cdot R_p^3$$

$$V_p = \frac{4}{3} \cdot \pi \cdot 9909091916$$

$$V_p = \frac{4}{3} \cdot \pi \cdot 9,729747519 \times 10^{23}$$

$$V_p = 3,222696133 \times 10^{24}$$

$$V_p = 4,07559711 \times 10^{20}$$

+ ZONA HABITÁVEL

b)

$$R_i = \sqrt{\frac{L_x}{g_i}}$$

$$R_i = \sqrt{\frac{2,56}{0,5}}$$

$$R_i = \sqrt{2,3272}$$

$$R_i = 1,52$$

$$R_e = \sqrt{\frac{L_x}{g_e}}$$

$$R_e = \sqrt{\frac{2,56}{0,53}}$$

$$R_e = \sqrt{4,8303}$$

$$R_e = 2,19$$

Fonte – Do autor.

Legenda: a) Cálculos para a densidade planetária.

b) Cálculo para os limites da ZH.

Após determinar todos os parâmetros o chatbot apresenta uma mensagem final com os valores calculados pelos alunos. A Figura ??? os valores calculados pelas alunas.

Figura 25 - Mensagem final do *chatbot* com os resultados que foram calculados.

<p>Parabéns , você trabalhou bem, analisou com cuidado os dados e fez as seguintes descobertas sobre o exoplaneta 1:</p> <p>Período = 3.5 dias Raio da órbita = 0.048 UA Raio = 1.4 R_j Massa = 0.59 M_j Densidade = 0.27 g/cm³ Tipo de planeta = Gasoso Zona abitável = Entre 1.52 a 2.19 UA de distância da estrela hospedeira</p> <p>ENCAMINHE ESSA MENSAGEM PARA SEU PROFESSOR OU GRUPO DE ESTUDOS, PARA CONFERIREM COMO VOCÊ INVESTIGOU UM EXOPLANETA! 🤓 3:38 PM</p>	<p>Parabéns , você trabalhou bem, analisou com cuidado os dados e fez as seguintes descobertas sobre o exoplaneta 3:</p> <p>Período = 5.6 dias Raio da órbita = 0.03 UA Raio = 0.21 R_j Massa = 0.0194 M_j Densidade = 2.5 g/cm³ Tipo de planeta = Gasoso Zona abitável = Entre 0.13 a 0.19 UA de distância da estrela hospedeira</p> <p>ENCAMINHE ESSA MENSAGEM PARA SEU PROFESSOR OU GRUPO DE ESTUDOS, PARA CONFERIREM COMO VOCÊ INVESTIGOU UM EXOPLANETA! 🤓 16:22</p>
--	---

Fonte: Do autor.

Diante dos resultados apresentados percebemos que a astronomia não é tratada com ênfase na escola básica e temas atuais conforme este apresentado neste trabalho não são abordados. Sendo assim, os resultados mostraram que o uso dos 3MP foram importantes para a organização e elaboração da unidade de ensino permitindo que o conhecimento fosse tratado gradualmente conforme apresentado.

7 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Neste trabalho nós desenvolvemos um *chatbot* para o ensino de astronomia e uma unidade de ensino, aplicada nas aulas de Física nas turmas de 2º ano do ensino médio de uma escola pública de Minas Gerais. A unidade de ensino foi ministrada usando outros momentos pedagógicos como referencial teórico. O primeiro e o segundo momento pedagógico foram aplicados para 35 alunos. Mas devido a eventos que ocorreram na escola, o terceiro momento pedagógico, usando o *Caçador de Exoplanetas*, foi aplicado apenas a duas alunas que estavam presentes no primeiro e segundo momento pedagógico.

No 1º momento pedagógico os estudantes puderam refletir sobre seus conhecimentos prévios e concepções alternativas sobre o tema. No 2º momento, eles estudaram como alguns conteúdos da Física, que até então eram trabalhados usando somente lápis e papel, e sem a interação com um dispositivo móvel, são utilizados para estudar os exoplanetas. Com o *chatbot* eles puderam aprender como os conceitos físicos são utilizados na pesquisa em astronomia, e como os recursos tecnológicos podem facilitar a socialização das descobertas científicas.

Durante a aplicação do terceiro momento, as estudantes apresentaram algumas dificuldades para realizar alguns cálculos e interpretar números com muitos algarismos. Neste sentido, conforme apresentado nos resultados, o *chatbot* foi um aliado e colaborador para sanar dificuldades básicas de matemática, além de seu papel na investigação sobre a detecção de exoplanetas.

A partir dos resultados entendemos que o *Caçador de Exoplanetas* pode ser utilizado para inovar as aulas de Física, com a inserção da astronomia no ensino, através de um tema que sempre surpreende e instiga o conhecimento e a curiosidade dos alunos, os exoplanetas.

Por fim, durante a análise dos resultados observamos que são necessárias algumas melhorias no *chatbot*. Por isso, a meta futura é finalizar a nova versão do *Caçador de Exoplanetas*, com fases que possuem níveis diferentes de aprofundamento. Agora serão três níveis de usabilidade: fácil, intermediário e avançado. No nível fácil serão perguntas de múltipla escolha. No nível intermediário todas as constantes envolvidas nos cálculos serão simplificadas. Já no modo avançado, todos os cálculos, constantes e transformações de unidades terão que ser desenvolvidas pelo usuário, como na primeira versão. Dessa forma, entendemos que o *chatbot* poderá ser utilizado em

diferentes níveis de ensino.

REFERÊNCIAS

- ALBUQUERQUE, V. N. de.; LEITE, C. O caso Plutão e a natureza da ciência. **Revista Latino-Americana de Educação em Astronomia**, São Paulo, v. 21, n. 4, p. 514–523, 1999.
- AMORIM, R. G. G; SANTOS, W. C. dos. Determinação da massa e dados orbitais de exoplanetas pelo método Doppler. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v. 39, n. 1, p. 1–12, 2016.
- ANGOTTI, J. A. P. **Solução alternativa para a formação de professores de ciências-um projeto educacional desenvolvido na Guiné-Bissau**. 1982. 189f. Dissertação (Mestrado em Educação) - Universidade de São Paulo, São Paulo, 1982.
- ARAÚJO, L. B. de. **Os três momentos pedagógicos como estruturantes de currículos**. 2015. 150f. Dissertação (Mestrado em Educação em Ciências) - Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2015.
- BARROSO, R. R.; OLIVEIRA, A. L. de; JESUS, V. L. de. Simulação da detecção de exoplanetas pelo método de trânsito utilizando o pêndulo cônico e o smartphone. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, São Paulo, v. 42, n. 1, p. 1–6, 1999.
- BERNARDES, A. O.; ALVES, B. T. Novas tecnologias no ensino de astronomia: utilizando recursos midiáticos no estudo das constelações. *In*: CONGRESSO INTERNACIONAL DE LINGUAGEM E TECNOLOGIA ONLINE, 13., 2021, [S.I.]. **Anais [...]**. [S.I.]: CILTec - Online, 2021. p. 1-7. Disponível em: <https://ciltec.anais.nasnuv.com.br/index.php/CILTecOnline/article/view/922>. Acesso em: 02 fev. 2022.
- BOCZKO, R. Erros comumente encontrados nos livros didáticos do ensino fundamental. **Revista Educação e Cultura**, São Paulo, v. 3, p. 29–34, 1998.
- BONFIM, D. D. S.; COSTA, P. C. F.; NASCIMENTO, W. J. do. A abordagem dos três momentos pedagógicos no estudo da velocidade escalar média. **Experiências em Ensino de Ciências**, Cuiabá, v. 13, n. 1, p. 187–197, 2018.
- BONJORNO, J. R. *et al.* **Física: termologia, óptica e ondulatória**. São Paulo: FTD, 2013.
- BORGES, R.; CORRÊA, H. A física do olho humano, uma abordagem dos três momentos pedagógicos com uso de recursos sensitivos. **Ciências em Foco**, Campinas, v. 10, n. 1, p.3-12, 2017.
- BRASIL. Ministério da Educação. **Base Nacional Comum Curricular**. Brasília, 2018.
- BRETONES, P. S. **Disciplinas introdutórias e Astronomia nos cursos superiores do Brasil**. 1999. 187f. Dissertação (Mestrado em Geociências) - Universidade de Campinas, Campinas, 1999.

BROCKINGTON, G. Neurociência e Ensino de Física: limites e possibilidades em um campo inexplorado. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, São Paulo, v. 43, n.1, p.1-20, 2021.

CACHAPUZ, A. *et al.* **A necessária renovação no ensino de ciências**. São Paulo: Cortez, 2005.

CANIATO, R. **Um projeto brasileiro para o ensino de física**. 1973. 573f. Tese (Doutorado em Ciências) - Universidade Estadual Paulista, Rio Claro, 1973.

CASTRO, F. de. **Escassez de laboratórios de ciências nas escolas brasileiras limita interesse dos alunos pela física**. [S.l.: s.n.], 2017. Disponível em: <https://revistaeducacao.com.br/2017/05/08/escassez-de-laboratorios-de-ciencias-nas-escolas-brasileiras-limita-interesse-dos-alunos-pela-fisica/>. Acesso em: 15 jun. 2022.

CHALMERS, A. **A fabricação da ciência**. São Paulo: Unesp, 2004.

CHAVES, E. J. **Desenvolvimento e aplicação de uma unidade de ensino utilizando fenômenos solares**. 2019. 76f. Dissertação (Mestrado em Ensino de Física) - Universidade Federal de Alfenas, Alfenas, 2019.

