

MNPEF

Mestrado Nacional
Profissional em
Ensino de Física



UNIVERSIDADE
FEDERAL DO PIAUÍ



**UNIVERSIDADE FEDERAL DO PIAUÍ
PRÓ-REITORIA DE ENSINO DE PÓS-GRADUAÇÃO
COORDENADORIA GERAL DE PÓS-GRADUAÇÃO
MESTRADO NACIONAL PROFISSIONAL EM ENSINO DE FÍSICA – MNPEF**

GILSON ALVES DA SILVA

**SEQUÊNCIA DIDÁTICA COMO PROPOSTA DE INTEGRAÇÃO ENTRE AS
VARIÁVEIS TERMODINÂMICAS E O SISTEMA SOLAR**

**TERESINA
2022**

GILSON ALVES DA SILVA

**SEQUÊNCIA DIDÁTICA COMO PROPOSTA DE INTEGRAÇÃO ENTRE AS
VARIÁVEIS TERMODINÂMICAS E O SISTEMA SOLAR**

Dissertação de Mestrado/Produto Educacional apresentada à Coordenação do Curso de Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física MNPEF - Polo 26, da Universidade Federal do Piauí (UFPI) como requisito para obtenção do grau de Mestre em Ensino de Física.

Linha de Pesquisa: Recursos Didáticos para o Ensino de Física

Orientadora: Profa. Dra. Cláudia Adriana de Sousa Melo

**TERESINA
2022**

FICHA CATALOGRÁFICA
Universidade Federal do Piauí
Sistema de Bibliotecas da UFPI – SIBi/UFPI
Biblioteca Setorial do CCN

S586s Silva, Gilson Alves.
Sequência didática como proposta de integração entre as variáveis termodinâmicas e o sistema solar / Gilson Alves da Silva. – 2022.
166 f.

Dissertação (Mestrado Profissional) – Universidade Federal do Piauí, Centro de Ciências da Natureza, Pós-Graduação em Ensino de Física, Teresina, 2022.
“Orientadora: Prof^ª. Dr^ª. Cláudia Adriana de Sousa Melo”.

1. Física – Estudo e Ensino. 2. Termodinâmica. 3. Astronomia. I. Melo, Cláudia Adriana de Sousa. II. Título.

CDD 530.7

GILSON ALVES DA SILVA

**SEQUÊNCIA DIDÁTICA COMO PROPOSTA DE INTEGRAÇÃO ENTRE AS
VARIÁVEIS TERMODINÂMICAS E O SISTEMA SOLAR**

Dissertação de Mestrado/Produto Educacional apresentada à Coordenação do Curso de Mestrado Profissional em Ensino de Física MNPEF - Polo 26, da Universidade Federal do Piauí (UFPI) como requisito para obtenção do grau de Mestre em Ensino de Física, na Linha de Pesquisa Recursos Didáticos para o Ensino de Física

Teresina (PI), 31 de março de 2022.

BANCA EXAMINADORA

Profa. Dra. Cláudia Adriana de Sousa Melo – UFPI – Orientadora

Prof. Dr. José Ricardo Rodrigues Duarte – UFPI – Examinador Externo

Prof. Dr. Francisco Ferreira Barbosa Filho – UFPI – Examinador Interno



UNIVERSIDADE FEDERAL DO PIAUÍ
PRÓ-REITORIA DE ENSINO DE PÓS-GRADUAÇÃO
COORDENADORIA GERAL DE PÓS-GRADUAÇÃO
MESTRADO NACIONAL PROFISSIONAL EM ENSINO DE FÍSICA – UFPI
e-mail: mnpef@ufpi.edu.br

ATA DA DEFESA DE DISSERTAÇÃO DE MESTRADO
DE GILSON ALVES DA SILVA

Às catorze horas do dia trinta e um de março de dois mil e vinte e dois, reuniu-se na sala virtual da plataforma Google Meet, <https://meet.google.com/wne-yhjn-aar>, a Comissão Julgadora da dissertação intitulado " SEQUÊNCIA DIDÁTICA COMO PROPOSTA DE INTEGRAÇÃO ENTRE AS VARIÁVEIS TERMODINÂMICAS E O SISTEMA SOLAR " do discente Gilson Alves da Silva, composta pelos professores Cláudia Adriana de Sousa Melo (orientadora, UFPI), José Ricardo Rodrigues Duarte (IFPI), Francisco Ferreira Barbosa Filho (UFPI), para a sessão de defesa pública do citado trabalho, requisito para a obtenção do título Mestre em Ensino de Física. Abrindo a sessão a Orientadora e Presidente da Comissão, Profa. Cláudia Adriana de Sousa Melo, após dar a conhecer aos presentes o teor das Normas Regulamentares da defesa da Dissertação, passou a palavra ao discente para apresentação de seu trabalho. Seguiu-se a arguição pelos membros da Comissão Julgadora e respectiva defesa do discente. Nesta ocasião foram solicitadas correções no texto escrito, as quais foram acatadas de imediato. Logo após, a Comissão se reuniu, sem a presença do aluno e do público, para julgamento e expedição do resultado final. O aluno foi considerado APROVADO, por unanimidade, pelos membros da Comissão Julgadora, à sua dissertação. O resultado foi então comunicado publicamente ao discente pelo Presidente da Comissão. Registrando que a confecção do diploma está condicionada à entrega da versão final da dissertação à CPG após o prazo estabelecido de 60 dias, de acordo com o artigo 39 da Resolução No 189/07 do CONSELHO DE ENSINO PESQUISA E EXTENSÃO DA UFPI. Nada mais havendo a tratar, a Presidente da Comissão Julgadora deu por encerrado o julgamento que tem por conteúdo o teor desta Ata que, após lida e achada conforme, será assinada por todos os membros da Comissão para fins de produção de seus efeitos legais. Teresina-PI, 31 de março de 2022.

Prof. Cláudia Adriana de Sousa Melo

Prof. José Ricardo Rodrigues Duarte

Prof. Francisco Ferreira Barbosa Filho

Cláudia Adriana de Sousa Melo

José Ricardo Rodrigues Duarte

Francisco Ferreira Barbosa Filho

Dedico a meus pais, Genésio e Maria das Dores,
à minha esposa Tatiana Sousa e à minha filha
Maria Alice, por tudo que representam para mim.

AGRADECIMENTOS

Agradeço a todos aqueles que de uma forma ou de outra, me ajudaram e deram forças, energia e disposição para conduzir este trabalho. Agradeço imensamente aos meus pais Genésio José e Maria das Dores por me ensinar a me tornar a pessoa que sou hoje. À minha irmã Joimara Alves e ao meu irmão Francisco Alves meus sinceros agradecimentos.

Não tenho palavras para agradecer à minha esposa Tatiana Sousa e à minha filha Maria Alice, por sempre estarem comigo, seja nas horas “fáceis” ou nas horas “difíceis”.

Agradecimentos especiais à minha professora e orientadora, Prof.^a Dr.^a Cláudia Adriana, por acreditar e apoiar este trabalho desde o primeiro momento, pela confiança, pelos conselhos e instruções durante toda esta jornada do Mestrado Profissional em Ensino de Física – Universidade Federal do Piauí.

Gratidão aos amigos da turma do mestrado, a companhia de todos foi essencial nesta jornada.

Agradecimentos também aos meus amigos professores Edward Montenegro e Francisco Peixoto Neto pela amizade, companhia e debates científicos desde os tempos de graduação.

Agradecimentos à professora Teresinha Vilani e ao professor Etevaldo Valadão por me conduzir em meus primeiros passos na carreira docente.

[...] a *aprendizagem significativa* ocorre quando novos conceitos, ideias, proposições, interagem com outros conhecimentos relevantes e inclusivos, claros e disponíveis na estrutura cognitiva, sendo por eles assimilados, contribuindo para uma diferenciação, elaboração e estabilidade (MOREIRA, 2008, p. 2).

RESUMO

Este estudo tem como título “Sequência didática como proposta de integração entre as variáveis termodinâmicas e o sistema solar” e se enquadra na linha de pesquisa “Recursos Didáticos para o Ensino de Física” onde aplicamos uma Sequência Didática composta por 06 (seis) etapas com duração de 02 (duas) horas cada, como proposta de integração entre a Termodinâmica e a Astronomia. Neste sentido, integrar Termodinâmica com Astronomia se justifica pelo motivo da Astronomia despertar a fascinação de crianças, jovens e adultos de todo o mundo. Ainda destacamos, a partir de pesquisas recentes em educação que, em geral, estudantes apresentam dificuldades no aprendizado da Termodinâmica por não ter se apropriado adequadamente dos conceitos relacionados às variáveis termodinâmicas. Especificamente neste trabalho relacionamos as variáveis “pressão”, “volume” e “temperatura” ao atrativo contexto do Sistema Solar. Uma vez que planetas, luas, asteroides, cometas e demais corpos celestes habitam o imaginário dos estudantes, então a estratégia de associar os conceitos de Astronomia para que os estudantes possam se apropriar e facilitar processo de ensino e aprendizagem de Termodinâmica. Esta integração foi fundamentada na Teoria da Aprendizagem Significativa de David Ausubel e seus intérpretes. Procuramos com este trabalho responder ao problema de pesquisa: “Pode uma Sequência Didática possibilitar a integração da Termodinâmica com a Astronomia para contribuir a uma aprendizagem potencialmente significativa dos alunos do Ensino Médio?” O estudo foi aplicado em um universo de 24 estudantes distribuídos entre as turmas de 1^a, 2^a e 3^a série do Ensino Médio, em uma escola estadual da cidade de Teresina/PI, e foi desenvolvido na modalidade remota, devido às restrições sanitárias relacionadas a pandemia do COVID-19, que inviabilizou as atividades educacionais presenciais. Embora desafiador, foi possível aplicar com os alunos do 1^o ano, uma vez que propomos um estudo introdutório no campo da termodinâmica, envolvendo as três variáveis, objetos de nosso estudo, volume pressão e temperatura. Em linhas gerais, os resultados desta pesquisa revelam que ocorreu uma melhoria na aprendizagem em termodinâmica, diante da abordagem integrada ao atrativo contexto do sistema solar. Percebemos isso, ao estudarmos as percepções dos alunos ao longo da aplicação de nosso produto educacional, ficando assim nítido a apropriação dos conceitos relacionados às variáveis termodinâmicas, objetos de nosso estudo. Por fim, em relação à questão norteadora deste trabalho, uma integração entre Termodinâmica e Astronomia a partir de uma Sequência Didática, colabora para uma aprendizagem significativa dos alunos do Ensino Médio. Para trabalhos futuros, propomos expandir a integração com a Astronomia a outros tópicos de estudo da termodinâmica, e, ao mesmo tempo, aplicá-los com um enfoque em atividades práticas de forma presencial, e com isso, explorarmos todo o potencial da sequência didática proposta.

Palavras-chave: Ensino de Física. Termodinâmica. Astronomia.

ABSTRACT

This study is entitled "Didactic Sequence as a proposal for integration between thermodynamic variables and the solar system" and fits into the research line "Didactic Resources for Teaching Physics" where we apply a Didactic Sequence composed of 06 (six) steps with duration of 02 (two) hours each, as a proposal of integration between Thermodynamics and Astronomy. In this sense, integrating Thermodynamics with Astronomy is justified by the reason that Astronomy arouses the fascination of children, young people and adults from all over the world. Based on recent research in education, we also highlight that, in general, students have difficulties in learning thermodynamics because they have not properly appropriated the concepts related to thermodynamic variables. Specifically in this work we relate the variables "pressure", "volume" and "temperature" to the attractive context of the Solar System. Since planets, moons, asteroids, comets and other celestial bodies inhabit the students' imagination, then the strategy of associating the concepts of Astronomy so that students can appropriate and facilitate the teaching and learning process of Thermodynamics. This integration was based on the Theory of Meaningful Learning by David Ausubel and his interpreters. With this work, we seek to answer the research problem: "Can a Didactic Sequence enable the integration of Thermodynamics with Astronomy to contribute to a potentially significant learning process for high school students?" The study was applied to a universe of 24 students distributed among the 1st, 2nd and 3rd grade classes of high school, in a state school in the city of Teresina/PI, and was developed in remote mode, due to sanitary restrictions related to COVID-19 pandemic, which made face-to-face educational activities unfeasible. Although challenging, it was possible to apply it with 1st year students, since we propose an introductory study in the field of thermodynamics, involving the three variables, objects of our study, volume, pressure and temperature. In general terms, the results of this research reveal that there was an improvement in thermodynamics learning, given the integrated approach to the attractive context of the solar system. We realized this when we studied the students' perceptions throughout the application of our educational product, thus making it clear the appropriation of concepts related to thermodynamic variables, objects of our study. Finally, in relation to the guiding question of this work, an integration between Thermodynamics and Astronomy from a Didactic Sequence, contributes to a significant learning of high school students. For future works, we propose to expand the integration with Astronomy to other topics of study of thermodynamics, and, at the same time, apply them with a focus on practical activities in person, and with that, we explore the full potential of the proposed didactic sequence.

Keywords: Physics Teaching. Thermodynamics. Astronomy.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Dispositivo hipotético para o estudo do comportamento dos gases.....	41
Figura 2 – Erros e acertos da Questão 2 em termos percentuais	73
Figura 3 – Senso de quente e frio	74
Figura 4 – Energia cinética molecular	75
Figura 5 – Crescimento de temperatura.....	75
Figura 6 – Pressão atmosférica.....	84
Figura 7 – Pressão	84
Figura 8 – Pressão/Volume.....	85
Figura 9 – Sistema Solar.....	90
Figura 10 – Representação de Galileu sobre os Satélites do planeta Júpiter	97
Figura 11 – Produção artística, aluno A9.....	10
4	
Figura 12 – Produção artística, aluno A15.....	10
5	
Figura 13 – Produção artística, aluno A24.....	10
5	
Figura 14 – Depoimentos dos alunos A9 e A24.....	10
7	
Figura 15 – Depoimentos dos alunos A10, A18, A20 e A23.....	10
8	
Figura 16 – Sistema Solar 1.....	11
0	
Figura 17 – Sistema Solar 2.....	11
1	

Figura	18	-	As	Estações	do	
Ano.....						11
2						
Figura		19	-		Depoimento	
A3.....						12
5						

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 – Perfil dos participantes da pesquisa	61
Quadro 2 – Síntese geral de aplicação da SD	67
Quadro 3 – Respostas à Questão 1, Primeira Etapa	70
Quadro 4 – Respostas à Questão 3, item (b), Primeira Etapa	78
Quadro 5 – Respostas à Questão 3, item (c), Primeira Etapa.....	79
Quadro 6 – Respostas à Questão 4, Primeira Etapa	82
Quadro 7 – Respostas à Questão 6, Primeira Etapa	89
Quadro 8 – Respostas à Questão 7, Primeira Etapa	91
Quadro 9 – Respostas à Questão 9, Primeira Etapa	94
Quadro 10 – Respostas à Questão 10, Primeira Etapa	96
Quadro 11 – Respostas à Questão 11, Primeira Etapa	98
Quadro 12 – Respostas à Questão 3, Segunda Etapa	100
Quadro 13 – Respostas à Questão 5, Segunda Etapa	102
Quadro 14 – Produção textual e artística, Terceira Etapa	103
Quadro 15 – Respostas à Questão 1, Quinta Etapa	109
Quadro 16 – Respostas à Questão 2, Quinta Etapa	111
Quadro 17 – Respostas à Questão 3, Quinta Etapa	113
Quadro 18 – Respostas à Questão 5, Quinta Etapa	114

Quadro 19	–	Respostas à Questão 6,	Quinta	
Etapa.....				11
4				
Quadro 20	–	Respostas à Questão 1,	Sexta	
Etapa.....				11
6				
Quadro 21	–	Respostas à Questão 1, item (a),	Sexta	
Etapa.....				11
7				
Quadro 22	–	Respostas à Questão 1, item (b),	Sexta	
Etapa.....				11
8				
Quadro 23	–	Respostas à Questão 1, item (c),	Sexta	
Etapa.....				11
9				
Quadro 24	–	Respostas à Questão 1, item (d),	Sexta	
Etapa.....				12
0				
Quadro 25	–	Respostas à Questão 2,	Sexta	
Etapa.....				12
0				
Quadro 26	–	Respostas à Questão 3,	Sexta	
Etapa.....				12
1				
Quadro 27	–	Respostas à Questão 4,	Sexta	
Etapa.....				12
2				
Quadro 28	–	Respostas à Questão 5,	Sexta	
Etapa.....				12
3				
Quadro 29	–	Produção Textual, Questão 6,	Sexta	
Etapa.....				12
4				

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

BNCC	Base Nacional Comum Curricular
IFPI	Instituto Federal do Piauí
LDB	Lei de Diretrizes e Bases da Educação Nacional
MNPEF	Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física
OBA	Olimpíada Brasileira de Astronomia
OCN	Orientações Curriculares Nacionais
PE	Produto Educacional
PCN	Parâmetros Curriculares Nacionais
SD	Sequência Didática
SDI	Sequência Didática Interativa
SEDUC/PI	Secretaria de Educação e Cultura do Piauí
TAS	Teoria da Aprendizagem Significativa

LISTA DE SÍMBOLOS

P - pressão

V - volume

T - temperatura

n - número de mols

m_{tot} - massa total

R - constante dos gases ideais

SUMÁRIO

1 TRAJETÓRIA PROFISSIONAL DO AUTOR.....	14
2 INTRODUÇÃO	15
2.1 OBJETIVOS	19
2.1.1 Objetivo geral	19
2.1.2 Objetivos específicos	19
3 A APRENDIZAGEM SIGNIFICATIVA: ASSOCIAÇÕES AO ENSINO E APRENDIZAGEM DE TERMODINÂMICA	22
3.1 Os conhecimentos prévios (subsunçores) para os propósitos de uma Aprendizagem Significativa	23
3.2 Discussões acerca de situações favoráveis a uma aprendizagem significativa	26
3.2.1 Aprendizagem Representacional	28
3.2.2 Aprendizagem de Conceitos	30
3.2.3 Aprendizagem Proposicional	31
3.3 Aprendizagem subordinada, superordenada e combinatória	32
3.4 Diferenciação progressiva e diferenciação integrativa	34
4 TERMODINÂMICA: CONCEITOS INTRODUTÓRIOS	36
4.1 As Variáveis Termodinâmicas: definição e exemplos	36
4.1.1 Temperatura	39
4.1.2 Pressão e Volume	40
5 TÓPICOS DE ASTRONOMIA ASSOCIADOS AO SISTEMA SOLAR.....	45
5.1 Historicidade da Astronomia.....	47
5.2 As Variáveis Termodinâmicas associadas ao Sistema Solar	51
6 PROPOSTA DE SEQUÊNCIA DIDÁTICA PARA INTEGRAÇÃO ENTRE A TERMODINÂMICA E A ASTRONOMIA NA PERSPECTIVA DA TEORIA DA APRENDIZAGEM SIGNIFICATIVA DE AUSUBEL	53
6.1 Sobre a Sequência Didática	54
6.2 Uma Sequência Didática integrando Termodinâmica e Astronomia com propósitos de proporcionar uma Aprendizagem Significativa	55
7 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS DA PESQUISA	56
7.1 Caracterização da pesquisa	58
7.2 Campo empírico da pesquisa	60
7.3 Participantes da pesquisa	61
7.4 Técnicas e Instrumentos de Obtenção de Dados	62
7.5 Procedimentos de Análise de Dados	64
7.6 Produto Educacional	67
8 ANÁLISE E DISCUSSÃO DOS DADOS	68
8.1 Conhecimentos prévios dos alunos pesquisados sobre Astronomia e conteúdos introdutórios de Termodinâmica	68

8.2 Potencialidades de uma Sequência Didática, que integra termodinâmica com astronomia, em favorecer a aprendizagem das variáveis termodinâmicas (temperatura, volume e pressão)	98
8.3 Concepções adquiridas pelos alunos sobre as variáveis termodinâmicas (temperatura, volume e pressão) quando integradas com astronomia em uma Sequência Didática	115
9 CONSIDERAÇÕES FINAIS	126
REFERÊNCIAS	130
APÊNDICE A – PRODUTO EDUCACIONAL: Sequência didática integrando tópicos de termodinâmica à astronomia do sistema solar	135
APÊNDICE B – Termo de consentimento e adesão para participar como colaborador da pesquisa	156
APÊNDICE C – Teste sobre os conhecimentos prévios dos alunos	157
APÊNDICE D – Teste para avaliar o aprendizado dos alunos sobre os tópicos de Termodinâmica e Astronomia.....	165

1 TRAJETÓRIA PROFISSIONAL DO AUTOR

Ao longo de minha carreira acadêmica sempre me preocupei com a forma na qual o processo de ensino e aprendizagem é conduzido no contexto da sala de aula. Neste sentido, merece atenção o fato de minha formação de nível médio ter sido desenvolvida na tendência pedagógica tecnicista, ao cursar a modalidade Ensino Médio Técnico (Técnico em Eletrônica, entre os anos 1997 e 2000).

Nesta referida modalidade de ensino, privilegiou-se o formalismo matemático em detrimento de uma abordagem fenomenológica da Física. Este aspecto puramente técnico do ensino da Física, na qual tive contato enquanto estudante de Ensino Médio, sempre me inquietava. E isto me motivou a estudar Física em nível de graduação, ao ingressar no curso de Licenciatura em Física entre 2011 e 2016 no Instituto Federal do Piauí – IFPI.

Em contato com teorias da aprendizagem e a psicologia da educação, dentre outros aspectos importantes e necessários à carreira docente, foi possível obter uma visão alternativa do ensino de Física. Ainda durante os anos de graduação, tive contato com as ideias conceituais de Astronomia, e neste momento, pude vislumbrar possibilidades de utilizar a Astronomia como aspecto atrativo ao ensino de Física.

A Astronomia integrada ao ensino de Física, tornou-se, neste contexto, a nossa proposta de pesquisa no nível de Mestrado Profissional. Todos estes acontecimentos, aqui descritos de forma resumida, me conduziram a cursar o Mestrado Profissional em Ensino de Física – MNPEF, turma de 2019, Polo 26, Universidade Federal do Piauí – UFPI, e assim ter condições de contribuir para uma melhoria no ensino e aprendizagem da Física em nosso país.

Apresentamos nas próximas seções, a nossa pesquisa, na qual idealizamos uma integração entre a Termodinâmica e o Sistema Solar a partir de uma Sequência Didática.

2 INTRODUÇÃO

No cenário atual de nosso país, relacionado à Educação Básica, indica que a disciplina de Física é uma das mais desafiadoras, na perspectiva dos professores e alunos. Em muitos casos, as aulas descontextualizadas, e, por vezes, com abordagens excessivamente matemáticas, ausência de laboratórios e de suprimentos para atividades experimentais, a pequena carga horária atualmente destinada ao ensino da Física, além da desmotivação dos jovens estudantes, são alguns dos fatores que corroboram com este cenário.

As considerações descritas acima, sobre o ensino de Física no Brasil, não se restringem à Educação Básica, sendo também observado no contexto do Ensino Superior. Segundo Moreira (2018, p. 73), o resultado das práticas e metodologias pedagógicas empregadas no Ensino de Física, resultaram nesse quadro supracitado:

O resultado desse ensino é que os alunos, em vez de desenvolverem uma predisposição para aprender Física, como seria esperado para uma aprendizagem significativa, geram uma indisposição tão forte que chegam a dizer, metaforicamente, que “odeiam” a Física. (MOREIRA, 2018)

Considerando as experiências vividas em nossa carreira, acadêmica e profissional, relacionadas ao ensino de Física em nosso país, questionam-se qual seria a postura do professor diante do cenário educacional apresentado? Possuir o domínio do conteúdo a ser ensinado seria suficiente para o professor atingir seus objetivos de ensino e aprendizagem?

Podemos perceber ainda uma questão essencial nesta discussão, a saber, os cursos de formação de professores nas instituições de ensino superior, estão de fato alinhados com metodologias alternativas para o ensino de Física? É de fato possível conciliar ou equilibrar os diferentes aspectos da formação docente? Neste sentido, e diante de tais questionamentos defendemos que os professores necessitam refletir sobre sua prática docente, para que o estudante tenha condições de se apropriar dos conhecimentos estudados de forma significativa. Ou seja, ele deverá abdicar das práticas pedagógicas tradicionais, e adotar novas metodologias de ensino.

Defendemos ainda, que os professores adotem estratégias alternativas, no processo de ensino e aprendizagem, abandonando os métodos tradicionais,

inefcazes, que não proporcionam resultados satisfat3rios. Segundo PEDRISA (2013, p. 7), “[...] o ensino de Ci4ncias deve proporcionar um espaço para que o aluno se aproprie tanto dos conhecimentos dispon3veis quanto dos mecanismos de produç3o destes conhecimentos”. Sendo assim, uma estrat3gia adequada no processo de ensino e aprendizagem de Ci4ncias, e em especial da F3sica, 3 proporcionar aos alunos meios que os permitam se “apropriar” e, ao mesmo tempo, sejam capazes de acessar os mecanismos nos quais estes conhecimentos foram historicamente “produzidos”.

Nesta pesquisa o conte3do de F3sica abordado foi o ensino de Termodin3mica contextualizado na Astronomia, especificamente no Sistema Solar. Acreditamos que este trabalho contribuir3 para tornar mais acess3veis conceitos de Termodin3mica, que muitas vezes os estudantes t3m dificuldades conceituais, al3m de buscar corrigir o uso inadequado destes, no cotidiano dos alunos.

Sabemos que os estudantes trazem em sua estrutura cognitiva, concepç3es pr3prias sobre a ci4ncia, que em geral, costumam entrar em conflito com as concepç3es cient3ficas apresentadas na educaç3o formal. No trabalho de MOURA (2016), s3o apresentadas algumas confus3es em relaç3o aos conceitos de termodin3mica:

H3 confus3es entre os conceitos b3sicos de **calor** e **temperatura**, conex3es inadequadas entre propriedades macrosc3picas e microsc3picas (por exemplo, **densidade de part3culas** e **temperatura**) e dificuldades em reconhecer a diferença entre vari3veis de estado (como **energia interna** e **entropia**) e vari3veis de processo (como **trabalho** e **calor**) (MOURA, 2016, p 11-12, grifo nosso).

Observamos pela nossa experi4ncia como docente, que os termos relacionados 3s vari3veis termodin3micas, n3o s3o claros na estrutura cognitiva dos nossos alunos. Considerando as metodologias empregadas, onde as vari3veis termodin3micas s3o introduzidas, n3o havendo a preocupaç3o em relacionar com conhecimentos pr3vios dos alunos, tem-se como resultado um forte comprometimento do processo de ensino e aprendizagem.

Diante do exposto, esta pesquisa teve como **objeto de estudo** o ensino das “vari3veis termodin3micas” a partir de uma Sequ4ncia Did3tica (SD), que prop3s uma integraç3o entre estas vari3veis Termodin3micas e os conhecimentos de Astronomia,

relacionados ao nosso Sistema Solar. Defendemos esta integração com a Astronomia, em virtude de nossa experiência em sala de aula, onde os alunos costumam demonstrar mais interesse, e apresentar melhoria no desempenho acadêmico, quando os conteúdos de Física são abordados de forma integrada a tópicos de Astronomia. Então está foi à razão pela qual propomos uma integração entre estes dois ramos do conhecimento, e, com isso, esperamos ter possibilitado aos alunos uma Aprendizagem Significativa.

Diante do exposto, convém enfatizar que as variáveis termodinâmicas que estamos nos referindo nesta pesquisa são: **volume**, **pressão** e **temperatura**. Sendo assim, ao estudar o sistema solar, acreditamos que os estudantes serão capazes de destacar em diferentes corpos celestes, presentes em nosso sistema solar, as diversas *temperaturas*, *volumes* e *pressões* distintas, que dependem dos fatores físicos envolvidos. A proposta de integração idealizada em nosso Produto Educacional (PE), que abordaremos mais à frente em detalhes, teve como proposta, apresentar aos nossos alunos, as condições de visualizar, através de atividades teórico-práticas, estas variáveis termodinâmicas no atrativo ambiente astronômico do sistema solar. Vale ressaltar que realizamos esta pesquisa em conformidade com as ideias da Teoria da Aprendizagem Significativa (TAS), proposta por David Ausubel e seus intérpretes.

E a escolha da Astronomia foi influenciada, por nossa experiência pessoal em trabalhar com o tema, e principalmente com a reforma da Educação Básica implantada com a Base Nacional Comum Curricular (BNCC), onde temas relacionados à Astronomia tornaram-se obrigatórios, esclarecendo assim importância da área das Ciências da Natureza, na qual está inserido o ensino de Física:

Nas sociedades contemporâneas, muitos são os exemplos da presença da Ciência e da Tecnologia, e de sua influência no modo como vivemos, pensamos e agimos: do transporte aos eletrodomésticos; da telefonia celular à internet; dos sensores óticos aos equipamentos médicos; da biotecnologia aos programas de conservação ambiental; dos modelos submicroscópicos aos cosmológicos; do movimento das estrelas e galáxias às propriedades e transformações dos materiais. Além disso, questões globais e locais com as quais a Ciência e a Tecnologia estão envolvidas – como desmatamento, mudanças climáticas, energia nuclear e uso de transgênicos na agricultura – já passaram a incorporar as preocupações de muitos brasileiros. Nesse contexto, a Ciência e a Tecnologia tendem a ser encaradas não somente como ferramentas capazes de solucionar problemas, tanto os dos indivíduos como os da sociedade, mas também como uma abertura para novas visões de mundo (BRASIL, 2018, p. 547).

Convém salientar, de acordo com o exposto, que a BNCC alerta para a necessidade de conhecimentos como, por exemplo, “modelos cosmológicos” e “movimento de estrelas e galáxias” (relacionados à Astronomia) na Educação Básica. Isto está de acordo com o exposto nas OCN’s (vistas anteriormente), pois ao trazer estas temáticas, estamos contribuindo para uma aprendizagem efetiva, pois se tratam de problemas reais e atuais. Neste sentido, nossos alunos precisam, de fato, exercer autonomia e gerenciar estes conhecimentos efetivamente adquiridos no contexto da sala de aula. A BNCC nos diz ainda que a compreensão de conhecimentos como estes, “já passaram a incorporar as preocupações de muitos brasileiros”. Daí a necessidade de termos estes conhecimentos inseridos no contexto da Educação Básica, sobretudo no Ensino Médio.

Diante destas discussões, propomos neste trabalho, dentre outros aspectos metodológicos, procurar respostas ao nosso **problema** de pesquisa: “Pode uma Sequência Didática possibilitar a integração da Termodinâmica com a Astronomia para contribuir a uma aprendizagem potencialmente significativa dos alunos do ensino médio?”

Para investigação do problema de pesquisa aplicamos a uma Sequência Didática – SD, efetivamente em um universo de 24 alunos de uma escola estadual da cidade de Teresina/PI na modalidade remota, devido a inviabilidade de aulas presenciais em virtude da pandemia do COVID-19. Os 24 alunos pesquisados são oriundos de turmas desta escola (ao todo 5 turmas, sendo uma turma da 1º série, duas turmas da 2º série e duas turmas da 3º série), sendo que dos 137 alunos matriculados, apenas 24 aceitaram participar. Um dos motivos limitantes a uma maior participação, foram as dificuldades de acesso à *internet*, além de a escola estar localizada em uma região da cidade de difícil acesso, onde os alunos só podem participar das aulas remotas, *online*, através dos dispositivos móveis. Além disso, grande parte dos alunos pesquisados não tinham aparelho de telefonia celular ou computadores portáteis (*notebooks*). Alguns utilizaram aparelhos emprestados dos próprios pais ou responsáveis, amigos e parentes. Apesar de todas estas dificuldades, constatamos resultados animadores, que relatamos em detalhes na Seção sobre a “Análise e Discussão dos dados da pesquisa”.

2.1 OBJETIVOS

Considerando as discussões anteriores estabelecemos para nosso trabalho os seguintes objetivos:

2.1.1 Objetivo geral: Propor uma Sequência Didática com a possibilidade de integrar a Astronomia à Termodinâmica para contribuir na aprendizagem dos alunos do ensino médio.

2.1.2 Objetivos específicos propostos para a presente pesquisa foram:

- Realizar um diagnóstico inicial, acerca dos conhecimentos prévios dos alunos de uma escola estadual de ensino da cidade de Teresina/PI, sobre Astronomia e conceitos elementares de Termodinâmica.
- Elaborar e desenvolver uma Sequência Didática que integra as variáveis termodinâmicas ao contexto do Sistema Solar.
- Verificar através das atividades propostas na Sequência Didática se houve (ou não) a apropriação, por parte dos estudantes, dos conceitos relacionados às variáveis termodinâmicas.

Com base em tudo o que foi dito até aqui, a **hipótese** que defendemos neste estudo, é que uma SD que integre a Termodinâmica à Astronomia, se apresenta como possibilidade de apropriação significativa dos conceitos das variáveis termodinâmicas.

Com propósitos de atingirmos os objetivos acima descritos, elaboramos uma SD composta por 06 (seis) encontros de 2 horas cada, as quais detalharão em seções posteriores. É importante enfatizar que segundo, CARVALHO; SASSERON, (2018), uma SD deve ser produzida de forma criteriosa, pois:

[...] precisamos ter cuidado para não pensarmos em nossos alunos como cientistas-mirins, tampouco objetivarmos tão somente a formação de cientistas para o futuro. Mas podemos e precisamos estudar os principais aspectos que circundam as práticas científicas de modo que seja possível encontrar modos de construir e validar conhecimentos nessas áreas (CARVALHO; SASSERON, 2018, p. 46).

Quando enfatizamos a necessidade de sermos criteriosos na construção desta SD, estamos em consonância com o pensamento dos autores citados, no qual é essencial uma interação construtiva entre o professor e o aluno. Segundo estes

autores são de suma importância que o professor faça perguntas relacionadas ao conteúdo aos seus alunos, e estas perguntas não devem se resumir apenas a, por exemplo, “você está entendendo?” Ou “alguém tem alguma dúvida?”. De fato:

Para que apareçam argumentações dos alunos em sala de aula, a prática do professor deve considerar já em seu planejamento a possibilidade de interações dos alunos com o conhecimento, criando ambientes não coercitivos nos quais os alunos possam apresentar sem medo seus argumentos, estejam esses corretos ou não (CARVALHO; SASSERON, 2018, p. 49).

Enfatizamos que estes ambientes nos quais é possível uma interação dos alunos com o conhecimento, estão descritos e delineados em nosso Produto Educacional (Apêndice A).

Vale a pena ressaltar que esta pesquisa se enquadrando na área denominada *Recursos Didáticos para o Ensino de Física*, constituinte do Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física – MNPEF. Além disso, adotamos os fundamentos da pesquisa qualitativa (MINAYO, 2010) por se tratar de uma abordagem que, em nossa visão, ser a mais adequada ao marco teórico escolhido.

Considerando o exposto anteriormente, apresentamos a estrutura desta Dissertação, ora dividida em oito seções. Na primeira seção, abordamos as considerações introdutórias onde foi dado destaque ao objeto de estudo, ao problema da pesquisa, destacamos também os objetivos gerais e os específicos, e, por fim, a hipótese associada à abordagem teórico-metodológica escolhida.

Na segunda seção destacamos as ideias inerentes à abordagem teórico-metodológica deste trabalho, ou seja, a “Aprendizagem Significativa com enfoque em Ausubel”, na qual fazemos as necessárias associações ao ensino e aprendizagem de Termodinâmica com atenção especial aos conceitos das “variáveis termodinâmicas”. Na sequência teremos a terceira seção, onde apresentamos os conceitos introdutórios de Termodinâmica que nos conduzirão à discussão das ‘variáveis termodinâmicas’, sem deixar de lado o enfoque teórico da aprendizagem significativa.

A quarta seção foi reservada aos tópicos de astronomia, na qual fizemos um estudo de seu contexto histórico, culminando com o estudo das variáveis termodinâmicas, desta vez, fazemos este estudo associando-os ao contexto do Sistema Solar. Em relação à proposta de integração entre a Termodinâmica e a

Astronomia (SD), reservamos a quinta seção e nela apresentamos uma proposta de integração entre estes dois ramos de conhecimento. Apresentamos também nesta seção, em linhas gerais, os significados e exemplos relacionados à SD.

Na sexta seção abordamos o caminho metodológico para esta pesquisa. Apresentamos a caracterização da pesquisa, delineando seu campo empírico e seus sujeitos, além das técnicas e instrumentos utilizados na produção dos dados, e, ainda, dos procedimentos para a análise dos dados. Esta sexta seção é finalizada com a apresentação da estrutura da SD adotada nesta pesquisa, o nosso Produto Educacional.

Reservamos a sétima seção para a análise e discussão dos dados coletados, e, por fim, na oitava seção apresentamos as considerações finais, onde fazemos um resumo de tudo o que foi exposto apresentando respostas ao problema de pesquisa junto com reflexões e perspectivas de futuros estudos.

3 A APRENDIZAGEM SIGNIFICATIVA: ASSOCIAÇÕES AO ENSINO E APRENDIZAGEM DE TERMODINÂMICA

Aprendizagem significativa é, obviamente, aprendizagem com significado. Mas isso não ajuda muito, é redundante. É preciso entender que a aprendizagem é significativa quando novos conhecimentos (conceitos, ideias, proposições, modelos, fórmulas) passam a significar algo para o aprendiz, quando ele ou ela é capaz de explicar situações com suas próprias palavras, quando é capaz de resolver problemas novos, enfim, quando compreende. (MOREIRA, 2003, p.2)

Coerente com a epígrafe acima, é necessário que o professor de Física adote estratégias para que os novos conhecimentos adquiridos sejam significativos para os alunos. De fato, quando um novo conhecimento nada significa para o aprendiz, segundo Moreira (2003), esta aprendizagem não é significativa e, diante deste cenário, convém pensarmos em adotar estratégias alternativas e diversificadas.

Pensando em estratégias a adotar em prol de uma Aprendizagem Significativa, qual seria uma atitude desejável ao professor de Física? GRASSELLI (2019, p. 26), sugere:

[...] o professor de Física deve dar as direções pela promoção de atividades que contribuam com a formação de conceitos próprios para o estudante modificando-os de forma que os estudantes não sejam sobrecarregados de conteúdos complexos demais para o seu estágio de entendimento cognitivo, adaptando o conhecimento. (GRASSELLI 2019)

Ou seja, para sermos capazes de proporcionar uma Aprendizagem Significativa, segundo GRASSELLI (2019), precisamos respeitar o estágio de entendimento cognitivo dos alunos. Isso significa que a discussão de conteúdos de complexidade acima do estágio de entendimento cognitivo não colaborará a uma aprendizagem verdadeiramente significativa. Neste caso, convém, como professores, adaptarmos nossa prática pedagógica utilizando atividades diversificadas, e estas, por sua vez, apresente o potencial de proporcionar um melhor entendimento destes conteúdos científicos, considerados complexos.

Existe alguma forma eficiente de lidar com o problema acima descrito por GRASSELLI (2019)? A literatura relacionada à aprendizagem significativa nos responde que sim e, nos aponta um caminho, que é acessar as concepções ou conhecimentos prévios de nossos alunos. Em nossa pesquisa buscamos fazer isso

ao elaborar o primeiro encontro formativo da Sequência Didática, onde aplicamos um questionário, semiestruturado, objetivando visualizar as concepções dos participantes. É importante esclarecer que é esperado encontrar nas respostas dos estudantes aos questionários aplicados, o que chamamos de conflitos cognitivos. Neste sentido GRASSELLI (2019, p. 27), alerta sobre estes conflitos cognitivos quando relacionados aos conhecimentos prévios e os conhecimentos novos na aprendizagem da Termodinâmica:

O professor da disciplina de Física, como mediador entre os conhecimentos já interiorizados e os novos conhecimentos, ao apresentar os conteúdos da Termodinâmica deve estar alerta para o processo de conflito cognitivo, de maneira que estes novos conteúdos não sejam tão incompreensíveis que os estudantes desistam da aprendizagem. (GRASSELLI, 2019)

De fato, conforme GRASSELLI (2019) nos alerta, somos mediadores entre os conhecimentos prévios e os novos conhecimentos dos nossos estudantes, e como mediador o professor deve ser cuidadoso neste processo. Coerente com o pensamento do autor, MOREIRA (1999), nos lembra de que os conhecimentos existentes na estrutura cognitiva dos indivíduos, ou seja, os seus conhecimentos prévios, são essenciais para a consolidação de uma aprendizagem significativa. Isso significa que, como docentes, não podemos desconsiderar aquilo que o estudante traz consigo em sua estrutura cognitiva.

Vejamos agora em detalhes como podemos reconhecer e interpretar os conhecimentos prévios dos estudantes de modo a utilizá-los a nosso favor no ensino e aprendizagem de Termodinâmica.

