



UESB
Universidade Estadual
do Sudoeste da Bahia

MNPEF
Mestrado Nacional
Profissional em
Ensino de Física



UNIVERSIDADE ESTADUAL DO SUDOESTE DA BAHIA- UESB
PRÓ-REITORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO
MESTRADO NACIONAL PROFISSIONAL EM ENSINO DE FÍSICA

CRESCIMENTO DE CRISTAIS: UMA UEPS PARA O ENSINO DE
CONCEITOS DE TERMODINÂMICA

DISSERTAÇÃO DE MESTRADO

BEATRIZ SANTOS SILVA

VITÓRIA DA CONQUISTA- BA

2024

BEATRIZ SANTOS SILVA

**CRESCIMENTO DE CRISTAIS: UMA UEPS PARA O ENSINO DE
CONCEITOS DE TERMODINÂMICA**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação da Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia como parte das exigências do Curso de Mestrado Nacional Profissional de Ensino de Física (MNPEF) para a obtenção do título de Mestre em Ensino de Física. O presente trabalho foi realizado com o apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – Brasil (CAPES) – Código de Financiamento 001.

Orientadora: **Profa. Dr.^a Cristina Porto Gonçalves**
Coorientador: **Prof. Dr. Luizdarcy de Matos Castro**

VITÓRIA DA CONQUISTA- BA

2024

S233c

Silva, Beatriz Santos.

Crescimento de cristais: uma UEPS para o ensino de conceitos de termodinâmica. / Beatriz Santos Silva, 2024.

185f.; il. color.

Orientador (a): Dr^a. Cristina Porto Gonçalves.

Dissertação (mestrado) – Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia, Programa de Pós-graduação do Curso de Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física – MNPEF, Vitória da Conquista, 2024.

Inclui referência F. 90 - 93.

Contem produto educacional.

1. Ensino fundamental. 2. Aprendizagem significativa. 3. Unidade de ensino potencialmente significativa. 4. Termodinâmica. 5. Cristais. I. Gonçalves, Cristina Porto. II. Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia, Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física- MNPEF. III. T.

CDD 530.07

Catálogo na fonte: Karolyne Alcântara Profeta – CRB 5/2134

Bibliotecária UESB – Campus Vitória da Conquista -BA



UNIVERSIDADE ESTADUAL DO SUDOESTE DA BAHIA - UESB
PRÓ-REITORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO - PPG
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO MESTRADO NACIONAL PROFISSIONAL
EM ENSINO DE FÍSICA - MNPEF
Área de concentração: Ensino de Física



ATA DE BANCA DE DEFESA DE DISSERTAÇÃO DE MESTRADO

Aos trinta dias do mês de agosto de 2024, às 14h, na sala do Laboratório de Ensino de Matemática, da Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia, campus de Vitória da Conquista, instalou-se a Banca Examinadora para avaliação da dissertação intitulada "Crescimento de cristais: uma UEPS para o ensino de conceito de termodinâmica", de autoria de Beatriz Santos Silva, discente do Programa de Pós-Graduação Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física (MNPEF), como requisito para obtenção do título de Mestre em Ensino de Física. A banca examinadora foi presidida pela professora Dra. Cristina Porto Gonçalves, orientadora da mestranda e contou com a participação da professora Dra. Sandra Cristina Ramos, da professora Dra. Simara Santos Campos e do professor Dr. Benedito Eugênio Gonçalves, na condição de examinadores; tendo sido APROVADA. Entretanto, para que o respectivo título possa ser concedido, com as prerrogativas legais dele advindas, o exemplar definitivo da referida dissertação deverá ser entregue(enviada), na secretaria do mestrado, em um prazo máximo de 60 (sessenta) dias, com as alterações e/ou correções sugeridas pelos membros da banca, para que possa ser homologado pelas instâncias competentes da UESB.