CONTADOR, P. R. M. **Kepler, o legislador dos céus**. São Paulo: Livraria da Física, 2012.

COSTA, M. K. S. Ensino por investigação: problematizando uma aula de magnetismo. **Revista Vivências em Ensino de Ciências**, Recife, v. 1, n. 1, p. 86-94, 2017.

COSTA JÚNIOR, E.; JAMMAL, N. F. Concepções alternativas sobre astronomia e o papel do ensino médio em suas possíveis desconstruções. *In*: CONGRESSO NACIONAL DE EDUCAÇÃO, 4., 2017, [S. l.]. **Anais [...]**. Campina Grande: Editora Realize, 2017. p. 1-12. Disponível em: <https://www.editorarealize.com.br/index.php/artigo/visualizar/36193>. Acesso em: 20 jun. 2022.

COSTA, S. M. Uma jornada pela vida no cosmos: relato de experiências de ensino de astrobiologia na escola. **Cadernos de Astronomia**, Vitória, v. 2, n. 2, p. 142-152, 2021.

DAMASCENO, J. C. G. **O ensino de astronomia como facilitador nos processos de ensino e aprendizagem**. 2016. 141f. Dissertação (Mestrado em Ensino de Física) - Universidade Federal do Rio Grande, Rio Grande, 2016.

DANTAS, A. C. *et al.* Astrobot: um chatbot com inteligência artificial para auxiliar no processo de ensino e aprendizagem de física. *In*: CONGRESSO BRASILEIRO DE INFORMÁTICA NA EDUCAÇÃO, 8., 2019, Brasília. **Anais [...]**. Porto Alegre: Sociedade Brasileira de Computação, 2019. p. 1196-1203.

DELIZOICOV, D.; ANGOTI, J. A. P. **Física**. São Paulo: Cortez, 1992.

DELIZOICOV, D.; ANGOTI, J. A. P. **Metodologia do ensino de ciências**. São Paulo: Cortez, 1994.

DELIZOICOV, D.; ANGOTI, J. A. P. **Metodologia do ensino de ciências**. 2. ed. São Paulo: Cortez, 2000.

DELIZOICOV, D. **Concepção problematizadora para o ensino de ciências na educação formal: relato e análise de uma prática educacional na Guiné-Bissau**. 1982. 227f. Dissertação (Mestrado em Didática) - Universidade de São Paulo, São Paulo, 1982.

DIAS, C. A. C.; RITA, J. R. S. Inserção da astronomia como disciplina curricular do ensino médio. **Revista Latino-Americana de Educação em Astronomia**, São Carlos, n. 6, p. 55-65, 2008.

DUTRA, C. M.; VERNIER, A. B. Uso da tecnologia móvel para o estudo do movimento aparente do Sol. **Ensino e Pesquisa**, União da Vitória, v. 17, n. 1, p. 36-48, 2019.

FARIAS, M. L. de; BARBOSA, M. A. A. Integrando o ensino de astronomia e termodinâmica: explorando a zona habitável no diagrama de fases da água. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, São Paulo, v. 39, n. 1, p. 1-9, 2019.

EUROPEAN SPACE AGENCY. **Corot**. Paris, [200-]. Disponível em: https://www.esa.int/Science_Exploration/Space_Science/COROT_overview. Acesso em: 22 nov. 2021.

FEDOCE, R. S.; SQUIRRA, S. C. A. A tecnologia móvel e os potenciais da comunicação na educação. **Mediações Sonoras**, Rio de Janeiro, v. 8, n. 2, p.267-278, 2011.

FERNANDES, A. C. de P. *et al.* Efeito doppler com tablet e smartphone. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, São Paulo, v. 38, n. 2, p. 11-19, 2016.

FIASCA, A. B. A. *et al.* A utilização de metodologias ativas no ensino de física: uma possibilidade para o ensino de relatividade restrita na educação básica. **Experiências em Ensino de Ciências**, Cuiabá, v. 16, n. 2, p. 367-383, 2021.

FONSECA, A. G. F. da. Aprendizagem, mobilidade e convergência: mobile learning com celulares e smartphones. **Revista Mídia e Cotidiano**, Rio de Janeiro, v. 2, n. 2, p.265-283, 2013.

FREIRE, P. **Pedagogia da autonomia**: saberes necessários à prática educativa. São Paulo: Paz e Terra, 2009.

FURLAN, E.; HOWELL, S. The densities of planets in multiple stellar systems. **The Astronomical Journal**, Bristol, v. 154, n. 2, p.66-87, 2017.

GALANTE, D. *et al.* **Astrobiologia**: um ciência emergente. São Paulo: USP/IAG, 2016.

GORGES NETO, L.; ARTHURY, H. H. M. A. Formação de docentes e as concepções dos estudantes no âmbito da astronomia. **Cadernos de Astronomia**, Vitória, v. 2, n. 1, p. 159-170, 2021.

GOYA, A.; BZUNECK, J. A.; GUIMARÃES, S. É. R. Crenças de eficácia de professores e motivação de adolescentes para aprender física. **Psicologia Escolar e Educacional**, São Paulo, v. 12, n. 2, p. 51-67, 2008.

HASWELL, C. A. **Transiting Exoplanets**: measuring the properties of planetary systems. New York: Cambridge University Press, 2010.

HEILMANN, E. A. *et al.* Unidades de distância astronômica. **Júpiter**, [S.l.], v. 5, n. 1, p.2-13, 2011.

HELERBROCK, R. **Eclipse solar e lunar**. [S.l.:s.n.], [201-?]. Disponível em: <https://brasilecola.uol.com.br/fisica/eclipse.htm>. Acesso em: 15 mar. 2022.

IEZZI, G. *et al.* **Matemática**: volume único. São Paulo: Atual, 2002.

INOCÊNCIO, G. H.; MIDÕES, A. C. D. Concepções alternativas e aprendizagem colaborativa: uma proposta de atividade envolvendo o método jigsaw no conteúdo de modelos atômicos no curso técnico de química. **Scientia Naturalis**, Rio Branco, v. 3, n.3, p. 17-33, 2021.

KALTENEGGER, L. How to characterize habitable worlds and signs of life. **Annual Review of Astronomy and Astrophysics**, New York, v. 55, p. 433-485, 2017.

KEETON, C. **Principles of astrophysics**: using gravity and stellar physics to explore the cosmos. New York: Springer, 2014.

LANGHI, R.; NARDI, R. **Educação em astronomia**: repensando a formação de professores. São Paulo: Escrituras, 2012.

LANGHI, R.; NARDI, R. Justificativas para o ensino de astronomia: o que dizem os pesquisadores brasileiros? **Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências**. Belo Horizonte, v. 14, n. 3, p. 41-59, 2014.

LATTARI, C. J. B.; TREVISAN, R. N. Metodologia para o ensino de astronomia: uma abordagem construtivista. *In*: ENCONTRO NACIONAL DE PESQUISA EM EDUCAÇÃO EM CIÊNCIAS, 2., 1999, Valinhos. **Anais [...]**. Valinhos, 1999. p. 71-85.

LEÃO, R. S.; TEIXEIRA, M. de R. F. A educação em astronomia na era digital e a BNCC: convergência e articulações. **Revista Latino-Americana de Educação em Astronomia**, São Paulo, n. 30, p. 115-131, 2020.

LEITE, M. S. S.; ALMEIDA, M. J. B. Compreensão de termos científicos no discurso da ciência. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, São Paulo, v. 23, p. 458-470, 2001.

LOSS, A. S. **Anos iniciais**: metodologia para o ensino de matemática. Curitiba: Appris Editora, 2016.

LYRA, D. G. G. **Os três momentos pedagógicos no ensino de ciências na educação de jovens e adultos da rede pública de Goiânia: o caso da dengue**. 2013. 117f. Dissertação (Mestrado em Ciências e Matemática) - Universidade Federal de Goiás, Goiânia, 2013.

MARENGÃO, L. S. L. **Os três momentos pedagógicos e a elaboração de problemas de física pelos estudantes**. 2012. 82f. Dissertação (Mestrado em Ciências e Matemática) - Universidade Federal de Goiás, Goiânia, 2012.

MARTIOLI, E. **Exoplanetas: o que são e como detectá-los**. 2006. 150f. Dissertação (Mestrado em Astrofísica) - Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, São José dos Campos, 2006.

MAYOR, M.; QUELOZ, D. A Jupiter-mass companion to a solar-type star. **Nature**, [S.l.], v. 378, p. 355-359, 1995.

MEIRELLES, F. S. **33º Pesquisa do uso de TI nas empresas**. [S.l.:s.n.], 2022. Disponível em: <https://eaesp.fgv.br/centros/centro-tecnologia-informacao-aplicada/eventos/33a-pesquisa-anual-uso-ti-brasil>. Acesso em: 26 jul. 2022.

MELO, D. R. C. Aprendendo física com estrelas binárias. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, São Paulo, v. 36, n. 1, p. 1-9, 2014.

MONTEIRO, M. A. A. O uso de tecnologias móveis no ensino de física: uma avaliação de seu impacto sobre aprendizagem dos alunos. **Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências**, Belo Horizonte, v. 16, n. 1, p. 1-15, 2016.

MORAES, L. D. **Uma proposta de sequência didática para o ensino de astronomia na educação básica com o uso do software Astro 3D**. 2016. 151f. Dissertação (Mestrado Ensino de Física) - Universidade Federal de Alfenas, Alfenas, 2016.