3.1 Os conhecimentos prévios (subsunçores) para os propósitos de uma Aprendizagem Significativa

Nas palavras de MOREIRA, CABALLERO e RODRIGUEZ (1997, p. 20), “o conhecimento prévio (a estrutura cognitiva do aprendiz) é a variável crucial para a aprendizagem significativa” e, de fato, estes devem ser levados em consideração no processo de ensino e aprendizagem caso se deseje atingir os objetivos de uma aprendizagem significativa.

As concepções, os conhecimentos prévios, ou seja, tudo aquilo que o estudante já sabe e que traz consigo em sua estrutura cognitiva, e que faz parte de sua bagagem cultural, nos fornece condições e nos conduzem a melhores resultados no que diz respeito a uma aprendizagem significativa. Em se tratando de conhecimentos prévios, o termo utilizado na literatura é o de ‘subsunçor’:

Dentro da aprendizagem significativa, o conceito de “subsunçor” se refere a uma ideia já presente na estrutura cognitiva do aprendiz, responsável por fazer a interação ou ponte cognitiva daquilo que já sabe com a nova informação. É através do subsunçor preexistente que o aprendiz poderá fazer uma âncora com a nova informação, promovendo, desta forma, uma aprendizagem significativa, menos mecânica e com mais sentido (RIBEIRO; SILVA; KOSCIANSKI, 2012, p. 168)

Para estes autores, um subsunçor refere-se a uma ideia já presente na estrutura cognitiva do aprendiz, e este é imprescindível para a consolidação de uma aprendizagem significativa, pois servirá de âncora para uma nova informação.

“Esses conhecimentos prévios” acima descritos, “são também chamados de conceitos subsunçores ou conceitos âncora” (TAVARES, 2004, p. 56). Logo, cabe ao professor ter uma compreensão mais detalhada acerca deste conceito fundamental:

Quando se dá a aprendizagem significativa, o aprendente transforma o significado lógico do material pedagógico em significado psicológico, à medida que esse conteúdo se insere de modo peculiar na sua estrutura cognitiva, e cada pessoa tem um modo específico de fazer essa inserção, o que torna essa atitude um processo idiossincrático (TAVARES, 2004, p. 56).

TAVARES (2004), ao desenvolver ideias relacionadas à aprendizagem significativa, utiliza a expressão “processo idiossincrático”. Esta expressão se refere à idiossincrasia que significa “a maneira de ver, de sentir e de reagir, própria de cada pessoa” (Dicionário online de português). Ou seja, nem todos se apropriam de determinados conhecimentos da mesma forma, pois cada um de nós tem o seu jeito próprio de aprender. Associando estas ideias ao nosso objeto de estudo, conforme citado anteriormente, os alunos apresentam em sua estrutura cognitiva um conjunto de concepções alternativas acerca dos conteúdos de Termodinâmica. Podemos citar, por exemplo, os conceitos de calor e temperatura que costumam ser fonte de confusões conceituais. Disso se pode depreender que um adequado conhecimento

do professor acerca destas concepções dos estudantes, facilitará o processo de ensino e aprendizagem, à luz da TAS de Ausubel.

Segundo GRINGS, CABALLERO e MOREIRA. (2006, p. 464), “[...] a construção do conhecimento não é um processo linear, ao contrário, apresenta avanços e retrocessos, continuidades e rupturas”. Em outras palavras, objetivos de ensino e aprendizagem nem sempre ocorrem de forma direta e imediata ou em um processo suave e contínuo. Intervenções pedagógicas se fazem necessárias durante este tortuoso trajeto de construção do conhecimento.

Convém deixar claro o destaque que os autores dão para os conhecimentos prévios. Para eles, o professor precisa identificar especificamente quais os conhecimentos prévios que o aprendiz pode se apoiar para aprender. Por que é necessário este cuidado?

PARISOTO (2015, p. 73) nos responde em forma de alerta:

Algumas vezes, os conhecimentos prévios dos alunos dificultam a aprendizagem. Dessa forma, é preciso mostrar o (s) equívoco (s) do (s) modelo (s) do aluno, ensinando a partir disso o (os) modelo (os) cientificamente aceito (os). Para diminuir tais dificuldades, também é fundamental o papel do professor. (PARISOTO 2015)

Observamos no pensamento de PARISOTO (2015), alguns termos entre parênteses representativos de palavras no plural. A autora justifica esse termo, lembrando que frequentemente temos mais de um modelo científico para explicar o mesmo fenômeno. De fato, nossa experiência como docente, da Educação Básica, comprova o pensamento da autora, pois frequentemente precisamos apresentar perspectivas diferentes, sempre que percebemos que nossos alunos não se apropriaram do conhecimento trabalhado em sala de aula.

As palavras de PARISOTO (2015) são coerentes com o pensamento de MOREIRA (2012, p. 7):

[...] dizer que o conhecimento prévio é a variável que mais influencia a aprendizagem significativa de novos conhecimentos não significa dizer que é sempre uma variável facilitadora. Normalmente sim, mas pode, em alguns casos, ser bloqueadora. (MOREIRA (2012)

Conforme exposto acima, fica evidente a importância da figura do professor nesse processo de mediação da aprendizagem. Em nossa pesquisa, conforme

veremos mais adiante, chamamos a atenção para o cuidado na escolha criteriosa dos conhecimentos prévios dos estudantes que conduzem à aprendizagem significativa das variáveis termodinâmicas, pois uma escolha inadequada dos referidos conhecimentos prévios, segundo PARISOTO (2015) e MOREIRA (2012), dificulta ou mesmo bloqueia a aprendizagem dos estudantes.

Nesta discussão acerca dos subsunçores em um contexto de aprendizagem significativa, MOREIRA (2012) nos alerta sob o fato de muitas vezes se pensa que os subsunçores são apenas conceitos, e uma vez aprendidos significativamente, serviriam de subsunçores para novas aprendizagens significativas. No entanto, MOREIRA (2012) nos alerta sobre o conceito de subsunçor:

Sem rejeitar a ideia de que corpos organizados de conhecimento, possuem de fato, conceitos estruturantes, é mais adequado pensar os subsunçores simplesmente como conhecimentos prévios especificamente relevantes para que os materiais de aprendizagem ou, enfim, os novos conhecimentos sejam potencialmente significativos. [...] Subsunçores seriam, então, conhecimentos prévios especificamente relevantes para a aprendizagem de outros conhecimentos (MOREIRA, 2012, p.10, grifo do autor)

O destaque aqui dado pelo autor é que os subsunçores referem-se especificamente a “conhecimentos prévios relevantes”, e não a quaisquer outros conhecimentos, ou seja, é preciso acessar estes subsunçores ou conhecimentos prévios “especificamente relevantes”, caso deseje implementar uma aprendizagem significativa.

3.2 Discussões acerca de situações favoráveis a uma aprendizagem significativa

MOREIRA (2012, p. 8) esclarece que “essencialmente, são duas as condições para a aprendizagem significativa: 1) *o material de aprendizagem deve ser potencialmente significativo* e 2) *o aprendiz deve apresentar uma predisposição para aprender*”.

Diante destas duas condições e avaliando o contexto do ensino de Física na educação básica, as situações de aprendizagem apresentam-se como possibilidades estratégicas para o envolvimento de professores e alunos na construção de

conhecimentos. Segundo Weisz (2002, p. 65), “[...] é equivocada a expectativa de que o aluno poderá receber qualquer ensinamento que o professor lhe transmita exatamente como ele transmite”. Neste sentido é crucial termos uma correta compreensão de “Situações favoráveis à aprendizagem”, ou seja, quando nos referimos a situações favoráveis à aprendizagem, desejamos que estas possuam um consistente valor pedagógico e que sejam significativas. Portanto, os requisitos necessários às condições para situações favoráveis à aprendizagem, podem ser assim resumidos:

- os alunos precisam pôr em jogo tudo o que sabem e pensam sobre o conteúdo que se quer ensinar;
- os alunos têm problemas a resolver e decisões a tomar em função do que se propõe produzir;
- a organização da tarefa pelo professor garante a máxima circulação de informação possível;
- o conteúdo trabalhado mantém suas características de objeto sociocultural real, sem se transformar em objeto escolar vazio de significado social. (WEISZ, 2002, p. 66).

Diante do acima exposto, não se exige que estes quatro pressupostos teóricos sejam aplicados em sua totalidade e de forma rígida. Para Weisz (2002, p. 66), estes quatro princípios apontam uma direção, e é esta direção que convém não perder de vista. De acordo com o primeiro pressuposto acima, “por em jogo tudo o que sabem e pensam”, ou seja, mobilizar aquilo que os alunos trazem em sua estrutura cognitiva. Neste sentido, observamos que o pensamento de Weisz se conecta aos subsunçores descritos na seção anterior, ou seja, para que uma situação seja favorável à aprendizagem é necessário levar em consideração aquilo que o aluno já sabe, acessando os conhecimentos prévios relevantes.

O pressuposto seguinte detalha a importância para os alunos em ser capazes de resolver problemas e tomar decisões coerentes com aquilo que se quer produzir. Neste segundo pressuposto observamos um momento no qual a figura do professor como mediador da aprendizagem é crucial em se tratando de uma aprendizagem significativa. Em geral, é neste momento que os alunos sentem mais dificuldades, ao aplicar os conhecimentos adquiridos na resolução de problemas. Um outro aspecto importante (terceiro pressuposto) é a garantia da circulação da informação e esta é uma responsabilidade do professor durante o momento do planejamento das atividades e, por fim, para que estes objetos de conhecimentos tenham validade

(quarto pressuposto), precisam obrigatoriamente ser significativos, ou seja, não podem ser vazios de significado.

Retomando as ideias de Ausubel em relação ao marco teórico da aprendizagem significativa, temos três tipos de aprendizagem: a *representacional*, a *de conceitos* e a *proposicional*. Cada uma delas apresentam características próprias, e estas apresentam as potencialidades de conduzir a uma aprendizagem significativa. Em um primeiro momento procuramos compreendê-las e, em um segundo momento as implementamos na prática. Neste caso específico, associando-a ao nosso objeto de estudo (as variáveis termodinâmicas). Veremos a seguir nas próximas três subseções cada um destes tipos de aprendizagem.

3.2.1 Aprendizagem Representacional

Para Ausubel, Novak e Hanesian (1980, p. 32-33), aprendizagem representacional se enquadra em um dos três tipos de aprendizagem receptiva significativa:

Aprendizagem representacional (por exemplo, nomear) está próxima da aprendizagem automática. Ocorre quando se estabelece uma equivalência de significado entre os símbolos arbitrários e seus correspondentes referentes (objetos, exemplos, conceitos), que passam então a remeter o aluno ao mesmo significado. A aprendizagem representacional é significativa porque as proposições de equivalência representacional podem ser relacionadas (de forma não arbitrária), enquanto exemplos, a uma generalização, presente na estrutura cognitiva de quase todas as pessoas, em torno do primeiro ano de vida – tudo tem um nome e o nome significa aquilo que seu referente significa para uma determinada pessoa.

Observamos, a partir do pensamento dos autores, uma proximidade entre aprendizagem representacional e aprendizagem automática. Convém, neste momento, definirmos o que vem a ser uma aprendizagem automática. Ausubel, Novak e Hanesian. (1980, p. 23, grifo nosso), a definem baseando-se na definição própria de aprendizagem significativa:

[...] a aprendizagem significativa ocorre quando a tarefa de aprendizagem implica relacionar, de forma não arbitrária e substantiva (não literal), uma nova informação a outras com as quais o aluno já esteja familiarizado, e quando o aluno adota uma estratégia correspondente para assim proceder. **Aprendizagem automática**, por sua vez, ocorre se a tarefa consistir de associações puramente arbitrárias, como na associação de pares, quebra-

cabeça, labirinto, ou aprendizagem de séries e quando falta ao aluno o conhecimento prévio relevante necessário para tornar a tarefa potencialmente significativa, e também (independentemente do potencial significativo contido na tarefa) se o aluno adota uma estratégia apenas para internalizá-la de uma forma arbitrária, literal (por exemplo, como uma série arbitrária de palavras).

Pelos motivos acima descritos pelos autores, é fundamental não confundir estas duas aprendizagens (representacional e automática), elas de fato são próximas. Porque trazemos essa discussão acerca da aprendizagem automática? Entendemos que esta discussão seja necessária haja vista o nosso objeto de estudo (as variáveis termodinâmicas). Neste sentido propomos relacionar as variáveis pressão, temperatura e volume ao contexto do sistema solar e, segundo a TAS, para que este objeto de estudo se torne potencialmente significativo, é necessário acessarmos o conhecimento prévio relevante (conforme abordado na seção anterior) dos nossos estudantes.

Avançando um pouco mais nesta discussão, lembramos as palavras de Moreira (2012, p. 16, grifo do autor) acerca da importância da aprendizagem representacional:

No que se refere a tipos de aprendizagem significativa, a mais elementar, porém a mais fundamental, pois dela dependem os outros tipos, é a *aprendizagem representacional*. Aprendizagem representacional é a que ocorre quando símbolos arbitrários passam a representar, em significado, determinados objetos ou eventos em relação unívoca, quer dizer, o símbolo significa apenas o referente que representa.

Ou seja, embora a aprendizagem representacional seja bem próxima de uma aprendizagem do tipo mecânica, esta é considerada significativa pelo motivo de o símbolo representar um referente concreto, ao passo que na perspectiva de uma aprendizagem puramente mecânica, esta relação apresenta-se sem significado algum.

É neste aspecto que se fundamenta o nosso objeto de estudo. Ao invés de estudar as variáveis termodinâmicas em uma perspectiva de aprendizagem puramente mecânica ou automática, propomos integrar este estudo ao contexto da astronomia relacionada ao sistema solar, por entendermos ser uma conexão mais atrativa aos nossos alunos, favorecendo assim o processo de ensino e aprendizagem.

Para exemplificar, temos no contexto do sistema solar, planetas com diferentes *volumes* orbitando o Sol. Uma vez que instigamos nossos estudantes, durante a

aplicação da SD, a visualizar que os planetas menos volumosos estão mais próximos do Sol, ao passo que os mais volumosos estão em uma órbita mais distante, isto pode se encaixar em uma aprendizagem representacional. Sempre que for necessária uma recorrência à variável termodinâmica *volume*, as representações dos diferentes volumes do sistema solar podem potencialmente vir à tona como um facilitador da aprendizagem. Acreditamos ser uma alternativa de ensino potencialmente significativo, pois as variáveis termodinâmicas, objeto de nosso estudo, estarão em ação à medida que os alunos têm contato com as atividades delineadas em nosso produto educacional.

3.2.2 Aprendizagem de Conceitos

Continuando a discussão iniciada na subseção anterior, relativa à aprendizagem representacional, temos a aprendizagem conceitual (ou de conceitos). Neste sentido, convém sabermos as condições nas quais a aprendizagem conceitual acontece:

A aprendizagem conceitual ocorre quando o sujeito percebe regularidades em eventos ou objetos, passa a representá-los por determinado símbolo e não mais depende de um referente concreto do evento ou objeto para dar significado a esse símbolo. Trata-se, então, de uma aprendizagem representacional de alto nível (MOREIRA, 2012, p. 16).

Quando comparamos estes dois tipos de aprendizagem significativa, conforme Moreira (2012), a do tipo conceitual apresenta-se em um nível mais alto, ou seja, mais abrangente, quando comparada com a aprendizagem discutida na subseção anterior. Lançamos, a seguir, um exemplo concreto a fim de contextualizar estas ideias propostas por Moreira (2012, p. 16, grifo do autor). Este autor exemplifica:

[...] quando uma pessoa tem o *conceito* de mesa, o símbolo mesa representa uma infinidade de objetos (não apenas um como no caso da aprendizagem representacional) com determinados atributos, propriedades, características comuns. No entanto, para chegar ao conceito de mesa, provavelmente, o sujeito passou por representações de mesa. Por outro lado, uma vez construído o conceito, ele passa a ser representado por um símbolo, geralmente linguístico (MOREIRA, 2012, p. 16).

Conforme o exposto, observamos que se trata de um processo bem elaborado, geralmente separado por etapas distintas, onde pouco a pouco o conceito estudado

vai sendo construído. O fundamental deste processo, segundo Moreira (2012), é o fato de “uma vez construído”, este conceito passa a ser representado por um símbolo, e assim apresenta maiores potencialidades de ser consolidado.

Para explicar o conceito de *pressão*, no contexto do sistema solar, que pode ser amplamente visualizado neste ambiente. Quando instigamos os estudantes a comparar as diferentes pressões, por exemplo, nos planetas Vênus e Júpiter, estes têm a oportunidade de se apropriar significativamente deste importante conceito em termodinâmica. Ou, dito de outra forma, ao final deste processo, os estudantes adquirem as condições necessárias de modo a se apropriar dos conceitos estudados, possibilitando a consolidação de uma aprendizagem significativa.

Por fim, ressaltamos que a aprendizagem conceitual é amplamente utilizada nesta pesquisa, pois ao lidarmos com nosso objeto de estudo, as variáveis termodinâmicas, damos ênfase aos conceitos necessários a este corpo de conhecimentos. Vejamos, na próxima subseção mais um dos tipos de aprendizagem, a proposicional.

3.2.3 Aprendizagem Proposicional

Além dos tipos de aprendizagem descritos e discutidos anteriormente, temos ainda um terceiro tipo de aprendizagem significativa, que na verdade está relacionada com as duas primeiras:

[...] a *aprendizagem proposicional*, implica dar significado a novas ideias expressas na forma de uma proposição. As aprendizagens representacional e conceitual são pré-requisito para a proposicional, mas o significado de uma proposição não é a soma dos significados dos conceitos e palavras nelas envolvidos (MOREIRA, 2012, p. 16, grifo do autor).

Moreira (2012) enfatiza que a aprendizagem significativa não é aquela na qual o estudante aprende e “nunca” esquece, o esquecimento é um processo natural e ocorrerá independentemente de a aprendizagem ter sido significativa ou não. Uma diferença crucial entre a aprendizagem mecânica e a significativa é que na mecânica o “esquecimento é rápido e praticamente total”, ao passo que na significativa, “o esquecimento é residual, ou seja, o conhecimento esquecido está ‘dentro’ do

subsunçor, há um resíduo dele no ‘subsunçor’”. (MOREIRA, 2012, p. 17, grifo do autor).

Esta relação entre esquecimento e aprendizagem é de suma importância em nosso estudo, pois desejamos que os estudantes se apropriem dos conceitos relacionados às variáveis termodinâmicas e os assimilem significativamente. Ainda segundo Moreira (2012), quando a aprendizagem é verdadeiramente significativa, temos uma sensação boa, tranquilizante, mesmo que após algum tempo esqueçamos um determinado conhecimento (processo natural de esquecer), é possível reaprender este conhecimento com facilidade pois este está “guardado” nas estruturas cognitivas do aprendiz, os subsunçores.

3.3 Aprendizagem subordinada, superordenada e combinatória

Quando abordamos anteriormente os subsunçores no contexto de uma aprendizagem significativa, ressaltamos a importância deste conceito inerente à TAS e concordamos com o pensamento de Moreira (1999, p. 159) no sentido de que “[...] a nova informação adquire significado por meio da interação com subsunçores reflete uma relação de subordinação do novo material em relação à estrutura cognitiva preexistente”. Não à toa, este tipo de aprendizagem ser chamada de subordinada.

Em relação à aprendizagem subordinada, à luz da TAS, em nossa pesquisa adotamos a relação de subordinação quando propomos, em nossa SD uma integração das variáveis termodinâmicas (objetos de nosso estudo) com o atrativo contexto do Sistema Solar.

Uma outra aprendizagem que se enquadra no tratamento teórico desta pesquisa, é o que chamamos de superordenada. Neste sentido, Moreira (1999, p.159, grifos do autor) esclarece:

[...] a *aprendizagem superordenada* é a que se dá quando um conceito ou proposição potencialmente significativo **A**, mais geral e inclusivo do que ideias ou conceitos já estabelecidos na estrutura cognitiva a_1, a_2, a_3 , é adquirido a partir destes e passa a assimilá-los. As ideias a_1, a_2, a_3 , são identificadas como instâncias mais específicas de uma nova ideia superordenada **A**, definida por um novo conjunto de atributos essenciais que abrange os das ideias subordinadas.

Adaptando o pensamento do autor ao contexto da presente pesquisa, em nossa SD (especificamente, a primeira etapa), a partir de um questionário denominado “Teste de Sondagem” (Apêndice C), procuramos acessar os “conceitos já estabelecidos na estrutura cognitiva” dos sujeitos da pesquisa, e, com isso, desenvolvemos as etapas subsequentes de nossa SD, sempre com os propósitos de possibilitar uma aprendizagem potencialmente significativa. O aspecto crucial no que diz respeito à aprendizagem superordenada, delineada por Moreira (1999), é o de interligar ou conectar os conhecimentos estudados aos conhecimentos já existentes na estrutura cognitiva dos sujeitos da pesquisa.

Ainda, segundo Moreira (1999, p. 159, grifo do autor), temos a *aprendizagem combinatória*:

[...] é a aprendizagem de proposições e, em menor escala, de conceitos que não guardam uma relação de subordinação ou superordenação com proposições ou conceitos específicos, e sim, com conteúdo amplo, *relevante de uma maneira geral*, existente na estrutura cognitiva, isto é, a nova proposição não pode ser assimilada por outras já estabelecidas na estrutura cognitiva, nem é capaz de assimilá-las. É como se a nova informação fosse potencialmente significativa por ser relacionável à estrutura cognitiva como um todo, de uma maneira bem geral, e não com aspectos específicos dessa estrutura, como ocorre na aprendizagem subordinada e mesmo na superordenada.

Neste sentido, e coerente com os pressupostos teóricos da TAS, e ainda se levando em consideração este conceito de aprendizagem combinatória, acreditamos ser potencialmente significativo a integração entre as variáveis termodinâmicas e o atrativo contexto do Sistema Solar, na qual detalhamos no Apêndice A (Produto Educacional).

Por fim, ressaltamos que as aprendizagens descritas nesta subseção (subordinada, superordenada e combinatória), no contexto da TAS estão relacionadas diretamente com as aprendizagens discutidas na subseção 3.2 (representacional, de conceitos e proposicional). Nas palavras de Moreira (1999, 160): “[...] a aprendizagem de conceitos pode ser subordinada, superordenada, ou em menor escala combinatória. A aprendizagem de proposições pode, também, ser subordinada, superordenada ou combinatória”.

3.4 Diferenciação progressiva e reconciliação integrativa

Avançando um pouco mais nos pressupostos teóricos da TAS, temos dois processos definidos por David Ausubel, aos quais podem ocorrer durante a aprendizagem significativa.

A Diferenciação Progressiva e a Reconciliação Integrativa. O primeiro processo ocorre quando um novo conceito é aprendido pelo processo de subordinação (discutido na subseção anterior), mas também modifica seu subsunçor. Esse processo é importante para programar o ensino, pois promove que ideias e conceitos mais gerais sejam apresentados no início e são aprofundados aos poucos. O sujeito tem primeiro uma visão mais geral do assunto, para depois se aprofundar.

Este é um dos motivos pelos quais nos concentramos, nesta pesquisa, apenas nas variáveis termodinâmicas (pressão, volume e temperatura), pois trabalhando inicialmente estas variáveis como “conceitos mais gerais”, defendemos ser possível o estudante se apropriar mais significativamente de outros aspectos mais “aprofundados” da Termodinâmica.

O segundo processo descrito por Ausubel, a Reconciliação Integrativa, acontece durante a aprendizagem superordenada ou combinatória. É quando ideias de estrutura cognitiva são relacionáveis, fazendo com que essa estrutura se reorganize, promovendo novos significados para os conteúdos, fazendo relações entre as ideias.

De fato, este segundo processo teve uma ocorrência frequente em nossa pesquisa, conforme detalhado na Seção sobre “Análise e Discussão dos Dados”. Ao longo de nossa SD, procuramos deixar claro aos sujeitos da pesquisa, sempre que possível, a relação entre as variáveis termodinâmicas e o Sistema Solar. Ou seja, os estudantes pesquisados eram instigados a associar as variáveis termodinâmicas com o Sistema Solar, e com isso, suas estruturas cognitivas passavam por um processo contínuo de reorganização, promovendo-se assim “novos significados” para os conteúdos trabalhados na presente pesquisa.

Por fim, convém deixar claro o significado de ensino potencialmente significativo. Em linhas gerais, Moreira (1999) esclarece que um ensino será potencialmente significativo, “se a avaliação de desempenho dos alunos fornecer evidências de aprendizagem significativa (captação de significados, compreensão, capacidade de explicar, de aplicar o conhecimento para resolver situações problema)”.

4 TERMODINÂMICA: CONCEITOS INTRODUTÓRIOS

Abordaremos nesta seção alguns conceitos introdutórios sobre a Termodinâmica, e à medida que fizermos isso associaremos a TAS. É importante destacar, que esta pesquisa se concentra especificamente nas variáveis macroscópicas: *volume*, *pressão* e *temperatura*. Conceitos basilares que acreditamos ser necessários a uma boa aprendizagem de Termodinâmica.

Levando-se em consideração os pressupostos da TAS, delineados na seção anterior, MOREIRA, CABALLERO e RODRIGUEZ (1997) afirmam: “Um bom ensino deve ser construtivista, promover a mudança conceitual e facilitar a aprendizagem significativa”. Em conformidade com o pensamento dos autores supracitados, apresentamos, nas subseções seguintes, as variáveis termodinâmicas associadas a exemplos práticos do nosso cotidiano, onde propomos uma promoção de mudança metodológica e conceitual para potencializar a aprendizagem significativa de nosso objeto de estudo, as variáveis termodinâmicas.

4.1 As Variáveis Termodinâmicas: definição e exemplos

Observamos na literatura referências à importância da termodinâmica para a nossa sociedade:

Uma pesquisa dos currículos de graduação em ciência e engenharia de materiais mostrou que todo programa requer um curso básico em termodinâmica. Em mais de 90% desses programas, o curso é ministrado dentro do departamento. A maioria dos programas de pós-graduação possui mais um curso no assunto. Evidentemente, há um consenso geral de que este assunto é central em ciência e engenharia matemática (DEHOFF, 2006, p. 1).

Temos neste caso, conforme DEHOFF (2006), a necessidade de conhecimentos em Termodinâmica para progressos em cursos de ciência e engenharia de materiais, por exemplo. Para este autor há pelo menos cinco razões para que a termodinâmica seja um tema central em ciência e, portanto, essencial para o progresso de nossa sociedade:

1. A termodinâmica é generalizada

2. A termodinâmica é abrangente
3. A termodinâmica está estabelecida
4. A termodinâmica fornece a base para organizar informações sobre como a matéria se comporta
5. A termodinâmica permite a geração de mapas de estados de equilíbrio que podem ser usados para responder a uma gama prodigiosa de questões de importância prática na ciência e na indústria (DEHOFF, 2006, p. 1)

Para Dehoff (2006) a termodinâmica é um tema “central em ciência e engenharia matemática”, além de, dentre outras coisas, ter o potencial de “responder a uma gama prodigiosa de questões de importância prática na ciência e na indústria”.

Mas, como podemos associar o pensamento do autor acerca da Termodinâmica aos pressupostos teóricos da TAS? Conforme visto na seção anterior:

Aprendizagem Significativa é aquela em que ideias expressas simbolicamente interagem de maneira substantiva e não-arbitrária com aquilo que o aprendiz já sabe. Substantiva quer dizer não-literal, não ao pé-da-letra, e não-arbitrária significa que a interação não é com qualquer ideia prévia, mas sim com algum conhecimento especificamente relevante já existente na estrutura cognitiva do sujeito que aprende (MOREIRA, 2012, p.2)

Prosseguindo nessa linha de pensamento e, ao mesmo tempo, corroborando o pensamento de MOREIRA (2012), adotamos em nossa SD, logo na “*Primeira Etapa*” um teste de sondagem na qual acessamos os conhecimentos prévios ou concepções dos estudantes sobre aspectos diversos da Termodinâmica e Astronomia. A partir destas concepções acessadas, e escolhendo o conhecimento prévio relevante já existente na estrutura cognitiva do estudante, realizamos intervenções pedagógicas com propósitos de atingir os objetivos propostos desta pesquisa, a saber, uma aprendizagem significativa das variáveis termodinâmicas.

Continuando nesta linha de pensamento, quando pensamos em ensino e aprendizagem de Termodinâmica, gostaríamos de saber qual seria uma alternativa ou estratégia eficaz de iniciar os seus estudos. Para TIPLER e MOSCA (2014), é conveniente iniciar o “estudo da Termodinâmica com uma discussão sobre a temperatura e um exame da lei dos gases ideais”. Segundo estes autores, “uma escala consistente de temperatura pode ser definida em termos das propriedades dos gases de pequena massa específica, e que a temperatura é uma medida da energia cinética média das moléculas de um corpo”.

Para NUSSENZVEIG (2014) a Termodinâmica lida com fenômenos associados aos conceitos de *temperatura e calor*, e conforme vimos anteriormente, pesquisas revelam que os estudantes costumam confundir estes conceitos básicos de calor e temperatura (MOURA, 2016). Nesta pesquisa, a partir de uma SD, propomos uma contextualização entre as variáveis Termodinâmicas e o Sistema Solar que acreditamos ter o potencial de proporcionar aos estudantes uma aprendizagem significativa destes conceitos, e com isso, por exemplo, combater estas confusões conceituais entre calor e temperatura.

Embora o estudo do modelo teórico dos gases ideais não seja o foco de nossa pesquisa, seu estudo, certamente nos ajuda a compreender com maior clareza as variáveis termodinâmicas:

A descrição macroscópica do gás como um sistema termodinâmico envolve somente um número muito pequeno de parâmetros: caso se trate de uma substância pura (hidrogênio, por exemplo), apenas três variáveis macroscópicas: a pressão P , o volume V e a temperatura T . Variáveis como a pressão e a temperatura representam valores médios de grandezas microscópicas. (NUSSENZVEIG, 2014, p. 192, grifos do autor).

Observamos a partir da exposição de NUSSENZVEIG (2014), a existência de uma conexão entre as descrições microscópicas e macroscópicas de um sistema Termodinâmico. Refletindo sobre o pensamento do autor, estudar variáveis microscópicas é um processo razoavelmente trabalhoso. No entanto, ao invés de estudar diretamente estas variáveis microscópicas, NUSSENZVEIG (2014) adverte para a existência de uma conexão entre estas variáveis (microscópicas e macroscópicas). O estudo de um destes tipos de variáveis nos conduz para a compreensão dos outros, uma vez que estão relacionados. Seguindo este raciocínio, podemos inferir a importância das variáveis macroscópicas: volume, pressão e temperatura, têm para o estudo da Termodinâmica e, em extensão para o processo ensino e aprendizagem.

Corroborando o pensamento de NUSSENZVEIG (2014), YOUNG e FREEDMAN (2008, p. 217) elucidam sobre o estudo da termodinâmica: “As descrições macroscópicas e microscópicas estão intimamente relacionadas”. Estes autores complementam este pensamento apresentando um exemplo que comprova tal relação:

Por exemplo, a força de colisão (microscópica) que ocorre entre moléculas de ar batem em uma superfície (tal como a sua pele) produz a pressão atmosférica (macroscópica). A pressão atmosférica normal é $1,01 \times 10^5 Pa$; para produzir essa pressão, 10^{32} moléculas colidem com sua pele todos os dias, a uma velocidade da ordem de $1700 km/h$. (YOUNG; FREEDMAN, 2008, p.217).

Conforme enfatizado anteriormente, Seção 1, defendemos que uma adequada compreensão das variáveis termodinâmicas é essencial para conduzirmos os estudantes a uma aprendizagem significativa da Termodinâmica.

Finalizamos esta subseção com uma exposição geral das três variáveis termodinâmicas, objetos de nosso estudo: volume, pressão e temperatura. Discutimos a variável temperatura em uma subseção isolada e as outras duas variáveis (volume e pressão), em subseção única. Ao longo da exposição procuramos sempre associá-las aos pressupostos teóricos da TAS.

4.1.1 Temperatura

Quando pensamos em temperatura, ou quando abordamos este conceito em sala de aula, em geral procuramos uma definição para ela:

O conceito de **temperatura** tem origem nas ideias qualitativas de ‘quente’ e ‘frio’, que são baseadas em nosso tato. Um corpo que parece estar quente normalmente está em uma temperatura mais elevada do que um corpo análogo que parece estar frio. Isso é vago, e os sentidos podem ser enganosos. Contudo, muitas propriedades da matéria que podemos *medir* dependem da temperatura. O comprimento de uma barra metálica, a pressão no interior de uma caldeira, a intensidade da corrente elétrica transportada por um fio e a cor de um objeto incandescente muito quente – todas essas grandezas dependem da temperatura (YOUNG; FREEDMAN, 2008, p.179-180, grifo dos autores).

Conforme explanado por MOURA (2016) na seção anterior, os estudantes costumam confundir estes conceitos básicos de calor e temperatura. YOUNG e FREEDMAN (2008) esclarecem que “a temperatura também está relacionada à energia cinética das moléculas de um material”, no entanto, estes autores corroboram que “em geral, essa relação é muito complexa”, motivo pela qual “não é uma boa ideia começar com uma *definição* para temperatura”.

A partir das ideias relacionadas a calor e temperatura, precisamos ter cuidado para não confundir estes termos:

É extremamente importante que você entenda a diferença entre *calor* e *temperatura*. A temperatura depende do estado físico de um material, indicando, por meio de uma descrição quantitativa, se o material está quente ou frio. Na física, o termo 'calor' sempre se refere a uma transferência de energia de um corpo ou sistema para outro em virtude de uma diferença de temperatura existente entre eles, nunca indica a quantidade de energia contida em um sistema particular. Podemos alterar a temperatura de um corpo fornecendo ou retirando calor dele, ou retirando ou fornecendo outras formas de energia tal como a energia mecânica. Quando dividimos um corpo em duas metades, cada metade possui a mesma temperatura do corpo inteiro; porém, para aumentar a temperatura de cada metade até um mesmo valor final, devemos fornecer a *metade* da energia que seria fornecida ao corpo inteiro (YOUNG; FREEDMAN, 2008, p.190, grifos dos autores).

Como observamos a partir do exposto acima por YOUNG e FREEDMAN (2008), calor e temperatura são conceitos diferentes, porém, conectados entre si. Por exemplo, “[...] podemos alterar a **temperatura** de um corpo fornecendo ou retirando **calor** dele [...]” (YOUNG; FREEDMAN, 2008, p.190, grifo nosso). Este aspecto nos proporciona a oportunidade para implantarmos em de sala de aula, atividades nas quais oportunizamos aos nossos alunos visualizar estas relações e conexões entre estes dois conceitos termodinâmicos (calor e temperatura). Ou seja, vemos neste contexto, a necessidade de intervenções pedagógicas a fim de consolidarmos a aprendizagem destes dois conceitos, de modo a reduzir as confusões conceituais presentes na estrutura cognitiva de nossos alunos.

Continuando esta exposição sobre os conceitos termodinâmicos calor e temperatura, sugerimos associá-los ou integrá-los ao contexto atrativo do Sistema Solar.

4.1.2 Pressão e Volume

A variável termodinâmica pressão está intimamente relacionada com as outras duas variáveis objeto de nosso estudo (volume e temperatura).

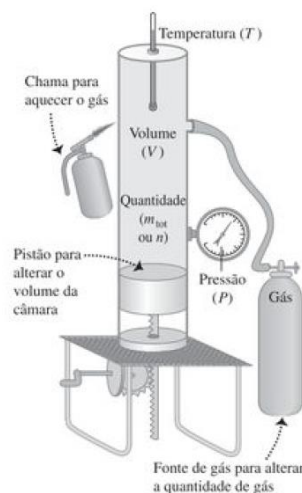
Quando nos referimos à variável termodinâmica pressão, sempre nos lembramos do significado de “pressão atmosférica”. Sobre isso, NUSSENZVEIG (2014, p. 20, grifo do autor), esclarece:

Na época de Galileu, um construtor projetou, para os jardins do duque de Toscana, uma bomba aspirante de grande altura, mas verificou-se que não conseguia aspirar a água a uma altura superior a 10 m. A explicação foi dada por um estudante de Galileu, Evangelista Torricelli, que foi seu sucessor na Academia de Florença. Torricelli afirmou: “Vivemos no fundo de um oceano de ar, que, conforme mostra a experiência, sem dúvida tem peso”, devendo, portanto exercer sobre um corpo uma *pressão atmosférica*. (NUSSENZVEIG 2014)

Este exemplo descrito por NUSSENZVEIG (2014), nos ajuda a melhor compreender a variável termodinâmica pressão. No entanto, temos outra estratégia para a compreensão da variável pressão, ao estudarmos sua definição pelo modelo teórico para os gases ideais, e observando atentamente a Figura 1, onde temos “um dispositivo hipotético para estudar o comportamento dos gases” (YOUNG; FREEDMAN, 2008, p. 218).

Chamamos a atenção para o fato do modelo para os gases ideais não ser adequado ao contexto astronômico do Sistema Solar, estamos usando este modelo apenas como auxílio ou incentivo didático para a compreensão de nosso objeto de estudo (as variáveis termodinâmicas). O modelo dos gases ideais se aplica a sistemas fechados e isolados, bem diferente das condições termodinâmicas do Sistema Solar.

Figura 1 – Dispositivo hipotético para o estudo do comportamento dos gases



Fonte: (YOUNG; FREEDMAN, 2008, p.218)

Segundo os autores, a variável pressão pode ser compreendida pelo menos de duas formas (Figura 1): “a *pressão* se refere à força por unidade de área exercida pelo cilindro sobre o gás e à força por unidade de área exercida pelo gás sobre o cilindro.”

Conforme afirmamos anteriormente, estas três variáveis termodinâmicas estão relacionadas. “Geralmente, não podemos variar uma dessas grandezas sem produzir variações nas outras” (YOUNG, FREEDMAN, 2008, p.218). E estas relações são descritas matematicamente no estudo do modelo teórico dos gases ideais. Conforme enfatizamos anteriormente, o modelo dos gases ideais não é o foco de nosso estudo, estamos nos referindo a ele apenas por questões didáticas. Quando propomos integrar as variáveis (volume, pressão e temperatura), ao contexto do sistema solar, entendemos que o modelo dos gases ideais não se aplica, pois às condições termodinâmicas envolvidas no Sistema Solar não se enquadram neste modelo teórico.

Nossa intenção, ao longo da aplicação deste trabalho foi introduzir aos poucos os conceitos relacionados às variáveis termodinâmicas ‘*pressão, volume e temperatura*’, e, além disso, proporcionar aos estudantes uma compreensão das relações entre estas variáveis. O modelo teórico dos gases ideais aplica-se a sistemas fechados e isolados, ao passo que o Sistema Solar se assemelha a um sistema do tipo aberto. Neste sentido, porque a escolha por este modelo teórico? Procedemos assim por entender que esta abordagem, embora incompatível, apresenta-se como ponto de partida inicial para os nossos estudantes ter um primeiro contato com estas ideias introdutórias em Termodinâmica.

Dito isto, apresentamos a terceira variável termodinâmica, objeto de nosso estudo, o volume. Para esta variável o raciocínio é análogo ao utilizado para a variável pressão e, para isso, utilizaremos novamente a Figura 1 como guia para o entendimento. YOUNG e FREEDMAN (2008, p. 218) descrevem que “o volume V de uma substância é geralmente determinado por sua pressão P , temperatura T e pela quantidade de substância, descrita pela massa m_{tot} ou pelo número de moles n ”.

Diante do exposto podemos refletir se este relacionamento entre as variáveis termodinâmicas, objeto de nosso estudo, é de natureza simples ou complexa. Para YOUNG e FREEDMAN (2008), em alguns casos esta relação pode ser simples a ponto de ser possível relacioná-las a partir de uma equação denominada **equação de**

estado. Para os casos nos quais esta relação não seja tão simples, é possível o uso de gráficos ou tabelas numéricas como auxílio à sua compreensão, ou seja, “a relação entre essas variáveis ainda existe; nós a chamamos de equação de estado mesmo quando não conhecemos a forma explícita da equação” (YOUNG; FREEDMAN, 2008, p. 218).

Estas variáveis termodinâmicas, portanto, são relacionadas no modelo teórico dos gases ideais. No entanto, é importante apresentarmos uma definição formal para o modelo de um gás ideal:

Trata-se de um modelo idealizado, que funciona melhor com pressões muito pequenas e temperaturas muito elevadas, quando as distâncias entre as moléculas são muito grandes e elas se deslocam com velocidades elevadas. Esse modelo funciona razoavelmente bem (com erro percentual pequeno) para pressões moderadas (até algumas atmosferas) e para temperaturas muito acima da temperatura na qual o gás se liquefaz (YOUNG; FREEDMAN, 2008, p. 219).