Documento assinado digitalmente
gov.br CRISTINA PORTO GONCALVES
Data: 02/08/2024 18:42:38-0300
Verifique em <https://validar.br.gov.br>

Profa. Dra. Cristina Porto Gonçalves
Presidente da Banca Examinadora/Orientadora

Documento assinado digitalmente
gov.br SANDRA CRISTINA RAMOS
Data: 02/08/2024 22:34:14-0300
Verifique em <https://validar.br.gov.br>

Profa. Dra. Sandra Cristina Ramos
Examinadora interna

Documento assinado digitalmente
gov.br SIMARA SANTOS CAMPOS
Data: 02/08/2024 22:28:25-0300
Verifique em <https://validar.br.gov.br>

Profa. Dra. Simara Santos Campos
Examinadora externa

Documento assinado digitalmente
gov.br BENEDITO GONCALVES EUGENIO
Data: 02/08/2024 16:36:43-0300
Verifique em <https://validar.br.gov.br>

Prof. Dr. Benedito Eugênio Gonçalves
Examinador externo

Documento assinado digitalmente
gov.br BEATRIZ SANTOS SILVA
Data: 02/08/2024 16:28:03-0300
Verifique em <https://validar.br.gov.br>

Beatriz Santos Silva
Discente

Documento assinado digitalmente
gov.br WAGNER DUARTE JOSE
Data: 02/08/2024 17:58:47-0300
Verifique em <https://validar.br.gov.br>

Prof. Dr. Wagner Duarte José
Coordenador do PPG-MNPEF



Programa de Pós-Graduação Mestrado Profissional em Ensino de Física - MNPEF
Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia - UESB
Estrada do Bem Querer Km, 04, Vitória da Conquista - BA
CEP: 45031-300





UNIVERSIDADE ESTADUAL DO SUDOESTE DA BAHIA - UESB
PRÓ-REITORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO - PPG
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO Mestrado Nacional Profissional
EM ENSINO DE FÍSICA - MNPEF
Área de concentração: Ensino de Física



**CRESCIMENTO DE CRISTAIS: UMA UEPS PARA O ENSINO
DE CONCEITOS DE TERMODINÂMICA**

AUTORIA: BEATRIZ SANTOS SILVA

DATA DE APROVAÇÃO: 30 DE AGOSTO DE 2024

Este exemplar corresponde à versão final da Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física, da Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia, em convênio com a Sociedade Brasileira de Física – SBF, como requisito para a obtenção do título de Mestre em Ensino de Física. O presente trabalho foi realizado com o apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – Brasil (CAPES) – Código de Financiamento 001.

Área de concentração: Ensino de Física.

COMISSÃO JULGADORA

Documento assinado digitalmente
gov.br CRISTINA PORTO GONÇALVES
Data: 02/09/2024 16:49:27 -0300
Verifique em <https://validar.jf.gov.br>

PROFA. DRA. CRISTINA PORTO GONÇALVES
PRESIDENTE DA BANCA EXAMINADORA/ORIENTADORA

Documento assinado digitalmente
gov.br SANDRA CRISTINA RAMOS
Data: 02/09/2024 12:31:15 -0300
Verifique em <https://validar.jf.gov.br>

PROFA. DRA. SANDRA CRISTINA RAMOS
EXAMINADORA INTERNA

PROFA. DRA. SIMARA SANTOS CAMPOS
EXAMINADORA EXTERNA

Documento assinado digitalmente
gov.br SIMARA SANTOS CAMPOS
Data: 02/09/2024 12:28:15 -0300
Verifique em <https://validar.jf.gov.br>

PROF. DR. BENEDITO EUGÊNIO GONÇALVES
EXAMINADOR EXTERNO

Documento assinado digitalmente
gov.br BENEDITO GONÇALVES EUGENIO
Data: 02/09/2024 16:58:40 -0300
Verifique em <https://validar.jf.gov.br>

2024



Programa de Pós-Graduação Mestrado Profissional em Ensino de Física - MNPEF
Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia - UESB
Estrada do Bem Querer Km, 04, Vitória da Conquista - BA
CEP: 45031-300



*“Aquele que sai chorando enquanto lança a semente, voltará com cantos de alegria,
trazendo os seus feixes”.*

Salmos 126:6

AGRADECIMENTOS

Ao único e suficiente Salvador da minha vida, **DEUS**. Por ter me ajudado a trilhar longos e difíceis caminhos até chegar aqui.