MORRIS, T. E. **Calculating the habitable zone**. Fullerton: [s.n.], 2021. Disponível em: https://www.planetarybiology.com/calculating_habitable_zone.html. Acesso em 15 abr. 2022.

MUENCHEN, C. A. **A disseminação dos três momentos pedagógicos: um estudo sobre práticas docentes na região de Santa Maria/RS**. 2010. 273f. Tese (Doutorado Educação Científica e Tecnológica) - Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2010.

MUENCHEN, C.; ANGOTTI, D. A construção de um processo didático-pedagógico: aspectos epistemológicos. **Revista Ensaio**, Belo Horizonte, v. 14, n. 3, p. 199-215, 2012.

MYKOLIUK, D. V.; MALCHENKO, S. L.; KIV, A. Y. Using interactive technologies to study the evolution of stars in astronomy classes. *In*: INTERNATIONAL WORKSHOP (AREdu 2019), 2., 2019, Kryvyi Rih. **Proceedings** [...]. Kryvyi Rih: CEUR-WS.org, 2019. p. 145-155. Disponível em: <http://elibrary.kdpu.edu.ua/handle/123456789/3752>. Acesso em: 15 abr. 2022.

NANI, A. P. S. *et al.* **Ser protagonista: física 2**. São Paulo: SM, 2016.

NAPOLEÃO, T. A. **Guia de estudos: astrofísica estelar para o ensino médio**. [S.l.: s.n.], 2018. Disponível em: <http://www.astro.iag.usp.br/guia/>. Acesso em: 24 ago. 2022.

NASA. **Exoplanet exploration: planets beyond our solar system**. Washington, 2018. Disponível em: <https://exoplanets.nasa.gov/what-is-an-exoplanet/planet-types/super-earth/>. Acesso em: 02 jul. 2022.

NASA. **Exoplanet Science Institute**. Pasadena, [201-?]. Disponível em: <https://nexsci.caltech.edu/science/>. Acesso em: 13 mar. 2022.

NASA. **James Webb Telescope Overview**. Washington, 2021. Disponível em: https://www.nasa.gov/mission_pages/webb/about/index.html. Acesso em: 02 jul. 2022.

NASA. **Kepler e K2: mission overview**. Washington, 2018. Disponível em: https://www.nasa.gov/mission_pages/kepler/overview/index.html. Acesso em: 23 nov. 2021.

NASA. **Transiting Exoplanet Survey Satellite (TESS)**. Washington, 2020. Disponível em: <https://www.nasa.gov/content/about-tess>. Acesso em: 23 nov. 2021.

OLIVEIRA FILHO, K.; SARAIVA, M. de F. O. **Astronomia e astrofísica**. 2. ed. São Paulo: Livraria da Física, 2004.

PAGANOTTI, A. *et al.* Uso de tecnologias assistivas para o ensino de astronomia a alunos deficientes visuais e auditivos. **Brasilian Journal of Development**, Curitiba, v.7, n. 1, p. 55-75, 2021.

PANKE, T. F.; GÓES, A. R. T. Realidade Aumentada como recurso didático para o ensino e aprendizado de escalas planetárias e estelares. **Experiências em Ensino de Ciências**, Cuiabá, v. 15, n. 1, p. 301-316, 2020.

PEIXOTO, D. E.; KLEINKE, M. U. Expectativa dos estudantes sobre astronomia no ensino médio. **Revista Latino-Americana de Educação em Astronomia**, São Carlos, n. 22, p. 21-34, 2016.

PENA, F. L. A. Influência dos PCN's sobre a pesquisa em ensino de física: um estudo apartir de artigos publicados em periódicos nacionais especializados na área. *In: ENCONTRO NACIONAL DE PESQUISA EM EDUCAÇÃO EM CIÊNCIAS*, 7., 2009, Florianópolis. **Atas**[...]. Florianópolis: Abrapec, 2009.

PEREIRA, M. L. de S.; SOUZA-MOTTA, C. M. Os três momentos pedagógicos no ensino lúdico de micologia. *In: CONGRESSO NACIONAL DE PESQUISA E ENSINO EM CIÊNCIAS*, 5., 2020, Campina Grande. **Anais** [...]. Campina Grande: Editora Realize, 2020. Disponível em: <https://editorarealize.com.br/educacao/detalhes/anais-do-v-conapesc>. Acesso em: 17 set.2022.

PERRYMAN, M. **The exoplanet handbook**. New York: Cambridge University Press, 2011.

RAMALHO JÚNIOR, F.; FERRARO, N. G.; SOARES, P. A. de T. **Os fundamentos da física**: termologia, óptica e ondas. São Paulo: Moderna, 1993.

RASCALHA, M.; SANTOS, C. M. D. Apresentando outros sistemas solares nas aulas de ciências através de ferramentas online e aplicativos digitais. **Educação: teoria e prática**, Rio Claro, v. 27, n. 55, p. 428-450, 2017.

REVISTA GALILEU. **O novo sistema solar**. Rio de Janeiro: Editora Globo, 2005.

RIBEIRO, R, P.; NUNES, I. B. O desenvolvimento dos procedimentos do pensamento lógico: comparação, identificação e classificação. **Revista Educação em Questão**, Natal, v. 7, n. 1/2, p. 40-66, 1997.

ROBERTO JÚNIOR, A. J.; BOTELHO, R. Construção de uma carta celeste: um recurso didático para o ensino de astronomia nas aulas de física. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, São Paulo, v. 38, n. 4, p. 1-11, 2016.

ROBERTO JÚNIOR, A. J. *et al.* Astro 3D: um simulador do movimento de corpos celestes. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, São Paulo, v. 39, n. 4, p. 1-17, 2017.

ROBERTO JÚNIOR, A. J.; REIS, T. H., GERMINARO, D dos R. Disciplinas e professores de astronomia nos cursos de licenciatura em física das universidades brasileiras. **Revista Latino-Americana de Educação em Astronomia**, São Carlos, n.18, p. 89-101, 2014.

RODRIGUES, B. A.; BORGES, A. T. O ensino de ciências por investigação: reconstrução histórica. *In: ENCONTRO DE PESQUISA EM ENSINO DE FÍSICA*, 11., 2008, Curitiba. **Trabalhos**[...]. São Paulo: Sociedade Brasileira de Física, 2008. p. 1-12. Disponível em: <https://sec.sbfisica.org.br/eventos/epf/xi/atas/resumos/T0141-1.pdf>. Acesso em: 12 jun. 2022.

SALES, J. P. A. *et al.* Ensino e aprendizagem de eletrostática utilizando os três momentos pedagógicos de Delizoicov e Angotti. **Revista do Professor de Física**, Brasília, v. 4, n. 2, p. 55-65, 2020.

SANTINI, N. D.; TERRAZZAN, E. A. Ensino de Física com equipamentos agrícolas numa escola agrotécnica. **Experiência no Ensino de Ciências**, Cuiabá, v. 1, n. 2, p. 50-61, 2006.

SANTOS, A. de O. S. *et al.* Tecnologias digitais no ensino de física: uso de celular na abordagem de conteúdos programáticos de velocidade. **Revista Eletrônica Debates em Educação Científica e Tecnológica**, Vitória, v. 7, n. 03, p. 208-228, 2017.

SANTOS, A. L.; MAFALDA, S. M. A utilização da realidade virtual no ensino de astronomia em Rio Branco-AC. **Scientia Naturalis**, Rio Branco, v. 1, n. 5, p. 72-82, 2019.

SANTOS, H. L. *et al.* Uso de tecnologias digitais para o ensino de astronomia: uma revisão sistemática da literatura. **Research, Society and Development**, Itajubá, v. 8, n.4, p. 1-23, 2019.

SILVA, J. C; ROBERTO JÚNIOR, A. J.; ALVES, J. C. P. Detecção de trânsito planetário com um telescópio de pequena abertura. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, São Paulo, v. 42, n. 1, p. 1-7, 2020.

SILVA, D. *et al.* Radiação de corpo negro: uma proposta para o ensino de física moderna nos laboratórios virtuais. **Physicae Organum**, Brasília, v. 7, n. 2, p. 15-33, 2021.

TIGNANELLI, H. L. Sobre o ensino da astronomia no ensino fundamental. *In*: WEISSMANN, H. (org.). **Didática das ciências naturais**: contribuições e reflexões, Porto Alegre: Artmed, 1998.

VERDET, J. P. **O céu, mistério, magia e mito**. Rio de Janeiro: Objetiva, 1998.

VIEIRA, F. *et al.* Habitabilidade cósmica e a possibilidade de existência de vida em outros locais do universo. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, São Paulo, v. 40, n.4, p. 1-11, 2018.

VITTI, C. M.; D'AMBROSIO, U. **Matemática com prazer**: a partir da história e da geometria. 2. ed. Piracicaba: Unimep, 1999.

WOLSZCZAN, A.; FRAIL, D. A. A planetary system around the millisecond pulsar PSR1257+12. **Nature**, [S.l.] v. 355, p.145-147, 1992.

YOUNG, H. D.; FREEDMAN, R. A. **Física II**: termodinâmica e ondas. 12. ed. São Paulo: Pearson Education Brasil, 2008.