Para estes autores, o comportamento de muitos gases pode ser assim resumido:

1. O volume V é proporcional ao número de moles n . Quando dobramos o número de moles, mantendo a temperatura e a pressão constantes, o volume duplica.
2. O volume é *inversamente* proporcional à pressão absoluta P . Quando dobramos a pressão, mantendo a temperatura T e o número de moles n constantes, o gás se comprime à metade do volume inicial. Em outras palavras, $PV = constante$ quando n e T permanecem constantes.
3. A pressão é proporcional à temperatura *absoluta*. Quando dobramos a temperatura absoluta, mantendo o volume e o número de moles constantes, a pressão dobra. Em outras palavras, $P = (constante)T$ quando n e V são constantes (YOUNG; FREEDMAN, 2008, p. 218, grifo dos autores).

Após toda esta exposição teórica acerca das variáveis termodinâmicas objetos de nosso estudo, finalmente podemos resumir as proporcionalidades supracitadas por YOUNG e FREEDMAN (2008) em uma equação matemática, denominada equação de estado do gás ideal:

$$PV = nRT \quad (\text{equação de estado do gás ideal})$$

Novamente, chamamos a atenção para o fato de o modelo para os gases ideais não ser adequado ao contexto astronômico de nosso Sistema Solar, estamos usando este modelo como auxílio ou incentivo didático para a compreensão de nosso objeto de estudo (as variáveis termodinâmicas). Na próxima seção apresentamos princípios

básicos de Astronomia necessários à nossa integração com as variáveis termodinâmicas discutidas nesta seção.

5 TÓPICOS DE ASTRONOMIA ASSOCIADOS AO SISTEMA SOLAR

A Astronomia se apresenta como algo que chama bastante a atenção dos alunos. O estudo do universo é bem abrangente e interessante, por exemplo, e seus componentes tais como as galáxias, estrelas, buracos negros, planetas, luas, sistema solar e outros sistemas planetários atraem a atenção de nossos estudantes. O ser humano sempre procurou compreender a si próprio e o mundo no qual está inserido, e neste contexto, o estudo dos corpos celestes torna-se, historicamente, um elemento central nesta busca de compreensão de si mesmo.

Propomos então fazer uma associação da Astronomia (especificamente, o Sistema Solar) com o conteúdo de Termodinâmica (especificamente, as variáveis termodinâmicas, *temperatura*, *pressão* e *volume*), a fim de proporcionar um melhor aproveitamento acadêmico de nossos estudantes. Esta associação entre Astronomia e Termodinâmica sendo realizada segundo os pressupostos teóricos da TAS e mediada por uma SD. Por que utilizar a Astronomia como conhecimento integrador?

[...] a astronomia é uma das áreas que mais atrai a atenção e desperta a curiosidade dos alunos, desde os primeiros anos escolares até sua formação nos cursos de graduação, abrangendo todas as áreas, como Matemática, Geografia, Pedagogia e, principalmente, a Física (BERNARDES, *et. al.*, 2008, p.105).

Conforme os autores supracitados, a Astronomia se apresenta como uma área potencialmente atrativa. Usamos esta característica com o propósito de chamar a atenção dos estudantes a fim de atingirmos os objetivos de uma aprendizagem significativa.

Um dos exemplos que podemos nos referir quando desejamos realizar uma integração entre Termodinâmica e Astronomia são as ideias relacionadas a “temperatura”, conforme discutido na seção anterior. Podemos instigar os estudantes, por exemplo, com os seguintes questionamentos: Qual a temperatura de cada planeta e lua do sistema Solar? O que podemos dizer sobre a temperatura do Sol? De que maneira podemos utilizar os conhecimentos aprendidos em Física para compreender tais temperaturas? Como um planeta ou lua ganha ou perde a sua temperatura? Ou ainda, como podemos explicar que certos corpos celestes conseguem manter sua temperatura mais eficazmente do que outros? Além disso, todos estes

questionamentos podem ser expandidos para as outras duas variáveis termodinâmicas, objetos de nosso estudo, volume e pressão. Por exemplo: Em relação aos volumes dos corpos no sistema solar, por que planetas mais volumosos se encontram atualmente em órbitas mais afastadas do Sol? Em algum momento do passado (ou do futuro) algum planeta “gigante” esteve (ou estará) em uma órbita mais próxima do Sol? Planetas volumosos no sistema solar são sempre “gigantes gasosos” ou “gigantes de gelo”? E sobre as pressões: Como sabemos quais planetas ou luas sofrem as maiores pressões do sistema solar? Que influências destas pressões afetam direta ou indiretamente a dinâmica de nosso sistema solar?

Estas e outras questões podem servir como ponto de partida para conduzir os estudantes a uma aprendizagem significativa. Defendemos que, uma vez interagindo com estas variáveis em um contexto tão dinâmico e, de certa forma, interessante e misterioso, como o sistema solar, os alunos contemplarão novas possibilidades de se apropriar destas variáveis de estudo, e em consequência disso, melhorar o aproveitamento do estudo da termodinâmica.

No entanto, percebemos certo distanciamento entre pesquisa em ensino e a sua efetiva aplicação em sala de aula. Ou seja, precisamos antes de tudo, compreender a relação entre a pesquisa em ensino e a realidade escolar:

Esta relação entre a pesquisa em ensino e a realidade escolar reside na possibilidade de as pesquisas acadêmicas contribuírem para a produção e implementação de um projeto político pedagógico. No entanto, a definição deste está em outro âmbito, pois é o contexto político educacional vigente que define o que será ensinado, baseado em uma visão de educação de um dado momento histórico (LANGHI; NARDI, 2014, p. 43)

Observamos que para Langhi e Nardi (2014) existe uma forte dependência do contexto político educacional para a definição daquilo que será ensinado, ou seja, uma mudança neste contexto pode alterar abruptamente o que devemos trabalhar, em termos de conteúdos de ensino, com nossos alunos.

Retomando algumas das ideias discutidas em seções anteriores, as concepções alternativas dos estudantes sobre Astronomia são fundamentais para a condução de uma aprendizagem significativa. Sabemos que o contexto político educacional interfere diretamente no que será ensinado (LANGHI; NARDI, 2014), mas, independentemente desta dependência relatada pelos autores, convém, para os propósitos desta pesquisa, sabermos quais as principais concepções alternativas

existentes na estrutura cognitiva dos estudantes sobre astronomia. De acordo com as pesquisas em ensino, quais seriam as concepções alternativas mais frequentes?

Analisando as inúmeras pesquisas já realizadas, as concepções alternativas mais comuns que aparecem entre alunos e professores são noções sobre o campo gravitacional, forma da Terra, ciclos dia/noite, estações do ano e fases da Lua (LANGHI; NARDI, 2014, p. 2).

Após tecidas estas considerações apontadas pelos autores, em nossa SD utilizamos o caráter atrativo da Astronomia, com o propósito de conduzir a uma aprendizagem significativa dos conceitos relativos às variáveis termodinâmicas. Ou, dito de outra forma, ao invés de realizarmos o estudo das variáveis termodinâmicas (pressão, volume e temperatura) de forma isolada, propomos integrá-las a um contexto atrativo, ou seja, a Astronomia.

5.1 Historicidade da Astronomia

O estudo dos astros tem sido um elemento central na compreensão do mundo e do próprio ser humano. Desde os tempos mais remotos, o firmamento exerce grande fascínio sobre as pessoas, e seu entendimento tem sido um dos principais desafios de pensadores e estudiosos. Muitas vezes, foi a observação do céu que propiciou questões relacionadas à origem do homem, da Terra e do próprio universo. Cosmogonias e cosmologias foram construídas a partir dos astros que pontuam ou cruzam o céu de forma aparentemente errática. Muitas civilizações, inclusive a que foi denominada ocidental, viam o céu como a morada dos deuses – e, portanto, da perfeição – que servia como modelo para a organização da vida em sociedade (MATSUURA, 2014, p. 521)

Corroboramos que o estudo dos astros tem sido essencial à nossa compreensão do mundo em que vivemos, conforme dito acima por MATSUURA (2014). Por exemplo, uma compreensão detalhada sobre as extremas “temperaturas” do planeta Vênus nos ajudou a entender melhor o efeito estufa que ocorre em nosso planeta Terra. Em outras palavras, é essencial compreendermos o universo, pois este conhecimento pode nos ser útil aqui na Terra.

Ainda baseado no pensamento de MATSUURA (2014, p. 521), “[...] desde os tempos remotos, o firmamento exerce grande fascínio sobre as pessoas, e seu entendimento tem sido um dos principais desafios de pensadores e estudiosos [...]”,

ou seja, entender as condições externas ao nosso planeta é de vital importância à nossa sobrevivência como espécie humana.

Em sendo a Astronomia tão importante para o progresso das civilizações, convém compreendermos melhor o seu surgimento:

A astronomia surgiu como uma ciência voltada a atividades práticas. Ainda na pré-história, o domínio da agricultura dependeu da compreensão do ciclo das estações do ano, determinado pelo movimento aparente do Sol. Esse tipo de conhecimento, indispensável na identificação do momento ideal para a preparação da terra, o plantio ou a colheita, aparece cristalizado nos monumentos de pedra de diversas culturas, de Stonehenge, na Grã-Bretanha, à pedra Intihuatana em Machu Picchu, no Peru (ITOKAZU, 2009, p. 42).

Conforme observamos, ITOKAZU (2009, p. 42) descreve o surgimento da Astronomia como “uma ciência voltada a atividades práticas”. Por exemplo, a partir de observações cuidadosas do Sol é possível identificar o “momento ideal para a preparação da terra” para o plantio ou colheita. Este caráter prático da Astronomia pode ser explorado em um contexto de ensino e aprendizagem. Mas, de fato, quando surgiu a Astronomia?

Não se sabe ao certo quando a astronomia surgiu ou quando o homem começou a se questionar sobre a sua origem e sobre o universo que o cercava. Possivelmente, os primeiros seres humanos, reunidos à noite em torno de fogueiras, foram os primeiros a se indagarem sobre a origem e o significado dos pontos luminosos que existem no céu (Chaffe). E graças a esses povos, hoje podemos encontrar aspectos da remota história da astronomia em diversos monumentos megalíticos, como o misterioso círculo de Stonehenge, na Inglaterra, construído entre 3000 e 1700 a. C. (SKOLIMOSKI; ZANETIC, 2012, p. 406)

É digno de nota o interesse do ser humano por aquilo que existe fora de nosso planeta. Conforme citado por SKOLIMOSKI e ZANETIC (2012), possivelmente uma das primeiras curiosidades dos seres humanos foi acerca da origem e significado dos pontos luminosos no céu. A partir de indagações como estas, o homem constrói (ao longo da história) seus conhecimentos sobre o Universo, que hoje compreendemos como planetas, satélites, sistemas solares, exoplanetas, buracos negros, galáxias, etc. Neste sentido, foram idealizados modelos a fim de auxiliar a nossa compreensão sobre esta interessante área do conhecimento, qual seja, a Astronomia.

Um destes modelos é aquele denominado como “modelo geocêntrico”, na qual o domínio das ideias filosóficas de Aristóteles determina um marco histórico da astronomia. Sobre este modelo, STEINER (2006, p. 235) escreve:

Uma versão do modelo geocêntrico parece ter sido proposta inicialmente por Eudoxus de Cnidus (c.400-c.350 a.C., matemático e astrônomo grego, nascido na atual Turquia) e sofreu diversos aperfeiçoamentos. Um deles foi proposto por Aristóteles (384-322 a.C.), que demonstrou que a Terra é esférica; ele chegou a essa conclusão a partir da observação da sombra projetada durante um eclipse lunar. Ele calculou, também, o seu tamanho – cerca de 50% maior do que o valor correto. O modelo geocêntrico de Aristóteles era composto por 49 esferas concêntricas que procuravam explicar os movimentos de todos os corpos celestes. A esfera mais externa era a das estrelas fixas e que controlava todas as esferas internas. Essas, por sua vez, era controlada por uma agência (entidade) sobrenatural. (STEINER 2006)

Apesar de ser um modelo incompatível com a nossa compreensão atual, observamos a partir da descrição de STEINER (2006), se tratar de um modelo muito bem elaborado e, de certa forma, consistente para a época em que foi idealizado. Com o passar do tempo, erros foram sendo encontrados e, naturalmente, este modelo sofre aperfeiçoamentos.

Este modelo geocêntrico grego teve outros aperfeiçoamentos. Eratóstenes (c.276-c.194 a.C., escritor grego, nascido na atual Líbia) mediu a circunferência da Terra por método experimental, obtendo um valor cerca de 15% maior do que o valor real. Já Ptolomeu (Claudius Ptolomeus, segundo século a.C., astrônomo e geógrafo egípcio) modificou o modelo de Aristóteles, introduzindo epiciclos, isto é, um modelo no qual os planetas descrevem movimentos de pequenos círculos que se movem sobre círculos maiores, esses centrados na Terra (STEINER, 2006, p. 235).

A ideia que substituiu a teoria geocêntrica foi a teoria heliocêntrica, idealizada ainda na Grécia antiga por Aristarco de Samos e consolidada séculos mais tarde por Nicolau Copérnico (1473 – 1573). De fato, não se tratou de uma transição simples e direta entre um modelo e outro, ao contrário, foi um conturbado e complexo momento da história:

O abalo definitivo do modelo cosmológico aristotélico-ptolomaico veio no século seguinte, com a teoria heliocêntrica proposta por Nicolau Copérnico. Segundo Copérnico, o Sol passava a ocupar o centro do Universo, enquanto a Terra e os demais planetas giravam ao seu redor. Copérnico, no entanto, manteve, ainda sob influência do antigo modelo cosmológico, a ideia de um Universo finito, fechado por esferas, onde os planetas descreviam órbitas circulares perfeitas (PORTO; PORTO, 2008, p. 4601-4).

É digno de nota que a “queda” do sistema aristotélico-ptolomaico não ocorreu repentinamente, mas foi uma longa jornada de idas e vindas, avanços e retrocessos, erros e acertos, aliados a contribuições de diversos pensadores. Muitas vezes é disseminada a ideia de que os fatos científicos ao longo da história ocorrem de forma linear, ou seja, uma nova ideia ou modelo surge enquanto a ideia antiga desaparece quase que instantaneamente. Além disso, modelos diferentes podem coexistir por algum tempo.

Sobre o surgimento do modelo heliocêntrico, STEINNER (2006, p. 235-236) esclarece:

A ideia de que o Sol está no centro do universo e de que a Terra gira em torno dele, conhecida como a teoria heliocêntrica, já havia sido proposta por Aristarco de Samos (c.320 – c.250 a.C., matemático e astrônomo grego); ele propôs essa teoria com base nas estimativas dos tamanhos e distâncias do Sol e da Lua. Concluiu que a Terra gira em torno do Sol e que as estrelas formariam uma esfera fixa, muito distante. Essa teoria atraiu pouca atenção, principalmente porque contradizia a teoria geocêntrica de Aristóteles, então com muito prestígio e, também, porque a ideia de que a Terra está em movimento não era muito atraente. (STEINER, 2006)

Conforme dito acima, o modelo heliocêntrico (que veio substituir o modelo geocêntrico) já havia sido proposto aproximadamente 2000 anos antes de Nicolau Copérnico. Uma prova inconteste das idas e vindas, avanços e retrocessos no percurso histórico da ciência. Em outras palavras, nem sempre um “novo” modelo sobrepõe instantaneamente um modelo dito “antigo”. Modelos podem ser abandonados e depois resgatados, e, até mesmo modelos podem coexistir por algum tempo.

Após este breve relato sobre um aspecto do percurso histórico da astronomia, qual seja, a sua origem e a longa jornada de mais de 2000 anos sobre o modelo de mundo (geocêntrico e/ou heliocêntrico), retomamos as ideias anteriormente discutidas acerca da integração das variáveis termodinâmicas com o sistema solar.

Uma vez que temos conhecimento do caráter atrativo da astronomia, apresentamos na subseção seguinte alguns exemplos de integração entre as variáveis termodinâmicas (volume, pressão, temperatura) e o Sistema Solar, sempre com propósitos em direção a uma aprendizagem significativa.

5.2 As Variáveis Termodinâmicas associadas ao Sistema Solar

As variáveis termodinâmicas podem ser visualizadas em contextos atrativos como, por exemplo, o sistema solar. Uma das alternativas que encontramos é, conforme enfatizamos na Seção 1, realizando uma integração entre estas variáveis termodinâmicas e os conhecimentos de astronomia relacionados ao nosso Sistema Solar. Apresentamos em nossa SD, uma proposta para essa integração. Veremos agora alguns exemplos destas variáveis termodinâmicas, objetos de nosso estudo, em ação neste atrativo contexto.

Considerando as “concepções alternativas” dos estudantes, podemos estudar a variável temperatura relacionada ao ensino de Astronomia, usando por exemplo a afirmação de que o planeta Mercúrio seria aquele a apresentar a maior temperatura média do sistema solar. Este argumento se sustenta pelo fato deste planeta ser o mais próximo ao Sol. No entanto, trata-se de uma concepção alternativa, na verdade o planeta a apresentar a maior temperatura média é Vênus: “As temperaturas de superfícies de Vênus, deduzidas pela radioastronomia e confirmadas pelas medições diretas feitas pelas naves espaciais são em torno de 480°C ou 900°F, mais quente que qualquer forno doméstico” (SAGAN, 1980, p. 95). Corroborando o que foi dito por SAGAN (1980), OLIVEIRA FILHO e SARAIVA (2014, p. 143, grifo dos autores) comprovam e explicam os motivos para os quais Vênus, e não Mercúrio, ser o planeta “mais quente” dentre todos do Sistema Solar:

A maioria dos planetas que têm atmosferas experimenta alguma elevação da temperatura de sua superfície devido ao efeito de acobertamento pela atmosfera, o chamado *efeito estufa*. O efeito estufa é maior para Vênus, que, na realidade, tem uma temperatura superficial mais alta do que a de Mercúrio, embora esteja muito mais distante do Sol do que este.

Isso acontece por causa da grande quantidade de CO_2 na atmosfera de Vênus. Como esse gás é opaco à radiação infravermelha, quando a superfície do planeta absorve a luz solar e re-irradia parte dele como calor (radiação infravermelha), o dióxido de carbono na atmosfera impede que essa radiação escape para fora. Em consequência, a superfície aquece. (OLIVEIRA FILHO e SARAIVA (2014)

Observamos que a presença de uma atmosfera (camada de gases) é requisito essencial para que um planeta (ou lua) “mantenha” sua temperatura. Conforme OLIVEIRA FILHO e SARAIVA (2014), no caso específico do planeta Vênus, o dióxido

de Carbono presente na sua atmosfera impede que essa radiação escape, e ao fazer isso o planeta se aquece.

O planeta Vênus também pode ser utilizado para visualizarmos outra variável termodinâmica em ação, a pressão. SAGAN (1980, p. 95) fala sobre a pressão na superfície de Vênus:

A pressão correspondente, na superfície, é 90 atmosferas, 90 vezes a pressão que sentimos na atmosfera terrestre, o equivalente ao peso da água, 1 quilômetro abaixo da superfície dos oceanos. Para sobreviver em Vênus, uma nave espacial deve ser refrigerada e também construída como um submersível de grande profundidade. (SAGAN (1980))

Esta observação de SAGAN (1980) pode ser confirmada pelo que foi retratado na Seção 3. Neste sentido, retomamos as ideias relacionadas à variável temperatura, e, considerando que esta variável está relacionada à energia cinética média das moléculas de um corpo, podemos inferir, segundo YOUNG e FREEDMAN (2008), que para um planeta com temperaturas tão altas, as pressões existentes deveriam também ser igualmente altas, pois temperaturas elevadas denotam uma maior quantidade de colisões destas moléculas, portanto maiores pressões. Esta afirmação precisa ser refletida, pois existem outros fatores que influenciam diretamente na relação entre as variáveis termodinâmicas: volume, pressão e temperatura. No entanto, para o propósito desta pesquisa, as condições apresentadas serão suficientes para associarmos a exemplos observados no Sistema Solar.

6 PROPOSTA DE SEQUÊNCIA DIDÁTICA PARA INTEGRAÇÃO ENTRE A TERMODINÂMICA E A ASTRONOMIA NA PERSPECTIVA DA TEORIA DA APRENDIZAGEM SIGNIFICATIVA DE AUSUBEL

Complementando nossas discussões acerca da fundamentação teórica de nossa pesquisa, temos na literatura o que denominamos “Sequência Didática” (SD). Segundo ZABALA (1998, p. 18), uma SD é “um conjunto de atividades ordenadas, estruturadas e articuladas para a realização de certos objetivos educacionais, que têm um princípio e um fim conhecidos tanto pelos professores como pelos alunos.”

Ao idealizarmos uma SD, precisamos escolher criteriosamente os temas a serem trabalhados. Sendo necessário produzir atividades com questões sobre o problema de pesquisa. Ressaltamos que estas atividades precisam ser pensadas e bem planejadas, sem perder de vista os objetivos a que se propõe a pesquisa.

Temos na literatura um tipo específico de SD denominada “Sequência Didática Interativa” (SDI), que vale a pena compreendermos melhor:

[...] uma proposta didático-metodológica que desenvolve uma série de atividades, tendo como ponto de partida a aplicação do círculo hermenêutico-dialético para identificação de conceitos/definições, que subsidiam os componentes curriculares (temas), e, que são associados de forma interativa com teoria (s) de aprendizagem e/ou propostas pedagógicas e metodologias, visando à construção de novos conhecimentos e saberes. (OLIVEIRA, 2013, p.43).

A partir desta definição para SDI podemos compreender que a série de atividades tem por objetivo proporcionar aos alunos a construção de conhecimentos e saberes. Quando o autor utiliza a palavra “interativa”, ele quer deixar claro o fato da SD ser uma atividade coletiva (professor e alunos), portanto a interação entre os atores envolvidos precisam ser valorizada na aplicação de uma SDI.

Conforme dito anteriormente, esta integração com a Astronomia esteve restrita apenas ao sistema solar, onde propomos aos estudantes a visualização e sua consequente apropriação de cada uma das variáveis termodinâmicas (temperatura, volume e pressão). Nas próximas duas subseções apresentarão alguns dos detalhes abordados na SD.

6.1 Sobre a Sequência Didática

Segundo ZABALA (1998), é necessária uma adequada organização metodológica para toda prática pedagógica. Neste sentido, é importante destacar a participação fundamental do professor, a de concretizar a aprendizagem do aluno a partir de intervenções no ambiente de sala de aula.

Outro importante e fundamental fator inerente a uma SD é o seu adequado planejamento. Diversos fatores precisam ser considerados neste momento de planejamento de uma SD. Por exemplo, uma atenção especial às relações interativas entre professor e aluno, e também uma atenção às relações interativas entre os alunos, sem esquecer as influências naturais dos conteúdos nessas relações. É necessário que fique claro no planejamento, o papel tanto do professor quanto do aluno, sem deixar de lado a organização para os agrupamentos, a organização dos conteúdos, a organização do tempo e espaço, a organização dos recursos didáticos e a avaliação.

Surgem agora questões relacionadas sobre o “como” elaborar e planejar uma SD de tal forma que atinja os objetivos de ensino e aprendizagem. Quais seriam estes passos básicos? OLIVEIRA (2013, p. 40) responde:

Escolha do tema a ser trabalhado; questionamentos para problematização do assunto a ser trabalhado; planejamento dos conteúdos; objetivos a serem atingidos no processo de ensino-aprendizagem; delimitação da sequência de atividades, levando-se em consideração a formação de grupos, material didático, cronograma, integração entre cada atividade e etapas, e avaliação de resultados. (OLIVEIRA 2013)

Naturalmente, passos adicionais podem ser necessários ao planejamento e execução de uma SD. OLIVEIRA (2013), conforme delineado acima, coloca como primeira ação a “escolha do tema a ser trabalhado” e, a partir disso, desenvolver a SD propriamente dita. Questionar, problematizar o assunto é visto como essencial pela autora. Concordamos que estes dois passos iniciais são imprescindíveis a uma SD e um dos passos mais importantes, além da necessidade de ficar evidente a integração entre suas diferentes etapas. Por fim, a avaliação dos resultados servirá para eventuais ajustes na própria SD, adaptando-a para a realidade da sala de aula.

Em nosso Produto Educacional (Apêndice A), apresentamos as seis etapas de nossa SD. Os detalhes relacionados ao procedimento metodológico estão explicitados

na Seção 6. Neste momento, convém resumirmos em poucas palavras a nossa proposta de trabalho ao idealizarmos a referida SD.

Iniciamos nossa proposta de SD investigando os conhecimentos prévios dos estudantes sobre as variáveis termodinâmicas e Astronomia (Primeira Etapa), a seguir foi estudada as variáveis pressão e temperatura (Segunda Etapa) com o auxílio de vídeos animados. Na Segunda Etapa foram imprescindíveis as respostas dos estudantes, obtidos na aplicação da Primeira Etapa. Estas conexões e integrações entre as etapas ocorreram durante todas as seis etapas da SD (Seção 6 – Procedimentos Metodológicos da Pesquisa).

6.2 Uma Sequência Didática integrando Termodinâmica e Astronomia com propósitos de proporcionar uma Aprendizagem Significativa

Quando idealizamos uma SD, é sempre conveniente nos concentramos em seus objetivos. Nesse sentido, ZABALA (1998, p. 54), esclarece que o objetivo de uma SD deve ser o de:

[...] introduzir nas diferentes formas de intervenção aquelas atividades que possibilitem uma melhora de nossa atuação nas aulas, como resultado de um conhecimento mais profundo das variáveis que intervêm do papel que cada uma delas tem no processo de aprendizagem dos meninos e meninas. (ZABALA 1998)

Conforme visto na Seção 1, pesquisas recentes nos alertam sobre problemas de aprendizagem dos alunos do Ensino Médio no conteúdo da Termodinâmica. Entendemos e defendemos que uma adequada compreensão das variáveis termodinâmicas, contribuirá significativamente à melhoria no desempenho acadêmico dos alunos do Ensino Médio em Termodinâmica. Além disso, não podemos fechar os olhos ou cruzar os braços em meio a estas dificuldades explicitadas nestas pesquisas. Na verdade, diante de tais dificuldades na aprendizagem das variáveis termodinâmicas, e levando-se em consideração os pressupostos teóricos inerentes às SD's com propósitos a uma Aprendizagem Significativa, optamos por trabalhar este conteúdo de ensino de forma integrada à Astronomia.

7 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS DA PESQUISA

Conforme explicitado anteriormente, idealizamos uma SD composta por 06 (seis) etapas, todas conduzidas de forma virtual, em virtude da pandemia do COVID-19. Apresentamos a seguir em linhas gerais cada uma das etapas.

A **Primeira Etapa**, cujo título foi “*Uma avaliação dos conhecimentos prévios dos estudantes sobre Astronomia e Termodinâmica*”, teve como finalidade acessar os conhecimentos prévios ou concepções dos alunos, conforme os pressupostos teóricos da TAS.

A partir de um questionário denominado “Teste de Sondagem” (Apêndice A), onde investigamos as concepções dos estudantes, para a aplicação houve um intervalo de duas horas para as respostas e discussões. O objetivo específico para esta primeira etapa, foi “realizar um diagnóstico inicial acerca dos conhecimentos prévios dos alunos sobre Astronomia e Termodinâmica.”

Este questionário inicial contemplou os conteúdos *calor, temperatura e pressão*, e os conteúdos envolvendo o *sistema solar*. Para os questionamentos envolvendo o sistema solar, procuramos, desde o início, integrar as variáveis termodinâmicas no contexto astronômico.

Uma característica desse trabalho foi atender as competências da BNCC e dos PCN+, ‘relações entre conhecimentos disciplinares, interdisciplinares e inter-áreas, onde é preciso ‘articular, integrar e sistematizar fenômenos e teorias dentro de uma ciência, entre as várias ciências e áreas do conhecimento’. Dizemos que esta competência foi contemplada devido ao objetivo dessa pesquisa ser o de integrar conhecimentos de Astronomia com Termodinâmica, a fim de favorecer a aprendizagem de nossos alunos.

Eles foram avaliados, nesta primeira etapa, a partir das respostas ao questionário ‘Teste de Sondagem’ (Primeira Etapa), e por sua efetiva participação durante a discussão das respostas durante o encontro virtual e também pelas respostas do *chat*, uma vez que os encontros foram realizados via plataforma *Google Meet*.

A **Segunda Etapa**, cujo título foi “*Pressão e temperatura em gases*”, teve como finalidade conduzir os alunos a uma aprendizagem destas variáveis termodinâmicas a partir de exemplos práticos.

Tendo por ponto de partida um texto didático, apresentamos exemplos sobre pressão em garrafas de refrigerante e *champagnes*. Para cada exemplo prático, destacamos imagens para colaborar para uma melhor aprendizagem dos alunos. Nesta segunda etapa, também foi reservado um intervalo de duas horas para leitura e discussão do texto didático e também para a resolução do questionário relativo à esta etapa da SD, aplicado na parte final. O objetivo específico para esta segunda etapa, foi “associar as variáveis termodinâmicas pressão e temperatura a contextos diversos”.

A avaliação da aprendizagem nesta segunda etapa, ocorreu a partir das percepções e participação dos alunos no *chat* e as respostas aos questionamentos ocorridos durante o encontro virtual (*Google Meet*).

A **Terceira Etapa**, cujo título foi “*A formação do Sistema Solar*”, teve como finalidade discutir os eventos relacionados à origem do Sistema Solar, com enfoque nas variáveis termodinâmicas. Para tanto, foram exibidos vídeos-documentários de curta duração e uma proposta de produção de maquetes ou produções artísticas representativas de aspectos desta formação do sistema solar, sempre procurando destacar as variáveis termodinâmicas envolvidas neste processo.

Nesta pesquisa estamos integrando conhecimentos de Astronomia com Termodinâmica a fim de favorecer a aprendizagem de nossos alunos. Eles foram avaliados, nesta terceira etapa, a partir das respostas ao questionário e por suas produções artísticas sobre a formação do sistema solar com enfoque nas variáveis termodinâmicas.

A **Quarta Etapa**, cujo título foi “*Pressão, volume e temperatura no contexto do Sistema Solar*”, teve como finalidade visualizar as variáveis termodinâmicas em ação no contexto do Sistema Solar a partir de vídeos que as relacionam.

Os objetivos específicos para esta quarta etapa, foram o de “conduzir uma discussão acerca das produções artísticas dos estudantes propostas no encontro anterior; aprofundar o estudo das variáveis termodinâmicas integradas ao contexto do Sistema Solar; desenvolver uma tabela comparativa dos diâmetros de corpos celestes; discutir a grandeza pressão no contexto do planeta Júpiter, e compreender as variadas temperaturas presentes no sistema solar.” Os vídeos utilizados para as discussões nesta etapa foram enviados previamente para os sujeitos da pesquisa.

A penúltima e **Quinta Etapa**, cujo título foi “*Concepções alternativas sobre o Sistema Solar*”, teve como finalidade ‘esclarecer algumas incoerências ou concepções alternativas encontradas em vídeos disponíveis na internet sobre o Sistema Solar’.

O item 1 do questionário utilizado nesta etapa, estabeleceu uma discussão sobre o planeta Júpiter a partir de um vídeo que denota *o fato de este planeta ter sido uma estrela que não deu certo*, ao passo que o item 3 apresenta as concepções acerca das estações do ano. Outras discussões englobaram a temática relacionada às estações do ano (item 4) e planetas com ou sem anéis (item 5).

A **Sexta Etapa**, contemplou um questionário final que englobou tudo o que foi abordado durante toda a SD, e teve por finalidade proporcionar uma avaliação geral a fim de verificar o índice de aprendizagem dos alunos acerca do objeto de pesquisa.

A presente seção foi subdividida em seis subseções: 1- caracterização da pesquisa; 2- campo empírico da pesquisa; 3- participantes da pesquisa; 4- técnicas e instrumentos de produção de dados; 5- procedimentos de análise de dados; e 6- Produto Educacional.

7.1 Caracterização da Pesquisa

Após um estudo acerca dos pressupostos teóricos da TAS e, tendo em vista os objetivos de aprendizagem, adotamos a ‘pesquisa qualitativa’ por acreditarmos ser a mais adequada aos propósitos deste trabalho. Diante do exposto, convém, neste momento, apresentarmos uma definição para uma pesquisa científica:

A pesquisa científica é a aplicação prática de um conjunto de procedimentos objetivos, utilizados por um pesquisador (cientista), para o desenvolvimento de um experimento, a fim de produzir um novo conhecimento, além de integrá-lo àqueles pré-existentes. Constitui-se, portanto, em etapas ordenadamente dispostas, de maneira lógica e racional, as quais o pesquisador deverá conhecê-las para aplicá-las convenientemente (FONTELLES *et. al.*, 2009, p. 2).

Compreendemos não ser uma tarefa simples ou fácil a de conduzir uma pesquisa científica. No entanto, seguindo os passos e as definições dos autores supracitados, podemos empreender sucesso na condução de uma pesquisa neste contexto de ensino e aprendizagem. Uma vez feito o planejamento da pesquisa, e

levando-se em consideração o público-alvo, escolhemos a pesquisa do tipo qualitativa, à qual “trabalha com o universo dos significados, dos motivos, das aspirações, das crenças, dos valores e das atitudes” (MINAYO, 2010, p. 21). Ou dito de outra forma, a pesquisa qualitativa, segundo a autora, se ocupa com um nível de realidade que não pode ou não deveria ser quantificado. O foco são as significações produzidas pelos estudantes, que recebem um maior destaque do que se a pesquisa fosse puramente quantitativa.

Para LÜDKE e ANDRÉ (2018), temos cinco características básicas de uma pesquisa qualitativa:

1. *A pesquisa qualitativa tem o ambiente natural como sua fonte direta de dados e o pesquisador como seu principal instrumento;*
2. *Os dados coletados são predominantemente descritivos;*
3. *A preocupação com o processo é muito maior do que com o produto;*
4. *O “significado” que as pessoas dão às coisas e à sua vida são focos de atenção especial pelo pesquisador;*
5. *A análise dos dados tende a seguir um processo indutivo.*

Chamamos a atenção à característica quatro, onde os autores evidenciam o valor do “significado” que as pessoas dão às coisas, em nosso caso os alunos do Ensino Médio. É neste aspecto que nossa pesquisa se fundamenta, ou seja, procuramos compreender quais os significados ou concepções que nossos alunos possuem em relação às variáveis termodinâmicas e a Astronomia. Uma vez que compreendemos as concepções existentes na estrutura cognitiva de nossos alunos, teremos melhores condições de proporcionar uma aprendizagem potencialmente significativa.

Conforme enfatizamos anteriormente, em virtude da pandemia da COVID-19, nossa pesquisa foi conduzida na modalidade remota. Para isso utilizamos a plataforma para vídeo conferências *Google Meet*. Na próxima subseção (Campo Empírico da Pesquisa) apresentamos maiores detalhes sobre o uso prático desta modalidade de ensino aplicada em nossa pesquisa.

Sobre a pesquisa em educação, LÜDKE e ANDRÉ (2018, p. 2) esclarecem:

Trata-se, assim de uma ocasião privilegiada, reunindo o pensamento e a ação de uma pessoa, ou de um grupo, no esforço de elaborar conhecimentos sobre

aspectos da realidade que deverão servir para a composição de soluções propostas aos seus problemas. Esses conhecimentos são, portanto, frutos da curiosidade, da inquietação, da inteligência e da atividade investigativa dos indivíduos, a partir e em continuação do que já foi elaborado e sistematizado pelos que trabalharam o assunto anteriormente. Tanto pode ser confirmado como negado pela pesquisa o que se construiu a respeito desse assunto, mas o que não pode é ser ignorado (LUDKE; ANDRÉ, 2018, p. 2).

Podemos perceber, de forma resumida, a estrutura para uma pesquisa em educação segundo o pensamento dos autores supracitados. Partindo de um problema de aprendizagem, enveredamos a elaboração de uma proposta de solução, e, para isso, seguimos o percurso metodológico delineado pelos teóricos da pesquisa qualitativa. Em nossa pesquisa adotamos as considerações de Lüdke e André (2018) e associamos aos pressupostos teóricos da TAS de David Ausubel e seus intérpretes.

7.2 Campo Empírico da Pesquisa

O campo empírico escolhido para esta pesquisa foi a Escola Estadual CETI Portal da Esperança, vinculada à 20ª Gerência Regional de Educação da Secretaria de Educação do Piauí (SEDUC/PI) e localizada na rua dezenove do bairro Aroeiras, zona norte do município de Teresina/PI. Inaugurada em março de 2018, após uma longa espera da comunidade (aproximadamente dez anos), a escola possui uma estrutura com 12 (doze) salas de aula refrigeradas com capacidade para 45 (quarenta e cinco) alunos por sala. Possui ainda 3 (três) laboratórios (Ciências, Informática e Sala de Leitura), vestiários e banheiros masculino e feminino, ginásio poliesportivo coberto, além de salas para os professores, coordenação pedagógica, diretoria, secretaria e cantina.

O laboratório de Ciências possui 3 (três) microscópios (até a elaboração desta pesquisa) e não possui nenhum outro equipamento para atividades práticas. O laboratório de informática é composto por 20 computadores de mesa e nenhum deles possui acesso à internet e, a sala de leitura ainda sem a estrutura necessária para os alunos realizarem oficinas de leitura. Em virtude da pandemia do COVID-19, não foi possível usufruir desta estrutura, uma vez que toda a pesquisa foi conduzida na modalidade remota.

7.3 Participantes da Pesquisa

Incluimos todas as turmas da escola (campo empírico da pesquisa) neste trabalho, sendo uma turma do 1º ano, duas turmas do 2º ano e 2º turmas do 3º ano. A proposta foi apresentada a todos os alunos matriculados (137) aos quais apenas 24 participaram efetivamente da pesquisa. A análise da participação efetiva dos alunos pesquisados, serão descritos na próxima seção (Análise e Discussão dos Dados).

No Quadro 1, descrevemos resumidamente o perfil dos alunos que participaram da pesquisa. Ressaltamos que todos os alunos investigados se encontram na faixa etária dos 14 aos 17 anos de idade.

Quadro 1 – Perfil dos participantes da pesquisa

1º série E. M. (Quantidade de estudantes)	2º série E. M. (Quantidade de estudantes)	3º série E. M. (Quantidade de estudantes)	Sexo
01	07	12	Feminino
00	01	03	Masculino

Fonte: Dados oriundos da pesquisa.

Observamos a partir do Quadro 1, a maior participação das turmas da 3º série (um total de 15 alunos) e, ao mesmo tempo, quase nenhuma interação com os alunos da 1º série (apenas 01). Outra observação que extraímos do Quadro 1 é a predominância de estudantes do sexo feminino em comparação aos estudantes do sexo masculino. Ressaltamos ainda que os 24 alunos que aceitaram participar voluntariamente da pesquisa assinaram o “Termo de consentimento e adesão para participar como colaborador da pesquisa”, que se encontra no **Apêndice B**.

7.4 Técnicas e Instrumentos de Obtenção de Dados

Para conseguirmos atingir os objetivos de uma pesquisa, é preciso selecionar adequadamente as **técnicas** e os **instrumentos** para a obtenção de dados. Conforme já abordamos na Seção 1 (Introdução), a presente pesquisa procurou atingir o objetivo

geral a partir, a priori, de três objetivos específicos. Foi com base nestes objetivos específicos que selecionamos as técnicas e os instrumentos para a produção dos dados.

Segundo Oliveira (2007, p. 57) “[...] em pesquisa, as técnicas são instrumentos para coleta de dados e informações para se chegar a um melhor conhecimento da realidade em estudo. “ Seguimos esta linha de raciocínio sugerida pela autora e, dentre as técnicas e instrumentos para a obtenção de dados disponíveis, utilizamos questionários (antes, durante e depois da aplicação da SD), a participação dos sujeitos da pesquisa no grupo de *whatsapp*, criado para socialização do que foi estudado durante as aulas online e, por fim, a participação efetiva dos estudantes tanto nos questionários, quanto nas mensagens de *chat* da plataforma *Google Meet* (videoconferência).

Estes instrumentos foram escolhidos por entendermos que conduziriam, de forma mais eficiente, a encontrar respostas do problema de pesquisa: “Pode uma Sequência Didática possibilitar a integração da Termodinâmica com a Astronomia, para contribuir a uma aprendizagem potencialmente significativa dos alunos do ensino médio?”.

Considerando os objetivos específicos aplicamos as técnicas e instrumentos de obtenção de dados, anteriormente descritas. Para o primeiro e o terceiro objetivo específico utilizamos como instrumento de coleta de dados principal questionários semiestruturados. Ao passo que para o segundo objetivo específico utilizamos, além dos questionários, as percepções dos estudantes em registros no grupo de *whatsapp* e nas mensagens de *chat* do *google meet*. Os dados considerados mais relevantes e que conduziram às discussões acerca de nosso problema de pesquisa estão descritos na próxima Seção.