À minha **mamãe**, a joia preciosa da minha vida.

Às minhas amigas, em especial, **Monique, Virna, Bianca, Ingrid e Laila**, por sempre me apoiarem e me ajudarem.

Ao meu futuro esposo, **Gustavo**, por estar ao meu lado nesta etapa da vida e em todas as outras que virão.

Aos meus orientadores, **Prof^ª Cristina e Prof^º Luizdarcy**, pela brilhante orientação desde a época da graduação.

Ao **corpo docente** do MNPEF.

À **UESB**, juntamente com a **SBF e o MNPEF**.

A Coordenação de Aperfeiçoamento Pessoal de Nível Superior (**CAPES**)- **001** pelo apoio essencial que tem proporcionado ao avanço da minha pesquisa e formação acadêmica.

RESUMO

O presente trabalho tem por objetivo produzir e desenvolver uma sequência didática no Ensino Fundamental II, baseada na Unidade de Ensino Potencialmente Significativa (UEPS) de Marco Antônio Moreira, fundamentada na Teoria da Aprendizagem Significativa de David Ausubel, para o ensino dos conceitos de temperatura, calor, entropia e energia interna, relacionados ao crescimento e estrutura interna dos cristais, tendo em vista o misticismo por trás do poder dos cristais. Este estudo investigativo, de cunho qualitativo, foi realizado em uma turma de nono ano do Ensino Fundamental II, no Colégio Método, rede privada de ensino da cidade de Vitória da Conquista- BA, com o intuito de despertar o interesse dos alunos acerca de conceitos da Termodinâmica presentes no cotidiano que estão relacionados com o crescimento dos cristais. Nesse contexto, uma ampla gama de recursos didáticos foi empregada, incluindo slides, questionários de sondagem, experimentos, mapas conceituais, vídeos, quiz e desafios para aplicar os passos propostos na Unidade de Ensino Potencialmente Significativa- UEPS. Durante a intervenção, diversas evidências de aprendizagem foram apresentadas, demonstrando o sucesso deste trabalho.

PALAVRAS-CHAVE: Ensino Fundamental; Aprendizagem Significativa; Unidade de Ensino Potencialmente Significativa; Termodinâmica; Cristais; Entropia; Poder dos cristais; Misticismo.

ABSTRACT

The present academic work aims to produce and develop a didactic sequence for Middle School, based on Marco Antônio Moreira's Potentially Meaningful Teaching Unit (PMTU), supported by David Ausubel's Meaningful Learning Theory (MLT), to teach concepts of temperature, heat, entropy, and internal energy related to the growth and structure of crystals, in view of the mysticism surrounding the power of the crystals. This qualitative investigative research was conducted in a 9th grade class at Colégio Método, a private school located in Vitória da Conquista – BA, with the objective of arouse the student's interest in thermodynamics concepts related to the crystal growth, presents in the daily life. In this context, a wide range of teaching resources was utilized, including slides, survey questionnaires, experiments, videos, quizzes, and challenges to implement the steps proposed in the Potentially Meaningful Teaching Unit (PMTU). During the intervention, several indicators of learning were presented, which showed the success of this work.

KEYWORDS: Elementary Education; Meaningful Learning; Potentially Significant Teaching Unit; Thermodynamics; Crystals; Entropy; Power of crystals; Mysticism.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Equilíbrio térmico	41
Figura 2: Termômetro.....	44
Figura 3: Calor x Temperatura	44
Figura 4: Calor X Temperatura (02).....	45
Figura 5: Célula Unitária	51
Figura 6: Cristal azul	55
Figura 7: Vídeo - O lado obscuro dos cristais	58
Figura 8: Vídeo - Temperatura e calor	59
Figura 9: slide- Compreendendo a entropia de um cristal.....	60
Figura 10: Questionário de sondagem inicial	63
Figura 11: Resposta do aluno 01	64
Figura 12: Resposta da aluna 04.....	65
Figura 13: Vídeo- O lado obscuro dos cristais (02).....	66
Figura 14: Mapa Conceitual do aluno 05	67
Figura 15: Aula sobre Temperatura e Calor	67
Figura 16: Mapa Conceitual: Física e Química	68
Figura 17: Mapa conceitual da aluna 07	69
Figura 18: Mapa conceitual: A formação, organização e aplicação dos cristais	70
Figura 19: Produzindo cristais 01	71
Figura 20: Produzindo cristais 02.....	71
Figura 21: Produzindo cristais 03	72
Figura 22: Produzindo cristais 04.....	72
Figura 23: Produzindo cristais 05	73
Figura 24: Produzindo cristais 06.....	73
Figura 25: Produzindo cristais 07	74
Figura 26: Texto 1: Descoberta do quasicristal	74
Figura 27: Texto 2: Sólidos cristalinos.....	75
Figura 28: Texto 3: Técnica de cerâmica	75
Figura 29: Folder do grupo 2 (01)	76
Figura 30: Folder do grupo 2 (02)	76
Figura 31: Folder do grupo 1 (01)	77
Figura 32: Folder do grupo 1 (02)	77