ZURICH, E. **Transits of planets: mean densities**. [S.l.:s.n.], 2016. Disponível em: https://ethz.ch/content/dam/ethz/special-interest/phys/particle-physics/quanz-group-dam/documents-old-s-and-p/Courses/ExtrasolarPlanetsFS2016/exop2016_chapter3_part1_UPDATE.pdf. Acesso em: 15 abr. 2022.

APÊNDICE A – Resposta dos alunos para a problematização inicial

Pergunta 01: O que são exoplanetas? E onde eles estão?

Fotografia 9 – Respostas para pergunta 01.

- G1** 1- São planetas que podem ter vida. Forado sistema solar.
- G2** 1- São planetas estudados pela NASA, com a pequena possibilidade de que existem vidas fora do sistema solar.
- G3** 1- SÃO PLANETAS, QUE ORBITAM EM OUTRO SISTEMA, SEM SER O SISTEMA SOLAR.
- G4** 1- São planetas que foram descobertos, e que podem ter chance de um dia ter vida humana. No universo
- G5** R: São planetas que estão fora do sistema solar; Eles estão em órbita
- G6** 1- Planetas recentemente descobertos, que provavelmente possam habitar outras vidas. No espaço

Fonte: Do autor.

Pergunta 02: Como os cientistas são capazes de descobrir exoplanetas? E como eles sabem que são planetas?

Fotografia 10 – Respostas para a pergunta 02.

- G1** 1- Por via satélites e telescópios, por causa das características relacionadas com o do terra.
- G2** 2- Através de satélites, através de graus de temperatura ideal para vida humana.
- G3** 2) Com ajuda de satélites, sabem que são exoplanetas pois não estão no sistema solar.
- G4** 2- Através de satélites, telescópios e por estudos.
- G5** 2) R: através de satélites, não eles não conseguem descobrir se são exoplanetas.
- G6** 2- Por satélites, por hipóteses e estudos.

Fonte: Do autor.

Pergunta 03: Quando olhamos para o céu noturno é possível ver várias estrelas. Por que não é possível ver planetas orbitando estas estrelas? Justifique

Fotografia 11 - Respostas para a pergunta 03.

- G1 3- Porque os planetas não tem luz própria
- G2 3- Porque não é possível ser visto a olho nu.
- G3 3) NÃO CONSEGUIMOS VER POR CONTA DA DISTÂNCIA, DA POSIÇÃO QUE ESTAMOS.
- G4 3- Pois os planetas não são visíveis a olho nu.
- G5 3)R: por que eles estão a muitos anos luz daqui, e por que as estrelas brilham mais do que os planetas
- G6 3- Por que não é possível vê-los a olho nu.

Fonte: Do autor.

Pergunta 04: Nas reportagens são apresentados corpos celestes que são parecidos com a Terra. Pensando nisso, quais características necessárias para que sejam parecidos com a Terra? E como fazemos para saber estas características?

Fotografia 12 – Respostas para a pergunta 04.

- G1 Temperatura, água, atmosfera, do tipo solo, tamanho, se a rotação, umidade, ou se tem tempestades, luas, gravidade, clima, temperatura do solo, etc (tudo isso) A distância do Sol e o Planeta
- G2 4- São temperatura, oxigênio, água, enviando mini foguetes.
- G3 4) CONDIÇÕES PRECISAS, EXEMPLO: TEMPERATURA, SE HÁ EXISTÊNCIA DE ÁGUA E ARMO- FEREA. PARA DESCOBRIR ESSAS CARACTERÍSTICAS SÃO NECESSÁRIOS PESQUISAS POR SATELITES
- G4 4- Presença de água. Através de imagens de satélite.
- G5 4)R: Identificar se no planeta há algum tipo de bactéria viva, mandando sondas e robôs para estes planetas
- G6 4- Observando se há água e substâncias químicas como o oxigênio, que são necessárias para a condição de vida, além do clima e formato da Terra. Comparando as semelhanças.

Fonte: Do autor.

Pergunta 05: Nas reportagens foram apresentados alguns planetas que podem ter vida. Façam uma discussão apresente as condições necessárias para que exista vida?

Fotografia 13 – Respostas para a pergunta 5.

- G1 5- Água, oxigênio, atmosfera, solo fértil, ambiente adequado
- G2 5- Água, oxigênio, temperatura correta
- G3 5) ÁGUA, TEMPERATURA, TER OXIGÊNIO.
- G4 5- Água, solo fértil, distância boa do Sol e oxigênio
- G5 5) R: ar, oxigênio, água, comida.
- G6 5- • Ter água;
• substâncias químicas
necessárias para condução de vida,
(oxigênio).

Fonte: Do autor.

Pergunta 06: Em uma reportagem é apresentado um planeta que tem um ano de oito horas. Sendo assim, como podemos definir o período de um ano em um planeta?

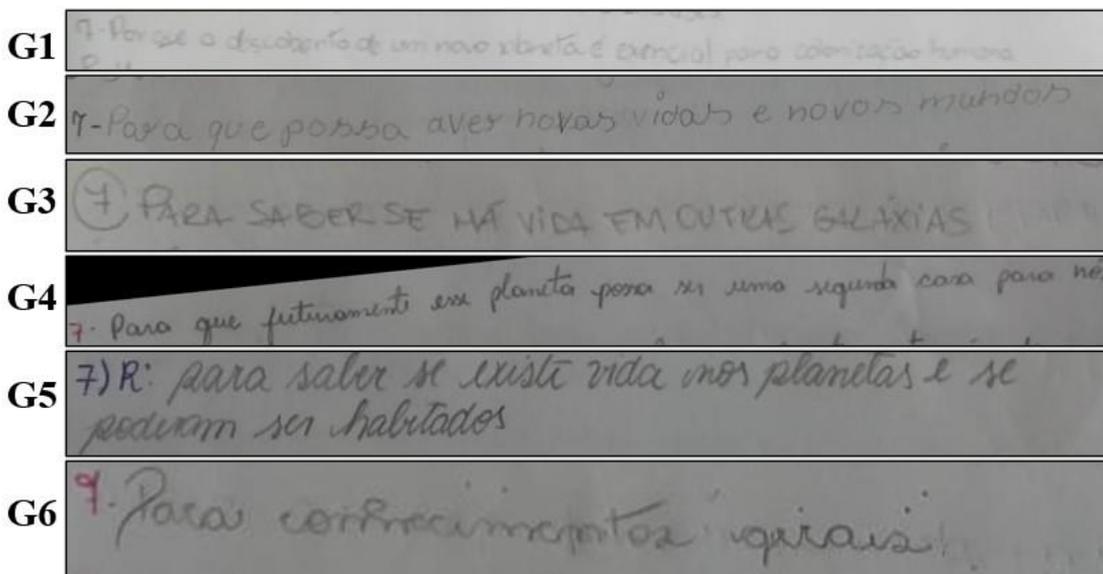
Fotografia 14 – Resposta para a pergunta 06.

- G1 6- Pelo diâmetro do planeta do sol, cálculos e análises
- G2 6- Desmatamento, falta de água
- G3 6) Medir a rotação de um planeta em torno de sua estrela
- G4 6- Por que o ano é o tempo que o planeta gasta pra dar uma volta completa no sol.
- G5 6) R: porque ele demora 8 horas para girar em torno do sol, quanto mais perto do sol mais rápido ele gira
- G6 6- Se contá o movimento de rotação deste planeta, podemos definir através da rotação e translação da Terra que acontece em 365 dias.

Fonte: Do autor.

Pergunta 07: Qual a importância de estudar os exoplanetas?

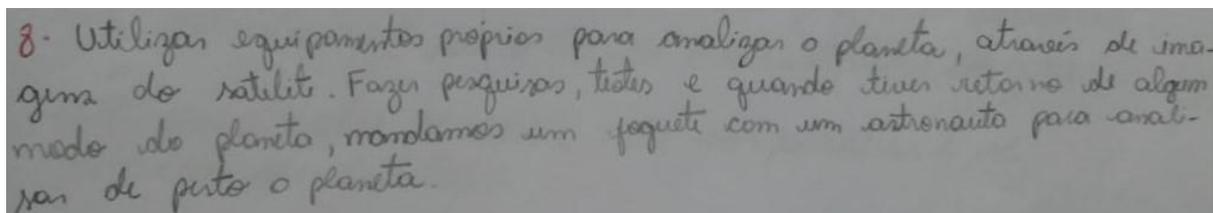
Fotografia 15 - Respostas para a pergunta 07.



Fonte: Do autor.

Desafio investigativo: “Foi cogitado a possibilidade da existência de um novo exo- planeta que está orbitando uma estrela longe da Terra e sua equipe foi indicada como responsável para fazer esta verificação. Elabore uma estratégia apresentando uma proposta de como vocês fariam para verificação e quais os possíveis indicativos para a existência de vida.”

Fotografia 16 - Resposta do grupo 04 para o desafio investigativo.



Fonte: Do autor.