Para organizamos os dados da pesquisa, para posterior coleta e análise, optamos pela técnica de observação. Para OLIVEIRA (2007, p. 79), “a opção pela técnica da observação deve ser bem planejada para posterior sistematização dos dados coletados, embora exista a possibilidade de serem feitas observações assistemáticas”. Ainda, segundo a autora, temos dois tipos principais de técnicas de observação, a direta e a participante.

Adotamos a técnica de observação participante em nossa pesquisa. MAREN (1995, p.105) a define como: “[...] a estrutura e o conteúdo de toda realidade a ser

observada e registrada. A observação é sempre um fundamento, um instrumento de análise da realidade que se percebe.“

Em um primeiro momento utilizamos um questionário semiestruturado, composto por 11 questões abertas e fechadas, onde procuramos acessar os conhecimentos prévios dos estudantes sobre as variáveis termodinâmicas e conhecimentos sobre astronomia. (Apêndice C).

A seguir, ao longo das quatro etapas seguintes, procuramos diversificar as técnicas e os instrumentos. Por exemplo, adotamos na ‘Segunda Etapa’ um texto didático adaptado de um vídeo, extraído da *internet*, que discute conteúdos relacionados à pressão e a temperatura de gases.

Ressaltamos que os instrumentos mais utilizados foram os questionários aplicados a cada etapa e algumas atividades diversificadas, no formato online devido a pandemia do COVID-19, tais como: exibição de vídeos, produção de desenhos e debates via *google meet* e grupos de *whatsapp* com os estudantes pesquisados.

Conforme dissemos acima, o questionário foi o instrumento mais utilizado nesta pesquisa, sobre isso, OLIVEIRA (2007, p. 83), argumenta:

O questionário pode ser definido como uma técnica para obtenção de informações sobre sentimentos, crenças, expectativas, situações vivenciadas e sobre todo e qualquer dado que o pesquisador (a) deseja registrar para atender os objetivos de seu estudo.

Em nosso caso específico, os questionários foram utilizados em maior parte, por este se apresentar como uma melhor possibilidade de investigação aos alunos pesquisados. Outros instrumentos apresentavam-se inacessíveis ao público-alvo de nossa pesquisa.

O instrumento ‘questionário’ foi utilizado em cada uma das seis etapas de nossa SD. Por ter sido integralmente aplicada na modalidade remota, os alunos pesquisados foram orientados a respondê-los durante as duas horas-aula destinadas para cada etapa. O objetivo destas orientações foi o de possibilitar um registro mais fiel das significações produzidas pelos alunos ao longo da aplicação da SD.

Também utilizamos em 4 das 6 etapas, vídeos extraídos da *internet* que abordavam os conteúdos objetos de nosso estudo. Todos eles foram exibidos durante estas etapas, seguidas de discussões e debates sobre os mesmos.

Para MACHADO (2016, p. 10), o vídeo

[...] é um meio audiovisual, que combina som e imagem simultaneamente, que está constantemente presente na vida do ser humano, seja como um filme para lazer, um vídeo informativo ou até mesmo um clipe musical entre outros. Considerando estas informações, certamente também está muito presente na vida do aluno, o professor deve se atualizar e modificar seus meios de ensino, para trazer cada vez mais os alunos para a escola.

A exibição de vídeos em um ambiente escolar, conforme a autora, apresenta a possibilidade de modificarmos ou mesmo diversificarmos nossos meios de ensino. Além disso, esta abordagem audiovisual, quando corretamente utilizada, pode contribuir para uma melhoria na aprendizagem dos alunos. O cuidado que devemos ter é em selecionar adequada e antecipadamente os vídeos que apresentamos aos nossos alunos. Vários são os motivos para estes cuidados, entre os quais, o tempo disponível para cada vídeo, o teor e nível do vídeo exibido e também o espaço de tempo necessário para a discussão dos mesmos. Apresentamos, a seguir, os procedimentos que utilizamos em nossa pesquisa para a análise dos dados.

7.5 Procedimentos de Análise de Dados

Analisar os dados qualitativos significa “trabalhar” todo o material obtido durante a pesquisa, ou seja, os relatos de observação, as transcrições de entrevista, as análises de documentos e as demais informações disponíveis. A tarefa de análise implica, num primeiro momento, a organização de todo o material, dividindo-o em partes, relacionando essas partes e procurando identificar nele tendências e padrões relevantes. Num segundo momento essas tendências e padrões são reavaliados, buscando-se relações e inferências num nível de abstração mais elevado (LÜDKE; ANDRÉ, 2013, p. 53).

Conforme a epígrafe acima, os procedimentos para a análise dos dados exigem do pesquisador, um olhar apurado e, sobretudo, uma boa dose de organização, pois temos uma razoável quantidade de material que precisa ser organizado, dividido e categorizado para a análise propriamente dita. Nas palavras dos autores, “analisar os dados significa ‘trabalhar’ todo o material obtido durante a pesquisa”.

Realizamos esta primeira etapa ao organizar o material produzido pelos estudantes pesquisados durante a aplicação da SD. Para cada uma das seis etapas de nossa SD, foram aplicados questionários aos quais os alunos respondiam em seus cadernos. Estes foram orientados a fotografar suas respostas e enviar

eletronicamente pelo grupo de *whatsapp* criado exclusivamente para a interação e discussão das atividades propostas. As fotografias foram organizadas e convertidas para o formato PDF (um total de 108 páginas) a fim de facilitar os procedimentos de análise. Outro procedimento de análise que organizamos, foram as perguntas e os diálogos dos alunos durante os encontros online em cada etapa da SD. Estas conversas e perguntas foram organizadas a partir de *prints* da tela durante as aulas online, realizadas pela plataforma de vídeo conferência *google meet*.

Uma vez que temos todos estes dados catalogados e organizados, precisamos adotar os procedimentos de análise, neste sentido, recomenda-se que estejam em conformidade com os pressupostos teóricos adotados na pesquisa. Em nosso trabalho procuramos efetuar os procedimentos de análise, considerando os requisitos da TAS de David Ausubel.

Um dos procedimentos de análise adotados nesta pesquisa foi a ‘Análise de Conteúdo’ que, conforme BARDIN (1979, p. 42), se trata de:

Um conjunto de técnicas de análise das comunicações visando obter, por procedimentos, sistemáticos e objetivos de descrição do conteúdo das mensagens, indicadores (qualitativos ou não) que permitam a inferência de conhecimentos relativos às condições de produção/recepção (variáveis inferidas) destas mensagens.

Conforme enfatizado pelo autor, quando adotamos a ‘Análise de Conteúdo’, procuramos, dentre outras coisas, que tais análises nos forneçam condições de inferirmos algo a respeito da aprendizagem dos estudantes. Ou seja, a partir da análise dos conteúdos obtidos ao longo da aplicação da SD, queremos confirmar ou refutar as hipóteses levantadas na pesquisa. Ainda seguindo esta linha de raciocínio, MINAYO (2009, p. 84), enfatiza: “[...] através da análise de conteúdo, podemos caminhar na descoberta do que está por trás dos conteúdos manifestos, indo além das aparências do que está sendo comunicado”.

Não existe um caminho único a ser seguido em uma análise de conteúdo. No entanto, a literatura nos sugere alguns caminhos práticos que podem conduzir o pesquisador a trilhar de forma mais eficiente o percurso da análise. Por exemplo, MINAYO (2009, p. 88) sugere a seguinte trajetória de análise de conteúdo:

(a) decompor o material a ser analisado em partes (o que é parte vai depender da unidade de registro e da unidade de contexto que escolhemos); (b) distribuir as partes em categorias; (c) fazer uma descrição do resultado da

categorização (expondo os achados encontrados na análise); (d) fazer inferências dos resultados (lançando mão de premissas aceitas pelos pesquisadores); (e) interpretar os resultados obtidos com auxílio da fundamentação teórica adotada.

Nesta trajetória sugerida pela autora, enfatizamos a escolha adequada das ‘categorias de análise’. Neste sentido, BARDIN (1979, p. 117) apresenta uma definição para categorização em um procedimento de análise de conteúdo:

[...] uma operação de classificação de elementos constitutivos de um conjunto, por diferenciação e, seguidamente, por reagrupamento segundo o gênero (analogia), com critérios previamente definidos. As categorias são rubricas ou classe, as quais reúnem um grupo de elementos (unidades de registro) sob um título genérico.

Apresentamos, a seguir, as três categorias de análise idealizadas para esta pesquisa:

(a) Conhecimentos prévios dos alunos pesquisados sobre astronomia e conteúdos introdutórios de termodinâmica;

(b) Potencialidades de uma SD, que integra termodinâmica com astronomia, em favorecer a aprendizagem das variáveis termodinâmicas analisadas;

(c) Concepções adquiridas pelos alunos sobre as variáveis termodinâmicas analisadas quando integradas com Astronomia em uma SD.

As justificativas para a escolha de cada uma das categorias de análise supracitadas estão detalhadas na Seção 7.

Objetivando encontrar respostas para o problema de pesquisa, apresentamos o Quadro 2 que resume das seis etapas da SD.

Quadro 2 – Síntese geral de aplicação da SD.

S. D. Etapas	Data	Carga horária	Resumo da Etapa
1ª	06/2021	2 h/a	Aplicação do Teste de Sondagem.
2ª	06/2021	2 h/a	Pressão e temperatura em gases com o auxílio de vídeos e um texto didático.
3ª	06/2021	2 h/a	Formação do Sistema Solar integrada ao estudo das variáveis termodinâmicas e proposta de produção artística com os estudantes.

4 ^a	07/2021	2 h/a	Produções dos estudantes sobre as variáveis termodinâmicas em ação no contexto do Sistema Solar.
5 ^a	07/2021	2 h/a	Concepções alternativas encontradas em vídeos na internet sobre a Astronomia.
6 ^a	07/2021	2 h/a	Aplicação do pós-teste (Avaliação Geral da SD).

Fonte: Dados oriundos da pesquisa.

7.6 Produto Educacional

O Produto Educacional – Sequência Didática, integrando tópicos de Termodinâmica e Astronomia, com atividades que associam cada uma das três variáveis termodinâmicas (temperatura, volume e pressão) ao atrativo contexto do Sistema Solar, está detalhado no Apêndice A deste trabalho de pesquisa.

8 ANÁLISE E DISCUSSÃO DOS DADOS

A análise de dados é caracterizada por LÜDKE e ANDRÉ (2013, p. 53) como o momento onde trabalhamos “todo o material obtido durante a pesquisa”. Segundo os autores este momento envolve, “relatos de observação, transcrições de entrevistas, análises de documentos”, dentre outros aspectos inerentes à análise de dados de uma pesquisa qualitativa. Neste trabalho os instrumentos mais utilizados para os procedimentos de análise dos dados foram questionários, entrevistas, e as participações individuais dos alunos investigados (via *chat* da plataforma *Google Meet*) em cada uma das etapas da SD.

O percurso utilizado para os procedimentos de análise de dados, iniciaram-se a partir da criação de três categorias, descritas na subseção 6.5. As justificativas para a escolha destas categorias de análise, são descritas nas próximas três subseções, conjuntamente à análise do material obtido durante a pesquisa.

8.1 Conhecimentos prévios dos alunos pesquisados sobre Astronomia e conteúdos introdutórios de Termodinâmica

Esta categoria de análise foi escolhida por estar em conformidade com os pressupostos teóricos da TAS.

Para trabalharmos com nossos alunos “novos conhecimentos”, a fim de que estes signifiquem algo para eles, precisamos antes de tudo descobrir quais os conhecimentos que estão presentes em sua estrutura cognitiva. No contexto da Aprendizagem Significativa, estes conhecimentos são denominados de ‘conhecimentos prévios’ e é a partir deles que elaboramos e conduzimos as atividades integrantes da SD.

Coerente com este pensamento de MOREIRA (2003) e, com base em nossa primeira categoria de análise, a **primeira etapa** de nossa SD procurou investigar os conhecimentos prévios dos alunos acerca de nosso objeto de estudo: as variáveis termodinâmicas e os conhecimentos de Astronomia.

Para isso, aplicamos um questionário denominado “Teste de Sondagem”, A aplicação deste questionário, assim como todas as etapas da SD, foi realizada

integralmente na modalidade remota, em virtude da pandemia do COVID-19. Para as respostas a este questionário, foi disponibilizado um intervalo de tempo de 2 (duas) horas, nas quais os estudantes investigados e presentes ao encontro online, foram orientados a realizar os registros de resposta sem qualquer consulta a algum material. As análises desta categoria seguem a ordem das questões do “Teste de Sondagem” (Questões de 1 a 11).

Questão 1: A partir de suas concepções sobre temperatura e calor preencha os espaços abaixo: CALOR – TEMPERATURA

É importante observar que a matéria não contém **CALOR**.

CALOR é energia em trânsito de um corpo a uma **TEMPERATURA** mais alta para outro a uma **TEMPERATURA** mais baixa.

Uma vez transferida, a energia deixa de ser **CALOR**.

Toda matéria – sólida, líquida ou gasosa – é composta por átomos ou moléculas em constante agitação. Em virtude desse movimento aleatório, os átomos ou moléculas da matéria possuem energia cinética. A energia cinética média dessas partículas individuais, produz um efeito que podemos sentir – a sensação de quente. A quantidade que informa quão quente ou frio é um objeto em relação a algum padrão é chamada de **TEMPERATURA**.

Quando você toca numa estufa aquecida, a energia passa para a sua mão, porque a estufa está mais quente do que ela. Por outro lado, quando você encosta sua mão num pedaço de gelo, a energia sai de sua mão para o gelo, que é mais frio. O sentido de transferência espontânea de energia é sempre do corpo que está mais quente para um vizinho mais frio. A energia transferida de uma coisa para outra por causa de uma diferença de **TEMPERATURA** entre elas é chamada de **CALOR**.

Nesta primeira questão apresentamos aos alunos 5 (cinco) trechos que envolvem os conceitos termodinâmicos “calor” e “temperatura”, organizados em cinco parágrafos.

A atividade consistiu no preenchimento dos espaços em cada parágrafo com as palavras “calor” ou “temperatura”, segundo as concepções dos alunos investigados.

No enunciado a esta primeira questão, as palavras em **negrito** retratam as respostas esperadas, de acordo com as concepções científicas para os termos calor e temperatura.

Organizamos as respostas dos alunos no Quadro 3, apresentando a sequência das respostas escolhidas pelos alunos. Ao todo, 9 alunos deixaram esta questão sem resposta.

Para os procedimentos de análise, decidimos inserir no Quadro 3 apenas os alunos que responderam esta primeira questão.

Quadro 3 – Respostas à Questão 1, Primeira Etapa.

Aluno (a)	Respostas
A1	Temperatura – Calor – Temperatura – Temperatura – Calor – Temperatura – Calor – Calor
A6	Calor – Temperatura – Temperatura – Temperatura – Temperatura – Calor – Calor – Calor
A7	Calor – Calor – Temperatura – Temperatura – Calor – Temperatura – Temperatura – Calor
A8	Calor – Calor – Temperatura – Temperatura – Calor – Temperatura – Calor – Temperatura
A9	Calor – Calor – Temperatura – Temperatura – Calor – Temperatura – Temperatura – Calor
A10	Calor – Calor – Temperatura – Temperatura – Calor – Temperatura – Calor – Temperatura
A11	Calor – Temperatura – Temperatura – Temperatura – Calor – Temperatura – Temperatura – Calor
A12	Calor – Temperatura – Temperatura – Calor – Calor – Temperatura – Temperatura – Calor
A14	Temperatura – Calor – Temperatura – Calor – Calor – Temperatura – Calor – Temperatura
A15	Temperatura – Calor – Temperatura – Temperatura – Calor – Temperatura – Calor – Calor
A16	Temperatura – Calor – Temperatura – Temperatura – Calor – Temperatura – Temperatura – Calor
A17	Calor – Calor – Calor – Temperatura – Temperatura – Temperatura – Calor – Temperatura
A18	Calor – Calor – Temperatura – Temperatura – Calor – Temperatura – Calor – Temperatura
A21	Calor – Temperatura – Calor – Temperatura – Calor – Temperatura – Calor – Temperatura
A24	Calor – Calor – Temperatura – Temperatura – Calor – Temperatura – Calor – Calor

Fonte: Dados oriundos da pesquisa

Observando o Quadro 3, temos que apenas dois alunos (A7 e A9), dentre os 24 investigados, registraram suas respostas na sequência correta (*Calor, Calor, Temperatura, Temperatura, Calor, Temperatura, Temperatura, Calor*).

Um total de quatro alunos (A8, A10, A18 e A24) se aproximaram da sequência correta, erraram apenas as duas últimas palavras da sequência.

Além disso, nove alunos deixaram a Questão 1 sem resposta, sendo que oito deles deixaram em branco (sem nenhuma resposta) e o aluno A19 optou por escrever explicitamente: “*não consigo responder*”.

A partir dos resultados organizados no Quadro 3, percebemos que os alunos investigados evidenciam “confusões entre os conceitos básicos de calor e temperatura”. Estes resultados corroboram o pensamento de MOURA (2016). A grande maioria dos alunos pesquisados não sabia responder, ou não responderam na sequência correta. Isso evidencia que os conceitos investigados, calor e temperatura, não estão bem estabelecidos na estrutura cognitiva destes alunos.

Acerca destas dificuldades na aprendizagem de conceitos, GRINGS, CABALLERO e MOREIRA (2008, p. 24), pontuam:

[...] os significados dos conceitos de *temperatura*, *calor*, *energia interna*, trabalho e *entropia*, implícitos na estrutura cognitiva dos estudantes, quando explicitados, podem apresentar invariantes operatórios que podem estar de acordo com os significados aceitos pela comunidade científica ou não. Identificando invariantes operatórios que podem estar servindo de obstáculo à aprendizagem é possível levar os estudantes a um progresso dentro do campo conceitual da Termodinâmica.

A partir dos dados obtidos no Quadro 3, e coerente com o pensamento de MOREIRA (2008), observamos a necessidade de identificar os “invariantes operatórios que podem estar servindo de obstáculo à aprendizagem”, pois uma vez identificados tais obstáculos, o caminho em prol de uma aprendizagem significativa ficará facilitado. E, de fato, “um progresso dentro do campo conceitual da Termodinâmica” (MOREIRA, 2008), passa, necessariamente pelo conhecimento destes “invariantes operatórios” descritos pelo autor.

Questão 2: (ENEM – 2000) Ainda hoje, é muito comum as pessoas utilizarem vasilhames de barro (moringas ou potes de cerâmica não esmaltada) para conservar água a uma temperatura menor do que a do ambiente. Isso ocorre porque:

a) o barro isola a água do ambiente, mantendo-a sempre a uma temperatura menor do que a dele, como se fosse isopor.

b) o barro tem o poder de “gelar” a água pela sua composição química. Na reação, a água perde calor.

c) o barro é poroso, permitindo que a água passe através dele. Parte dessa água evapora, tomando calor da moringa e do restante da água, que são assim resfriadas.

d) o barro é poroso, permitindo que a água se deposite na parte de fora da moringa. A água de fora sempre está a uma temperatura maior que a de dentro.

e) a moringa é uma espécie de geladeira natural, liberando substâncias higroscópicas que diminuem naturalmente a temperatura da água.

Nesta questão, extraída do Exame Nacional do Ensino Médio (edição 2000), pedimos que os alunos escolhessem a opção correta envolvendo novamente os conceitos de calor e temperatura. O gabarito para esta questão é o item (c).

Dentre os 24 alunos pesquisados, 14 registraram respostas incorretas (sendo que 7 deles deixaram a questão sem resposta) e, apenas 10 responderam corretamente, registrando como resposta o item (c).

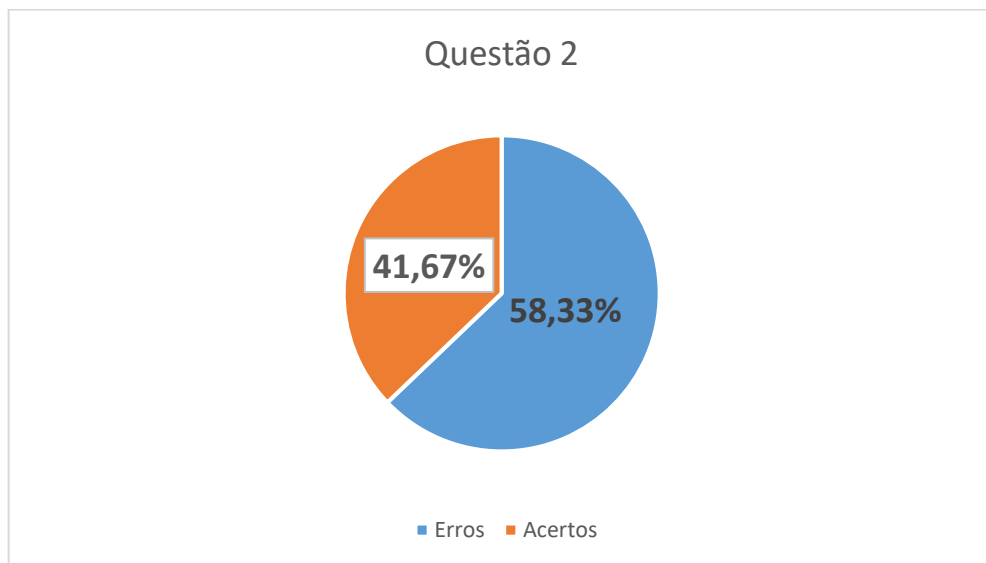
Os itens (a), (d) e (e) foram escolhidos como resposta, respectivamente, por 3 (três) alunos, 2 (dois) alunos e 1 (um) aluno. O item (b) não foi selecionado como resposta por nenhum dos alunos investigados.

Estes resultados apontam para a existência de conflitos conceituais, na estrutura cognitiva dos alunos, em relação aos conceitos de calor e temperatura. Dentre as alternativas incorretas, a (a) foi o mais escolhido, neste item foi comparado o isolamento da água do ambiente realizado pelo barro, com o feito pelo isopor. Em relação a este item, e a partir das respostas analisadas, fica claro que a comparação criou nos estudantes um conflito conceitual, que os levaram a selecionar esta resposta, pois os mesmos conhecem o isopor no seu cotidiano e sabem de suas propriedades acerca de manter a temperatura dos objetos nele contido. Quando confrontados com a situação explicitada no problema, acredita-se que os alunos

associaram suas concepções sobre o objeto de isopor, às propriedades do vasilhame de barro para conservar a temperatura da água. Estes resultados indicam a existência de conflitos conceituais, em concordância com MOREIRA (2008).

Apresentamos na Figura 2 uma análise das respostas dos estudantes em termos percentuais (erros versus acertos). Observamos a partir da referida figura, um aumento na quantidade de acertos, quando comparamos com a questão anterior.

Figura 2 – Erros e acertos da Questão 2 em termos percentuais.



Fonte: Dados da pesquisa.

A partir dos dados percentuais descritos na Figura 2, observamos que as confusões relacionadas aos conceitos de calor e temperatura permanecem, assim como ficou evidenciado em nossa análise da Questão 1. No entanto, na Questão 2 o nível de acerto foi superior (10 acertos contra apenas 2 da questão 1), dentre os 24 alunos investigados.

Atribuímos este resultado ao caráter contextual utilizado na Questão 2, ao passo que a Questão 1 utilizou em menor escala a contextualização, priorizando-se uma linguagem mais técnica. Os aspectos relacionados à contextualização do Ensino de Física, está evidenciado no documento legal da BNCC:

A contextualização dos conhecimentos da área supera a simples exemplificação de conceitos com fatos ou situações cotidianas. Sendo assim, a aprendizagem deve valorizar a aplicação dos conhecimentos na vida individual, nos projetos de vida, no mundo do trabalho, favorecendo o

protagonismo dos estudantes no enfrentamento de questões sobre consumo, energia, segurança, ambiente, saúde, entre outras (BRASIL, 2018, p. 549).

Quando comparamos os resultados apresentados nas questões 1 e 2 do “Teste de Sondagem”, concluímos que os melhores resultados (Questão 2) aparecem quando os conceitos científicos são abordados dentro de um contexto. Sendo assim, fica evidente que a contextualização favorece a aprendizagem de nossos alunos.

Veamos, a seguir, as análises para a Questão 3:

Questão 3: Observe as figuras a seguir e responda o que se pede:

a) Podemos confiar em nosso senso de quente e frio? Ambos os dedos sentirão a mesma temperatura quando forem mergulhados na água morna?

Figura 3 – Senso de quente e frio



Fonte: (HEWITT, 2011, p. 271).

b) Em qual dos recipientes da Figura 4 existe mais **energia cinética molecular**? No recipiente maior cheio de água morna ou na pequena xícara de chá cheia de água a uma temperatura alta?

Figura 4 – Energia cinética molecular



Fonte: (HEWITT, 2011, p. 273).

c) Sabe-se que uma mesma quantidade de calor foi transferida para os dois recipientes. Em qual dos recipientes a temperatura cresce mais?

Figura 5 – Crescimento de temperatura



Fonte: (HEWITT, 2011, p. 274)

Esta questão apresentou três situações nas quais os alunos investigados precisaram avaliar e interpretar figuras. A Figura 3 versou sobre o senso de quente e frio, a Figura 4 lidou com o conceito de energia cinética molecular (associado à variável termodinâmica temperatura) e, por fim, a Figura 5 trouxe a relação entre calor e temperatura.

No geral, a maioria dos estudantes pesquisados conseguiu elaborar respostas a esta questão. Ao todo, 16 estudantes dos 24 pesquisados, responderam a questão. Os registros das respostas foram enviados por celular com o auxílio de aplicativo de mensagem (*whatsapp*).

Alguns dos registros tratavam-se de respostas diretas, do tipo “sim” ou “não”, além disso, embora não tenha sido exigido justificativas das respostas. Além disso, alguns dos registros, enviados pelo aplicativo de mensagens de texto, não ficaram legíveis, devido a fatores tecnológicos. Como um dos critérios de escolha para a análise das respostas, selecionamos os registros mais legíveis.

Para as respostas ao item (a), selecionamos 04 (quatro) alunos para realizarmos os procedimentos de análise, de acordo o critério de escolha supracitado.

A1: “O dedo serve apenas como ponto de partida para avaliar temperatura”

A3: “não. não podemos. as nossas mão podem até saber diferenciar a temperatura entre o quente e o frio, mais se colocarmos uma mão num recipiente com água gelada e depois em outra com a temperatura ambiente teremos a seguinte impressão de que estava ‘quente’”.

A7: “não, colocar o dedo na água quente e depois na água morna, sensação de frio. colocar o dedo na água fria e depois na água morna sensação de quente.”

A8: “Algumas vezes como: colocar a mão na testa para saber se tá com febre.

. Eu acho que cada uma será diferente porque ambas estavam em temperaturas distintas, então uma será fria e a outra quente.”

De acordo com as respostas selecionadas, percebemos a tentativa dos alunos em relacionar a variável termodinâmica temperatura com as sensações de ‘quente’ e ‘frio’. O aluno A1 não respondeu se podemos confiar em nosso senso de quente e frio. Os alunos A3 e A7 declararam que não podemos confiar em nosso senso de quente e frio, ao passo que o aluno A8 revelou que podemos confiar apenas algumas vezes. Este último citou o exemplo da ação de colocar a mão na testa para sabermos se

estamos ou não com febre, ou seja, trouxe um exemplo, possivelmente, por ele vivenciado.

Observamos, a partir do discurso dos alunos investigados, um movimento em suas estruturas de raciocínio, ou seja, cada um deles procurou desenvolver uma linha de raciocínio para justificar a situação apresentada na Figura 3, sobre as sensações de quente e frio e a temperatura.

Quando o aluno organiza um raciocínio frente a uma situação proposta, tens indícios da consolidação da aprendizagem. Vale a pena ressaltar, o exemplo citado pelo aluno A8, “colocar a mão na testa para saber se está com febre”. Mostrando que o aluno consegue relacionar o conteúdo aprendido com seu cotidiano, sendo um dos pressupostos da OCN (Orientações Curriculares Nacionais do Ensino Médio):

Na escola, uma das características mais importantes do processo de aprendizagem é a atitude reflexiva e autocrítica diante dos possíveis erros. Essa forma de ensino auxilia na formação das estruturas de raciocínio, necessárias para uma aprendizagem efetiva, que permita ao aluno gerenciar os conhecimentos adquiridos (BRASIL, 2006, p 46).

Uma vez que o aluno, diante de uma situação-problema, consiga elaborar uma linha de raciocínio, ele está de fato, sendo conduzido a uma “aprendizagem efetiva” (BRASIL, 2006), fugindo assim de uma aprendizagem mecânica.

Complementando estas ideias relativas à “aprendizagem efetiva”, agora com um olhar na BNCC, temos:

Os conhecimentos conceituais associados a essas temáticas constituem uma base que permite aos estudantes *investigar, analisar e discutir situações-problema* que emergem de diferentes contextos sócio culturais, além de compreender e interpretar leis, teorias e modelos, aplicando-os na resolução de problemas individuais, sociais e ambientais. Dessa forma, os estudantes, podem reelaborar seus próprios saberes relativos a essas temáticas, bem como reconhecer as potencialidades e limitações das Ciências da Natureza e suas Tecnologias (BRASIL, 2018, p. 548, grifo nosso).

Ou seja, “investigar, analisar, discutir situações-problema” (BRASIL, 2018) são ações ou atitudes necessárias aos alunos e professores, no percurso educacional de ensino e aprendizagem da área de Ciências da Natureza.

Embora estas quatro respostas analisadas sejam animadoras, no que diz respeito à consolidação de uma aprendizagem significativa, a grande maioria dos alunos investigados não conseguiu atingir o patamar preconizado nos documentos

legais OCN e BNCC, e nem tampouco as bases teóricas da TAS. Estes resultados nos apontam a um caminho em direção a aplicação de estratégias que conduzam os nossos alunos, de fato, a uma aprendizagem significativa.

Nesta pesquisa, adotamos como estratégia integrar os conceitos relacionados às variáveis termodinâmicas com o Sistema Solar. Conforme já enfatizamos anteriormente, o percurso metodológico adotado está delineado em nosso Produto Educacional (Apêndice A) composto por uma SD disposta e organizada em seis etapas.

Para as respostas ao item (b), baseados na Figura 4, elaboramos o Quadro 4. Dentre os 24 alunos pesquisados, 11 deles deixaram este item (b) sem resposta. A seguir, realizamos os procedimentos de análise.

Quadro 4 – Respostas à Questão 3, item (b), Primeira Etapa

Aluno (a)	Respostas
A1	Na xícara.
A3	A xícara de chá cheia de água a uma temperatura mais alta molecular.
A7	O recipiente maior.
A8	No balde, na xícara de chá tem temperatura maior.
A9	Na xícara.
A10	Na pequena xícara.
A11	Recipiente maior.
A12	No recipiente maior cheio de água.
A15	Xícara.
A16	Xícara de chá.
A17	O quente.
A19	No recipiente maior
A24	Na água com balde grande

Fonte: Dados da pesquisa

Para este item (b), esperava-se como resposta, a partir da observação da Figura 4: “Existe mais energia cinética molecular em um recipiente cheio de água morna do que em uma pequena xícara de chá cheia de água a uma temperatura alta” (HEWITT, 2011, p. 273).

A partir dos dados analisados no Quadro 4, apenas 6 (seis) alunos responderam corretamente, outros 7 selecionaram a resposta incorreta e 11 não responderam. Interessante notar que as respostas ficaram aproximadamente

divididas entre os alunos que responderam a este item (b). Isso novamente evidencia conflitos conceituais, ou seja, energia cinética molecular causa ainda algum conflito conceitual nos estudantes.

Observamos ainda outro aspecto preocupante na análise deste item (b) da Questão 3. Nenhum deles elaborou alguma justificativa de resposta, dentre os quais 11 deixaram este item sem resposta (em branco). Isto caracteriza uma dificuldade em construir argumentações diante de um problema proposto, embora as justificativas de respostas não tenham sido exigidas. O que fazer para instigar os alunos e assim fazer com que estes adquiram a capacidade de argumentação?

Para que apareçam argumentações dos alunos em sala de aula, a prática do professor deve considerar já em seu planejamento a possibilidade de interações dos alunos com o conhecimento, criando ambientes não coercitivos nos quais os alunos possam apresentar sem medo seus argumentos, estejam esses corretos ou não (CARVALHO; SASSERON, 2018, p. 49).

Segundo este autor, é fundamental a “interação dos alunos com o conhecimento” para que estes desenvolvam a capacidade de argumentação em sala de aula. Pelo fato de as atividades terem sido realizadas na modalidade remota (restrições impostas pela pandemia do COVID-19), os alunos investigados podem ter se inibido a expressar ou encontrar justificativas para a resposta escolhida.

Para as respostas ao item (c), baseados na Figura 5, elaboramos o Quadro 5 apenas com os alunos que construíram uma resposta.

Quadro 5 - Respostas à Questão 3, item (c), Primeira Etapa.

Aluno (a)	Respostas
A1	O recipiente com menos água, com menos água tiver, mais rápida a temperatura cresce.
A3	A que cresce menos, é a que contém pouco volume de água.
A7	Se tem poucas moléculas, essas poucas moléculas, recebe todo o calor, no recipiente que tem menos líquido.
A8	Imagem 1.
A9	No primeiro, com menos água.
A10	No que tem mais água, recipiente 2.
A11	A com pouca água.
A12	No recipiente que tem menos água.
A16	Com menos água.
A17	O recipiente a esquerda.
A19	No recipiente 2.
A24	Com a menor água.

Fonte: Dados da pesquisa.

Percebemos que metade dos alunos pesquisados não respondeu este item, ou seja, 12 de 24 alunos pesquisados deixaram este item (c) sem resposta e, por isso, não constam no Quadro 5.

Para este item (c), esperava-se como resposta, a partir da observação da Figura 5, e em conformidade com o pensamento de HEWITT (2011, p. 274): “Embora uma mesma quantidade de calor tenha sido transferida para os dois recipientes, a temperatura cresce mais no recipiente com menor quantidade de água”.

Dentre os 12 alunos que responderam este item (c), apenas 2 (dois) alunos escolheram a resposta incorreta, conseqüentemente, 10 alunos apontaram para a resposta correta.

Novamente, assim como ocorreu na análise da Questão 2, a contextualização favoreceu os alunos em compreender que o recipiente menor fica submetido a um maior crescimento de temperatura, quando comparado ao recipiente com maior quantidade de água (sabendo que ambos receberam a mesma quantidade de calor).

Estes resultados apontam para a necessidade do professor ao apresentar situações nas quais a Física “acontece”, ou seja, inserir os conceitos estudados na Física, sempre que possível, diretamente no cotidiano dos alunos. Acreditamos que esta abordagem apresenta um enorme potencial de favorecer uma aprendizagem significativa aos alunos.

Diferentemente do que aconteceu na análise ao item anterior (b), para este item de análise (item (c)), encontramos respostas com justificativas, embora estas não tenham sido exigidas na questão. Ao todo, dois alunos justificaram suas respostas. Apresentamos, a seguir, as respostas e justificativas destes dois alunos, seguido de sua transcrição (respeitando-se eventuais erros ortográficos e/ou gramaticais por ele cometidos):

A1: O recipiente com menos água, com menos água tiver, mais rápida a temperatura cresce.

A7: Se tem poucas moléculas, essas poucas moléculas, recebe todo o calor, no recipiente que tem menos líquido.

Vale a pena destacar o raciocínio utilizado pelo aluno A7, ao visualizar a situação em nível molecular. Um raciocínio semelhante foi utilizado pelo aluno A1, ao associar a pequena quantidade de água a uma maior velocidade de crescimento da temperatura. A linha de raciocínio utilizada pelos estudantes está coerente com o pensamento de YOUNG e FREEDMAN (2008, p. 217): “As descrições macroscópicas e microscópicas estão intimamente relacionadas”. Quando o aluno A7 escreve o termo “moléculas” em sua resposta, está sinalizando a uma visão microscópica. É esta visão microscópica que o aluno utiliza para explicar o crescimento da “temperatura” (visão macroscópica).

Conforme já enfatizamos na fundamentação teórica, o estudo de uma dessas variáveis nos conduz para a compreensão das outras, uma vez que estão relacionados, ou seja, podemos inferir a importância que as variáveis macroscópicas volume, pressão e temperatura têm para o estudo da Termodinâmica e, em extensão para o processo ensino e aprendizagem.

Questão 4: (ENEM – 2010) Em nosso cotidiano, utilizamos as palavras “calor” e “temperatura” de forma diferente de como elas são usadas no meio científico. Na linguagem corrente, calor é identificado como “algo quente” e temperatura mede a “quantidade de calor de um corpo”. Esses significados, no entanto, não conseguem explicar diversas situações que podem ser verificadas na prática.

Do ponto de vista científico, que situação prática mostra a limitação dos conceitos corriqueiros de calor e temperatura?

a) A temperatura da água pode ficar constante durante o tempo em que estiver fervendo.

b) Uma mãe coloca a mão na água da banheira do bebê para verificar a temperatura da água.

c) A chama de um fogão pode ser usada para aumentar a temperatura da água, em uma panela.

d) A água quente que está em uma caneca é passada para outra caneca a fim de diminuir sua temperatura.

e) Um forno pode fornecer calor para uma vasilha de água que está em seu interior com menor temperatura do que a dele.

Para esta Questão 4, analisamos as perspectivas conceitual e interpretativa, e elaboramos o Quadro 6 onde apresentamos as respostas apresentadas pelos alunos pesquisados.

Quadro 6 - Respostas à Questão 4, Primeira Etapa.

Aluno (a)	Respostas
A1	A
A3	A
A7	A
A8	A
A9	C
A10	A
A11	B
A12	C
A14	C
A15	D
A16	A
A17	E
A18	B
A19	A
A21	A
A24	B

Fonte: Dados da pesquisa.

Ao todo 16 dos 24 estudantes investigados responderam a esta questão. Os demais (8 alunos) deixaram a questão sem resposta.

Dentre os alunos que responderam à questão, registramos uma clara divisão nas respostas, ou seja, oito acertos e oito erros. A resposta correta para a Questão 4 é o item (a).

Em relação aos erros cometidos pelos estudantes destacam-se os itens (b) e (c), cada item foi selecionado por três alunos. A letra (b) trazia o exemplo no qual uma mãe mede a temperatura de uma banheira com sua própria mão, ao passo que a letra (c) apresentava o uso de uma chama de fogão para aumentar a temperatura da água em uma panela.

Esta questão pedia que os alunos confrontassem as concepções científicas sobre “calor” e “temperatura” com os conceitos corriqueiros. Foi animador perceber que 50% dos estudantes que responderam à questão, selecionaram o item correto. Apesar disso, ainda temos os conflitos conceituais, já abordados e justificados nas

análises das questões anteriores. Em relação aos erros cometidos, convém analisarmos os motivos de os itens (b) e (c) ter sido os mais escolhidos. Acreditamos que estes itens foram os mais lembrados, por se tratar de situações mais frequentes no cotidiano destes estudantes. Uma mãe verificando a temperatura de uma banheira com a própria mão, e a chama de um fogão aumentando a temperatura da água em uma panela, são situações bem estabelecidas na estrutura cognitiva dos estudantes pesquisados, e isto acabou, provavelmente, por influenciar as suas respostas. Observamos, a partir das respostas dos estudantes, a existência de problemas conceituais e de interpretação em relação à variável temperatura.

A resposta correta da questão (item (a)), exigia que os estudantes se lembrassem das propriedades relacionadas às substâncias em um processo de mudança de fase, ou seja, uma substância ao mudar de fase mantém a sua temperatura constante. Em outras palavras, mesmo que seja fornecido calor a esta substância, a sua temperatura não aumentará enquanto a sua fase estiver mudando.

Esta concepção científica, a partir dos dados analisados, entrou em confronto com as situações do cotidiano dos alunos, isto significa que a compreensão da “temperatura” ainda não está sólida na mente destes alunos. Neste sentido, fica evidente a necessidade de intervenções pedagógicas, com propósitos de proporcionar aos alunos a adequada apropriação dos conceitos científicos sobre temperatura e calor em prol de uma aprendizagem significativa.

Questão 5: Analise a Figura 6 de acordo com seus conhecimentos sobre as grandezas “pressão” e “volume”.

a) Estritamente falando, podemos garantir que o casal está sugando o refrigerante pelo canudo? Lembre-se da definição para “pressão atmosférica” ao elaborar sua resposta.