Figura 33: Folder do grupo 3 (01)	77
Figura 34: Folder do grupo 3 (02)	78
Figura 35: Oficina telejornalística do grupo 1 (01)	78
Figura 36: Oficina telejornalística do grupo 1 (02)	79
Figura 37: Cristal de açúcar	79
Figura 38: Oficina telejornalística do grupo 2 (01)	80
Figura 39: Oficina telejornalística do grupo 1 (02)	80
Figura 40: Cristal azul (02).....	81
Figura 41: Oficina telejornalística do grupo 3 (01)	81
Figura 42: Mapa conceitual do aluno 09	82
Figura 43: Quiz (01)	83
Figura 44: Quiz (02)	83
Figura 45: Quiz (03)	84
Figura 46: Questionário de sondagem final (01)	84
Figura 47: Questionário de sondagem final (02)	85
Figura 48: Questionário de sondagem final (03)	85
Figura 49: Questionário de sondagem final (04)	86
Figura 50: Resposta da aluna 10.....	86
Figura 51: Questionário de sondagem final (05)	86
Figura 52: Questionário de sondagem final (06)	87
Figura 53: Questionário de sondagem final (07)	87
Figura 54: Equilíbrio Térmico	120
Figura 55: Vídeo- O lado obscuro dos cristais	127
Figura 56: Vídeo- Temperatura e calor	128
Figura 57: slide- Compreendendo a entropia de um cristal.....	132

LISTA DE QUADROS

Quadro 1: Levantamento no Google Acadêmico	23
Quadro 2: Levantamento no MNPEF	24
Quadro 3: Levantamento na RBEF	25
Quadro 4: Levantamento no CBEF	27
Quadro 5: Levantamento na RBPEC	28
Quadro 6: Cronograma UEPS	62

LISTA DE EQUAÇÕES

Equação 1: Equação da quantidade de calor envolvendo a Capacidade Térmica	35
Equação 2: Equação da quantidade de calor envolvendo o Calor Específico	36
Equação 3: Equação do Calor Latente	36
Equação 4: Expressão matemática da Entropia	40
Equação 5: Processo reversível.....	40
Equação 6: Função contendo uma constante arbitrária.....	41
Equação 7: Equação da entropia de processo reversível.....	41
Equação 8: Entropia da vizinhança.....	41
Equação 9: Entropia do Universo 1.....	41
Equação 10: Entropia do Universo 2.....	41
Equação 11: Sistema de temperatura diferente.....	41
Equação 12: Entropia do Universo maior que zero.....	42
Equação 13: Equação final da Entropia.....	42