APÊNDICE B – Produto educacional



Sumário

1	PRODUTO EDUCACIONAL	1
1.1	COMPETÊNCIA	1
1.2	HABILIDADES	1
2	CHATBOT CAÇADOR DE EXOPLANETAS	2
3	UTILIZAÇÃO DO CHATBOT CAÇADOR DE EXOPLANETAS	2
3.1	INSTALAÇÃO DO APLICATIVO <i>TELEGRAM</i>	2
3.2	INICIANDO O <i>CHATBOT</i>	3
4	DETERMINANDO OS PARÂMETROS DO EXOPLANETA	3
4.1	PERÍODO ORBITAL	3
4.2	RAIO DA ÓRBITA	4
4.3	RAIO DO PLANETA	5
4.4	MASSA DO EXOPLANETA	6
4.5	TIPO DE EXOPLANETA	7
4.6	LIMITES DA ZONA HABITÁVEL	7
4.7	VALORES APROXIMADOS DOS PARÂMETROS	8
5	UNIDADE DE ENSINO	9
5.1	PRIMEIRO MOMENTO PEDAGÓGICO	9
5.1.1	QUESTIONÁRIO PRÉVIO	9
5.2	SEGUNDO MOMENTO PEDAGÓGICO	10
5.2.1	TEMA 01: SISTEMAS PLANETÁRIOS E EXOPLANETÁRIOS	10
5.2.2	TEMA 02: AS TÉCNICAS E A FÍSICA NA DETECÇÃO DE EXO- PLANETAS	11
5.3	TERCEIRO MOMENTO PEDAGÓGICO	13

1 PRODUTO EDUCACIONAL

Produto educacional não é apenas um elemento físico, seja ele impresso ou virtual, mas sim um objeto de aprendizagem desenvolvido e fundamentado em um trabalho de pesquisa científica que possibilita uma contribuição para a prática docente na educação básica. Portanto, este produto é desenvolvido pelo mestrando(a) e pelo seu orientador(a) e aplicado pelo mestrando em sala de aula. Um produto educacional integra um material tal como livro, manual de atividades, software, sequência didática, jogos didáticos, etc.

Neste sentido, com este manual apresentamos, como produto educacional, o *chatbot* denominado Caçador de exoplanetas que deu origem a dissertação de mestrado intitulada **Caçador de exoplanetas – um *chatbot* para o ensino de Astronomia nas aulas de Física** com o qual visamos colaborar com a inserção da Astronomia e melhorias nas aulas de Física. Este manual apresenta e orienta com detalhes o produto educacional que está previsto nas seguinte competência e habilidades da Base Nacional Curricular Comum (BNCC).

1.1 COMPETÊNCIA

Competência específica 2: Construir e utilizar interpretações sobre a dinâmica da Vida, da Terra e do Cosmos para elaborar argumentos, realizar previsões sobre o funcionamento e a evolução dos seres vivos e do Universo, e fundamentar decisões éticas e responsáveis.

1.2 HABILIDADES

(EM13CNT204X) Elaborar explicações, previsões e realizar cálculos a respeito dos movimentos de objetos na Terra, no Sistema Solar e no Universo com base na análise das interações gravitacionais, com ou sem o uso de dispositivos e aplicativos digitais.

(EM13CNT210MG) Reconhecer as leis da natureza, identificar suas ocorrências, avaliar suas aplicações em processos tecnológicos e elaborar hipóteses de procedimentos para a exploração do Cosmos e do planeta Terra.

(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.

2 *CHATBOT* CAÇADOR DE EXOPLANETAS

Web Robot, também conhecidos como *chatbot*, são algoritmos desenvolvidos para simular uma interação humana em aplicativos de mensagens. A utilização desta tecnologia vem sendo amplamente utilizada por empresas com o objetivo de oferecer atendimentos rápidos proporcionando uma melhor experiência ao usuário.

Os *chatbots* possuem interação instantânea em que o usuário digita ou escolhe opções pré-determinadas e o algoritmo apresenta respostas através de mensagens de texto, imagens, arquivos, etc.

Visando a capacidade de interação do usuário com esta tecnologia, foi desenvolvido o *chatbot* **Caçador de Exoplanetas**. Este *chatbot* está implementado na plataforma do *Telegram* com uma sequência pre-determinada para estimular o estudo investigativo dos exoplaneta. Sendo assim, o *chatbot* disponibiliza gráficos confeccionados com dados coletados por missões de telescópios espaciais e terrestres. Além disso, para cada etapa, o *chatbot* disponibiliza vídeos abordando cada tema para auxiliar o estudante no processo de aprendizagem.

O *chatbots* Caçador de Exoplanetas foi desenvolvido com os seguintes objetivos:

- Estimular o senso investigativo dos estudantes perante ao tema dos exoplanetas.
- Possibilitar a interação e participação dos estudantes;
- Compreender e calcular os parâmetros físicos e orbitais dos exoplanetas;
- Implementar o uso dos *smartphones* em sala de aula;

À seguir, será apresentado o *chatbot* através de um roteiro para o professor que direciona e apresenta detalhadamente as etapas para determinar os parâmetros necessários na detecção de exoplanetas. Durante estas etapas são apresentadas as equações necessárias para determinar cada parâmetro do exoplaneta, além disso no *chatbot* é disponibilizado vídeos explicando os conceitos e como determinar cada parâmetro. Para articular os pré-requisitos necessários na utilização do *chatbot* elaboramos e sugerimos uma sequência didática que está fundamentada nos Três Momentos Pedagógicos de Delizoicov e Angoti a qual será apresentada posteriormente.

3 UTILIZAÇÃO DO *CHATBOT* CAÇADOR DE EXOPLANETAS

Nesta seção iremos apresentar as etapas para a utilização do *chatbot*.

3.1 INSTALAÇÃO DO APLICATIVO *TELEGRAM*

O *Telegram* é um aplicativo de mensagens que está entre os mais utilizados e, por isso ele está disponível em todas as plataformas móveis.

Os imagens apresentadas aqui foram extraídas da instalação usando a plataforma *Android*. Para instalar o *Telegram* é necessário acessar a biblioteca de aplicativos do *smartphone* e pesquisar por *Telegram*.



Figura 1: Aplicativo de Mensagem utilizado na implementação do Bot.

Fonte: *Telegram*.

3.2 INICIANDO O *CHATBOT*

Após a instalação do *Telegram*, deve-se acessar o aplicativo e procurar por *Caçador de Exoplanetas*. Em seguida clicar em iniciar conforme a Figura 2.

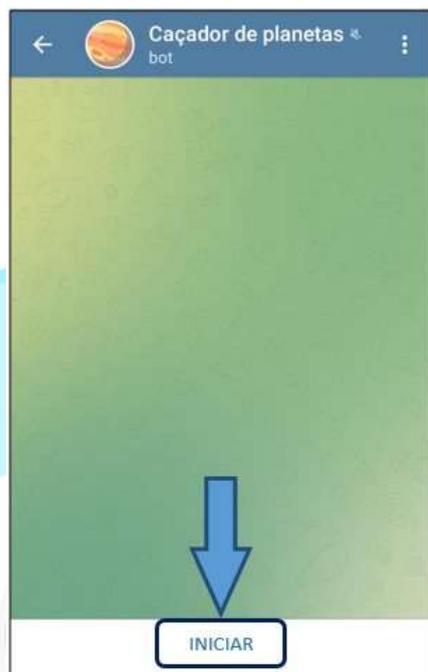


Figura 2: Iniciando o Bot. Imagem extraída do *Telegram*
Fonte: *Telegram*.

Após iniciar o *chatbot*, surgirá na tela uma descrição das características dos exoplanetas que iremos estudar e quais os pré-requisitos necessários para investigar os exoplanetas.

O *chatbot* disponibiliza quatro exoplanetas que foram detectados por missões espaciais. Após escolher um exoplaneta, o *chatbot* exibirá na tela do *smartphone* algumas informações sobre a estrela hospedeira que serão importantes para determinar alguns parâmetros dos exoplanetas. Sendo assim, na próxima seção será apresentado uma sequência apresentando como determinar os parâmetros do exoplaneta usando o *chatbot* Caçador de Exoplanetas.

4 DETERMINANDO OS PARÂMETROS DO EXOPLANETA

4.1 PERÍODO ORBITAL

Após clicar no link /período o *chatbot* exibirá o gráfico da curva de luz da estrela hospedeira em que o estudante determinará o período orbital do exoplaneta através de duas quedas consecutivas do brilho da estrela. Conforme mostra a Figura 3.

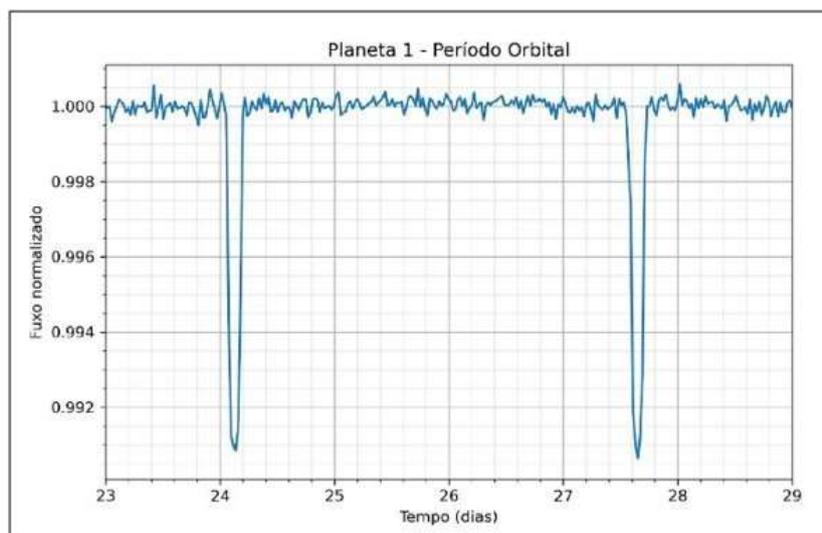


Figura 3: Curva de luz da estrela hospedeira.
Fonte: *Chatbot* Caçador de Exoplanetas.