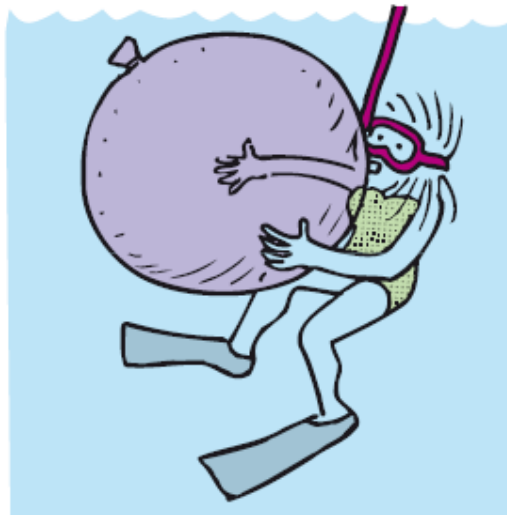
Figura 6 – Pressão atmosférica



Fonte: (HEWITT, 2011, p. 254).

b) A mergulhadora da Figura 7 está submersa em água e segurando um saco cheio de água

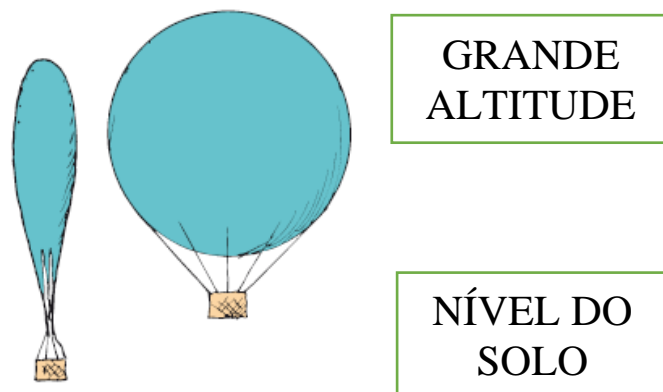
Figura 7 - Pressão



Fonte: (HEWITT, 2011, p. 252).

Como esta Figura 7 nos ajuda a compreender a pressão atmosférica de nosso planeta?

c) Tente visualizar a partir da Figura 8 a relação entre as grandezas “pressão” e “volume”.

Figura 8 – Pressão / Volume

Fonte: (HEWITT, 2011, 258).

O balão da esquerda (parcialmente inflado) _____

O balão da direita (completamente inflado) _____

Observamos que os alunos tiveram grandes dificuldades ao responder essa questão. Evidenciando os problemas na compreensão das relações entre as variáveis termodinâmicas “pressão” e “volume”. Acreditávamos que os alunos ao avaliar a pressão, relativo às ilustrações, seriam capazes de compreender as questões conceituais apresentadas.

Para fins de análise selecionamos as respostas de quatro alunos. O critério utilizado na escolha está relacionado à qualidade dos registros enviados, e pelas justificativas desenvolvidas por eles ao elaborar suas respostas.

Apresentamos a seguir, uma sequência de quatro figuras com os registros das respostas destes quatro alunos selecionados, de acordo com os critérios supracitados e com suas respectivas respostas seguidas de uma transcrição das mesmas:

Aluno A7:

a) não, se a atmosfera está fazendo o serviço, então você não está “sugando”.

b) a mergulhadora não percebe a água do balão porque ela está em um lugar que tem muita água, então nós não percebemos a nossa atmosfera porque vivemos dentro dela.

c) o balão da esquerda está no nível do solo, porque no nível do solo tem mais moléculas.

na figura apresentada. Dentre as 11 questões do Teste de Sondagem (Apêndice C), esta foi uma das que os alunos pesquisados tiveram mais dificuldades em elaborar uma resposta.

Em relação ao item (b), perguntamos como a Figura 13 nos ajuda a compreender a pressão atmosférica em nosso planeta. A figura retrata uma mergulhadora submersa em uma piscina, com um saco cheio de água. Segundo HEWITT (2011, p. 254): “Você não sentirá o peso de um saco com água enquanto se encontrar submerso em água. Da mesma forma, você não sentirá o peso do ar enquanto estiver submerso em um ‘oceano’ de ar.”

Este item (b), assim como o item anterior, questiona os estudantes sobre a “pressão”, novamente, não se trata de uma questão simples. Por exemplo, o aluno A11 afirmou que o balão cheio de água vai fazer a mergulhadora subir até a superfície; ao passo que o aluno A19 decidiu apresentar uma definição para pressão atmosférica, e sua resposta não envolveu a situação descrita na Figura 13. O aluno A24, embora a resposta tenha um trecho ilegível, interpretou que somos muito pequenos diante de uma atmosfera tão grande.

Apenas um dos alunos elaborou uma resposta coerente com o pensamento de HEWITT (2011). Esses resultados evidenciam que os estudantes apresentam dificuldades conceituais em relação à variável termodinâmica “pressão”, sobretudo dificuldades de visualizá-la em contextos diversos.

Em relação ao item (c), pedimos que os estudantes visualizassem, a partir da Figura 14, a relação entre as variáveis “pressão” e “volume”. Esta figura retrata um mesmo balão em duas situações distintas. À esquerda o balão parcialmente inflado e à direita o mesmo balão totalmente inflado. Gostaríamos que os estudantes avaliassem em que situação o balão ficaria totalmente inflado e também em que situação ficaria parcialmente, nas condições: ao nível do solo, e em uma grande altitude. Segundo HEWITT (2011, p. 258): “(Esquerda) Ao nível do solo, o balão está parcialmente inflado. (Direita) O mesmo balão está totalmente inflado a grandes altitudes, onde a pressão local do ar é menor.”

Para esta situação, O aluno A7 afirmou que o balão da esquerda está no nível do solo, porque no nível do solo tem mais moléculas. O aluno A11 aponta o balão da esquerda como estando ao nível do solo e o da direita a grande altitude, no entanto, não apresentou justificativa para suas escolhas. O aluno A19 afirmou não conseguir

responder e, por fim, o aluno A24 inverteu as respostas. Estes resultados, (Questão 5, itens (a), (b) e (c)), mostram que as variáveis termodinâmicas não estão consolidadas na estrutura cognitiva destes estudantes.

Conforme nossa análise, esta pequena quantidade de respostas, evidenciam e confirmam que as variáveis termodinâmicas envolvidas no problema (pressão e volume) merecem uma maior atenção, quando comparamos com a variável termodinâmica (temperatura), anteriormente analisada. Isso se justifica pelo fato da “temperatura” estar mais presente no cotidiano dos estudantes, quando comparamos principalmente com a variável “pressão”.

Questão 6: Avalie as seguintes afirmativas como VERDADEIRAS ou FALSAS:

- a) O calor é uma substância. **FALSA**
- b) Calor e frio são diferentes entre si. **FALSA**
- c) Calor e temperatura são formas diferentes de se referir a um mesmo fenômeno. **FALSA**
- d) A temperatura não é a ‘intensidade’ do calor. **VERDADEIRA**
- e) Um corpo frio não contém calor. **VERDADEIRA**
- f) Aquecimento nem sempre resulta em uma elevação de temperatura. **VERDADEIRA**
- g) Temperatura pode ser transferida. **FALSA**

Ao todo, 16 dos 24 alunos investigados responderam a esta questão, dentre os quais apenas dois alunos (A3 e A7) responderam corretamente a todas as afirmações. Apresentamos no Quadro 7, as respostas destes 16 alunos a cada afirmação, e a seguir realizamos os procedimentos de análise dos dados.

Quadro 7 - Respostas à Questão 6, Primeira Etapa.

Aluno (a)	Respostas						
A1	(a) V	(b) F	(c) F	(d) V	(e) F	(f) V	(g) V
A3	(a) F	(b) F	(c) F	(d) V	(e) V	(f) V	(g) F
A6	(a) V	(b) V	(c) F	(d) V	(e) F	(f) -	(g) -
A7	(a) F	(b) F	(c) F	(d) V	(e) V	(f) V	(g) F
A8	(a) V	(b) V	(c) V	(d) F	(e) F	(f) F	(g) V

A9	(a) F	(b) V	(c) F	(d) V	(e) F	(f) F	(g) V
A10	(a) V	(b) V	(c) V	(d) F	(e) F	(f) F	(g) F
A11	(a) F	(b) V	(c) F	(d) V	(e) V	(f) V	(g) F
A12	(a) V	(b) V	(c) F	(d) V	(e) F	(f) F	(g) V
A15	(a) F	(b) V	(c) V	(d) V	(e) F	(f) V	(g) F
A16	(a) V	(b) V	(c) V	(d) F	(e) F	(f) V	(g) V
A17	(a) F	(b) V	(c) V	(d) F	(e) V	(f) V	(g) F
A18	(a) V	(b) F	(c) F	(d) V	(e) V	(f) F	(g) V
A19	(a) F	(b) V	(c) V	(d) V	(e) F	(f) V	(g) V
A21	(a) F	(b) V	(c) V	(d) F	(e) F	(f) V	(g) V
A24	(a) V	(b) F	(c) V	(d) F	(e) V	(f) V	(g) V

Fonte: Dados da pesquisa.

Os itens que tiveram os maiores acertos foram os itens (d) e (f), ao todo dez acertos, ao passo que o item (b) apresentou o maior número de erros, onze e, conseqüentemente, o menor número de acertos, cinco.

A partir das respostas ao item (d), percebemos que a concepção alternativa na qual temperatura se refere à quantidade de calor de um corpo, ainda persiste na mente de nossos alunos. O mesmo se observa quanto ao item (f), onde reside a concepção na qual um aquecimento implica necessariamente em uma elevação na temperatura.

Embora estes dois itens, (d) e (f) tenham apresentado um bom percentual de acertos (62,5%), temos que 37,5% ainda trazem consigo concepções alternativas. Como devemos agir diante desses resultados? GRASSELLI (2019, p. 26) sugere:

[...] o professor de Física deve dar as direções pela promoção de atividades que contribuam com a formação de conceitos próprios para o estudante modificando-os de forma que os estudantes não sejam sobrecarregados de conteúdos complexos demais para o seu estágio de entendimento cognitivo, adaptando o conhecimento. (GRASSELLI (2019)

Ou seja, uma vez identificados problemas de aprendizagem, devemos conduzir e planejar “atividades que contribuam” para a aprendizagem dos estudantes, sempre tendo o cuidado de respeitar o “estágio de entendimento cognitivo” dos estudantes (GRASSELLI, 2019).

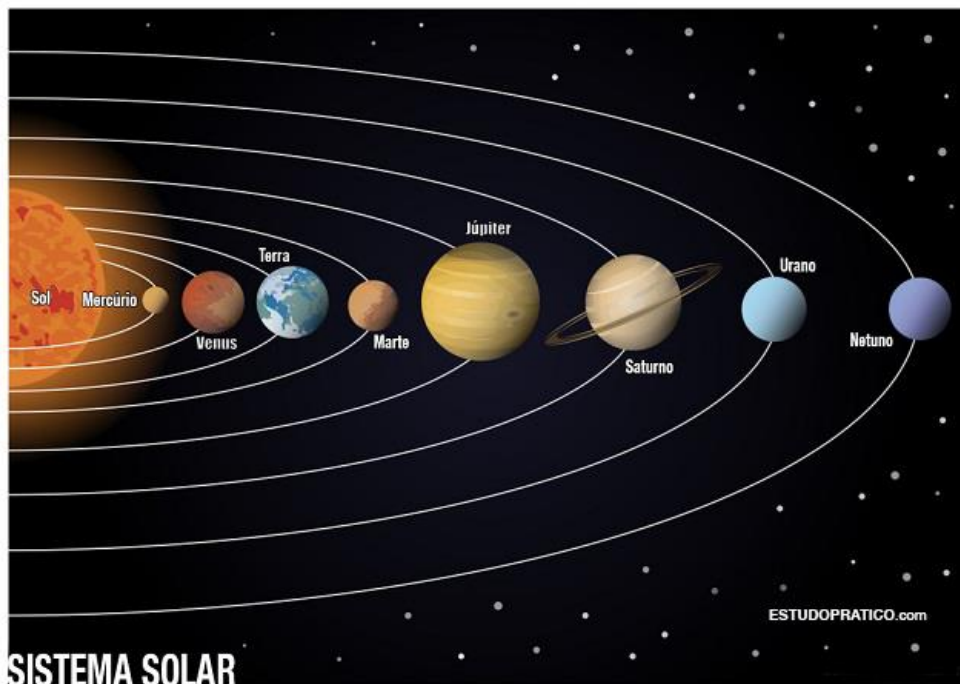
O item (b) apresentou o maior nível de erros, dentre todos os itens pesquisados na questão 6, ao todo onze dos 16 alunos erraram a resposta deste item. Uma clara confusão conceitual entre “calor” e “frio”. Este item afirma que calor e frio são diferentes entre si. Este item se trata de uma afirmação “falsa”. Frio é uma sensação

causada pela perda de calor, ou seja, temos uma relação entre eles, portanto não são diferentes entre si.

Conforme os dados organizados no Quadro 7, apenas os alunos A3 e A7 responderam corretamente a todos os itens desta questão. Atribuímos este baixo índice de acertos ao fato desta variável termodinâmica (temperatura) ainda não estar clara na mente dos estudantes pesquisados e também por uma ausência de contextualização, havia expressões curtas e diretas nos quais os termos “temperatura”, “calor” e “frio” precisavam ser avaliados nas frases como verdadeiros ou falsos. Os conflitos conceituais ficaram evidentes a partir dos resultados.

Avançando um pouco mais na análise dos dados referentes ao “Teste de Sondagem”, apresentamos, a seguir, questões relacionadas à compreensão do Sistema Solar. *Tomando por base a figura abaixo responda as questões 7 a 9.*

Figura 9 – Sistema Solar



Fonte: <https://www.estudopratico.com.br/lista-planetas-sistema-solar/>. Acesso em: 10/11/2020.

Questão 7: Qual dos planetas apresenta a maior temperatura ?

- a) Mercúrio
- b) Vênus
- c) Terra
- d) Marte
- e) Júpiter

Ao todo 14 de 24 alunos responderam a esta questão. As respostas estão organizadas no Quadro 8.

Quadro 8 - Respostas à Questão 7, Primeira Etapa.

Aluno (a)	Respostas
A1	B – Vênus
A3	B – Vênus
A7	B – Vênus
A8	B – Vênus
A10	B – Vênus
A11	A – Mercúrio
A12	A – Mercúrio
A15	A – Mercúrio
A16	B – Vênus
A17	B – Vênus
A18	A – Mercúrio
A19	B – Vênus
A21	B – Vênus
A24	A – Mercúrio

Fonte: Dados da pesquisa.

A partir das informações extraídas do Quadro 8 observamos uma polarização nas respostas, 9 estudantes afirmaram ser Vênus o planeta com maior temperatura, ao passo que outros 5 estudantes selecionaram o planeta Mercúrio. Ressaltamos que 10 estudantes deixaram esta questão sem resposta.

Considerando neste caso, o real conhecimento dos estudantes sobre a constituição dos planetas, questiona-se até que ponto os sujeitos da pesquisa tiveram contato, em estudos anteriores, sobre os planetas de nosso Sistema Solar? Apesar disso, e de certa forma, os resultados revelam que alguns alunos ainda apresentam em suas estruturas cognitivas ideias de senso comum sobre qual seja o planeta a apresentar a maior temperatura média. O senso comum, neste caso, advém da ideia

de Mercúrio ser o planeta com a órbita mais próxima do Sol e, portanto, o planeta mais “quente”.

Sobre as temperaturas de Vênus, Sagan (1980, p. 95) nos informa: “As temperaturas de superfícies de Vênus, deduzidas pela radioastronomia e confirmadas pelas medições diretas feitas pelas naves espaciais são em torno de 480°C ou 900°F, mais quente que qualquer forno doméstico”.

Questão 8: Em relação aos seus conhecimentos acerca da grandeza volume, faça uma avaliação sobre os volumes dos planetas do Sistema Solar, tomando como base a Figura 19.

Para esta questão, gostaríamos que os alunos observassem o Sistema Solar avaliando a distribuição dos volumes dos seus planetas, comparando-os uns com os outros.

Os alunos A1, A10 e A17, ao invés de fazer a avaliação dos volumes, decidiram pesquisar os volumes dos planetas e apresentaram valores numéricos em suas respostas. No entanto, os números apresentados vieram sem as adequadas unidades de volume. Para exemplificar, apresentamos a Figura 20, na qual o aluno A17 formaliza sua resposta. Alguns valores numéricos ficaram ilegíveis, no entanto vemos claramente a sua ideia em relacionar numericamente os diferentes volumes dos planetas.

*A17: “Jupiter Vol: 1 414 700 00 Marte Vol: 167,18
Saturno Vol: 827 130
Urano Vol: 68 340
Netuno Vol: 62 390
Terra Vol: 1 083,21”*

A seguir, selecionamos quatro respostas dos estudantes pesquisados, utilizando os critérios de justificativas encontradas para as respostas e a qualidade dos registros enviados. A seguir, apresentamos as figuras 21, 22 e 23, com suas respectivas transcrições (respeitando-se eventuais erros ortográficos e/ou gramaticais por eles cometidos):

A7: “Os volumes dos planetas que são mais próximos do sol, são menores, mercúrio, vênus e marte, são pequenos comparados aos outros. ”

A11: “Os maiores planetas ficam no meio como Jupiter e Saturno depois terra e vênus que ficam mais perto do Sol. Os menores como urano, netuno ficam longe do Sol, e mercúrio é o mais perto do Sol, e no meio marte.”

A24: “entre os planetas do sistema solar, o maior é jupiter seu volume é 1925 vezes o da terra) Mercurio com um diâmetro”

Nestas figuras, apenas o aluno A7 apresentou uma análise coerente acerca das distribuições dos volumes dos planetas do Sistema Solar, ao afirmar que os planetas mais próximos ao Sol são “menores” quando comparados com os “outros”. O aluno A24 apenas apontou o maior planeta (Júpiter) comparando-o com a Terra, e informou o menor planeta (Mercúrio) de forma incompleta.

Interessante observar o relato do aluno A11. Este retratou fielmente as informações da Figura 19 (Sistema Solar), no entanto, a figura em questão (extraída da *internet*) apresenta os volumes dos planetas fora de escala, e isto com certeza influenciou a sua resposta. Os erros encontrados nesta figura são abordados na análise da próxima questão (Questão 9).

Expandindo um pouco mais em nossa análise em relação às respostas sobre as informações contidas na Figura 9, não podemos desconsiderar a possibilidade de erros de interpretação relacionados ao texto da questão por parte dos sujeitos da pesquisa. Isto sem dúvidas também colaborou para os erros encontrados em nossa análise.

As dimensões e volumes dos planetas do Sistema Solar não são fáceis de serem retratados em desenhos, ou seja, é comum encontrarmos nos livros didáticos e em sites imagens fora de escala que comprometem a concepção científica acerca dos volumes no contexto do Sistema Solar. A ideia usar esta figura foi conscientizar os estudantes, que nem sempre devemos confiar em imagens oriundas da internet,

ou de qualquer outro meio. Durante a aplicação da SD, conduzimos atividades com propósitos de consolidar a aprendizagem da variável termodinâmica volume no contexto do Sistema Solar.

Questão 9: *A figura do Sistema Solar (Figura 9) está correta ou apresenta erros? Aponte alguns erros, se houver.*

Para esta questão, apresentamos as respostas de 9 alunos, organizadas no Quadro 9.

Quadro 9 – Respostas à Questão 9, Primeira Etapa.

Aluno (a)	Respostas
A1	<i>“O tamanho dos planetas, Terra, a cor dos planetas”</i>
A3	<i>“Dimensões, saturno, urano, apresenta anéis”</i>
A7	<i>“Dimensões, Saturno e urano apresenta anéis”</i>
A10	<i>“Está correta”</i>
A11	<i>“Sim, a inclinação do planeta Saturno, e anéis dos planetas”</i>
A15	<i>“Está correta”</i>
A16	<i>“Não tem erros”</i>
A19	<i>“Não tem erros na figura”</i>
A24	<i>“Não, porque a Terra fica mesmo entre Marte e Vênus”</i>

Fonte: Dados da pesquisa.

Entre os respondentes, as escolhas ficaram aproximadamente divididas. Um total de 4 alunos apontaram erros, ao passo que 5 alunos afirmaram que a Figura 19 não apresenta erros.

Observamos claramente, a partir do Quadro 9, que os alunos A3 e A7 compartilharam a mesma resposta. Apresentamos nas Figuras 24 e 25, respectivamente, as imagens das respostas idênticas destes alunos.

A3: Dimensões, saturno, urano, apresenta anéis.

A7: Dimensões, saturno, urano, apresenta anéis.

Os erros mais assinalados pelos alunos foram os tamanhos ou dimensões dos planetas e a ausência de um sistema de anéis em algum planeta. Os tamanhos ou dimensões (alunos A1, A3 e A7), e ausência de anéis (alunos A3, A7 e A11). Um erro

menos frequente apontado pelos alunos são as cores dos planetas (aluno A1) e a inclinação do planeta Saturno (aluno A11).

De fato, a Figura 9 apresenta os erros mencionados pelos respondentes. Em relação à resposta do aluno A11 (inclinação do planeta Saturno), não se trata especificamente de um erro, pois o planeta Saturno em sua órbita ao redor do Sol, quando visto aqui da Terra, pode apresentar diferentes inclinações em seu sistema de anéis. O aluno investigado, provavelmente, investigou outras imagens do Sistema Solar e pode ter observado a imagem do planeta Saturno com o seu sistema de anéis com alguma outra inclinação e isto pode ter influenciado a sua resposta à questão.

Lembramos também alguns outros erros na figura que não foram mencionados pelos alunos, a saber, a existência de um cinturão de asteroides entre as órbitas dos planetas Marte e Júpiter, ausência da Lua da Terra e das duas luas de Marte, o planeta Urano com seu eixo fortemente inclinado (“gira deitado”).

No geral as respostas a esta questão foram bem satisfatórias e revelam que os estudantes são capazes de observar e relatar erros existentes em imagens artísticas do Sistema Solar.

Na sequência procedemos às análises à penúltima questão do Teste de Sondagem:

Questão 10: Conforme sua compreensão acerca dos volumes dos corpos do Sistema Solar, descritos a seguir, organize-os em ordem crescente de volumes (do menor para o maior volume).

(1) Netuno (2) Mercúrio (3) Júpiter (4) Terra (5) Vênus (6) Marte (7) Saturno

- a) (1); (2); (6); (7); (3); (4); (5).
- b) (2); (6); (5); (4); (1); (7); (3).
- c) (4); (2); (3); (7); (6); (1); (5).
- d) (1); (5); (6); (7); (4); (3); (2).
- e) (7); (4); (6); (1); (3); (2); (5).

Quadro 10 – Respostas à Questão 10, Primeira Etapa.

Aluno (a)	Respostas
A1	B
A3	B
A6	B
A7	B
A10	B
A11	B
A12	C
A14	E
A15	B
A16	E
A17	B
A18	D
A19	D
A21	A
A24	A

Fonte: Dados da pesquisa.

A resposta para esta questão é o item (b), que foi selecionado por 8 dos 15 alunos que responderam, de acordo com os dados do Quadro 10. Foi um questionamento relativamente simples, no entanto alguns alunos marcaram o item incorreto.

O que chama a atenção a quantidade de alunos que deixaram esta questão sem resposta (9 alunos), isso significa que não foram capazes de observar as informações da Figura 19 e organizar os volumes dos planetas na ordem sugerida. Mais importante do que organizar os volumes em uma determinada ordem, é compreender os motivos nos quais os planetas atualmente possuem estes volumes.

Os eventos relacionados à origem e formação do Sistema Solar nos ajuda a compreender os motivos dos planetas apresentarem os volumes que têm atualmente. As justificativas levam em consideração as variáveis termodinâmicas, objetos deste estudo.

Na SD, em sua terceira etapa, os estudantes foram conduzidos em uma atividade, a compreender os eventos sobre a formação do Sistema Solar, com destaque no estudo das variáveis termodinâmicas envolvidas (temperatura, volume e pressão).

Questão 11: A Tabela 1 resume alguns dados importantes sobre os satélites de Júpiter:

Tabela 1 – Satélites de Júpiter

Nome	Diâmetro (km)	Distância média ao centro de Júpiter (km)	Período orbital (dias terrestres)
Io	3.642	421.800	1,8
Europa	3.138	670.900	3,6
Ganimesdes	5.262	1.070.000	7,2
Calisto	4.800	1.880.000	16,7

Fonte: <http://educacao.globo.com/fisica/assunto/mecanica/leis-de-kepler.html> Acesso em: 12/05/2021.

Ao observar os satélites de Júpiter pela primeira vez, Galileu Galilei fez diversas anotações e tirou importantes conclusões sobre a estrutura de nosso universo. A Figura 10 reproduz uma anotação de Galileu referente a Júpiter e seus satélites.

Figura 10 – Representação de Galileu sobre os satélites do planeta Júpiter



Fonte: <http://educacao.globo.com/fisica/assunto/mecanica/leis-de-kepler.html> Acesso em: 12/05/2021.

De acordo com essa representação e com os dados da Tabela 1, os pontos indicados por 1, 2, 3 e 4 correspondem respectivamente, a:

- Io, Europa, Ganimesdes e Calixto.
- Ganimesdes, Io, Europa e Calixto.
- Europa, Calixto, Ganimesdes e Io.
- Calixto, Ganimesdes, Io e Europa.
- Calixto, Io, Europa e Ganimesdes.

Ao todo 14 alunos responderam esta questão. A resposta correta era o item (b), que foi escolhido por apenas 4 alunos. De certa forma, foi surpreendente a quantidade

de erros, pois se tratava de se fazer uma análise conjunta de uma tabela (dados numéricos) e uma figura (posições das luas de Júpiter em relação ao próprio planeta).

As respostas estão organizadas no Quadro 11:

Quadro 11 - Respostas à Questão 11, Primeira Etapa.

Aluno (a)	Respostas
A1	A
A3	B
A7	B
A8	A
A10	B
A11	D
A12	A
A14	D
A15	A
A16	C
A17	A
A19	E
A21	C
A24	B

Fonte: Dados da pesquisa.

Atribuímos a grande quantidade de erros a deficiências de aprendizagem no que diz respeito à leitura e interpretação de tabelas ou gráficos, e, aliado a isso, podemos também observar que os estudantes pesquisados incorreram em erros na interpretação do enunciado da questão.

Em virtude desta deficiência oriunda da análise dos dados, na quarta etapa de nossa SD, conduzimos uma atividade na qual os alunos são instigados a preencher e analisar dados em tabelas, e esperamos com isso proporcionar melhorias no desempenho de nossos alunos.

8.2 Potencialidades de uma Sequência Didática, que integra termodinâmica com astronomia, em favorecer a aprendizagem das variáveis termodinâmicas (temperatura, volume e pressão)

Esta segunda categoria de análise, levou em consideração as quatro etapas intermediárias de nossa SD. Iniciamos os procedimentos de análise da **segunda**

etapa, que teve como objetivo específico, associar as variáveis termodinâmicas pressão e temperatura a contextos diversos. Para isso, conduzimos o estudo dos conceitos relacionados às variáveis termodinâmicas, a partir das respostas dos alunos investigados, ao questionário inicial, aplicado na primeira etapa e analisado na categoria anterior.

Ao todo 14 alunos participaram desta segunda etapa, que teve a duração de duas horas, divididas em três momentos. Este número reduzido de alunos, em comparação aos que participaram da etapa anterior, ocorreu em virtude das dificuldades acesso à *internet* dos sujeitos da pesquisa, comprometendo um pouco as nossas análises. No entanto, procuramos contornar estas dificuldades dialogando com os estudantes e tirando dúvidas em momentos posteriores a aula online.

Em um primeiro momento exibimos a partir da plataforma *Google Meet*, um vídeo denominado “Pressão e temperatura em gases”, com duração de 3 minutos. A seguir, discutimos com os estudantes um texto didático, com a mesma temática do vídeo, a fim de formalizar as ideias ali contidas. Para finalizar a etapa, incentivamos os alunos a responder um questionário com sete perguntas, sendo 4 objetivas e 3 subjetivas.

No geral, observamos que o uso do vídeo associado a um texto didático, proporcionou uma boa interação entre os alunos investigados. Isto foi comprovado por algumas das respostas apresentadas por eles na análise de dados, discutidos a seguir.

Escolhemos analisar com mais cuidado duas questões trabalhadas nesta segunda etapa, que estão relacionadas à compreensão da variável termodinâmica “pressão”. O critério utilizado para a seleção destas questões foi devido aos resultados obtidos na categoria anterior, pois observamos que para a “pressão”, os estudantes investigados apresentaram dificuldades conceituais. Escolhemos as questões três e cinco para análise esta Segunda Etapa de aplicação da SD, de acordo com o critério supracitado.

Questão 3: “Por que uma bola macia e pouco cheia ao nível do mar torna-se mais dura quando levada para uma montanha de grande altitude?”

Esta questão discute os conceitos relativos à figura 14, onde foi apresentado um balão parcialmente inflado e o mesmo balão totalmente inflado, e pedíamos que

os alunos associassem a situação descrita na figura a regiões de baixa altitude ou de alta altitude, segundo os conhecimentos relacionados à “pressão”.

Quadro 12 – Respostas à Questão 3, Segunda Etapa

Aluno (a)	Resposta
A1	<i>Por causa da falta de ar. Aumenta a pressão na bola. A bola de futebol nada mais é que o ar comprimido, e se nós leva ela pra um ambiente onde a ausência de ar é maior e a pressão também, logo ela ficara mais dura, pois o ar que esta ali quer se expandir uma pressão maior exercida sobre a bola.</i>
A4	<i>Uma bola de futebol, pelo que eu entendi, nada mais é que um ar cuja pressão é superior à pressão atmosférica e se você coloca ela em um ambiente onde a ausência de ar é maior e a pressão também, logo após ela ficará mais rígida, pois o ar do tal local quer se expandir de alguma maneira, porque existe uma pressão maior sobre a bola.</i>
A5	<i>Por causa da pressão do ar que é maior.</i>
A8	<i>Porque existe uma pressão maior exercida sobre a bola.</i>
A10	<i>Por causa da pressão do ar que é maior.</i>
A11	<i>Por conta da latitude há uma pressão de ar dentro da bola que a endurece.</i>
A15	<i>Por causa da gravidade que eleva a massa dela.</i>
A16	<i>Porque existe uma pressão maior exercida sobre a bola.</i>
A19	<i>Por causa da pressão do ar que é maior.</i>

Fonte: Dados da pesquisa.

De acordo com o Quadro 12, os alunos A1 e A4, apresentaram respostas idênticas (mudando apenas algumas palavras). Por exemplo, A1 escreve “falta de ar” e “ausência de ar” para se referir a uma região de baixa pressão. No entanto, apesar dessas respostas apresentarem muitos argumentos, ambos sugerem que a bola fica mais rígida em uma região de maior altitude, devido à existência de uma maior pressão *sobre* a bola. Quando na verdade, de acordo com o que foi discutido na etapa, a bola ficará mais rígida devido a pressão dentro da bola que se torna maior que a pressão externa à bola.

Os alunos A5, A10 e A19 também apresentaram respostas idênticas: “Por causa da pressão do ar que é maior”. No entanto, não especificaram o *ar* na qual se referindo (o ar externo à bola ou o ar interno à bola?). Já os alunos A8 e A16 responderam de forma semelhante aos alunos A1 e A4, argumentando: “Por que existe uma pressão maior exercida sobre a bola”. A resposta que mais se afastou da

explicação correta, foi a do aluno A15, ao afirmar ser devido à “gravidade” elevar a “massa” da bola.

Apenas o aluno A11 apresentou uma resposta mais próxima com aquilo que foi trabalhado na etapa: “Por conta da latitude há uma pressão de ar dentro da bola que a endurece”. Com estas palavras, o aluno deixa claro ser a pressão interna à bola, a responsável pelo comportamento da bola em uma montanha de grande altitude. Um ponto positivo a destacar é a grande quantidade de alunos a elaborar justificativas, quando comparamos à menor quantidade de justificativas encontradas na análise de dados da etapa anterior. Isso significa que suas habilidades de argumentação estão em claro progresso.

No entanto, a análise das respostas à questão 3 ainda demonstra dificuldades de compreensão da variável termodinâmica “pressão”, assim como já havíamos constatado em nossa primeira categoria de análise.

Apesar desses resultados não serem animadores, continuamos nossa investigação com o questionamento a seguir, Questão 5, novamente sobre a variável termodinâmica “pressão”:

Questão 5: A pressão atmosférica deve-se:

- a) Ao peso da atmosfera
- b) Ao peso e ao volume da atmosfera
- c) À densidade e ao volume da atmosfera
- d) Ao próprio planeta Terra

Para este questionamento, HEWITT (2011, p. 252, grifo do autor), esclarece: “Da mesma maneira como a pressão da água é causada por seu próprio peso, a **pressão atmosférica** é causada pelo peso do próprio ar.”

Quadro 13 – Respostas à Questão 5, Segunda Etapa.

Aluno (a)	Resposta
A1	A
A3	C
A4	C

A5	B
A8	D
A10	A
A11	C
A12	A
A14	D
A15	C
A16	D
A17	C
A19	D
A21	B
A24	B

Fonte: Dados da pesquisa.

Conforme os dados organizados no Quadro 13, tivemos três alunos que selecionaram a resposta correta, atribuindo a pressão atmosférica ao peso da própria atmosfera. Observamos ainda que, dentre os itens incorretos mais assinalados pelos alunos, o item (c) foi o mais citado pelos estudantes investigados (5 respostas). Este item, determina que a pressão atmosférica é devida à densidade e ao volume da atmosfera. Ao observar estas duas grandezas juntas no mesmo item, os alunos acabaram por se confundir com a concepção científica acerca da variável termodinâmica “pressão”.

Os resultados demonstram que os alunos ainda não compreendem a variável termodinâmica pressão, a ponto de associá-la ao peso da própria atmosfera. Questões diretas, como neste caso da questão 5, podem dificultar a compreensão dos alunos investigados.

Prosseguimos nossos procedimentos de análise desta segunda categoria, com a **terceira etapa**, que teve como objetivo específico, discutir os eventos relacionados à formação e origem do Sistema Solar com enfoque nas variáveis termodinâmicas envolvidas neste processo.

Ao todo 15 alunos participaram desta terceira etapa, com duração de duas horas, divididas em quatro momentos. Em um primeiro momento resgatamos as ideias trabalhadas nas duas etapas anteriores. A seguir, em um segundo momento, exibimos um vídeo sobre a origem e formação do Sistema Solar, via plataforma *Google Meet*. Em um terceiro momento, discutimos um texto didático sobre o conteúdo do vídeo exibido, e para finalizar a etapa aplicamos uma atividade com uma proposta de produção textual e produção artística.

Tanto a produção textual quanto a produção artística foram programadas para o início da etapa seguinte. A produção textual solicitada foi sobre os eventos relacionados à origem e formação do Sistema Solar com enfoque nas variáveis termodinâmicas. Em relação à produção artística, solicitamos que cada um dos alunos produzisse desenhos sobre algum aspecto do Sistema Solar envolvendo as variáveis termodinâmicas investigadas. Nem todos os alunos completaram as atividades relacionadas a esta etapa. Alguns fizeram apenas a produção textual, outros apenas a produção artística, e em menor quantidade fizeram as duas atividades propostas. Em nossa análise procuramos investigar como cada aluno associou as variáveis termodinâmicas ao contexto do Sistema Solar. Apresentamos a seguir, o Quadro 14, onde organizamos a participação destes alunos na terceira etapa.

Quadro 14 – Produção textual e artística, Terceira Etapa.

Aluno (a)	Produção Textual	Produção artística
A1	Sol	-----
A3	-----	Júpiter
A4	Colisão planetária	-----
A8	Formação dos planetas	-----
A9	-----	Saturno
A10	O nosso Sistema Solar	-----
A11	Lua	Plutão
A12	-----	Marte, Terra
A15	Marte	Sistema Solar, Lua
A16	-----	Luas galileanas, Júpiter, Terra
A18	Sistema Solar	Terra
A20	Sistema Solar	-----
A22	Formação do Sistema Solar	-----
A23	O planeta Vênus	Vênus
A24	Sol, Formação do Sistema Solar	Sistema Solar

Fonte: Dados da pesquisa.

O Quadro 14 revela que cinco alunos fizeram a atividade em sua totalidade. Observamos também que o “Sistema Solar” e a “Formação do Sistema Solar” foram às produções textuais mais frequentes, cinco produções. Dentre as produções artísticas, o planeta Terra foi o mais lembrado, três produções, seguido por Júpiter, duas produções, e Sistema Solar, duas produções.

A seguir apresentamos algumas das produções dos alunos nesta terceira

etapa.

Transcrição das anotações do A9.

A9: Saturno

Temperatura média = 139°C

Pressão atmosférica = 1,4 (bars)

Volume = $82713 \cdot 10^{10} \text{ km}^3$

Terra

Temperatura média = 15°C

Pressão atmosférica = 1013 mb

Volume = $1,332 \cdot 10^9 \text{ km}^3$

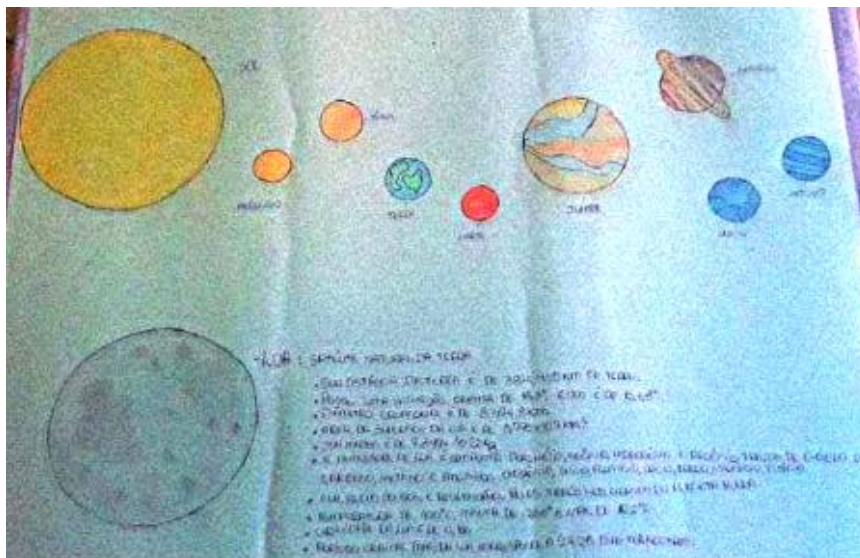
Figura 11 – Produção artística, aluno A9



Fonte: Dados da pesquisa.

O aluno (A15) apresentou, conforme a Figura 11, uma das mais interessantes produções. Nesse desenho, observamos, a visão do aluno sobre o Sistema Solar na parte superior e a Lua (da Terra) na parte inferior. Embora a foto não esteja muito legível, ressaltamos que além do desenho da Lua produzido, esse aluno acrescentou detalhes acerca das características do satélite natural, onde é possível perceber a inclusão das variáveis termodinâmicas em sua produção.

Figura 12 – Produção artística, aluno A15.



Fonte: Dados da pesquisa.

Esse aluno procurou respeitar as dimensões dos planetas do Sistema Solar. Os planetas internos, Mercúrio, Vênus, Terra e Marte, são “pequenos” quando comparados aos gigantes gasosos, Júpiter e Saturno, embora os desenhos estejam fora de escala. No entanto, podemos perceber claramente que a concepção na qual os planetas apresentam dimensões idênticas, está em processo de desconstrução na estrutura cognitiva desse aluno.

Contrastando a produção de A15, temos, a seguir, a produção artística do aluno A24, Figura 13, na qual a concepção acerca dos volumes dos planetas é de que suas dimensões ou volumes são aproximadamente iguais:

Figura 13 – Produção artística, aluno A24



Fonte: Dados da pesquisa.

Um aspecto positivo neste desenho é a existência de outro planeta com um sistema de anéis, além de Saturno, desconstruindo a ideia de que Saturno seria o único planeta do Sistema Solar a apresentar essa estrutura.

Em relação às produções textuais, não constatamos a presença marcante das variáveis termodinâmicas. No geral, os estudantes produziram textos sobre aspectos interessantes que encontraram em suas pesquisas, sem o devido destaque às variáveis termodinâmicas, conforme sugerido durante o período de aplicação desta terceira etapa. Uma exceção foi a produção textual do aluno A23, ao escrever um texto sobre o planeta Vênus, em sua redação ele enfatizou às elevadas temperaturas do planeta devido à sua densa atmosfera.

Prosseguindo nosso procedimento de análise da **quarta etapa**, que teve como objetivo específico, formalizar a definição das três variáveis termodinâmicas integrando-as ao contexto do Sistema Solar. Nesta etapa, a integração foi conduzida com a exibição e discussão de três vídeos, onde as variáveis termodinâmicas estavam em ação.