LISTA DE SIGLAS

AS- Aprendizagem Significativa

CBEF- Caderno Brasileiro de Ensino de Física-

EC- Estrutura Cognitiva

MNPEF- Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física

MP- Mapas Conceituais

RBEF- Revista Brasileira de Ensino de Física

SD- Sequência Didática

UEPS- Unidade de Ensino Potencialmente Significativa

SUMÁRIO

INTRODUÇÃO	18
1. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	22
1.1 Google Acadêmico	22
1.2 Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física- MNPEF.....	24
1.3 Revista Brasileira de Ensino de Física- RBEF	25
1.4 Caderno Brasileiro de Ensino de Física- CBEF.....	26
1.5 Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências- RBPEC	27
1.6 Contribuições da revisão bibliográfica	28
2. REFERENCIAL TEÓRICO.....	29
1.1 A TEORIA DA APRENDIZAGEM SIGNIFICATIVA DE DAVID AUSUBEL.....	29
1.2 A APRENDIZAGEM SIGNIFICATIVA CRÍTICA DE MOREIRA.....	31
1.3 UNIDADES DE ENSINO POTENCIALMENTE SIGNIFICATIVAS (UEPS)	35
1.3.1 Mapas Conceituais: um caminho para a Aprendizagem Significativa	36
3. CONCEITOS FÍSICOS E PRINCÍPIOS DA TERMODINÂMICA	39
3.1 A história da Termodinâmica	39
3.2 Calor.....	40
3.3 As ideias iniciais sobre calor, incluindo a teoria do calórico e a definição atual	40
3.3.1 Definindo o calor	41
3.3.2 Medindo o calor	41
3.4 Energia Interna.....	42
3.5 Temperatura	43
3.5.1 Medindo a Temperatura.....	43
3.6 Diferenciando calor de temperatura.....	44
3.7 Enunciados da segunda lei da Termodinâmica.....	45
3.7.1 Os enunciados de Clausius e Kelvin.....	45
3.8 Entropia e a segunda lei da termodinâmica	46
3.8.1 Expressão matemática.....	46
3.9 A Físico-Química e seu desenvolvimento histórico	49
3.10 A Termodinâmica e a Termoquímica	50
3.11 A entropia e o processo de cristalização	50
3.11.1 A estrutura cristalina	51
3.12 O Poder dos Cristais	52

4. PROCEDIMENTOS DIDÁTICOS-METODOLÓGICOS	54
4.1 Caracterização da pesquisa	54
4.2 Público-alvo	54
4.3 Descrição a proposta	55
4.4 Preparação para aplicação da UEPS	56
4.5 Aspectos sequenciais da UEPS	56
4.6 Definição do conteúdo abordado	56
4.7 Levantamento dos conhecimentos prévios	57
4.8 Situações-problema em nível introdutório	57
4.9 Apresentação do conhecimento a ser Ensinado/Aprendido	58
4.10 Propor uma nova situação-problema em nível de maior complexidade	59
4. 11 Conclusão da UEPS	60
4.12 Avaliação da aprendizagem através da UEPS	60
4.13 Análise do êxito da aplicação da UEPS	61
4.14 Cronograma da aplicação da UEPS	61
5. RESULTADOS E DISCUSSÕES	63
5.1 Atividade Introdutória- Questionário de Sondagem	63
5.2 Atividades com mapas conceituais	65
5.3 A conclusão da UEPS- Produzindo cristais	70
5.5 Avaliação da Aprendizagem por meio da UEPS	82
CONSIDERAÇÕES FINAIS	88
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	90
APÊNDICES.....	94
APÊNDICE A	95
APÊNDICE B	97
APÊNDICE C	98
APÊNDICE D	99
APÊNDICE E	102
APÊNDICE F	104
APÊNDICE G	107
ANEXO	166
ANEXO A	167
ANEXO B.....	169
ANEXO C	171

ANEXO D	173
ANEXO E.....	174
ANEXO F	183
ANEXO G	184

INTRODUÇÃO

No contexto do ensino de Física atual, críticas severas são direcionadas principalmente ao método das aulas, à excessiva utilização de expressões algébricas, à abordagem histórica insuficiente e à escassa utilização de experimentos durante as aulas (HÜLSENDEGER, 2007). Por isso, não é surpreendente que muitos alunos desenvolvam uma aversão à disciplina de Física. Essa aversão se inicia quando os estudantes ainda se encontram no ensino fundamental e a componente curricular de Ciências começa a dar espaço aos conteúdos de Física e Química, e não só de Biologia.

Diante desses desafios, os professores têm implementado novas abordagens e estratégias pedagógicas para despertar o interesse dos alunos no processo de ensino e aprendizagem (FERNANDES, 2010 *apud* GRASSELLI, 2018). Essas metodologias buscam destacar a presença da Física no cotidiano dos alunos, utilizando seus conhecimentos prévios e mostrando-a como uma ciência interconectada com outras áreas, e não apenas mais uma matéria na grade escolar.