O estudante deverá analisar o tempo entre as duas quedas de brilho e determinar o tempo em dias e, em seguida, digitar e enviar uma mensagem com o resultado encontrado conforme o exemplo descrito no *chatbot*. Caso o estudante tenha dúvidas em como determinar o período orbital, ele poderá assistir o vídeo disponibilizado pelo *chatbot*. Se o resultado estiver incorreto, o *chatbot* irá solicitar que revise os cálculos, mas se estiver correto o usuário será encaminhado para determinar o próximo parâmetro, conforme a Figura 4.

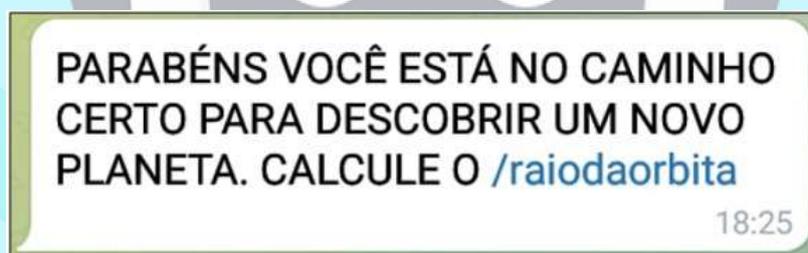


Figura 4: Mensagem do *chatbot* em caso de resposta correta.
Fonte: *Chatbot* Caçador de Exoplanetas.

4.2 RAIOS DA ÓRBITA

Para determinar o raio da órbita do exoplaneta vamos utilizar o resultado encontrado para o período orbital e a terceira Lei de Kepler (Equação 1) [1].

$$T^2 = K \cdot a^3 \quad (1)$$

Fazendo a derivação da constante K obtemos $4 \cdot \pi^2 / G \cdot (M_* + m_p)$. Mas como a $M_* \gg m_p$, então podemos reduzir a constante K sendo $4 \cdot \pi^2 / G \cdot M_*$. Então, após a substituição em K e uma manipulação matemática, podemos reescrever a Equação 1 conforme representada na Equação 2 para determinação do raio da órbita.

$$a = \sqrt[3]{\frac{G \cdot M_*}{4 \cdot \pi^2} \cdot T^2} \quad (2)$$

Sendo M_* a massa da estrela hospedeira e G a constante da Gravitação Universal com o valor aproximado de $6,67 \cdot 10^{-11} m^3/kg \cdot s^2$. Para aplicar os valor na Equação 2, é necessário que os valores sejam convertidos para unidades do Sistema Internacional (SI).

Para relembrar a terceira Lei de Kepler, o estudante poderá assistir um vídeo que está disponível no *chatbot*.

Após efetuar os cálculos, o estudante obterá o resultado em metros que deverá ser convertido para unidades astronômicas (UA) e, em seguida inserir o valor obtido, conforme orientado pelo *chatbot*. Se o valor estiver incorreto, você deverá revisar os cálculos. mas se os valor estiver correto, o estudante será direcionado para o determinar o próximo parâmetro, conforme a Figura 5.

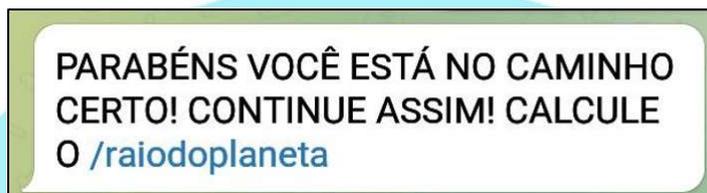


Figura 5: Mensagem do *chatbot* em caso de resposta correta.

Fonte: *Chatbot* Caçador de Exoplanetas.

4.3 RAIO DO PLANETA

O raio do planeta pode ser obtido através da análise da curva de luz da estrela hospedeira. Isso é possível, pois quando um planeta se deslocar na frente do disco estelar ele bloqueia parte da radiação emitida pela estrela e o seu brilho é atenuado, então Através do monitoramento do brilho da estrela ao longo do tempo é possível observar esse pequeno decréscimo [2].

No *chatbot*, uma imagem semelhante a Figura 6 será exibida.

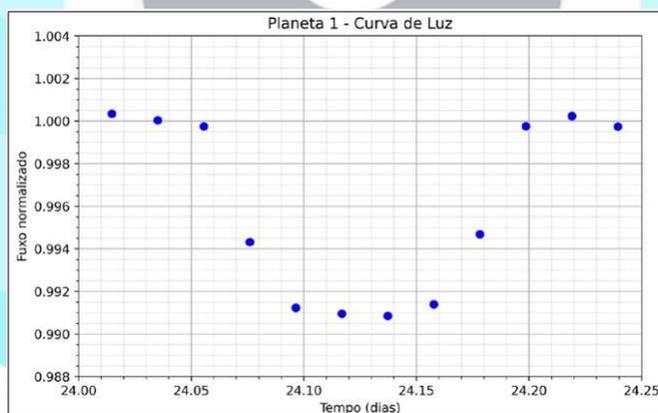


Figura 6: Curva de luz da estrela hospedeira.

Fonte: *Chatbot* Caçador de Exoplanetas.

A Figura 6 representa uma curva de luz da estrela hospedeira, a qual o estudante deverá identificar o decréscimo do fluxo (ΔF) e fluxo total (F) do brilho da estrela e aplicar os valores na Equação 3 para determinar o raio do exoplaneta [3].

$$R_p = R_* \cdot \sqrt{\frac{\Delta F}{F}} \quad (3)$$

Da Equação 3, R_p é o raio do exoplaneta e R_* é o raio da estrela. O R_* pode ser obtido através das *informações importantes* da estrela que foram disponibilizadas após escolher o

exoplaneta a ser investigado. Em caso de dúvidas para determinar o valor do raio do exoplaneta R_p , o estudante poderá assistir o vídeo disponibilizado pelo *chatbot*.

Para inserir o resultado, o estudante deverá seguir as orientações expressas no *chatbot* e converter o resultado encontrado para unidades de raio de Júpiter (R_J).

Se o valor inserido estiver correto, o estudante será direcionado para calcular a massa do exoplaneta.

4.4 MASSA DO EXOPLANETA

Para determinar a massa do exoplaneta iremos analisar a curva de velocidade radial da estrela hospedeira em torno do centro de massa do sistema (Figura 7) que é obtida através do efeito Doppler da luz.

Para determinar este parâmetro, o *chatbot* disponibiliza apenas a curva de velocidade radial da estrela hospedeira do planeta 01, por se tratar de um sistema com apenas um planeta. Para os demais planetas, não foi possível confeccionar a curva de velocidade radial das estrelas hospedeiras por se tratarem de sistemas com vários planetas. Portanto, para os Planetas 01, 02 e 03 o *chatbot* disponibilizará o valor da massa do planeta.

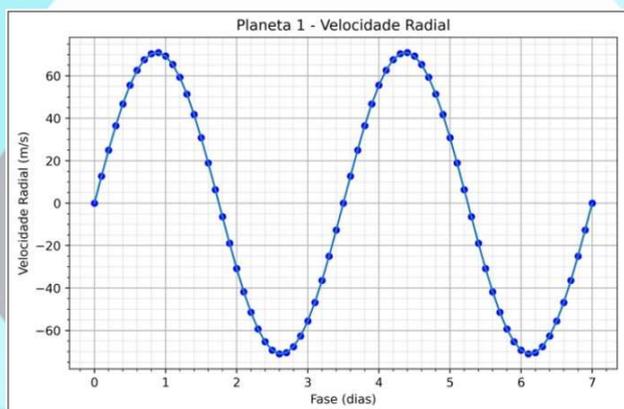


Figura 7: Curva de velocidade radial.
Fonte: *Chatbot* Caçador de Exoplanetas.

O *chatbot* exibirá uma imagem semelhante à Figura 7 da qual teremos que identificar alguns parâmetros para aplicar na Equação 4 [4]. No caso, a massa da estrela (M_*) foi fornecida logo após de ter escolhido o exoplaneta, o período (T) foi o primeiro parâmetro a ser determinado, a velocidade (v) pode ser obtida através da amplitude da curva de velocidade radial.

$$m_p = \left(\frac{M_*^2 \cdot T}{2 \cdot \pi \cdot G} \right)^{1/3} \cdot v \quad (4)$$

Sendo assim, temos que:

- M_p é a massa do planeta;
- m_* é a massa da estrela;
- T é o período orbital do planeta;
- G é a constante gravitacional ($6,67 \cdot 10^{-11} \text{ m}^3 \text{ kg}^{-1} \text{ s}^{-2}$);
- v é a velocidade da estrela hospedeira em torno do centro de massa do sistema;

Está disponível um vídeo no *chatbot* abordando velocidade radial caso o aluno queira saber mais sobre esta técnica.

Antes de inserir o resultado obtido, o valor deverá ser convertido para massa de Júpiter (M_J) e caso o resultado esteja correto, seguiremos para o próximo parâmetro que é determinar o Tipo do Exoplaneta.