Ao todo 12 alunos participaram desta quarta etapa, com duração de duas horas, divididas em cinco momentos. Em um primeiro momento os alunos apresentaram suas produções textuais e artísticas referentes à etapa anterior. A seguir, em um segundo momento, exibimos um vídeo sobre as pressões no planeta Júpiter, seguido de uma discussão coletiva. No terceiro momento, exibimos outro vídeo acerca dos volumes e dimensões no Sistema Solar, e um momento de discussão sobre o vídeo. Logo após, exibimos o terceiro vídeo, desta vez sobre a temperatura nos planetas, também com uma discussão com os participantes. Por fim, em um quinto momento, aplicamos um questionário sobre os três vídeos exibidos.

Os resultados obtidos nesta quarta etapa foram bastante interessantes, comprovando assim o caráter atrativo do uso da astronomia nas aulas de Física (AROCA; SILVA, 2011).

Destacamos como ponto negativo a baixa participação dos alunos nas respostas ao questionário dessa etapa. Apenas dois alunos responderam ao questionário, e nenhum deles respondeu totalmente.

O ponto positivo foi a participação dos alunos nas discussões coletivas durante a exibição dos três vídeos, designados para estudo. Apresentamos a seguir alguns

prints das declarações no *chat* da plataforma do *Google Meet*, onde deixamos ocultos os nomes dos alunos a fim de garantir o seu anonimato.

Nestes trechos, observamos claramente a interação dos alunos, suas dúvidas e tentativas de encontrar explicações sobre os fenômenos naturais exibidos nos vídeos. Por exemplo, figura 14, um dos alunos pergunta se alguma lua do Sistema Solar apresentava as condições para criar alguma atmosfera. Outro aluno sugere que para isso a referida lua deveria ter massa suficiente, portanto uma atração gravitacional adequadamente forte para manter sua própria atmosfera.

Figura 14 – Depoimentos dos alunos A9 e A24.

██████████ 09:22
 Existe alguma lua que tem gravidade
 ??
 Pra criar
 Uma atmosfera
 ?

██████████ 09:24
 Quanto maior a massa de um objeto, mais forte a
 sua atração gravitacional

Fonte: Dados da pesquisa.

Um contexto atrativo apresenta o potencial de instigar a curiosidade e, ao mesmo tempo, tirar o medo que alguns têm em fazer perguntas e isso contribui ao final, em uma maior participação. Neste sentido, é maior a probabilidade de que os conceitos estudados se consolidem na estrutura cognitiva dos alunos, segundo o que preconiza uma aprendizagem significativa.

Apresentamos, a seguir, o depoimento de outros quatro estudantes, figura 15, sobre os vídeos ao longo da aplicação desta quarta etapa. Ressaltamos que o primeiro depoimento foi registrado às 09h06min, ou seja, durante a exibição do vídeo, os depoimentos seguintes, 09h15min; 09h16min e 09h20min, ao final do vídeo, durante a discussão coletiva.

Figura 15 – Depoimentos dos alunos A10, A18, A20 e A23

████████████████████ 09:06
Sim o vídeo e muito interessante

████████████████████ 09:15
Dizem que um dos planetas chove diamantes nele
😞

████████████████████ 09:16
Vi tmb!!

████████████████████ 09:20
Professor todos os planetas tem gravidade

Fonte: Dados da pesquisa.

Estes resultados evidenciam a necessidade de diversificarmos nossa prática docente, em prol de uma aprendizagem significativa, por exemplo, com o uso de vídeos.

Conforme sugerem os resultados, exibição de vídeos no ambiente escolar possibilita modificar ou diversificar os métodos de ensino. No entanto, devemos ter um cuidado especial ao planejar e selecionar antecipadamente os vídeos utilizados. Vários são os motivos para estes cuidados, entre os quais, o tempo disponível para cada vídeo, o teor e nível do vídeo exibido, e também o tempo necessário para a discussão dos mesmos.

Com a análise dos dados da **quinta etapa**, a seguir, finalizamos a nossa segunda categoria de análise, cujo objetivo específico foi trabalhar algumas das concepções alternativas sobre Astronomia.

Esta etapa teve a duração de duas horas, dividida em dois momentos. No primeiro momento, exibimos um vídeo sobre a concepção de que o planeta Júpiter falhou em ser uma estrela, então realizamos uma discussão e aplicamos o questionário. Para os procedimentos de análise selecionamos as respostas de cinco alunos.

Questão 1: É correto afirmar que Júpiter é uma estrela que não deu certo? Apresente uma justificativa para a sua resposta.

O objetivo dessa etapa foi conscientizar os estudantes sobre os vídeos encontrados na internet, alertando sobre a credibilidade dos mesmos. Além de explicar que conhecer os conceitos da Física é essencial para não caia em “armadilhas” conceituais.

Quadro 15 – Respostas à Questão 1, Quinta Etapa

Aluno (a)	Resposta
A1	<i>Não, por que Júpiter é muito pequeno comparado a uma estrela.</i>
A11	<i>Não, Júpiter não tem chance no momento pra ser uma estrela.</i>
A13	<i>Júpiter não é uma estrela que não deu certo até porque ele não se tornou uma estrela, porque ele não possuía massa necessária para tal. Ele é grande, mas isso ocorre porque ele possui uma densidade muito baixa.</i>
A16	<i>Não.</i>

Fonte: Dados da pesquisa.

Segundo a concepção alternativa, o planeta Júpiter é frequentemente conhecido como a estrela que falhou, por ser feito dos mesmos elementos químicos (hidrogênio e hélio) que o Sol. No entanto, não é massivo o suficiente para ter a pressão interna e a temperatura necessárias para fazer com que o hidrogênio se funda em hélio, a fonte de energia que alimenta o sol e a maioria das outras estrelas.

Dentre as respostas dos estudantes, organizadas no Quadro 15, o aluno A13 foi que mais se aproximou da resposta correta (coerente com as concepções científicas). Outros dois alunos (A1 e A11) apresentaram uma justificativa cada um, ao passo que o aluno A16 não apresentou justificativas.

Apesar de as justificativas apresentadas não estar totalmente de acordo com as concepções científicas, observamos que, para os quatro alunos investigados a concepção alternativa na qual o planeta Júpiter é uma estrela que não deu certo, está claramente desconstruída. Nenhum outro aluno, além dos quatro apresentados no Quadro 15, elaborou respostas a esta questão.

Ressaltamos ainda que as concepções alternativas em astronomia também podem estar presentes na estrutura cognitiva do professor, conforme discutimos na fundamentação teórica desta pesquisa. Neste sentido, sugere-se o seguinte comportamento por parte do professor:

[...] muito além de conhecimento de conteúdos, também precisam ser trabalhados adequadamente, o que pode ser conseguido por uma transposição didática e metodologias de ensino apropriadas para cada realidade, o que garantirá ao professor subsídios para o tratamento adequado das concepções alternativas de seus alunos com respeito a fenômenos astronômicos, ao mesmo tempo em que ele próprio se abstém de suas ideias de senso comum (LANGHI; NARDI, 2014, p. 7).

Ou seja, o próprio professor também precisa tomar cuidado com as concepções alternativas e ele próprio precisa se abster de suas ideias de senso comum (LANGHI; NARDI, 2014). A sugestão proposta pelos autores é a de utilizar uma transposição didática, na qual o professor possa se apoiar a fim de conduzir e mediar o processo de ensino e aprendizagem junto aos seus alunos.

Questão 2: Procure enumerar erros (se houver) nas Figuras 16 e 17. Caso encontre erros, apresente justificativas.

Nesta questão, investigamos quais são as concepções dos alunos sobre a estrutura do Sistema Solar e, para isso, apresentamos duas imagens extraídas da *internet*, solicitando que os mesmos apontassem erros nas imagens (caso existissem).

Figura 16 – Sistema Solar 1



Fonte: https://br.freepik.com/vetores-premium/planetas-coloridos-do-sistema-solar_9122149.htm

Figura 17 – Sistema Solar 2



Fonte: https://pt.wikipedia.org/wiki/Sistema_Solar

No Quadro 16, organizamos as respostas de quatro estudantes sobre os eventuais erros encontrados nas imagens sobre o Sistema Solar.

Quadro 16 – Respostas à Questão 2, Quinta Etapa

Aluno (a)	Resposta
A1	<i>A distância entre os planetas, o alinhamento, a cor dos planetas, o tamanho dos planetas Não é visível em uma folha a distância dos planetas, os planetas não ficam em linha reta, algumas estão -----, e outros não são tão claros, em comparação alguns planetas tem grandes diferenças de tamanho.</i>
A9	<i>Erros: o tamanho do Sol e dos planetas; o “alinhamento” de suas órbitas. Justificativas: os planetas possuem tamanhos diferentes e suas órbitas tem posições diferentes, pois seus tempos de translação são diferentes, o que torna impossível TODOS estarem alinhados.</i>
A11	<i>Erros: falta de planetas, anéis em planetas que não tem, a inquinação de urano. Justificativa: na primeira imagem aparenta ter mais planetas que o da 2ª imagem, alguns do planetas não tem aneis, e sobre a inquinação de urano é porque ele não é.</i>
A16	<i>O tamanho dos planetas, o alinhamento. Porque tem planeta que é maior e outro menor e de tamanho diferente.</i>

Fonte: Dados da pesquisa.

Observamos uma diversidade de respostas, indicando que suas concepções sobre o Sistema Solar podem ser diferentes das imagens encontradas: nos livros ou em sites da internet. Um dos erros mais comentados foi o tamanho dos planetas, mas poucos justificaram suas respostas.

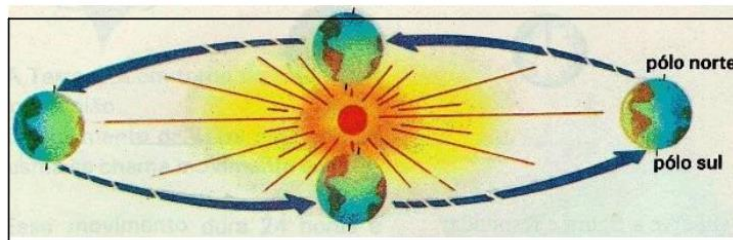
Vale a pena observar a justificativa apresentada pelo aluno A1: “*Não é visível em uma folha a distância dos planetas [...]*”. Esta resposta retrata a dificuldade ou mesmo a impossibilidade de uma figura (ou desenho) do Sistema Solar respeitar as distâncias ou mesmo as dimensões na escala correta, uma vez que as dimensões, distâncias são de ordem bem distintas das cotidianas.

Para finalizar nossa análise do discurso dos estudantes, o aluno A11 aponta como erro a “*falta de planetas [...]*” na Figura 33 quando comparados aos planetas na Figura 34. Na verdade, o aluno pesquisado não observou que o planeta Mercúrio se apresenta em dimensões bastante reduzidas. Na figura em questão, Mercúrio está quase imperceptível. Portanto, a quantidade de planetas em ambas as figuras é a mesma, ao contrário do que foi apontado pelo aluno A11. Neste caso, podemos concluir que o aluno não esperava que Mercúrio fosse tão “pequeno” a ponto de ficar imperceptível.

Inferimos a partir destes resultados que a visão dos estudantes sobre o Sistema Solar foi alterada, se comparadas com as verificadas no teste de sondagem. Após as atividades desenvolvidas na SD, eles conseguem enumerar erros presentes em imagens que descrevem o Sistema Solar, sendo um indício da consolidação de uma aprendizagem significativa.

Questão 3: Analise a Figura 18 e procure se há erros em relação a explicação sobre as estações do ano. Caso os encontre, aponte justificativas.

Figura 18 – As Estações do Ano



Fonte: (LANGHI; NARDI, 2007, p. 92)

O objetivo dessa questão foi investigar as concepções dos alunos sobre as estações do ano. Organizamos as respostas de cinco alunos no Quadro 17 para análise.

Quadro 17 – Respostas à Questão 3, Quinta Etapa

Aluno (a)	Resposta
A1	<i>A rotação está muito oval, não sei o resto.</i>
A9	<i>Sim, a terra é achatada nos polos e sua trajetória é elíptica.</i>
A11	<i>A figura está errada, pela órbita elíptica.</i>
A13	<i>Não</i>
A16	<i>A posição que a terra está girando.</i>

Fonte: Dados da pesquisa.

Considerando o quadro 17, verificamos que os alunos esboçaram suas justificativas, com exceção do aluno A13 que não encontrou erros na figura, embora as justificativas apresentadas não fossem válidas. Os estudantes A1, A9 e A11 indicaram que a órbita elíptica estava errada, acreditamos que eles se referiam ao “exagero” na trajetória elipse, no entanto, nenhum deles conseguiu argumentar para defender suas afirmações.

De fato, “as órbitas descritas pelos planetas em redor do Sol são elipses com o Sol num dos focos” (NUSSENZVEIG, 2013, p. 240). No entanto, existe uma característica específica na órbita do planeta Terra, sua excentricidade, às vezes simbolizado na literatura pela letra “e”. O outro fator a justificar as estações do ano, é a inclinação do eixo do planeta, aproximadamente 23,5° em relação ao Sol.

Sobre a excentricidade da elipse relacionada à órbita do planeta Terra, NUSSENZVEIG (2013, p.240), esclarece: “Para $e = 0$, a elipse degenera num círculo; quanto maior for e , mais ‘achatada’ a elipse.” A excentricidade da órbita elíptica do planeta Terra vale $e = 0,017$ (NUSSENZVEIG, 2013). Logo, uma excentricidade bem próxima de zero, ou seja, quase um círculo. Sendo um motivo para a figura ser considerada exagerada.

A seguir, conduzimos as análises das respostas à quinta questão, novamente abordando a temática do Sistema Solar.

Questão 5: Qual(is) o(s) planeta(s) que possui(em) anel(is)?

Este questionamento está diretamente relacionado à concepção na qual apenas o planeta Saturno possui anéis.

Quadro 18 – Respostas à Questão 5, Quinta Etapa

Aluno (a)	Resposta
A1	<i>Júpiter, Saturno, Urano e Netuno.</i>
A9	<i>Saturno, urano e netuno.</i>
A11	<i>Urano, Netuno, Saturno, Júpiter.</i>
A13	<i>Júpiter, Saturno, Urano e Netuno.</i>
A16	<i>Júpiter, Saturno, Urano e Netuno.</i>

Fonte: Dados da pesquisa.

Os resultados apresentados, no Quadro 18, indicam que a maioria dos estudantes apresenta a concepção que outros planetas, além de Saturno, possuem sistema de anéis. Vale ressaltar que na maioria das ilustrações encontradas em livros ou sites de internet, somente Saturno aparece com anéis, devido à tardia observação dessas estruturas nos outros planetas gasosos. Ao longo das discussões os estudantes deixaram claro que os anéis de Saturno são os mais visíveis, quando comparados aos outros sistemas de outros planetas.

Questão 6: Com base em sua resposta ao item 5, as figuras 33 e 34 estão corretas?

Esta questão teve por objetivo investigar a concepção sobre as dimensões dos planetas no sistema solar, no entanto, os alunos foram também orientados a relatar quaisquer outros aspectos que julgassem necessário. Organizamos algumas respostas a esta questão no Quadro 19.

Quadro 19 – Respostas à Questão 6, Quinta Etapa

Aluno (a)	Resposta
A1	<i>A primeira não, os planetas estão com os seus tamanhos errados, a segunda sim, os planetas estão sendo comparados de forma certa.</i>
A9	<i>Sim, pois os aneis de urano e netuno são menos brilhantes que os de saturno, portanto não são tão visíveis</i>
A11	<i>Não estar correto a ordem.</i>

Fonte: Dados da pesquisa.

A partir dos dados extraídos do Quadro 19, percebemos uma grande dificuldade dos alunos em identificar erros ao comparar as duas figuras. Outro aspecto foi à baixa participação dos alunos, nesse caso específico apenas três estudantes (A1, A9 e A11) responderam.

Ao compararmos a participação dos alunos ao longo da aplicação de nossa SD, concluímos que esta quinta etapa foi a que menos teve participação ou interação dos alunos. Neste sentido, acreditamos ser necessário alterar o planejamento desta quinta etapa, em prol do melhor aprendizado dos estudantes. A Figura 33 está mais próxima da concepção científica da estrutura e organização do nosso Sistema Solar, ao passo que a Figura 34 se afasta da referida concepção.

No geral, a quantidade de alunos participantes das diferentes etapas, oscilou bastante em virtude das dificuldades técnicas já apresentadas nas análises anteriores, e isso dificultou em parte nossas conclusões e inferências. Em particular, as etapas referentes a esta segunda categoria de análise apresentaram uma quantidade menor de participantes quando comparadas com a primeira categoria.

Então concluímos as análises referentes à segunda categoria, que contemplou as etapas 2, 3, 4 e 5 de nossa SD. Na próxima subseção finalizaremos nossa análise dos dados com a última categoria.

8.3 Concepções adquiridas pelos alunos sobre as variáveis termodinâmicas (temperatura, volume e pressão) quando integradas com astronomia em uma Sequência Didática.

NA última categoria de análise, investigamos a aceitação dos alunos da aplicação da SD, para isso, solicitamos que avaliassem tudo o que foi trabalhado ao longo das cinco etapas anteriores, e elaboramos um questionário denominado “Pós-teste” (Apêndice D) com perguntas objetivas e subjetivas. Apresentamos, a seguir, as análises das respostas dos alunos investigados.

Questão 1: Faça uma avaliação pessoal sobre as cinco etapas anteriores de nossa SD. Marque o item que revela o nível de satisfação acerca de todas as atividades trabalhadas.

- | | |
|-----------------------------------|-----------------------------------|
| <input type="checkbox"/> 0 ponto | <input type="checkbox"/> 4 pontos |
| <input type="checkbox"/> 1 ponto | <input type="checkbox"/> 5 pontos |
| <input type="checkbox"/> 2 pontos | <input type="checkbox"/> 6 pontos |
| <input type="checkbox"/> 3 pontos | <input type="checkbox"/> 7 pontos |

() 8 pontos

() 10 pontos

() 9 pontos

A ideia desta questão foi investigar se os alunos aprovaram ou reprovaram a metodologia de ensino adotada na SD. Pedimos que escolhessem uma pontuação que representasse o seu nível de satisfação, selecionando pontos em uma escala que variava de 0 a 10.

Organizamos as respostas no Quadro 20.

Quadro 20 – Respostas à Questão 1, Sexta Etapa.

Aluno (a)	Resposta
A1	10
A7	8
A8	9
A10	10
A11	9
A16	9
A18	10
A20	9
A21	7

Fonte: Dados da pesquisa.

Os dados obtidos revelam que, no geral, a aceitação da proposta de ensino foi bem aceita, uma vez que as notas selecionadas pelos alunos variaram de 7 (menor nota) a 10 (maior nota). No entanto, queríamos também investigar as principais dificuldades por eles encontradas no percurso de aplicação da SD. Por este motivo, avançamos para o item (a) da Questão 1:

a) Fale um pouco das dificuldades que você teve ao longo desta Sequência Didática. Caso tenha tido dificuldades, informe nos itens abaixo qual das Etapas apresentou para você maiores desafios.

() Primeira Etapa – TESTE DE SONDAÇÃO.

() Segunda Etapa – AS VARIÁVEIS TERMODINÂMICAS E UM ESTUDO DO SISTEMA SOLAR.

() Terceira Etapa – A FORMAÇÃO DO SISTEMA SOLAR.

() Quarta Etapa – PRESSÃO, VOLUME E TEMPERATURA NO CONTEXTO DO SISTEMA SOLAR.

() Quinta Etapa – CONCEPÇÕES ALTERNATIVAS SOBRE O SISTEMA SOLAR.

O objetivo da questão aqui foi identificar qual etapa eles tiveram maior dificuldade, pois essa informação será fundamental para os eventuais ajustes no planejamento das etapas, e proporcionar uma melhor aprendizagem dos estudantes.

Neste sentido, organizamos no Quadro 21 as respostas dos estudantes:

Quadro 21 – Respostas à Questão 1, item (a), Sexta Etapa.

Aluno (a)	Resposta
A1	Segunda Etapa (As variáveis termodinâmicas e um estudo do sistema solar).
A7	Primeira etapa (Teste de sondagem)
A8	Quarta etapa (pressão, volume e temperatura no contexto do sistema solar).
A10	Primeira etapa (Teste de Sondagem).
A16	Quinta etapa (Concepções alternativas sobre o sistema solar).
A20	Segunda etapa (as variáveis termodinâmicas e um estudo do sistema solar).
A21	Eu tive mais dificuldade de compreender a quarta etapa (pressão, volume e temperatura no contexto do sistema solar).

Fonte: Dados da pesquisa.

Os resultados mostraram que as dificuldades foram distribuídas uniformemente, sendo duas indicações para a primeira etapa, duas indicações para a segunda etapa, duas indicações para a quarta etapa, e uma indicação para a quinta etapa. Como esperado as respostas indicam que precisamos sempre melhorar as atividades, para minimizar as dificuldades dos alunos e potencializar a aprendizagem.

Outro aspecto investigado foi identificar quais as dificuldades que eles se referiam. Por este motivo, avançamos ao item (b):

b) Baseado em sua resposta ao item (a). Explique com suas palavras o motivo de sua(s) dificuldade(s) de compreensão.

Analisamos as respostas de forma a relacionar com as respostas anteriores, e verificamos que os alunos A7 e A16 não souberam explicitar suas dificuldades. Organizamos as respostas a este item (b) no Quadro 22.

Quadro 22 – Respostas à Questão 1, item (b), Sexta Etapa.

Aluno (a)	Resposta
A1	Pressão, do experimento do canudo debaixo d'água.
A7	-----
A8	Sempre tive dificuldades em estudar pressão e volume. Mas dessa vez aprendi um pouco sobre volume.
A10	Minha dificuldade foi compreender o assunto.
A16	-----
A20	É muito interessante, mas tive dificuldade.
A21	A minha grande dificuldade de compreensão é as pressão, volume e temperatura no sistema solar, de como os cientistas dão informações estudadas como eles compreendem e tem uma certeza (exata).

Fonte: Dados da pesquisa.

Considerando o quadro 22, os alunos A10 e A20 foram bem genéricos ao relatar suas dificuldades, já o aluno A10 revelou não ter entendido o assunto como um todo, e o estudante A20 achou a abordagem interessante, mesmo assim teve dificuldades.

Os alunos A1 e A8 conseguiram especificar suas dificuldades, “pressão”, “pressão e volume”, respectivamente. O aluno A1, no seu discurso, fez referência a um experimento de um canudo debaixo d'água relacionado ao estudo da pressão atmosférica, para este aluno não ficou clara a relação entre o experimento e a variável termodinâmica envolvida. Já o aluno A8 confessa sempre ter tido dificuldades em compreender os conceitos de pressão e volume, mas revela em seu discurso, que dessa vez aprendeu um pouco sobre volume.

Outro aspecto que chamou atenção ao analisarmos o Quadro 22, foi a grande incidência de dúvidas ou dificuldades relacionadas à variável pressão, comprovando que dentre as variáveis termodinâmicas estudadas, a variável pressão foi a que os alunos demonstraram maior dificuldade em aprender.

A seguir, avançamos ao item (c) da primeira questão:

c) No estudo que tivemos sobre as temperaturas, volumes e pressões no Sistema Solar, o que o mais surpreendeu? Explique.

Conforme abordamos ao longo da fundamentação teórica, a Astronomia é uma área do conhecimento bastante interessante e atrativa, por este motivo, nessa questão queríamos investigar o que mais os surpreendeu os estudantes nessa contextualização das variáveis estudadas. As respostas a esse item estão organizadas no Quadro 23.

Quadro 23 – Respostas à Questão 1, item (c), Sexta Etapa.

Aluno (a)	Resposta
A8	Tudo. É realmente muito interessante o tema, sempre gostei de olhar os planetas, e saber deles.
A11	A separação desses itens e a explicação sobre.
A16	As temperaturas
A21	Minha grande dificuldade foi de compreender como o calor da a energia transmitida que se encontram em diferentes temperaturas.

Fonte: Dados da pesquisa.

Poucos alunos responderam esse item, no Quadro 23 observamos que as poucas respostas ficaram bem divididas. Interessante notar que o aluno A8 revelou ter ficado surpreso com tudo, e que sempre gostou de olhar os planetas e de saber sobre eles. No geral, os outros alunos tiveram algumas dificuldades conceituais sobre as três variáveis termodinâmicas.

Em nossa análise da quinta etapa, observamos que os alunos tiveram muitas dificuldades sobre as concepções alternativas em Astronomia. Por este motivo, avançamos para o item (d), onde investigamos quais das concepções alternativas apresentadas seria o motivo das maiores dúvidas.

d) A quinta etapa apresentou cinco concepções alternativas acerca do Sistema Solar.



Marque a concepção que para você foi mais surpreendente.

- () “Júpiter, a estrela que não deu certo”
- () “Visualização artística do Sistema Solar”
- () “As estações do ano”
- () “As fases da Lua”
- () “Planetas que possuem anéis”

Para este item (d), organizamos as respostas dos alunos no Quadro 24.

Quadro 24 – Respostas à Questão 1, item (d), Sexta Etapa.

Aluno (a)	Resposta
A1	As fases da lua.
A7	Os planetas que possuem anéis.
A8	Os planetas que possuem anéis.
A10	Júpiter, a estrela que não deu certo.
A11	As fases da lua
A16	Júpiter, a estrela que não deu certo.
A20	Visualização artística do Sistema Solar
A21	Júpiter, a estrela que não deu certo.

Fonte: Dados da pesquisa.

Para os alunos investigados, conforme Quadro 24, a concepção alternativa mais surpreendente, foi a do planeta Júpiter ser uma estrela que não deu certo, três indicações. Uma possível justificativa para essa quantidade de menções, acreditamos que foi devido à exibição do vídeo, com duração de 23 minutos, na quinta etapa de aplicação da SD, além do momento posterior de discussão coletiva. Acreditamos que todas essas etapas contribuíram para fixação do tema pelos estudantes.

No entanto, duas outras concepções foram citadas, as fases da lua e planetas com anéis. A maioria dos alunos, conforme análise dos dados em nossa primeira categoria, apresentavam a concepção de que Saturno seria o único planeta do Sistema Solar a ter um sistema de anéis. De fato, foi a concepções que mais gerou dúvidas e questionamentos.

A concepção alternativa menos lembrada foi à visualização artística do Sistema Solar, indicando que os alunos compreendem a dificuldade em retratar em ilustrações e imagens os aspectos estruturais e dimensionais do Sistema Solar.

Prosseguindo nossa investigação acerca da aceitação da proposta pedagógica, apresentamos a análise das respostas dos alunos à Questão 2.

Questão 2: Apresente uma definição formal para a grandeza “temperatura”, para isso, lembre-se do que foi estudado na quarta etapa.

As respostas estão organizadas no Quadro 25

Quadro 25 – Respostas à Questão 2, Sexta Etapa.

Aluno (a)	Resposta
A1	É a grandeza física que mede o grau de agitação térmica, ou energia cinética, translacional, rotacional e vibracional dos átomos e moléculas que constituem um corpo.

A8	Essa grandeza está relacionada a energia cinética, ela trás o equilíbrio térmico.
A10	Temperatura é uma grandeza física que mede a energia cinética média de cada grau.
A11	Temperatura forma para medir calor ou para formar calor.
A16	Um nível de calor em um corpo existente ou de um calor que existe no ambiente.
A20	Grandeza física que mede o grau de agitação térmica, ou energia cinética, translacional, rotacional e vibracional dos átomos e moléculas que constituem um corpo.

Fonte: Dados da pesquisa.

No Quadro 25, percebemos as confusões entre os termos “calor” e “temperatura”. No entanto foi possível perceber que alguns alunos melhoram algum dos dois conceitos, se compararmos com o Teste de Sondagem. Embora as respostas dos alunos A11 e A16 nos causam preocupação. Pelo discurso destes estudantes, acreditamos que a aprendizagem não se consolidou de forma significativa, pois suas respostas não representam o conceito aceito de temperatura.

Assim como fizemos em relação à variável “temperatura”, procuramos também investigar a compreensão dos alunos relacionados ao conceito de “calor”:

Questão 3: Baseados nas atividades trabalhadas ao longo de todas as etapas, apresente uma definição para “calor”.

Organizamos as respostas dos alunos no Quadro 26.

Quadro 26 – Respostas à Questão 3, Sexta Etapa.

Aluno (a)	Resposta
A1	Uma energia transferida de um corpo para o outro.
A7	Calor é energia em trânsito de um corpo a uma temperatura mais alta para outro a uma temperatura mais baixa.
A8	É uma energia que encontra diferentes temperaturas.
A10	É uma energia térmica que passa de um corpo com maior temperatura para com pouca temperatura.
A11	Para definir calor preciso da temperatura.
A16	Movimento entre partículas atômicas, temperatura.
A18	É o calor que se transmite por meio de raios que partem de um corpo quente e que são análogos, do ponto de vista físico, aos raios luminosos.
A20	Calor é uma energia transmitida espontaneamente entre corpos que se encontram em diferentes temperaturas.

Fonte: Dados da pesquisa.

As respostas dessa questão confirmam que a compreensão sobre calor está mais sólida, quando comparada à compreensão de temperatura. Pelo menos seis alunos dentre oito respondentes, conseguiram relacionar calor a energia em trânsito entre dois corpos a temperaturas diferentes. O aluno A18 foi o que mais se afastou da definição para calor.

Embora possamos observar os termos “energia” e “corpos com diferentes temperaturas” no discurso dos estudantes, nem todas as respostas estão corretas. No entanto, a presença dos termos supracitados revela que estão avançando em direção à consolidação da aprendizagem. Por exemplo, A1 responde que calor é uma energia transferida de um corpo para outro; faltou especificar que estes corpos precisam estar em temperaturas diferentes. Mas este aluno já compreendeu que calor está relacionado a alguma energia em trânsito.

Na resposta do aluno A20 ele aluno utiliza o advérbio “espontaneamente”, apesar de não ter especificado o sentido desta transferência espontânea de energia. Com isso, podemos observar que ele compreendeu a natureza da transferência espontânea de energia.

O questionamento anterior fazia relação à definição geral para o conceito de “calor”. No entanto, avançamos um pouco mais em nossa análise, ao investigar a apropriação do conceito de calor no contexto do Sistema Solar:

Questão 4: De acordo com a sua resposta ao item anterior, um planeta pode reter calor? Cite exemplos, lembrando o que foi estudado sobre o planeta Vênus.

Quadro 27 – Respostas à Questão 4, Sexta Etapa.

Aluno (a)	Resposta
A7	Mercúrio não tem atmosfera, vênus tem e é densa, proporcionando o efeito estufa acelerado e colabora diretamente para a sua temperatura tão alta.
A8	Esse planeta (vênus) é muito quente, então sua atmosfera é densa. Mas retém o calor.
A10	Sim, mercúrio, vênus e júpiter.
A11	Sim, tanto que o planeta mais quente é vênus e não mercúrio.
A16	Sim, vênus tem uma atmosfera que retém o calor e faz com que a temperatura seja alta
A20	Sim, o fenômeno natural do efeito estufa seria inferior em 30°C.
A21	O planeta mais quente é Vênus, o segundo mais próximo do Sol, a razão é que Vênus possui atmosfera muito densa que retém o calor, faz com que a temperatura fique em torno de 450 graus.

Fonte: Dados da pesquisa.

Diante dos dados oriundos do Quadro 27, observamos que a maioria atribui à existência de uma atmosfera para que um planeta tenha as condições de reter calor. Por exemplo, o aluno A7 compara os planetas Mercúrio e Vênus, afirmando que um deles não tem atmosfera, ao passo que o outro possui e é densa, por isso a temperatura de Vênus é mais alta. O aluno A8 também se refere à densa atmosfera de Vênus, assim como A16 e A21.

O aluno A10 se afasta bastante da resposta correta, além de não apresentar justificativas. Já o aluno A11, também compara Mercúrio e Vênus, mas não apresenta uma justificativa para o fenômeno de retenção de calor. Nas respostas analisadas, observamos uma redução nas confusões conceituais entre “calor” e “temperatura”, evidenciadas pelos resultados analisados em nossa primeira categoria. Comprovando que a estratégia de integrar variáveis termodinâmicas a um contexto atrativo, facilita e possibilita uma maior apropriação dos conceitos estudados.

Para contemplar as três variáveis termodinâmicas, investigamos, a seguir, a compreensão sobre a grandeza “pressão”:

Questão 5: Estabeleça uma definição para a grandeza “pressão” lembrando o que foi estudado sobre a pressão atmosférica no planeta Júpiter (Quarta Etapa).

Quadro 28 – Respostas à Questão 5, Sexta Etapa.

Aluno (a)	Resposta
A1	Pode ser definida como o quociente entre uma força e a área sobre qual ela é aplicada.
A11	É a força colocada em uma área.
A16	Uma força aplicada de forma ou sobre uma área.
A18	Pode ser definida como o quociente entre uma força e a área sobre qual ela é aplicada. Na maioria dos processos que nós iremos estudar, essa força é exercida por um fluido.

Fonte: Dados da pesquisa.

Nessa questão os estudantes apresentaram definições para pressão, no entanto, nenhum deles associou ao exemplo estudado na quarta etapa (pressões no interior do planeta Júpiter).

Conforme havíamos constatado nas análises das duas categorias anteriores, os alunos investigados tiveram dificuldades em visualizar a grandeza pressão no contexto do Sistema Solar, no caso específico do planeta Júpiter. Isto significa que

precisamos modificar a abordagem dessa variável termodinâmica, ao associá-la ao contexto do Sistema Solar.

Na sequência de nosso pós-teste avaliativo, investigamos a capacidade de argumentação dos estudantes, a partir de uma proposta de elaboração de um texto sobre a origem e formação do sistema solar, onde solicitamos que incluíssem as variáveis termodinâmicas.

Questão 6: Escreva um texto com no mínimo 20 linhas sobre o conhecimento atual sobre a origem e formação de nosso Sistema Solar. Escolha um título para o seu texto e, ao longo da escrita apresente informações sobre a ação das variáveis termodinâmicas (temperatura, volume e pressão).

Quadro 29 – Produção Textual, Questão 6, Sexta Etapa.

Aluno (a)	Resposta
A1	Texto: O Sistema Solar
A10	Texto: Sistema Solar
A18	Texto: A Formação do Sistema Solar
A21	Texto: O Sistema Solar

Fonte: Dados da pesquisa.

Entre os 24 alunos que aceitaram voluntariamente participar desta pesquisa, apenas quatro elaboraram a produção textual.

Podemos inferir que essa pequena participação dos estudantes, deve-se a problemas na escrita e argumentação de temáticas científicas, indicando a necessidade de fazer a interdisciplinaridade com a disciplina Língua Portuguesa. No entanto, apesar desta pequena participação dos alunos, os textos ficaram bem escritos e, de uma forma ou de outra, as variáveis termodinâmicas estiveram presentes em suas produções textuais.

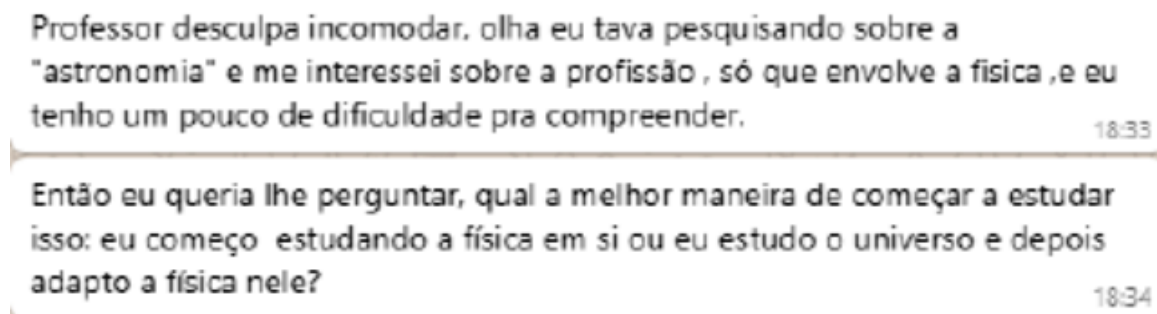
Finalizando nossa terceira e última categoria de análise dos dados, pedimos aos estudantes que fizessem uma avaliação final da SD, elencando pontos positivos e pontos negativos.

Questão 7: Faça uma avaliação final desta Sequência Didática, elencando os pontos positivos e negativos e justificando cada um deles.

Um único aluno apresentou resposta a esta questão, o aluno A1 relatou “Sem pontos negativos, a matéria que mais aprendi nesse período.”

Para este aluno a SD foi satisfatória, confessando ter sido a matéria que mais aprendeu no período. Temos outro depoimento do aluno A3 na Figura 19:

Figura 19 – Depoimento A3



Fonte: Dados da pesquisa.

Neste caso, o aluno A3, afirmou gostar muito de Astronomia, mas revelou ter dificuldades na aprendizagem da Física. No geral, os alunos ficaram receosos de relatar seus sentimentos, dúvidas, erros ou acertos, em relação à proposta pedagógica apresentada em na SD. Apesar disso, a participação voluntária dos alunos superou as nossas expectativas, principalmente pelas dificuldades de acesso à internet, e por não estarem acostumados e adaptados a esta modalidade de ensino (remoto).

9 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Avançamos para nossa última seção, a fim de realizarmos reflexões e ponderações gerais sobre tudo o que discutimos até aqui. Dessa forma, a partir do cenário atual de nosso país em relação à Educação Básica, o presente trabalho corroborou o resultado apontado por pesquisas recentes em educação, onde se percebe amplos desafios frente à condução do processo de ensino e aprendizagem da Física. Os resultados que encontramos em nossa pesquisa revelaram muitos desafios educacionais a ser superados, tanto para os professores quanto para os alunos.

Entre os desafios encontram-se, por exemplo, a falta de contextualização nas aulas de Física e ausência de laboratórios para atividades experimentais. Outros desafios destacados na literatura foram: a abordagem matemática excessiva no Ensino da Física, carga horária reduzida, e a desmotivação dos alunos. Então neste trabalho apresentamos uma alternativa educacional, para minimizar alguns desses aspectos do cenário atual de nossa Educação Básica, especificamente do ensino da Física.

Considerando os argumentos apresentados, conduzimos nossas investigações sobre problemas de aprendizagem do conteúdo de Termodinâmica pelos alunos do Ensino Médio. Neste sentido, buscamos identificar a origem de tais dificuldades de aprendizagem dos alunos, em relação à Termodinâmica? A hipótese apresentada na presente pesquisa foi que a contextualização dessas variáveis termodinâmicas favoreceria o seu aprendizado. Então propomos a aplicação de uma sequência didática onde as variáveis termodinâmicas: temperatura, pressão e volume, estariam contextualizadas no Sistema Solar, pois a Astronomia é uma área das ciências muito atrativa.

Ao propor a Sequência Didática, procuramos diversificar as estratégias didáticas, então usamos: vídeos, produções textuais, questionários, discussões sobre astronomia e as variáveis termodinâmicas, a produção artística (desenhos) sobre os conteúdos abordados. Tudo isso foi idealizado para respondermos o **problema** de pesquisa:

“Pode uma Sequência Didática possibilitar a integração da Termodinâmica com a Astronomia para contribuir a uma aprendizagem potencialmente significativa dos alunos do ensino médio?”.

A fim de realizarmos tal investigação, adotamos como marco teórico a Teoria da Aprendizagem Significativa, proposta e idealizada por David Ausubel e seus intérpretes. Neste sentido, MOREIRA (2003, p. 2) esclarece:

Aprendizagem significativa é, obviamente, aprendizagem com significado. Mas isso não ajuda muito, é redundante. É preciso entender que a aprendizagem é significativa quando novos conhecimentos (conceitos, ideias, proposições, modelos, fórmulas) passam a significar algo para o aprendiz, quando ele ou ela é capaz de explicar situações com suas próprias palavras, quando é capaz de resolver problemas novos, enfim, quando compreende. (MOREIRA, 2003, p.2)

Coerente ao pensamento de MOREIRA (2003), procuramos, em na Sequência Didática, adotar estratégias para que os conhecimentos adquiridos sobre as variáveis termodinâmicas fossem significativos para os alunos.

Dessa forma, a fim de respondermos ao problema da pesquisa, estabelecemos como **objetivo geral**: Propor uma Sequência Didática com a possibilidade de integrar a Astronomia à Termodinâmica para contribuir na aprendizagem dos alunos do ensino médio. E, para atingirmos este objetivo geral, especificamos os seguintes **objetivos específicos**:

- Realizar um diagnóstico inicial, acerca dos conhecimentos prévios dos alunos de uma escola estadual de ensino da cidade de Teresina/PI, sobre Astronomia e conceitos introdutórios em Termodinâmica;
- Elaborar e desenvolver uma Sequência Didática que integra as variáveis termodinâmicas ao contexto do Sistema Solar; e,
- Verificar através das atividades propostas na Sequência Didática se houve (ou não) a apropriação, por parte dos estudantes, dos conceitos relacionados às variáveis termodinâmicas.

Cada um dos três objetivos específicos supracitados, converteu-se em categorias de análise.

Sendo assim, a nossa **primeira categoria** se ateve à primeira das seis etapas da SD (*Conhecimentos prévios dos alunos pesquisados sobre astronomia e conteúdos introdutórios de termodinâmica*), ao passo que a **segunda categoria** contemplou as quatro etapas intermediárias de nossa SD (*Potencialidades de uma SD, que integra termodinâmica com astronomia, em favorecer a aprendizagem significativa das variáveis termodinâmicas*) e, por fim, a **terceira categoria** de análise se ateve à sexta e última etapa de nossa SD (*Concepções adquiridas pelos alunos*

sobre as variáveis termodinâmicas quando integradas com astronomia em uma SD).

Na primeira categoria investigamos os conhecimentos prévios dos participantes da pesquisa, como os resultados registraram confusões conceituais entre os termos “calor” e “temperatura”, revelados a partir dos dados analisados em nossa primeira categoria. No entanto, quando contextualizamos estes conceitos, observamos uma melhoria no desempenho dos alunos investigados. Outro aspecto observado foi às dificuldades dos alunos investigados em construir argumentações frente a situações-problema e, quando investigamos as variáveis termodinâmicas, a que mais causou problemas de compreensão foi a variável “pressão”.

Ainda nos referindo à primeira categoria, agora com um olhar nos conhecimentos em Astronomia, observamos que os alunos investigados possuíam em sua estrutura cognitiva, algumas concepções alternativas sobre o Sistema Solar. Dentre as concepções alternativas investigadas, as mais frequentes entre os alunos investigados foram às dimensões e temperaturas dos planetas, e a presença de sistemas de anéis em alguns dos planetas.

Compreendendo as dificuldades dos alunos, a partir das análises das respostas da primeira categoria, avançamos em nossa investigação ao observar o comportamento dos alunos frente à aplicação das etapas intermediárias da SD. Nessa segunda categoria de análise, gradativamente realizamos uma integração das variáveis termodinâmicas ao Sistema Solar. Os resultados analisados indicaram uma pequena melhoria na aprendizagem dos alunos, principalmente em suas argumentações em questões subjetivas. De modo geral, conseguiram visualizar as variáveis termodinâmicas em ação no contexto do Sistema Solar, com exceção da variável “pressão”, que permaneceu confusa na estrutura cognitiva dos alunos.

Esse conjunto de ideias apresentadas ao longo de todas as seis etapas da SD, foi analisado na terceira categoria. Dessa vez, procuramos investigar a aceitação dos alunos frente às atividades realizadas. As respostas dos alunos revelam que a proposta foi bem aceita, tivemos depoimentos positivos sobre a dinâmica aplicada em cada etapa. No geral, foi possível perceber evidências de uma aprendizagem significativa das variáveis termodinâmicas.

Finalizamos nossas considerações finais, vamos refletindo sobre os pontos positivos e negativos encontrados nessa investigação. Como ponto negativo, destacamos a pequena quantidade de alunos a participar das atividades da SD, já justificadas anteriormente pelas dificuldades de acesso à internet dos sujeitos da

pesquisa, uma vez que todas as atividades aqui descritas foram realizadas na modalidade remota, em virtude da pandemia do COVID-19. Outro ponto negativo que destacamos são as dificuldades de argumentação dos alunos investigados, principalmente na proposta de produção textual proposta durante a aplicação da SD. No geral, os alunos não estão acostumados a dissertar sobre conceitos científicos. Ou seja, precisamos como professores, incentivar nossos estudantes a escrever mais a fim de melhorar suas habilidades de argumentação.

Por fim, como ponto positivo, observamos a melhoria na aprendizagem frente a esta abordagem integradora entre Termodinâmica e Astronomia. Observamos esta melhoria quando comparamos as argumentações dos alunos ao questionário “Teste de Sondagem”, com as argumentações nas etapas intermediárias e, sobretudo, na etapa final.

Quanto à questão norteadora desta pesquisa, confirmamos que uma Sequência Didática que integra a Termodinâmica com a Astronomia pode sim contribuir a uma aprendizagem potencialmente significativa dos alunos do ensino médio. Segundo BERNARDES (2008, p. 105):

[...] a astronomia é uma das áreas que mais atrai a atenção e desperta a curiosidade dos alunos, desde os primeiros anos escolares até sua formação nos cursos de graduação, abrangendo todas as áreas, como Matemática, Geografia, Pedagogia e, principalmente, a Física (BERNARDES, *et. al.*, 2008, p.105).

Por ter sido aplicada integralmente na modalidade remota, acreditamos que, de alguma forma, os alunos investigados não puderam explorar todo o seu potencial diante das atividades desenvolvidas ao longo da SD.

Propomos em futuros estudos, uma expansão das ideias desenvolvidas nesta pesquisa, ampliando-a e adaptando-a para a modalidade presencial, acrescentando atividades práticas com os alunos das etapas da SD. Outro aspecto a ser trabalhado futuramente será criar atividades com ênfase no estudo da variável “pressão”, sendo a que os alunos investigados tiveram maior dificuldade conceitual.

REFERÊNCIAS

- AMARAL, P. F. R. do. Reflexões sobre a Teoria da Aprendizagem Significativa. **Revista O Adjunto**. Dourados, v. 4, n. 1, p. 33-42. Disponível em: <http://ebrevistas.eb.mil.br/index.php/adj/article/view/1031/1043>. Acesso em: 25 set. 2020.
- AROCA, S. C.; SILVA, C. C. Ensino de astronomia em um espaço não formal: observação do Sol e de manchas solares. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, São Paulo, v. 33, n. 1, p. 01-11, 2011. Disponível em: http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1806-11172011000100013&lng=en&nrm=iso. Acesso em 01 set. 2020. <https://doi.org/10.1590/S1806-11172011000100013>.
- AUSUBEL, D. P.; NOVAK, J. D.; HANESIAN, H. **Psicologia educacional**. Tradução Eva Nick. Rio de Janeiro: Interamericana, 1980.
- BARDIN, L. **Análise de Conteúdo**. Lisboa, Portugal: Edições 70, 1979.
- BERNARDES, T. O.; IACHEL, G.; SCALVI, R. M. F. Metodologia para o ensino de Astronomia e Física através da construção de telescópios. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**. Florianópolis, v. 25, n. 1, p. 103-117, set. 2008. ISSN 2175-7941. Disponível em: <https://periodicos.ufsc.br/index.php/fisica/article/view/2175-7941.2008v25n1p103/5775>. Acesso em: 25 set. 2020. <https://doi.org/10.5007/2175-7941.2008v25n1p103>.
- BRASIL. Ministério da Educação e Cultura. **Base Nacional Comum Curricular: Ensino Médio**. 2018. Disponível em: http://basenacionalcomum.mec.gov.br/images/historico/BNCC_EnsinoMedio_embaix_a_site_110518.pdf. Acesso em: 10 set. 2021.
- BRASIL. Ministério da Educação e Cultura. **Lei de Diretrizes e Bases da Educação Nacional**. Lei n. 9.396/96. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/Leis/L9394.htm. Acesso em: 21 set. 2020.
- BRASIL. **Orientações Curriculares Nacionais: Ensino Médio**. Volume 2. Ciências da Natureza, Matemática e suas Tecnologias. Brasília: MEC/SEB, 2006. Disponível em: http://portal.mec.gov.br/seb/arquivos/pdf/book_volume_02_internet.pdf. Acesso em: 21 set. 2020.
- BRASIL. **PCN+ Ensino Médio**: Orientações educacionais complementares aos Parâmetros Curriculares Nacionais, Ciências da Natureza, Matemática e suas tecnologias. Secretaria de Educação Média e Tecnológica. Brasília: MEC; SEMTEC, 2002.
- DEHOFF, R. T. **Thermodynamics in Materials Science**. New York: CRC, 2006.
- FONTELLES, M. J. *et. al.* Metodologia da pesquisa científica: diretrizes para a elaboração de um protocolo de pesquisa. **Revista Paraense de Medicina**, v. 23, n.

3, p. 1-8, 2009. Disponível em: <http://files.bvs.br/upload/S/0101-5907/2009/v23n3/a1967.pdf>. Acesso em: 24 out. 2021.

GRASSELLI, E. C. **Uma abordagem das máquinas térmicas no ensino da termodinâmica sob a ótica da aprendizagem significativa**. 2019. Dissertação (Mestrado em Ensino de Física). Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física – MNPEF – Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Medianeira, Paraná, 2019.

GRINGS, E. T. de O; CABALLERO, C; MOREIRA, M. A. Avanços e retrocessos dos alunos no campo conceitual da Termodinâmica. **Revista Electrónica de las Ciencias**, v. 7, 2008. Disponível em: http://riubu.ubu.es:8080/bitstream/handle/10259/4165/Grings-REEC_2008.pdf?sequence=1&isAllowed=y. Acesso em: 31 ago. 2020.

GRINGS, E. T. de O; CABALLERO, C; MOREIRA, M. A. Possíveis indicadores de invariantes operatórios apresentados por estudantes em conceitos da termodinâmica. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v. 28, n. 4, 2006. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/rbef/a/6YfQSFwm7WvtnXtq85MjJfG/?format=pdf&lang=pt> Acesso em: 10 ago. 2021.

HEWITT, P. G. Física Conceitual. Porto Alegre: Bookman, 2011.

ITOKAZU, A. G. 1609: Da astronomia tradicional ao nascimento da astrofísica. **Ciência e Cultura**, São Paulo, v. 61, n. 4, p. 42-45, 2009. Disponível em: http://cienciaecultura.bvs.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0009-67252009000400014. Acesso em: 25 set. 2020.

LANGHI, R; NARDI, R. Ensino de astronomia: erros conceituais mais comuns presentes em livros didáticos de ciências. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**. Vol. 24, n.1, p. 87-111, 2007. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/251397584_ENSINO_D_E_A_STRONOMIA_ERROS_CONCEITUAIS_MAIS_COMUNS_PRESENTES_EM_LIVROS_DIDATICOS_DE_CIENCIAS/link/588f3f9445851567c9405de7/download Acesso em: 12 mar. 2021.

LANGHI, R. Ideias de Senso Comum em Astronomia. **7º Encontro Nacional de Astronomia (ENAST)**, 2004. Disponível em: <http://www.telescopiosnaescola.pro.br/langhi.pdf> Acesso em: 17 ago. 2021.

LANGHI, R; NARDI, R. Justificativas para o ensino de Astronomia: o que dizem os pesquisadores brasileiros? **Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências**. Vol. 14, n. 3, p. 41-59, 2014. Disponível em: <https://www.periodicos.ufmg.br/index.php/rbpec/article/view/4292/2857> Acesso em: 17 ago. 2021.

LÜDKE, M; ANDRÉ, M. E. D. A. **Pesquisa em educação**: abordagens qualitativas. Rio de Janeiro: Editora Pedagógica e Universitária, 2018.

MACHADO, L. C. **O uso do vídeo como instrumento de aprendizagem**. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) – Universidade Estadual de Londrina, Londrina, 2016. 48 f. Disponível em:

<http://www.uel.br/ceca/pedagogia/pages/arquivos/2016%20Lilian%20Caroline%20Machado.pdf>. Acesso em: 16 nov. 2021.

MAREN, J. M. V. de. **Méthodes de recherche pour l'éducation**. Montreal: Les Presses de l'Université de Montreal, 1995.

MATSUURA, O. T. (Org.) **História da Astronomia no Brasil**. Recife: Cepe, 2014.

MINAYO, M. C. de S. (Org.). **Pesquisa Social: teoria, método e criatividade**. Petrópolis: Vozes, 2009.

MONTENEGRO, E. D.; ROCHA, E. F.; SILVA, G. A. *et. al.* A procura das estrelas: Uma análise do panorama atual do ensino de Astronomia em Teresina. **XXXIII Encontro de Físicos do Norte e Nordeste – Natal – 2015**. Painel P019. Disponível em:

https://sec.sbfisica.org.br/eventos/efnne/xxxiii_e/programa/trabalhos.asp?sesId=16&str=Montenegro. Acesso em: 12 set. 2020.

MOREIRA, M. A.; CABALLERO, M.C.; RODRIGUEZ, M. L. (Orgs). Aprendizagem Significativa: um conceito subjacente., 1997 **Actas del Encuentro Internacional sobre el Aprendizaje Significativo**. p. 19-44, 1997. Disponível em: <http://www.if.ufrgs.br/~moreira/apsigsubport.pdf>. Acesso em: 18 set. 2020.

MOREIRA, M. A. Linguagem e Aprendizagem Significativa. 2003, **Conferência de encerramento do IV Encontro Internacional sobre Aprendizagem Significativa**. Disponível em: <http://www.if.ufrgs.br/~moreira/linguagem.pdf> Acesso em: 29 set. 2020.

MOREIRA, M. A. O que é afinal aprendizagem significativa?. **Qurriculum – Revista de Teoria, Investigación y Práctica Educativa**. La Laguna, Espanha. n. 25, 2012. Disponível em: <http://moreira.if.ufrgs.br/oqueeafinal.pdf>. Acesso em: 24 set. 2020.

MOREIRA, M. A. **Teorias de Aprendizagem**. São Paulo: EPU, 1999.

MOREIRA, M. A. Uma análise crítica do ensino de Física. **Estudos Avançados**. São Paulo. Vol. 32, n. 94, (dez. 2018), p. 73-80, 2018. Disponível em: http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0103-40142018000300073&lng=en&nrm=iso. Acesso em 29 ago. 2020. <https://doi.org/10.1590/s0103-40142018.3294.0006>.

MOURA, M. **Entropia Estatística e o Ensino da Segunda Lei da Termodinâmica**. 2016. Dissertação (Mestrado em Física). Programa de Pós-Graduação em Ensino de Física – UFRJ / IF – Universidade Federal do Rio de Janeiro / Instituto de Física, Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2016.

NUSSENZVEIG, M. **Curso de Física Básica 2: Fluidos, oscilações e ondas, calor**. São Paulo: Blucher, 2014.

NUSSENZVEIG, M. **Curso de Física Básica 1: Mecânica**. São Paulo: Blucher, 2013.

OLIVEIRA FILHO, K. de S.; SARAIVA, M. de F. O. **Astronomia e Astrofísica**. Departamento de Astronomia – Instituto de Física Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre – 2014.

OLIVEIRA, M. M. **Sequência didática interativa no processo de formação de professores**. Petrópolis: Vozes, 2013.

OLIVEIRA, M. M. de, **Como fazer pesquisa qualitativa**. Petrópolis: Vozes, 2007.

PARISOTO, M. F. **Ensino de Termodinâmica a partir de situações da Engenharia: Integrando as metodologias de projetos e as unidades de ensino potencialmente significativas**. 2015. 288f. Tese de Doutorado (Doutorado em Ensino de Física) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS) – Instituto de Física, Porto Alegre, 2015.

PEDRISA, C. M. Características históricas do ensino de ciências. **Ciências em Foco**, v. 1, n. 1, 23 jan. 2013.

PORTO, C. M.; PORTO, M. D. B. S. M. A evolução do pensamento cosmológico da ciência moderna. **Revista Brasileira de Ensino de Física**. São Paulo, v. 30, n. 4, p. 4601.1-4601.9. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/rbef/a/KmH6PRLNwhVd4gCchSkDLzb/?lang=pt&format=pdf>. Acesso em: 25 set. 2020. <https://doi.org/10.1590/S1806-11172008000400015>.

RIBEIRO, R. J.; SILVA, S. de C. R. da; KOSCIANSKI, A. Organizadores Prévios Para Aprendizagem Significativa em Física: O Formato Curta de Animação. **Revista Ensaio**. Belo Horizonte, v. 14, n. 3, 2012. Disponível em: <https://www.scielo.br/pdf/epec/v14n3/1983-2117-epec-14-03-00167.pdf>. Acesso em: 23 set. 2020. <https://doi.org/10.1590/1983-21172012140311>.

SAGAN. C. **Cosmos**. New York: Ballantine, 1980.

SKOLIMOSKI, K. N.; ZANETIC, J. Mitos de Criação: Modelos cosmogônicos de diferentes povos e suas semelhanças. **II Simpósio Nacional de Educação em Astronomia (SNEA)**, 2012. Disponível em: http://snea2012.vitis.uspnet.usp.br/sites/default/files/SNEA2012_TCO20.pdf. Acesso em: 22 ago. 2021.

STEINER, J. E. A origem do Universo. **Estudos Avançados**. São Paulo, vol. 20, n. 58, p. 231-248, 2006. Disponível em: <https://www.revistas.usp.br/eav/article/view/10192/11781>. Acesso em: 22 ago. 2021.

TAVARES, R. Aprendizagem significativa. **Revista Conceitos**. João Pessoa, v. 5, n. 10, 2004. Disponível em: <http://www.fisica.ufpb.br/~romero/pdf/2004AprendizagemSignificativaConceitos.pdf>. Acesso em: 18 set. 2020.

TIPLER, P. A.; MOSCA, G. **Física para cientistas e engenheiros – Volume 1:** Mecânica, oscilações e ondas, termodinâmica. Rio de Janeiro: LTC, 2014.

WEISZ, T. **O Diálogo entre o ensino e a aprendizagem.** São Paulo, Ática, 2002.

ZABALA, A. **A prática educativa:** como ensinar. Porto Alegre: Editora Artmed, 1998.

ZOMPERO, A. de F.; LABURÚ, C. E. As relações entre aprendizagem significativa e representações multimodais. **Revista Ensaio.** Belo Horizonte, v. 12, n. 3, 2010.
Disponível em: <https://www.scielo.br/pdf/epec/v12n3/1983-2117-epec-12-03-00031.pdf>. Acesso em: 24 set. 2020.

**APÊNDICE A – PRODUTO EDUCACIONAL: SEQUÊNCIA DIDÁTICA INTEGRANDO
TÓPICOS DE TERMODINÂMICA À ASTRONOMIA DO SISTEMA SOLAR**

**UNIVERSIDADE FEDERAL DO PIAUÍ
PRÓ – REITORIA DE ENSINO DE PÓS – GRADUAÇÃO
COORDENADORIA GERAL DE PÓS – GRADUAÇÃO
MESTRADO NACIONAL PROFISSIONAL EM ENSINO DE FÍSICA – MNPEF**

PRODUTO EDUCACIONAL

**SEQUÊNCIA DIDÁTICA INTEGRANDO TÓPICOS DE TERMODINÂMICA À
ASTRONOMIA DO SISTEMA SOLAR**

GILSON ALVES DA SILVA

Orientadora: Prof.^a Dr.^a Cláudia Adriana
de Sousa Melo

TERESINA

2021

Ao Professor

Caro professor, de acordo com pesquisas em educação, sabemos que trabalhar os conhecimentos físicos relacionados à termodinâmica no contexto do Ensino Médio não tem sido uma tarefa simples, mesmo existindo variados exemplos de aplicação em nosso cotidiano. Podemos observar que os alunos ainda apresentam muitas dificuldades para compreender os conceitos introdutórios relacionados à Termodinâmica. Com o intuito de melhorar a compreensão destes conteúdos, pensamos como elemento mediador do aprendizado, a utilização de uma Sequência Didática, na qual integramos os conceitos introdutórios em termodinâmica ao atrativo contexto do Sistema Solar.

Acreditamos que esta Sequência Didática, composta por seis etapas, apresenta um bom potencial no que se refere ao processo de ensino-aprendizagem dos conceitos físicos sobre as variáveis termodinâmicas, pois as variáveis em questão (pressão, volume e temperatura), apresentam-se como ponto de partida para uma aprendizagem significativa da Termodinâmica. Integrar as variáveis termodinâmicas ao atrativo contexto do Sistema Solar com os propósitos de melhoria na aprendizagem das variáveis termodinâmicas é a ideia central de nosso produto educacional que ora apresentamos.

Apresentamos, a seguir, uma Sequência Didática, demonstrando o passo a passo da aplicação integradora entre as variáveis termodinâmicas e o atrativo contexto do Sistema Solar, com o intuito de que você professor consiga levar os alunos a terem uma melhor compreensão dos conteúdos abordados em sala de aula.

SUMÁRIO

1- PROPOSTA DO PRODUTO EDUCACIONAL	138
2- PÚBLICO ALVO.....	139
3- OBJETIVO GERAL	139
4- OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	139
5- CONTEÚDOS.....	140
6- RECURSOS DIDÁTICOS	140
7- AVALIAÇÃO DA APRENDIZAGEM	140
8- ETAPAS DE APLICAÇÃO DO PRODUTO EDUCACIONAL.....	141
9- REFERÊNCIAS	154

1 PROPOSTA DO PRODUTO EDUCACIONAL

Apresentamos neste material o Produto Educacional, na qual professores de Física do Ensino Médio encontrarão instruções necessárias à sua implementação em sala de aula. Este Produto Educacional constitui-se de uma Sequência Didática (SD) na qual realiza-se uma integração entre a Termodinâmica e a Astronomia. Esta SD é parte integrante do Trabalho de Conclusão do Mestrado Profissional em Ensino de Física, ofertado pela Sociedade Brasileira de Física em parceria com a Universidade Federal do Piauí.

Nossa experiência discente e docente nos conduz a esta proposta de trabalho, qual seja, integrar Termodinâmica e Astronomia com os propósitos de proporcionar aos estudantes uma Aprendizagem Significativa. Com esta SD integramos o nosso objeto de estudo, as '*variáveis termodinâmicas*' a tópicos de Astronomia associados ao Sistema Solar. O uso da astronomia como auxílio ao ensino e aprendizagem das variáveis termodinâmicas se justifica pelo fato de a astronomia ser uma área do conhecimento de caráter interdisciplinar e também por atrair a curiosidade dos estudantes:

[...] a astronomia desperta a fascinação pelas ciências de crianças, jovens e adultos de todo o mundo. Por se tratar de um tema tão atrativo e interdisciplinar, vários países possuem a astronomia como parte integrante do currículo de ciências devido, entre outros motivos, à sua função de despertar o interesse dos estudantes pela ciência (AROCA; SILVA, 2011, p 1).

Corroboramos que esta SD propõe articular uma contribuição ao processo de apropriação das variáveis termodinâmicas por parte de nossos estudantes. As variáveis termodinâmicas trabalhadas nesta SD são, especificamente, *volume*, *pressão e temperatura*. Trata-se, portanto, de conceitos tradicionalmente trabalhados no 2º ano do Ensino Médio. Acreditamos que uma Aprendizagem Significativa das variáveis termodinâmicas acima citadas, colaborará para uma compreensão da área da Física conhecida como Termodinâmica. A ideia de utilizar a Astronomia como elemento motivador a esta integração é, conforme Aroca e Silva (2011, p. 1), o fato de "a astronomia despertar a fascinação pelas ciências de crianças, jovens e adultos de todo o mundo".

Além disso, observamos a partir de pesquisas recentes em educação que, em geral, estudantes apresentam dificuldades no aprendizado da Termodinâmica por não

ter se apropriado adequadamente dos conceitos relacionados às variáveis termodinâmicas, necessárias a uma Aprendizagem Significativa à grande área da Física, a Termodinâmica. Por isso propomos um método alternativo, qual seja, integrar as variáveis termodinâmicas à astronomia, pelos motivos já citados.

Diante do exposto, e em consonância com o pensamento de Zompero e Laburú (2010, apud Coll, 2002):

[...] o aluno aprende um conteúdo, uma explicação, um procedimento, um valor quando consegue atribuir-lhe significados. Se não há essa atribuição de significados, a aprendizagem é memorística, limitando-se a uma repetição do conteúdo.

É exatamente o que pretendemos com a elaboração deste Produto Educacional, qual seja, quebrar o paradigma de uma aprendizagem meramente memorística. Como faremos isso? Integrando cada variável termodinâmica ao contexto da astronomia relacionada ao Sistema Solar.

2 PÚBLICO ALVO

Professores do 2º ano do Ensino Médio.

3 OBJETIVO GERAL

Desenvolver aulas de Física em uma turma do 2º ano do Ensino Médio sobre ‘variáveis termodinâmicas’ a partir de uma integração com a Astronomia, de modo a possibilitar uma Aprendizagem Significativa destes conceitos.

4 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Realizar um diagnóstico inicial, a partir da aplicação de um questionário semiestruturado denominado “Teste de Sondagem”, acerca dos conhecimentos prévios dos alunos sobre Astronomia relacionada ao Sistema Solar e as variáveis termodinâmicas.
- Associar as variáveis termodinâmicas pressão e temperatura a

diferentes contextos.

- Discutir os eventos relacionados à origem do Sistema Solar com enfoque nas variáveis termodinâmicas.
- Apresentar as definições para cada uma das variáveis termodinâmicas, integrando-as ao contexto do Sistema Solar.
- Discutir concepções alternativas em astronomia.
- Verificar através das atividades propostas se houve (ou não) a apropriação, por parte dos estudantes, dos conceitos relacionados às variáveis termodinâmicas a partir da integração destas com a Astronomia.

5 CONTEÚDOS

Pressão e temperatura em gases; Origem e formação do Sistema Solar; Variáveis termodinâmicas: temperatura, pressão e volume; Pressão no planeta Júpiter; Temperatura nos planetas; Estudo dos diferentes volumes observados no Sistema Solar; Concepções alternativas em Astronomia.

6 RECURSOS DIDÁTICOS

Textos impressos, livros didáticos, bolas de isopor, papelão, cola, papel colorido, tinta para isopor e papelão, pincel, régua, quadro branco, apagador, papel A4 branco, cartolina, data show.

7 AVALIAÇÃO DA APRENDIZAGEM

O processo avaliativo considerará todas as atividades desenvolvidas e aplicadas pelos estudantes durante o desenvolvimento da Sequência Didática. Tanto aspectos quantitativos quanto os qualitativos serão considerados como avaliação da aprendizagem. Os aspectos qualitativos envolvem, dentre outras coisas, a participação efetiva e a assiduidade a todas as atividades propostas, os questionamentos advindos dos estudantes e os relatórios produzidos durante toda a Sequência Didática. Para os aspectos quantitativos, sugerimos o uso de todos os

questionários aplicados, o resultado das atividades individuais e em grupo, e, por fim, o questionário final aplicado ao final da Sequência Didática que terá um peso maior em relação às demais atividades, na qual será avaliado a apropriação dos conceitos relacionados às “variáveis termodinâmicas”.

8 DESCRIÇÃO DAS ETAPAS DE APLICAÇÃO DO PRODUTO EDUCACIONAL

Primeira Etapa (2 horas-aula): Nesta etapa, inicie aplicando o questionário introdutório da Sequência Didática, denominado “Teste de Sondagem” (Apêndice C), sobre as concepções dos estudantes em Astronomia e Termodinâmica. Sugerimos organizar esta etapa em dois momentos distintos.

A princípio, conduza a aplicação do questionário solicitando que expressem suas respostas sem nenhuma consulta a algum material. Caso julgue necessário, leia em voz alta para todos cada uma das questões, anotando as principais dúvidas que os estudantes tenham ao longo dos registros de respostas ao questionário.

A seguir, recolha os questionários dos estudantes e conduza uma discussão no âmbito coletivo, discutindo cada uma das 11 questões apresentadas neste Teste de Sondagem. Espera-se que este segundo momento conduza os estudantes a novos questionamentos e, a partir destes incentive os estudantes a acompanhar as demais etapas da Sequência Didática, onde todos terão a oportunidade de vivenciar em contexto astronômico cada uma das variáveis termodinâmicas envolvidas nas etapas desta Sequência Didática.

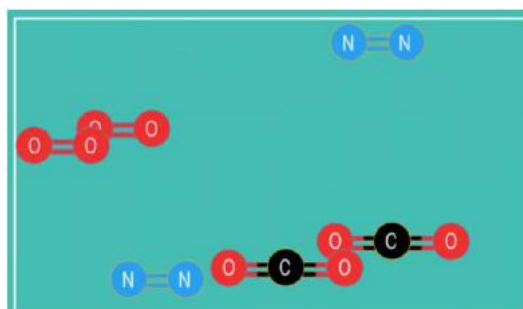
Segunda Etapa (2 horas-aula): Inicie esta etapa lembrando as ideias trabalhadas no Teste de Sondagem. A seguir apresente aos estudantes o texto abaixo (*Pressão e Temperatura em Gases*), na qual é baseado em um vídeo do Youtube cujo link é: <https://www.youtube.com/watch?v=NzKAJWtmlwg>. Este vídeo apresenta a peculiaridade de ser bem colorido, animado e por apresentar os conceitos termodinâmicos numa linguagem mais próxima dos estudantes.

Inicialmente apresente o vídeo, cuja duração é de 3 minutos e 5 segundos, para os estudantes e solicite que todos o acompanhem atentamente. Embora este vídeo esteja no idioma inglês, o texto *Pressão e Temperatura em Gases*” (em português) auxiliará os estudantes para uma melhor compreensão de seu conteúdo.

PRESSÃO E TEMPERATURA EM GASES

Imaginemos uma sala cheia de minúsculas bolas movendo-se constantemente em direções diferentes. Isso é equivalente ao movimento das moléculas em um gás. Podemos descobrir mais sobre esses gases incríveis e o efeito da *temperatura* e da *pressão* sobre eles.

Figura 1 – Moléculas em um gás.

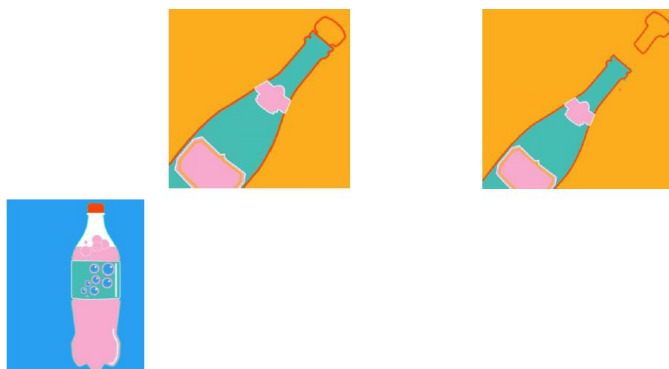


Fonte: <https://www.youtube.com/watch?v=NzKAJWtmlwg>

Você já se perguntou por que a rolha de uma garrafa de champanhe explode ou o que ocorre com o gás quando você abre uma garrafa de refrigerante agitada? Tudo isso tem a ver com o *gás* e a *pressão* que se acumulam dentro das garrafas.

Podemos verificar que os gases exercem uma pressão sobre qualquer superfície em que estejam em contato. Quanto mais partículas atingem as paredes do recipiente, maior é a pressão. Porque ao agitar uma garrafa de refrigerante (e quando ela borbulha), ela parece mais rígida do que antes? O motivo disso são as partículas do gás (agitadas) sendo empurradas contra as paredes desta garrafa de plástico. Estes impactos contra as paredes do recipiente deixam-nas com um aspecto mais rígido. Isto está exemplificado na Figura 2, onde podemos visualizar, esquematicamente, uma garrafa de champanhe sendo agitada (uma sequência de duas imagens) e, a mesma ideia sendo retratada por uma garrafa de refrigerante (desta vez em apenas uma imagem). Observe atentamente esta Figura 2 e tente visualizar a variável “pressão” em ação em um contexto cotidiano.

Figura 2 – Pressão em garrafas de refrigerante e champanhe.



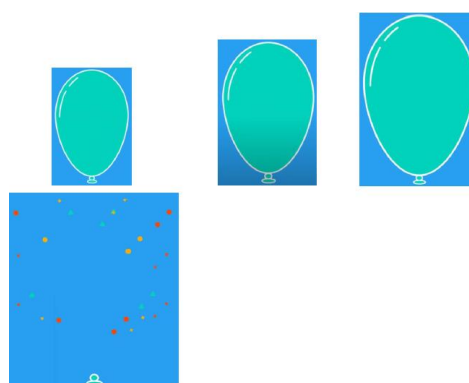
Fonte: <https://www.youtube.com/watch?v=NzKAJWtmlwg>

Estas situações podem ser descritas matematicamente pela seguinte equação:

"Pressão é a força por unidade de área"
$$P = \frac{\text{força}}{\text{área}}$$

Podemos também observar o efeito da pressão nos gases quando enchemos bastante um balão e este estoura. Pode a Física nos apresentar uma explicação para isso? O motivo disso é o aumento da pressão das moléculas de ar sendo empurradas contra o balão de borracha. Este efeito pode ser visualizado na Figura 3:

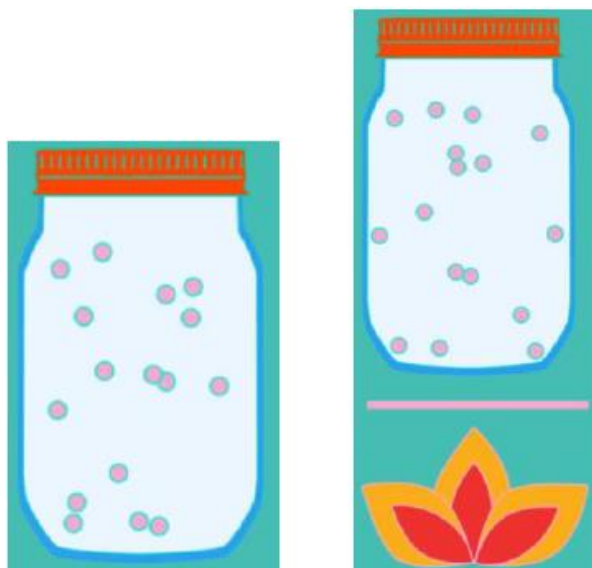
Figura 3 – Pressão em balões de festa



Fonte: <https://www.youtube.com/watch?v=NzKAJWtmlwg>

Muito aquecimento também aumenta a pressão, porque à medida que um gás é aquecido as partículas ganham mais energia e se movem mais rapidamente. Isto significa que suas partículas atingem as paredes do contêiner mais frequentemente. Em consequência disso, a pressão aumenta consideravelmente e, caso esta pressão seja muito grande, o contêiner pode novamente estourar.

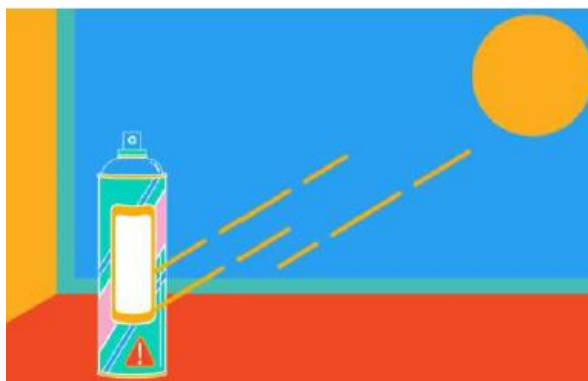
Figura 4 – Pressão nas paredes de um contêiner



Fonte: <https://www.youtube.com/watch?v=NzKAJWtmlwg>

Você já deve ter lido no rótulo de seu desodorante algum aviso sobre não o deixar exposto ao Sol. Qual o motivo deste aviso?

Figura 5 – Desodorante exposto ao Sol

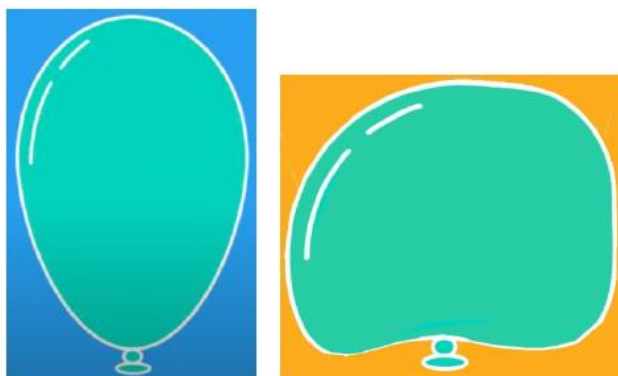


Fonte: <https://www.youtube.com/watch?v=NzKAJWtmlwg>

Isso ocorre porque dentro da lata temos um gás e, como acabamos de descobrir, aquecer um gás aumenta a sua pressão, e isso pode resultar em uma explosão, o que não é muito bom.

O que acontece se, em seguida, resfriarmos o gás? A Figura 6 esclarece:

Figura 6 – Resfriando o gás dentro de um balão de festa



Fonte: <https://www.youtube.com/watch?v=NzKAJWtmlwg>

Desta vez as partículas terão menos energia e, portanto, menos pressão está sendo exercida sobre o contêiner, e é por isso que os balões encolhem e ficam flácidos.

Temos ainda outro exemplo, algo que provavelmente, nenhum de nós gosta, qual seja, agulhas e seringas.

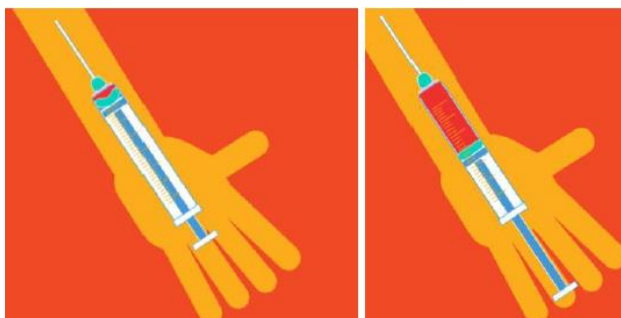
Figura 7 – Pressão em agulhas e seringas



Fonte: <https://www.youtube.com/watch?v=NzKAJWtmlwg>

Agulhas e seringas funcionam devido à pressão dos gases. Quando o êmbolo de uma seringa é puxado, isso faz com que o volume na câmara aumente, este volume aumentado faz com que a pressão interna diminua, criando um vácuo (ausência de ar) que deseja retomar aos níveis atmosféricos normais, uma vez que é um sistema fechado. Exceto para a agulha em seu braço, o único fluido disponível é o sangue, que é sugado para a câmara. O seu sangue então reduz o volume a pressão aumenta de volta ao normal. Podemos visualizar a partir da Figura 8:

Figura 8 – Uso da pressão em seringas



Fonte: <https://www.youtube.com/watch?v=NzKAJWtMlwq>

Podemos sintetizar algumas ideias aqui estudadas:

- Aumentando o volume, a pressão no gás diminui;
- Aumentando a temperatura em um volume de um certo recipiente fechado, percebemos um aumento na pressão do gás;
- Aumentando o número de moléculas (ou partículas) de um certo recipiente fechado, a pressão do gás aumenta.

Ao final da exposição do vídeo e da leitura coletiva do texto didático, conduza um debate sobre as variáveis termodinâmicas envolvidas, tendo por base os questionamentos a seguir:

- 1) Porque a pressão atmosférica não quebra as vidraças de uma janela?
- 2) Por que não existe atmosfera na Lua?
- 3) Por que uma bola macia e pouco cheia ao nível do mar torna-se mais dura quando levada para uma montanha de grande altitude?
- 4) Por que um mergulhador não pode simplesmente respirar através de uma mangueira que se estende até a superfície?
- 5) A pressão atmosférica deve-se:
 - a) Ao peso da atmosfera
 - b) Ao peso e ao volume da atmosfera
 - c) À densidade e ao volume da atmosfera
 - d) Ao próprio planeta Terra
- 6) Quando você aperta um balão de aniversário cheio de gás, você aumenta:
 - a) Seu volume

- b) Sua massa
- c) Seu peso
- d) Sua densidade

7) Quando a velocidade do vento aumenta no topo de uma colina, a pressão atmosférica ali:

- a) Aumenta
- b) Diminui
- c) Não é afetada
- d) Reduz-se a zero

Terceira Etapa (2 horas-aula): Nesta etapa trabalharemos os eventos que culminaram na formação do Sistema Solar. O objetivo específico para esta etapa, é proporcionar aos alunos uma visão geral das variáveis termodinâmicas (temperatura, volume e pressão) em ação, no contexto da origem e formação do Sistema Solar. Sendo assim, inicie esta Terceira Etapa lembrando as respostas dos estudantes ao “Teste de Sondagem” (Primeira Etapa), dedicando uma atenção especial nas concepções dos estudantes em Astronomia. Resgate também as discussões sobre as variáveis termodinâmicas abordadas na etapa anterior (Segunda Etapa). O que foi trabalhado e discutido nas duas etapas anteriores são fundamentais para a condução desta Terceira Etapa.

Para enriquecer a discussão sobre os eventos relacionados à origem e formação do Sistema Solar apresente o vídeo “A Formação do Sistema Solar” (YouTube: <https://www.youtube.com/watch?app=desktop&v=9nQHTGtZev8&t=915s>)

Um vídeo razoavelmente longo (20 minutos de duração), por isto sugerimos que o link do vídeo seja previamente enviado aos seus estudantes. No entanto, este vídeo também pode ser exibido integralmente no percurso da aula (a critério do planejamento e eventuais adaptações do professor). O vídeo sugerido para as discussões sobre a origem e formação do Sistema Solar apresenta uma linguagem mais próxima dos jovens estudantes e um aspecto visual bastante animado.