4.5 TIPO DE EXOPLANETA

O tipo de cada exoplaneta é determinado pela sua composição e são classificados em rochosos ou gasosos. E para determinar o tipo do exoplaneta determinamos a sua densidade. Para isso, podemos usar a Equação 5 [5].

$$\rho = \frac{m_p}{V_p} \quad (5)$$

Portanto, m_p é a massa do planeta em gramas (g) e V_p é o volume do planeta em centímetros cúbicos (cm^3). O volume de um exoplaneta pode ser obtido utilizando o valor do raio exoplaneta e a Equação 6 que determina o volume de uma esfera [6].

$$V_p = \frac{4}{3} \cdot \pi \cdot R_p^3 \quad (6)$$

Após realizar os cálculos, o estudante poderá inserir o resultado no *chatbot* em g/cm^3 . Se a resposta do aluno estiver correta, ele será direcionado para a próxima etapa onde terá que classificar o planeta em gasoso ou rochoso seguindo a seguinte descrição [7].

- Para $\rho \geq 3,0 \text{ g/cm}^3$, os planetas são classificados como **rochosos**;
- Para $\rho \sim 2,0 \text{ g/cm}^3$, os planetas são classificados como **rochosos** com uma quantidade substancial de gelo;
- Para $\rho \leq 2,0 \text{ g/cm}^3$, os planetas são classificados como **gasosos**;

Após identificar e classificar o tipo do planeta, o aluno deverá digitar a resposta conforme as orientações do *chatbot*.

Depois de classificar os planetas em rochosos e gasosos, iremos determinar os limites da Zona Habitável.

4.6 LIMITES DA ZONA HABITÁVEL

A zona habitável é a região em torno da estrela, na qual a radiação emitida permite temperaturas suficientes para que a água seja encontrada no estado líquido. Sendo assim, podemos definir o raio interno e o raio externo que são os limites periféricos da Zona Habitável. E para isso podemos utilizar as equações as Equações 7 e 8 [8]:

Raio interno da Zona Habitável.

$$R_i = \sqrt{\frac{L_*}{1,1}} \quad (7)$$

Raio externo da Zona Habitável.

$$R_e = \sqrt{\frac{L_*}{0,53}} \quad (8)$$

Sendo assim, L_* é a luminosidade absoluta da estrela.

Após efetuar os cálculos para o raio interno e externo, o aluno deverá digitar os resultados na ordem que serão solicitados pelo *chatbot*. Após digitar os resultados, o *chatbot* irá questionar o aluno se o exoplaneta está na Zona Habitável e, para isso o aluno deverá verificar o resultado obtido para o raio da órbita e analisar se o planeta está dentro dos limites periféricos da Zona Habitável. Após fazer esta análise, o aluno deverá inserir a sua resposta SIM ou NÃO conforme o exemplo: /ZH1Sim.

Se a resposta do aluno estiver correta, o *chatbot* irá disponibilizar um link do site da NASA apresentando o nome do exoplaneta investigado e uma simulação da sua Zona Habitável.

4.7 VALORES APROXIMADOS DOS PARÂMETROS

Na Tabela 1, apresentamos os valores aproximados para cada parâmetros.

Tabela 1: Valores aproximados para planetas do Sistema Solar.

Exoplaneta	P	a	R_p	m_p	ρ_p	R_i	R_e
Exoplaneta 01	3,50	0,048	1,42	0,5900	0,26	1,52	2,20
Exoplaneta 02	3,36	0,030	0,12	0,0049	4,97	0,14	0,20
Exoplaneta 03	5,66	0,030	0,21	0,0190	2,60	0,14	0,20
Exoplaneta 04	11,37	0,073	0,19	0,1500	2,72	0,14	0,20

Fonte: Do Autor.

Sendo assim, temos que:

- P é o período em dias.
- a é o raio da órbita em unidades astronômicas (UA).
- R_p é o raio do planeta em R_J .
- m_p é a massa do planeta em m_J .
- ρ_p é a densidade do planeta em g/cm^3 .
- R_i é o raio interno da Zona Habitável em unidades astronômicas (UA).
- R_e é o raio externo da Zona Habitável em unidades astronômicas (UA).

5 UNIDADE DE ENSINO

Para utilização do *chatbot* recomendamos que alguns temas sejam trabalhados em sala para que os alunos possam inteirar-se com alguns termos relacionados a detecção de exoplanetas. Para isso, elaboramos uma unidade de ensino (UE) com uma sugestão de temas ao professor, mas salientamos que é optativa ao professor trabalhar toda esta unidade. Para aplicar esta UE em sala, utilizamos a estratégia dos três momentos pedagógicos com o intuito de compreender os conhecimentos prévio dos alunos com a intenção de estruturar o conhecimento sobre o tema e os alunos pudessem ter condições de compreender todos os termos apresentados pelo *chatbot* Caçador de Exoplanetas. Neste sentido, à seguir iremos apresentar a proposta de UE.

5.1 PRIMEIRO MOMENTO PEDAGÓGICO

5.1.1 QUESTIONÁRIO PRÉVIO

Objetivos: Apresentar reportagens que relatam a descoberta de exoplanetas de modo que os alunos sejam estimulados a investigarem sobre o tema proposto, afim de identificar o conhecimento prévio dos alunos.

Recursos utilizados: Projeção de reportagens circuladas em jornais e televisão.

Tempo estimado: Uma aula de 50 minutos.

Desenvolvimento: Iniciamos o estudo do tema no *primeiro momento pedagógico* em que é necessário estabelecer uma *problematização inicial* de modo que os alunos identifiquem a necessidade da obtenção de um novo conhecimento.

Na abordagem inicial buscamos explorar não apenas os conhecimentos prévios dos alunos, mas também o senso investigativos diante de um problema ou questionamento. Sendo assim, apresentamos reportagens (Figura 8), de jornais e TV, as quais relatavam descobertas de exoplanetas similares à Terra, planetas com possibilidade de vida e de seus parâmetros orbitais. Durante a explanação de cada reportagem foram lançadas hipóteses sobre os termos exibidos na matéria. Ao final, após as reportagens, a turma foi dividida em grupos e foi solicitado que respondessem um questionário com o objetivo de diagnosticar os conhecimentos prévios dos estudantes. Não foi permitido nenhuma pesquisa na internet sobre o tema, as respostas foram redigidas com base no diálogo estabelecido na equipe. No questionário foram feitas as seguintes perguntas:

1. O que são exoplanetas? E onde eles estão?
2. Como os cientistas são capazes de descobrir exoplanetas? E como eles sabem que são exoplanetas?
3. Quando olhamos para o céu noturno é possível ver várias estrelas. Porque não é possível ver planetas orbitando estas estrelas? Justifique.
4. Nas reportagens são apresentados corpos celestes que são parecidos com a Terra. Pensando nisso, quais características necessárias para que sejam parecidos com a Terra? E como fazemos para saber estas características?
5. Nas reportagens foram apresentados alguns planetas que podem ter vida. Façam uma discussão apresente as condições necessárias para que exista vida?
6. Em uma reportagem é apresentado um planeta que tem um ano de oito horas. Sendo assim, como podemos definir o período de um ano em um planeta?
7. Qual a importância de estudar os exoplanetas?

Para explorar o senso investigativo dos alunos, no final foi apresentado o seguinte desafio: *“Foi cogitado a possibilidade da existência de um novo exoplaneta que está orbitando uma estrela longe da Terra e sua equipe foi indicada como responsável para fazer esta verificação. Elabore uma estratégia apresentando uma proposta de como vocês fariam para verificação e quais os possíveis indicativos para a existência de vida.”*



Figura 8: Reportagens exibidas para explanação do primeiro momento pedagógico.
Fonte: Do Autor.

Os *slides* referentes a aula do primeiro momento pedagógico podem ser baixado clicando no link a seguir: <https://drive.google.com/file/d/1YTg86oPdznZ4h5DCWmpSjc-2JN3mbcz/view?usp=sharing>.

5.2 SEGUNDO MOMENTO PEDAGÓGICO

5.2.1 TEMA 01: SISTEMAS PLANETÁRIOS E EXOPLANETÁRIOS

Objetivos: Apresentar o Sistema Solar (SS) e a definição de planetas. Compreender e fazer comparações da dimensão dos planetas. Compreender as unidades de medida utilizadas na astronomia, em destaque a unidade astronômica (UA). Apresentar outros outros sistemas com um ou mais exoplanetas e, por fim, apresentar o conceito de zona habitável.

Recursos utilizados: Projeção de imagens e vídeos.



Figura 9: Imagens e vídeos utilizados na aula 01.
Fonte: Do Autor.

Tempo estimado: Duas aulas de 50 minutos.

Desenvolvimento: Neste tema iniciamos o *segundo momento pedagógico*, momento em que estruturamos a *organização do conhecimento*. Na abordagem deste tema exploramos, de forma conceitual, o Sistema Solar apresentando suas características, a definição e os tipos de planetas. Foram trabalhados os conceitos de razão e proporção, para efeito de comparação entre o raio e massa dos planetas, e a definição de Unidade Astronômica (UA).

À seguir, apresentamos um contexto histórico sobre os exoplanetas desde a especulação feita por Giordano Bruno, passando pelas primeiras detecções até o cenário atual com a apresentação dos sistemas exoplanetários com um ou mais exoplanetas similares à Júpiter ou à Terra. Neste contexto, expomos a definição de densidade planetária e as condições necessárias para a existência de água líquida e, para isso, foi apresentado os conceitos relacionados a Zona Habitável.

Como atividade foi solicitado uma investigação do sistema solar com as seguintes questões: a) calcular as razões e proporções entre as massas e raios do planetas; b) converter a distância dos planetas ao Sol de quilômetros para UA; c) calcular as densidades planetárias; d) determinar se o planeta é do tipo gasoso ou rochoso; e) estimar os limites internos e externo da Zona Habitável. A Tabela 2 apresenta os valores utilizados nos cálculos.