Durante a exposição deste vídeo, instigue os alunos a visualizar as variáveis termodinâmicas (temperatura, pressão e volume) em ação no contexto do Sistema Solar. Para um maior aprofundamento das ideias abordadas no vídeo, distribua aos alunos o texto “*Formação do Sistema Solar*”. Este texto será bastante útil para a atividade final proposta para esta Terceira Etapa de aplicação da Sequência Didática.

FORMAÇÃO DO SISTEMA SOLAR¹

Não temos, até o momento, uma teoria sobre a origem e formação do sistema solar inteiramente satisfatória. A explicação mais aceita é a da Nebulosa Solar Primitiva (NSP), primeiramente proposta por Laplace, em 1796, na qual os planetas seriam subprodutos da formação do Sol e todo o Sistema Solar teria se formado da matéria interestelar.

Mas, de fato, como ocorre a formação de uma estrela? A formação tem início quando uma nuvem interestelar sofre processos de fragmentação e colapso. No entanto, para que uma dada nuvem entre em colapso sobre si mesma é necessário que algumas condições sejam satisfeitas. Por exemplo, a massa deve ser de aproximadamente 1 milhão de vezes a massa do Sol. Quando falamos em colapso queremos dizer que as partículas de poeira constituintes da nuvem começam a se aglomerar e, quando isso ocorre as suas partículas ficam cada vez mais próximas umas das outras, até que atingem um determinado nível, chamado de crítico. Como são necessários que a massa da nuvem seja por volta de 1 milhão de vezes a massa do Sol para entrar em colapso, concluímos que um único colapso pode resultar em uma grande quantidade de estrelas e, por este motivo, é comum encontrarmos estrelas em aglomerados e sistemas múltiplos.

Figura 9 – Região de formação de estrelas



Fonte: <http://www.astro.iag.usp.br/~jane/aga215/newcap03.pdf>

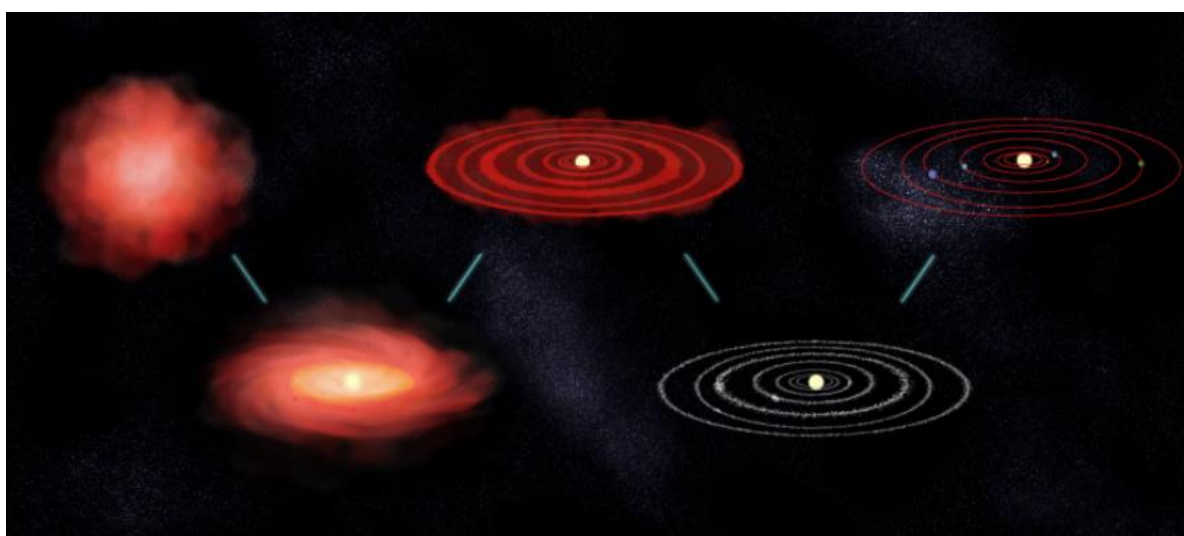
¹ Extraído e adaptado de <http://www.astro.iag.usp.br/~jane/aga215/newcap03.pdf> e resumo de https://wp.ufpel.edu.br/vmalves/files/2018/10/aula2_2018.pdf

Analisando a Figura 9, vemos à esquerda a nuvem escura de gás e poeira chamada Barnard 86 e, à direita aparece o aglomerado estelar jovem (azulado) NGC6520. Vejamos agora de forma resumida como surgiu o nosso sistema solar, segundo os conhecimentos científicos atuais:

Há aproximadamente 4,6 bilhões de anos, uma nuvem de gás e poeira interestelar se contrai devido à gravidade e à medida que contrai, a nuvem gira mais rápido, se achata e aquece em direção ao seu centro. Enquanto o Sol se forma no centro, rochas e metais condensam na parte interna começando a formar os planetas internos rochosos. Gelo e rochas condensam na parte externa para formar os planetas gasosos e gelados externos.

Pedaços de pedra e metais cada vez maiores e pedaços de gelo e rochas cada vez maiores acretam para formar protoplanetas. Os protoplanetas mais externos começam a atrair gravitacionalmente o Hidrogênio (H) e Hélio (He), que não existem em grande abundância na parte interna e quente do Sistema Solar. Quando a fusão nuclear se inicia no interior do Sol, o vento solar expulsa a poeira e gás restantes para fora do Sistema Solar, deixando os planetesimais e pedaços grandes de rochas (asteroides) e gelo (cometas). Temos então, nesse processo, *planetas jovianos* (grandes, baixa densidade), na parte externa e *planetas terrestres* (pequenos, alta densidade), na parte interna. Podemos concluir que *Planetas* são subprodutos da formação estelar. Apresentamos, na figura 2 uma representação artística sobre a formação do Sistema Solar.

Figura 10 – Formação do Sistema Solar

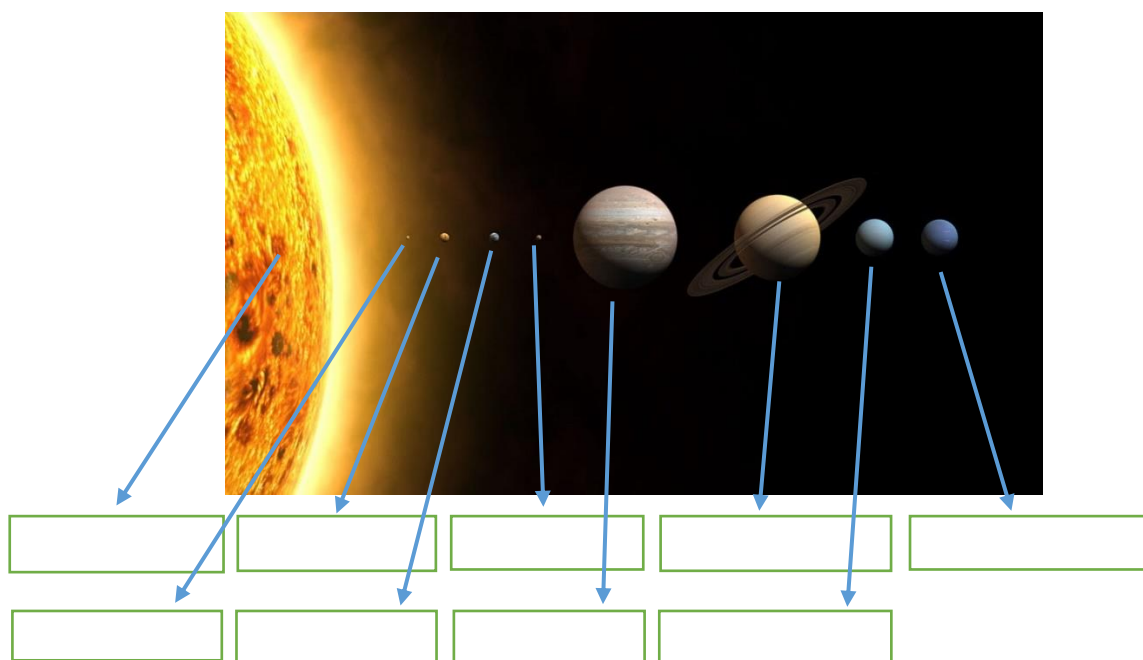


Fonte: https://wp.ufpel.edu.br/vmalves/files/2018/10/aula2_2018.pdf

Após conduzir uma leitura acerca texto sobre a formação do Sistema Solar, proponha um debate tendo como guia os seguintes questionamentos:

1) Associe corretamente o nome dos planetas do Sistema Solar abaixo:

Figura 11 – Sistema Solar



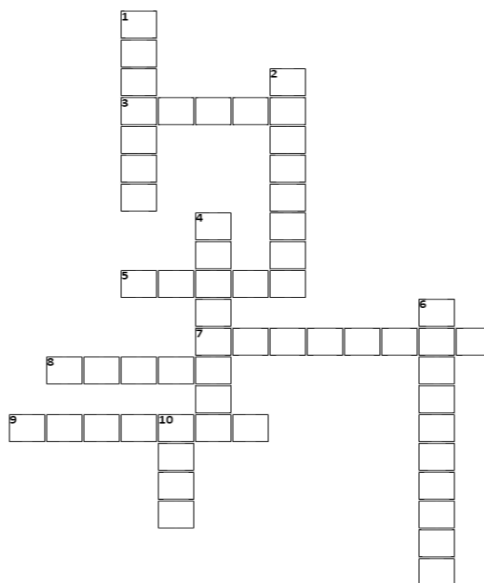
Fonte: <https://pt.wikipedia.org/wiki/Ficheiro:Planets2013-unlabeled.jpg>. Acesso em: 12 mar. 2021

2) Assinale o item correspondente à teoria mais aceita como explicação para a origem e formação de nosso Sistema Solar:

- a) Cinturão de asteroides solar
- b) Teoria gasosa solar
- c) Supernova solar
- d) Nebulosa solar

3) Complete as palavras cruzadas com seus conhecimentos acerca do Sistema Solar.

Figura 12 – Sistema Solar em palavras cruzadas



Fonte: O próprio autor

Horizontais

3. Um gigante de gelo
5. O planeta mais brilhante do Sistema Solar
7. O menor dos planetas
8. Possui duas luas (Deimos e Phobos)
9. O maior dos planetas

Verticais

1. É conhecido pelos belos anéis que o rodeiam
2. Mercúrio, Vênus, Terra, Marte, são planetas _____
4. Lua de Júpiter
6. O nome de nossa galáxia
10. Lua de Saturno

Finalize o encontro dividindo a turma em 5 grupos e proponha que estes produzam cartazes e/ou maquetes mostrando a evolução do Sistema Solar, desde a nuvem interestelar que o originou até o estágio atual. A culminância desta atividade (apresentação dos cartazes e/ou maquetes) sendo realizada na etapa seguinte (Quarta Etapa).

Quarta Etapa (2 horas-aula): Inicie esta etapa retomando as ideias trabalhadas na etapa anterior relativas à formação do Sistema Solar, com enfoque nas variáveis termodinâmicas envolvidas (temperatura, volume e pressão). A seguir, reserve um espaço para que os alunos exibam as maquetes e/ou desenhos acerca da atividade proposta na etapa anterior sobre os eventos que culminaram a origem e formação do Sistema Solar.

Após este resgate das ideias trabalhadas na etapa anterior, conduza a exibição de três vídeos curtos que destacam volumes e dimensões no Universo (vídeo 1), curiosidades sobre o planeta Júpiter (vídeo 2) e temperaturas nos planetas (vídeo 3).

Vídeo 1: “*Universe size comparison*”

Duração: 5 minutos

Link: <https://www.youtube.com/watch?app=desktop&v=TXfOzhZGtNw>

Questões

1) De acordo com o vídeo, qual o diâmetro do Sol?

2) Preencha o Quadro 1 conforme as instruções a seguir:

Os valores que aparecem no vídeo 1 são expressos em quilômetros (km). Adote inicialmente a escala 1:100 000 (ou seja, para cada 1 cm corresponde 100.000 km), a seguir adote a escala 1:10000 (ou seja, para cada 1 cm corresponde 10.000 km). Faça as correspondências para Plutão, Lua, Mercúrio, Marte, Vênus, Terra, Netuno, Urano, Saturno, Júpiter e Sol. Expresse estas correspondências no Quadro 1. Avalie os dados que você inseriu no Quadro 1 e diga qual das duas escalas é a mais adequada no que diz respeito a compreensão das dimensões dos corpos celestes do Sistema Solar. Justifique a sua escolha.

Quadro 1 – Escalas no Sistema Solar

Objeto	Diâmetro (km)	1 cm \longrightarrow 100.000 km	1 cm \longrightarrow 1.000.000 km
Sol			
Mercúrio			
Vênus			
Terra			
Marte			
Júpiter			
Saturno			
Urano			

Netuno			
--------	--	--	--

Escala mais adequada:

() 1 cm \longrightarrow 100 000 km

() 1 cm \longrightarrow 1 000 000 km

Justifique a sua escolha

Vídeo 2: “Seria possível pousar em Júpiter no futuro próximo?”

Duração: 9 minutos

Link: <https://www.youtube.com/watch?app=desktop&v= wybHzng9Mg>

3) De acordo com o vídeo 2 descreva como se comporta a pressão atmosférica no planeta Júpiter à medida que se avança em direção ao centro do planeta.

Vídeo 3: “Qual a temperatura dos planetas?”

Duração: 3 minutos

Link: <https://www.youtube.com/watch?v=p6T5JhyJyOU>

4) De acordo com o vídeo 3 preencha o Quadro 2 com as temperaturas médias dos planetas rochosos.

Quadro 2 – Temperatura média dos planetas rochosos

Planeta	Temperatura média (°C)
Mercúrio	
Vênus	
Terra	
Marte	

5) Elabore uma explicação para a temperatura média do planeta Mercúrio. Embora seja o planeta com a órbita mais próxima do Sol, não apresenta a maior temperatura dentre todos os planetas do Sistema Solar.

6) Organize em ordem crescente os corpos celestes descritos abaixo de acordo com suas temperaturas mínimas.

(1) Júpiter

(2) Marte

(3) Haumea (planeta anão localizado na região conhecida como “Cinturão de Kuiper”, descoberto em 2004)

(4) Europa (lua de Júpiter)

(5) Enceladus (lua de Saturno)

(6) Vênus

(7) Mercúrio

Assinale a sequência correta:

a) (7) – (6) – (1) – (5) – (2) – (3) – (4)

b) (2) – (3) – (1) – (4) – (7) – (6) – (5)

c) (3) – (4) – (5) – (1) – (2) – (7) – (6)

d) (4) – (1) – (6) – (3) – (2) – (5) – (7)

7) São planetas internos:

a) () Júpiter

b) () Marte

c) () Vênus

d) () Netuno

8) Os planetas Urano e Netuno possuem a mesma estrutura e composição dos planetas Júpiter e Saturno.

() VERDADEIRO

() FALSO

9) O menor dos planetas

a) Mercúrio

- b) Vênus
- c) Marte
- d) Netuno

10) Não possuem luas

- a) Marte e Vênus
- b) Netuno e Mercúrio
- c) Mercúrio e Vênus
- d) Marte e Netuno

Quinta etapa (2 horas-aula): Inicie esta penúltima etapa retomando as ideias sobre Astronomia trabalhadas nas etapas anteriores. Sabemos da existência de concepções alternativas sobre Astronomia nas mídias sociais, veículos de imprensa e divulgadores científicos. Esta etapa tem por objetivo esclarecer algumas destas concepções e orientar os estudantes a avaliá-las criticamente.

Após um resgate das ideias trabalhadas no encontro anterior conduza uma discussão sobre o vídeo *“Planeta Júpiter, tudo sobre a estrela que falhou”*, a partir do link: <https://www.youtube.com/watch?v=NP0ymdPeW7w>

Este vídeo tem uma duração de 23 minutos. Caso julgue necessário encaminhe o link do vídeo com antecedência aos estudantes para que assistam. Este procedimento pode enriquecer a discussão sobre o vídeo. Durante a discussão deste vídeo em sala de aula, lembre com os estudantes as ideias trabalhadas na Terceira Etapa, na qual foi abordado as condições termodinâmicas para o surgimento ou nascimento de estrelas semelhantes ao nosso Sol.

Após a exibição do vídeo apresente o seguinte questionamento aos estudantes:

1) É correto afirmar que Júpiter é uma estrela que não deu certo? Apresente uma justificativa para a sua resposta.

A seguir apresente aos estudantes as Figuras 11 e 12:

Figura 11 – Sistema Solar 1



Fonte: https://br.freepik.com/vetores-premium/planetas-coloridos-do-sistema-solar_9122149.htm

Figura 12 – Sistema Solar 2

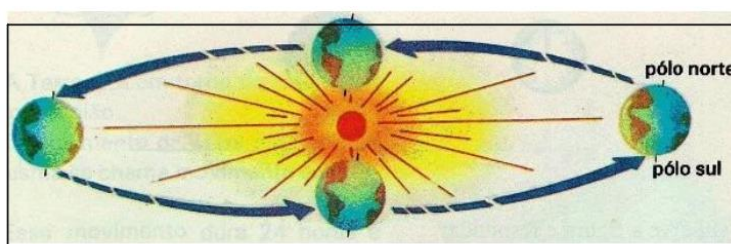


Fonte: https://pt.wikipedia.org/wiki/Sistema_Solar

2) Procure enumerar erros (se houver) nas Figuras 11 e 12. Caso encontre erros, apresente justificativas.

3) Analise a Figura 13 e procure se há erros em relação a explicação sobre as estações do ano. Caso os encontre, aponte justificativas.

Figura 13 – As Estações do Ano



Fonte: (LANGHI; NARDI, 2007, p. 92)

- 4) Quantas fases a Lua (da Terra) possui? Explique.
- 5) Qual(is) o(s) planeta(s) que possui(em) anel(is)?
- 6) Com base em sua resposta ao item 5, as figuras 11 e 12 estão corretas?

Sexta Etapa (2 horas-aula): Para esta última etapa da Sequência Didática, na qual propomos uma integração entre as variáveis termodinâmicas (temperatura, pressão e volume) e o Sistema Solar, conduza junto aos estudantes um questionário denominado “Pós-Teste” (APÊNDICE D) para fins de avaliação de todo o processo envolvido nas cinco etapas anteriores.

REFERÊNCIAS

- AROCA, S. C.; SILVA, C. C. Ensino de astronomia em um espaço não formal: observação do Sol e de manchas solares. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, São Paulo, v. 33, n. 1, p. 01-11, 2011. Disponível em: http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1806-11172011000100013&lng=en&nrm=iso. Acesso em 01 set. 2020. <https://doi.org/10.1590/S1806-11172011000100013>.
- AS CRÔNICAS DO MUNDO. A Formação do Sistema Solar. Youtube, 7 jul. 2019. Disponível em: <https://www.youtube.com/watch?app=desktop&v=9nQHTGtZev8&t=915s>. Acesso em: 07 fev. 2021.
- ESTUDIO ARKANO. Your mind will collapse if you try to imagine this: **Universe size comparison**. Youtube, 13 nov. 2020. Disponível em: <https://www.youtube.com/watch?v=TXfOzhZGtNw>. Acesso em: 05 mar. 2021.
- FUSESCHOOL, GLOBAL EDUCATION. Pressure in Gases. Youtube, 3 mai. 2020. Disponível em: <https://www.youtube.com/watch?app=desktop&v=NzKAJWtmlwg>. Acesso em: 05 fev. 2021.
- HETEN, J. G.; PEREIRA, V. J.; OLIVEIRA, C. M. Fundamentos de Astronomia. São Paulo. IAG-USP – Departamento de Astronomia, 2010. Disponível em: <http://www.astro.iag.usp.br/~jane/aga215/newcap03.pdf>. Acesso em: 12 fev. 2021.
- HEWITT, P. G. Física Conceitual. Porto Alegre: Bookman, 2011.

LANGHI, R; NARDI, R. Ensino de astronomia: erros conceituais mais comuns presentes em livros didáticos de ciências. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**. Vol. 24, n.1, p. 87-111, 2007. Disponível em:

https://www.researchgate.net/publication/251397584_ENSINO_DE_ASTRONOMIA_ERROS_CONCEITUAIS MAIS COMUNS PRESENTES EM LIVROS DIDÁTICOS DE CIÊNCIAS/link/588f3f9445851567c9405de7/download Acesso em: 12 mar. 2021.

INCRÍVEL. Seria possível pousar em Júpiter no futuro próximo. Youtube, 4 nov. 2018. Disponível em:

<https://www.youtube.com/watch?app=desktop&v=wbyHzng9Mg>. Acesso em: 13 abr. 2021.

INTERESSE PELO UNIVERSO. Qual a temperatura dos planetas? Youtube, 1 jan. 2021. Disponível em:

<https://www.youtube.com/watch?app=desktop&v=p6T5JhyJyOU>. Acesso em: 2 abr. 2021.

SUPER FATO. Planeta Júpiter, tudo sobre a estrela que falhou. Youtube, 3 nov. 2020. Disponível em:

<https://www.youtube.com/watch?app=desktop&v=NP0ymdPeW7w>. Acesso em: 23 jan. 2021.

ZABALA, A. **A prática educativa**: como ensinar. Porto Alegre: Editora Artmed, 1998.

ZOMPERO, A. de F.; LABURÚ, C. E. As relações entre aprendizagem significativa e representações multimodais. **Revista Ensaio**. Belo Horizonte, v. 12, n. 3, 2010.

Disponível em: <https://www.scielo.br/pdf/epec/v12n3/1983-2117-epec-12-03-00031.pdf>. Acesso em: 24 set. 2020.

APÊNDICE B – TERMO DE CONSENTIMENTO E ADESÃO PARA PARTICIPAR COMO COLABORADOR DA PESQUISA

UNIVERSIDADE FEDERAL DO PIAUÍ – UPPI
CENTRO DE CIÊNCIAS DA NATUREZA – CCN
MESTRADO NACIONAL PROFISSIONAL EM ENSINO DE FÍSICA – MNPEF
ORIENTADORA: Prof. Dra. Cláudia Adriana de Sousa Melo

PESQUISA: Proposta de Sequência Didática que realiza uma Integração entre Tópicos de Termodinâmica e a Astronomia relacionada ao Sistema Solar.

Você está sendo convidado para participar, como voluntário de uma pesquisa no Ensino de Física. Leia cuidadosamente o que se segue e pergunte ao responsável por esse estudo sobre quaisquer dúvidas caso as tenha. Esta pesquisa será conduzida pelo mestrando GILSON ALVES DA SILVA. Após ser esclarecido sobre as informações a seguir e, caso aceite fazer parte do estudo, assine este documento impresso em duas vias. Uma delas é sua e a outra é do pesquisador responsável. Se tiver dúvida, você poderá procurar a Coordenação do Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física, do Centro de Ciências da Natureza, da Universidade Federal do Piauí, ou o pesquisador responsável por esta pesquisa.

Gilson Alves da Silva
(Mestrando)

ADESÃO PARA PARTICIPAR COMO SUJEITO DA PESQUISA

Eu, _____, RG nº _____, abaixo assinado concordo em participar do estudo: Sequência Didática integrando tópicos de Termodinâmica e Astronomia do Sistema Solar, como participante/sujeito desta pesquisa, respondendo questionários (pré-teste e pós-teste), participando de aulas teórico-práticas na modalidade de ensino remoto, envolvendo os conceitos relacionados às variáveis termodinâmicas, com uma carga horária máxima de 12 horas. Tive pleno conhecimento das informações que li e que foram descritas sobre o referido estudo. Discuti com o mestrando Pedro da Silva Santos sobre minha decisão em participar desta pesquisa. Ficaram claros para mim os propósitos do estudo, os procedimentos a serem realizados, as garantias de confidencialidade e de esclarecimentos permanentes. Ficou evidente também que minha participação é isenta de quaisquer despesas bem como de remuneração. Concordo, voluntariamente, em participar desse estudo e poderei retirar o meu consentimento a qualquer momento, sem penalidades ou prejuízos pessoais.

Teresina, ____ de Junho de 2021.

Assinatura do participante/sujeito da pesquisa

APÊNDICE C – TESTE SOBRE OS CONHECIMENTOS PRÉVIOS DOS ALUNOS**Questionário (teste de sondagem) para avaliar conhecimentos prévios dos estudantes acerca de Astronomia e Termodinâmica**

Nome do aluno: _____

Sexo: () Feminino () Masculino

Idade: _____

1) A partir de suas concepções sobre temperatura e calor preencha os espaços abaixo: CALOR – TEMPERATURA

É importante observar que a matéria não contém _____.

_____ é energia em trânsito de um corpo a uma _____ mais alta para outro a uma _____ mais baixa.

Uma vez transferida, a energia deixa de ser _____.

Toda matéria – sólida, líquida ou gasosa – composta por átomos ou moléculas em constante agitação. Em virtude desse movimento aleatório, os átomos ou moléculas da matéria possuem **energia cinética**. A energia cinética média dessas partículas individuais produz um efeito que podemos sentir – a sensação de quente. A quantidade que informa quão quente ou frio é um objeto em relação a algum padrão é chamada de _____.

Quando você está numa estufa aquecida, a energia passa para a sua mão, porque a estufa está mais quente do que ela. Por outro lado, quando você encosta sua mão num pedaço de gelo, a energia sai de sua mão para o gelo, que é mais frio. O sentido de transferência espontânea de energia é sempre do corpo que está mais quente para um vizinho mais frio. A energia transferida de uma coisa para outra por causa de uma diferença de _____ entre elas é chamada de _____.

2) (ENEM – 2000) Ainda hoje, é muito comum as pessoas utilizarem vasilhames de barro (moringas ou potes de cerâmica não esmaltada) para conservar água a uma temperatura menor do que a do ambiente. Isso ocorre porque:

a) o barro isola a água do ambiente, mantendo-a sempre a uma temperatura menor do que a dele, como se fosse isopor.

b) o barro tem o poder de “gelar” a água pela sua composição química. Na reação, a água perde calor.

c) o barro é poroso, permitindo que a água passe através dele. Parte dessa água evapora, tomando calor da moringa e do restante da água, que são assim resfriadas.

d) o barro é poroso, permitindo que a água se deposite na parte de fora da moringa. A água de fora sempre está a uma temperatura maior que a de dentro.

e) a moringa é uma espécie de geladeira natural, liberando substâncias higroscópicas que diminuem naturalmente a temperatura da água.

3) Observe as figuras a seguir e responda o que se pede:

a) Podemos confiar em nosso senso de quente e frio? Ambos os dedos sentirão a mesma temperatura quando forem mergulhados na água morna?

Figura 1 – Senso de quente e frio



Fonte: (HEWITT, 2011, p. 271).

b) Em qual dos recipientes da Figura 2 existe mais energia cinética molecular? No recipiente maior cheio de água morna ou na pequena xícara de chá cheia de água a uma temperatura alta?

Figura 2 – Energia cinética molecular



Fonte: (HEWITT, 2011, p. 273).

c) Sabe-se que uma mesma quantidade de calor foi transferida para os dois recipientes. Em qual dos recipientes a temperatura cresce mais?

Figura 3 – Crescimento da temperatura



Fonte: (HEWITT, 2011 p. 274)

4) (ENEM) Em nosso cotidiano, utilizamos as palavras “calor” e “temperatura” de forma diferente de como elas são usadas no meio científico. Na linguagem corrente, calor é identificado como “algo quente” e temperatura mede a “quantidade de calor de um corpo”. Esses significados, no entanto, não conseguem explicar diversas situações que podem ser verificadas na prática.

Do ponto de vista científico, que situação prática mostra a limitação dos conceitos corriqueiros de calor e temperatura?

a) A temperatura da água pode ficar constante durante o tempo em que estiver fervendo.

b) Uma mãe coloca a mão na água da banheira do bebê para verificar a temperatura da água.

c) A chama de um fogão pode ser usada para aumentar a temperatura da água, em uma panela.

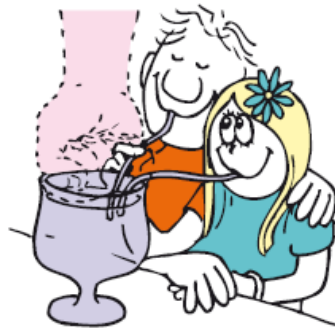
d) A água quente que está em uma caneca é passada para outra caneca a fim de diminuir sua temperatura.

e) Um forno pode fornecer calor para uma vasilha de água que está em seu interior com menor temperatura do que a dele.

5) Analise a Figura 4 de acordo com seus conhecimentos sobre as grandezas “pressão” e “volume”.

a) Estritamente falando, podemos garantir que o casal está sugando o refrigerante pelo canudo? Lembre-se da definição para “pressão atmosférica” ao elaborar sua resposta.

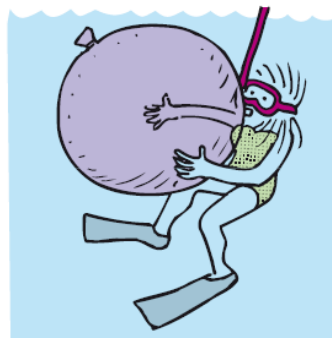
Figura 4 – Pressão atmosférica



Fonte: (HEWITT, 2011 p. 254)

b) A mergulhadora da Figura 5 está submersa em água e segurando um saco cheio de água.

Figura 5 – Compreendendo a pressão atmosférica

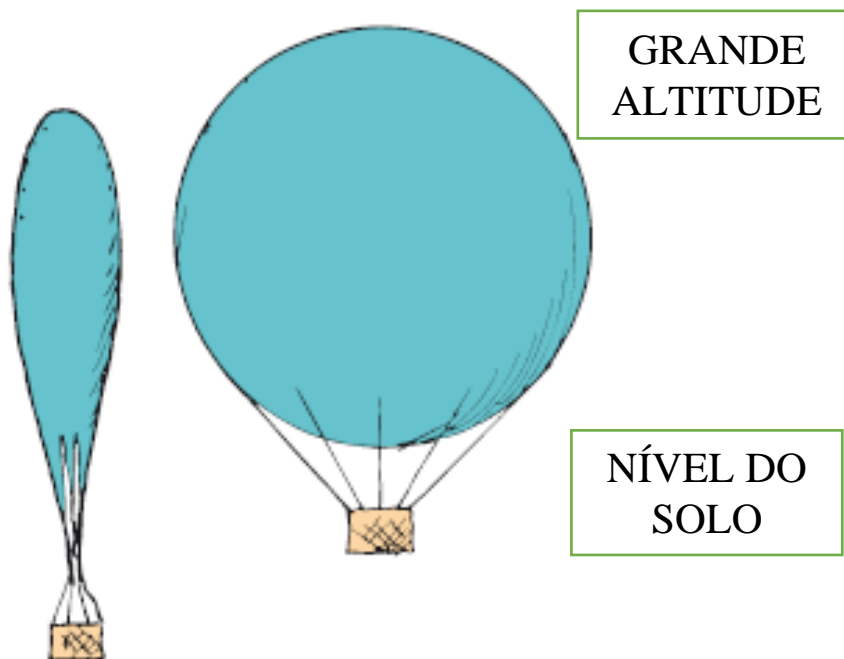


Fonte: (HEWITT, 2011 p. 252)

Como esta figura nos ajuda a compreender a pressão atmosférica de nosso planeta?

c) Tente visualizar a partir da Figura 6 abaixo a relação entre as grandezas “pressão” e “volume”.

Figura 6 – Relação entre pressão e volume



Fonte: (HEWITT, 2011 p. 258)

O balão da esquerda (parcialmente inflado) _____.

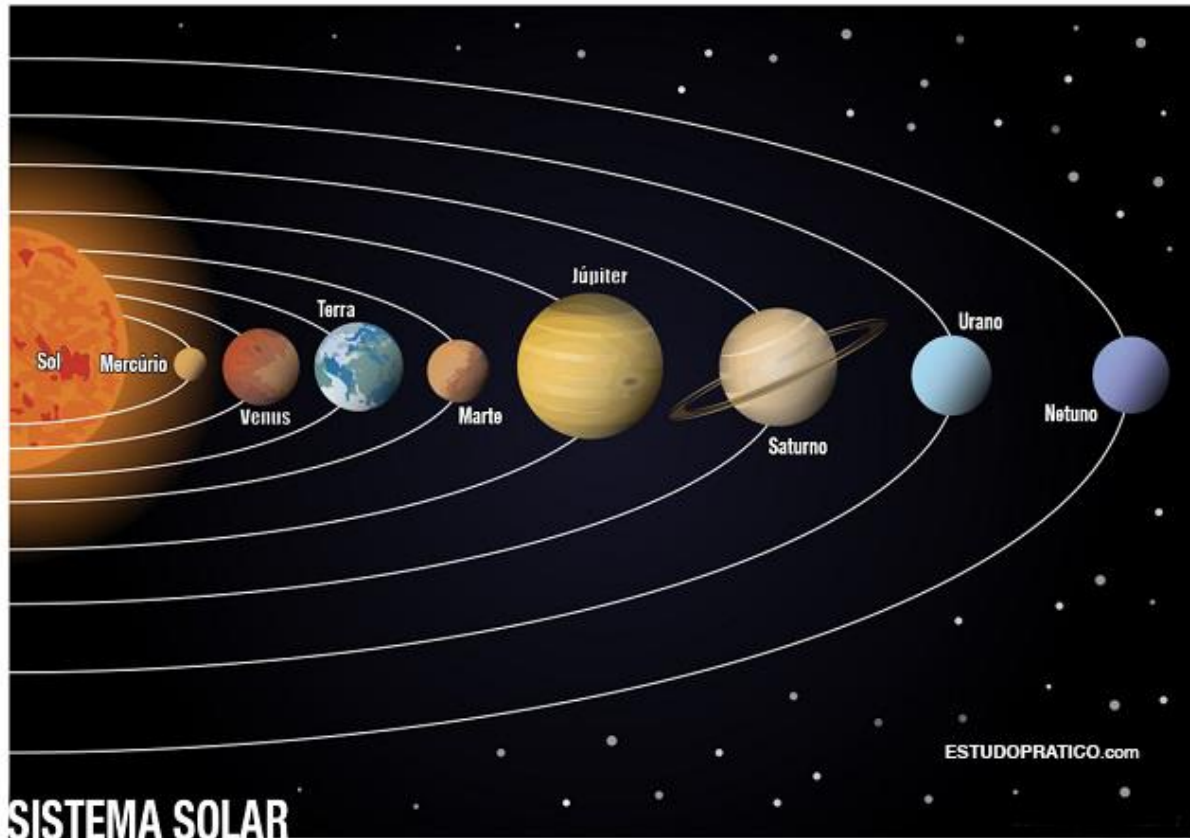
O balão da direita (completamente inflado) _____.

6) Avalie as seguintes afirmativas como VERDADEIRAS ou FALSAS:

- O calor é uma substância
- Calor e frio são diferentes entre si
- Calor e temperatura são formas diferentes de referir a um mesmo fenômeno
- A temperatura não é a intensidade do calor
- Um corpo frio não contém calor
- Aquecimento nem sempre resulta em uma elevação de temperatura
- Temperatura pode ser transferida

Tomando por base a figura abaixo, responda as questões 7 a 9.

Figura 7 – Sistema Solar 1



Fonte: <https://www.estudopratico.com.br/lista-planetas-sistema-solar/>

7) Qual dos planetas apresenta a maior temperatura média?

- a) Mercúrio
- b) Vênus
- c) Terra
- d) Marte
- e) Júpiter

8) Em relação aos seus conhecimentos acerca da grandeza volume, faça uma avaliação sobre os volumes dos planetas do Sistema Solar.

9) A figura do Sistema Solar está correta ou apresenta erros? Aponte alguns erros (se houver).

10) Conforme sua compreensão acerca dos volumes dos corpos do Sistema Solar descritos a seguir, organize-os em ordem crescente de volumes (do menor para o maior volume).

(1) Netuno (2) Mercúrio (3) Júpiter (4) Terra (5) Vênus (6) Marte (7) Saturno

a) (1); (2); (6); (7); (3); (4); (5).

b) (2); (6); (5); (4); (1); (7); (3).

c) (4); (2); (3); (7); (6); (1); (5).

d) (1); (5); (6); (7); (4); (3); (2).

e) (7); (4); (6); (1); (3); (2); (5).

11) A Tabela 1 resume alguns dados importantes sobre os satélites de Júpiter.

Tabela 1 – Satélites de Júpiter

Nome	Diâmetro (km)	Distância média ao centro de Júpiter (km)	Período orbital (dias terrestres)
Io	3.642	421.800	1,8
Europa	3.138	670.900	3,6
Ganimedes	5.262	1.070.000	7,2
Calisto	4.800	1.880.000	16,7

Fonte: <http://educacao.globo.com/fisica/assunto/mecanica/leis-de-kepler.html>

Ao observar as luas de Júpiter pela primeira vez, Galileu Galilei fez diversas anotações e tirou importantes conclusões sobre a estrutura de nosso Universo. A Figura 8 reproduz uma anotação de Galileu referente a Júpiter e seus satélites.

Figura 8 – Anotação de Galileu sobre os satélites de Júpiter



Fonte: <http://educacao.globo.com/fisica/assunto/mecanica/leis-de-kepler.html>

De acordo com essa representação e com os dados da Tabela 1, os pontos indicados por 1, 2, 3 e 4 correspondem respectivamente, a:

- a) Io, Europa Ganimedes e Calisto
- b) Ganimedes, Io, Europa e Calisto
- c) Europa, Calisto, Ganimedes e Io
- d) Calisto, Ganimedes, Io e Europa
- e) Calisto, Io, Europa e Ganimedes

APÊNDICE D – LISTA DE QUESTÕES PARA AVALIAR OS CONHECIMENTOS DOS ALUNOS ACERCA DOS TÓPICOS DE TERMODINÂMICA E ASTRONOMIA**Questionário (pós-teste) com fins de avaliação dos resultados desenvolvidos pelos alunos acerca dos tópicos de termodinâmica e astronomia**

Nome do aluno: _____

Sexo: () Feminino () Masculino

Idade: _____

1) Faça uma avaliação pessoal sobre as cinco etapas anteriores de nossa Sequência Didática. Marque o item que revela o nível de satisfação acerca de todas as atividades trabalhadas.

- | | |
|--------------|---------------|
| () 0 ponto | () 6 pontos |
| () 1 ponto | () 7 pontos |
| () 2 pontos | () 8 pontos |
| () 3 pontos | () 9 pontos |
| () 4 pontos | () 10 pontos |
| () 5 pontos | |

a) Fale um pouco das dificuldades que você teve ao longo desta Sequência Didática. Caso tenha tido dificuldades, informe nos itens abaixo qual das Etapas apresentou para você maiores desafios.

() Primeira Etapa – TESTE DE SONDAÇÃO.

() Segunda Etapa – AS VARIÁVEIS TERMODINÂMICAS E UM ESTUDO DO SISTEMA SOLAR.

() Terceira Etapa – A FORMAÇÃO DO SISTEMA SOLAR.

() Quarta Etapa – PRESSÃO, VOLUME E TEMPERATURA NO CONTEXTO DO SISTEMA SOLAR.

() Quinta Etapa – CONCEPÇÕES ALTERNATIVAS SOBRE O SISTEMA SOLAR.

b) Baseado em sua resposta ao item (a). Explique com suas palavras o motivo de sua(s) dificuldade(s) de compreensão.

c) No estudo que tivemos sobre as temperaturas, volumes e pressões no Sistema Solar, o que o mais surpreendeu? Explique.

d) A quinta etapa apresentou cinco concepções alternativas acerca do Sistema Solar. Marque a concepção que para você foi mais surpreendente.

- () “Júpiter, a estrela que não deu certo”
- () “Visualização artística do Sistema Solar”
- () “As estações do ano”
- () “As fases da Lua”
- () “Planetas que possuem anéis”

2) Apresente uma definição formal para a grandeza “temperatura”, para isso, lembre-se do que foi estudado na quarta etapa.

3) Baseados nas atividades trabalhadas ao longo de todas as etapas, apresente uma definição para “calor”.

4) De acordo com a sua resposta ao item anterior, um planeta pode reter calor? Cite exemplos, lembrando o que foi estudado sobre o planeta Vênus.

5) Estabeleça uma definição para a grandeza “pressão” lembrando o que foi estudado sobre a pressão atmosférica no planeta Júpiter (Quarta Etapa).

6) Escreva um texto com no mínimo 20 linhas sobre o conhecimento atual sobre a origem e formação de nosso Sistema Solar. Escolha um título para o seu texto e, ao longo da escrita apresente informações sobre a ação das variáveis termodinâmicas (temperatura, volume e pressão).

7) Faça uma avaliação final desta Sequência Didática, elencando os pontos positivos e negativos e justificando cada um deles.