Tabela 2: Valores aproximados para planetas do Sistema Solar.

Planeta	Massa (kg)	Raio (km)	Distância ao Sol (km)
Mercúrio	$3,30 \cdot 10^{23}$	2.450	57.910.000
Vênus	$4,87 \cdot 10^{24}$	6.050	108.200.000
Terra	$5,97 \cdot 10^{24}$	6.380	150.000.000
Marte	$6,42 \cdot 10^{23}$	3.400	227.940.000
Júpiter	$1,90 \cdot 10^{27}$	71.500	778.330.000
Saturno	$5,69 \cdot 10^{26}$	60.300	1.429.400.000
Urano	$8,70 \cdot 10^{25}$	25.500	2.870.990.000
Netuno	$1,03 \cdot 10^{26}$	25.000	4.504.300.000

Fonte: Do autor.

Para obter a massa do planeta em função da massa da Terra foi utilizada a equação

$$M_{Planeta} = \frac{\text{Valor da massa do planeta}}{\text{Valor da massa da Terra}} M_{Terra}. \quad (9)$$

Para obter o valor do raio do planeta em função do raio da Terra a equação

$$R_{Planeta} = \frac{\text{Valor do raio do planeta}}{\text{Valor do raio da Terra}} R_{Terra}. \quad (10)$$

E para determinar a distância do planeta ao Sol em UA a equação

$$a_{Planeta} = \frac{\text{Valor da distância do planeta ao Sol}}{\text{Valor da distância da Terra ao Sol}} UA. \quad (11)$$

Por fim, para calcular a densidade dos planetas, verificar o seu tipo (gasoso ou rochoso) e estimar os limites internos e externo da Zona Habitável, foram trabalhados com os alunos os conceitos e equações apresentadas no Capítulo 2.

5.2.2 TEMA 02: AS TÉCNICAS E A FÍSICA NA DETECÇÃO DE EXOPLANETAS

Objetivos: Ensinar os conceitos básicos sobre as Leis de Kepler e o efeito Doppler da luz, utilizados para estimar o período orbital, o raio da órbita e a massa do exoplaneta, a partir da

observação do trânsito planetário e da curva de velocidade radial da estrela hospedeira.

Recursos utilizados: Projeção de imagens e vídeos.



Figura 10: Imagens e vídeos utilizados na aula 02.

Fonte: Do autor.

Tempo estimado: Duas aulas de 50 minutos.

Desenvolvimento: Iniciamos a aula apresentando os desafios para detectar exoplanetas e as limitações tecnológicas que dificultam estas descobertas. Entre os desafios enfatizamos a diferença de brilho e a separação angular entre a estrela hospedeira e o exoplaneta. Em seguida, apresentamos os telescópios pioneiros nos primeiros estudos até aos lançados recentemente. Além disso, apresentamos as contribuições realizadas e as possíveis contribuições no futuro. Após esta explanação iniciamos a contextualização dos conceitos físicos apresentando as Leis de Kepler e o efeito Doppler. Em seguida, apresentamos as técnicas de detecção de exoplanetas, trânsito planetário e velocidade radial, e como elas se relacionam com os conceitos físicos citados anteriormente. Ao final os alunos realizaram as seguintes atividades :

Atividade 01: Desenhar a curva de luz durante o trânsito planetário associando a profundidade da curva de luz com o raio do planeta. (Figura 5.2.2)

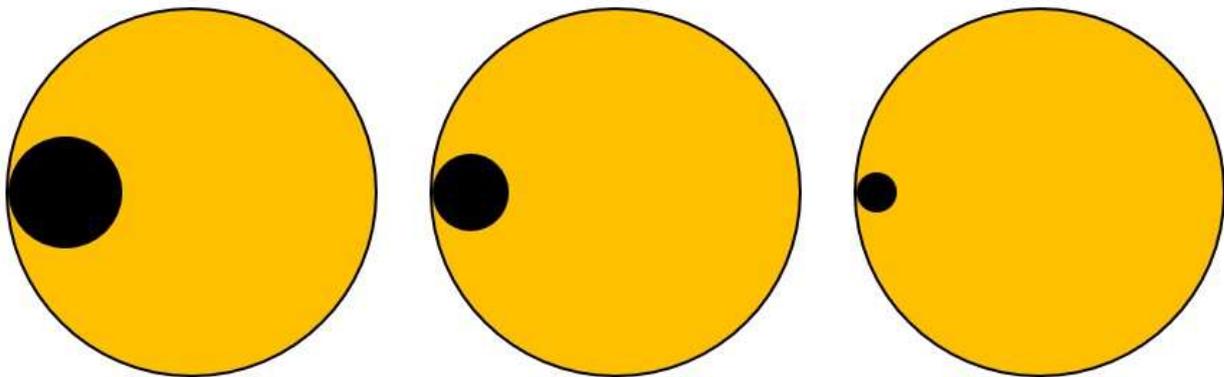


Figura 11: Atividade para determinar a profundidade da curva de luz.

Fonte: Do autor.

Atividade 02: Determinar o período orbital de cada objeto apresentado nas imagens abaixo.



Figura 12: Curva de luz da estrela Kepler 01.
Fonte: [9]

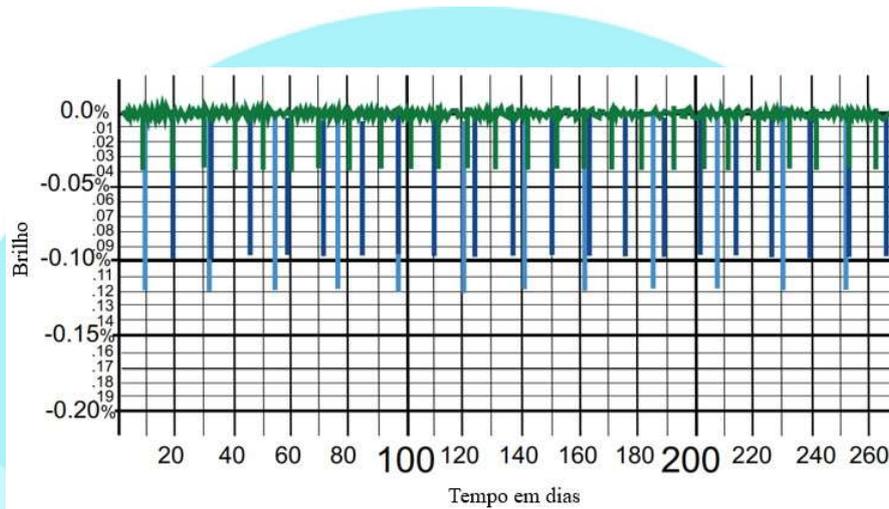


Figura 13: Curva de luz da estrela hospedeira Kepler 11.
Fonte: [9].

Os *slides* referentes a aula do segundo momento pedagógico podem ser baixados clicando nos links a seguir:

Aula referente a sistemas planetários: <https://drive.google.com/file/d/1Ydxf8qbo0s6RV0C4zKBtC/view?usp=sharing>.

Aula referente a sistemas exoplanetários: <https://drive.google.com/file/d/1YmSVSE5LKdEkUvK7es/view?usp=sharing>.

5.3 TERCEIRO MOMENTO PEDAGÓGICO

No terceiro momento pedagógico investiga-se a assimilação do conhecimento obtida pelos alunos. Sendo assim, verifica-se se o aluno é capaz de analisar, interpretar e associar o conhecimento obtido com as situações iniciais e, para isso, o professor poderá utilizar o *chatbot* Caçador de Exoplanetas durante as aulas para explorar o estudo dos exoplanetas.

Referências

- [1] K. de Oliveira Filho and M. de Fátima Saraiva, *Astronomia e Astrofísica*. São Paulo, SP: Livraria da Física, 2004.
- [2] J. Carlos Silva, A. J. Roberto Junior, and J. C. Pereira Alves, “Detecção do trânsito planetário de um exoplaneta com um telescópio de pequena abertura.,” *Caderno Brasileiro de Ensino de Física*, vol. 42, 2020.
- [3] C. A. Haswell, *Transiting Exoplanets: Measuring the Properties of Planetary Systems*. New York: Cambridge University Press, 1 ed., 2010.
- [4] C. Keeton, *Principles of Astrophysics: Using Gravity and Stellar Physics to Explore the Cosmos*. New York: Springer, 2014.
- [5] E. Furlan and S. Howell, “The densities of planets in multiple stellar systems,” *The Astronomical Journal*, vol. 154, no. 2, p. 66, 2017.
- [6] G. Iezzi, O. Dolce, D. Degenszajn, and R. Périgo, *matemática: Volume único*. São Paulo, SP: Atual, 2002.
- [7] E. Zurich, “exop2016.” https://ethz.ch/content/dam/ethz/special-interest/phys/particle-physics/quanz-group-dam/documents-old-s-and-p/Courses/ExtrasolarPlanetsFS2016/exop2016_chapter3_part1_UPDATED.pdf, 2015. (Accessed on 08/01/2022).
- [8] P. Biology, “Calculating the habitable zone.” https://www.planetarybiology.com/calculating_habitable_zone.html, 2022. Acessado em 15/04/2022.
- [9] NASA, “Nasa exoplanet science institute.” <https://nexsci.caltech.edu/>, 2022. Acessado em 13/03/2022.