Aprender a disciplina de Física vai além de saber manusear equações e aplicar em avaliações, o que torna a aprendizagem, muitas vezes, mecanizada e sem significado. Este tipo de aprendizagem refere-se a um processo em que os alunos absorvem informações sem compreender o contexto ou a aplicação prática dos mesmos. Nesse cenário, o foco muitas vezes está na repetição e na reprodução de informações, sem que haja uma conexão clara com experiências prévias ou um entendimento mais profundo.

Por outro lado, existe a aprendizagem significativa que se caracteriza pela interação entre conhecimentos prévios e conhecimentos novos” (MOREIRA, 2010, p.2). Por meio desse tipo de aprendizagem os estudantes são levados a não utilizarem seus conhecimentos apenas para replicação em avaliações, esquecendo-os rapidamente após estas. Para Ausubel, “as duas formas de aprendizagem se complementam na medida em que a aprendizagem mecânica pode levar à aprendizagem significativa” (SOUZA, 2019, p.19), isso porque os conhecimentos mecanizados podem perfeitamente se organizar chegando até a aprendizagem significativa.

Segundo Moreira (2010), para que a aprendizagem significativa aconteça são necessários os organizadores prévios e os subsunçores. Os organizadores prévios são ferramentas utilizadas pelo professor antes de se iniciar diretamente a aprendizagem de novos temas. Noutras palavras, os organizadores são “recurso instrucional apresentado em um nível mais alto de abstração, generalidade e inclusividade em relação ao material

de aprendizagem” (MOREIRA, 2012, p. 11). Já os subsunçores são conhecimentos específicos que já existem na estrutura de conhecimento do indivíduo (MOREIRA, 2012). Logo, para que um estudante consiga assimilar significativamente determinado conteúdo, é necessário que existam subsunçores disponíveis em sua estrutura cognitiva. De modo contrário, a aprendizagem significativa não acontece.

Para se obter a aprendizagem significativa, grande parte dos professores tem adotado novas maneiras de abordar o conteúdo em sala de aula. Em se tratando da disciplina de Ciências, a qual muitas vezes é fragmentada em Biologia, Física e Química, a abordagem que pode ser adotada é a interação destas componentes curriculares. Para que isso ocorra, é necessário que o aluno consiga vincular conteúdos já trabalhados em sala de aula com novos conhecimentos a serem ensinados.

Dentro da grande escala de conteúdos presentes na Física, a Termodinâmica, área de conhecimento que busca entender os processos que envolvem o calor e as transformações causadas por ele, tem um papel fundamental para o processo de aprendizagem dos alunos com relação à Física, tendo esta, grande influência nos estudos da Termoquímica. Tais áreas do conhecimento também podem perfeitamente se unir e tratar de temas importantes dentro da Física e da Química de maneira simultânea.

Tendo em vista o exposto, a ideia central deste trabalho é tratar de fenômenos físicos e químicos presentes na formação de um cristal, levando para a sala de aula situações-problema que façam o educando pensar e discutir acerca do misticismo e da pseudociência que envolvem o poder dos cristais.

Os cristais têm sido associados ao longo da história a uma variedade de poderes e propriedades místicas que muitas vezes transcendem explicações científicas convencionais, caracterizando-se como pseudociência. A crença em suas capacidades de cura, proteção energética e amplificação de intenções é disseminada globalmente, embora frequentemente careça de fundamentação científica rigorosa. Contudo, para muitos praticantes de terapias alternativas, os cristais representam uma conexão espiritual profunda com a Terra e suas energias sutis, exercendo um poder simbólico e metafísico que ressoa em várias tradições espirituais e filosofias holísticas (HALL, 2003). Além de suas propriedades espirituais, segundo Raghavan e Pillai (2012), os cristais como o quartzo têm aplicações concretas na tecnologia moderna, sendo essenciais em dispositivos eletrônicos devido às suas propriedades piezoelétricas e capacidade de controlar frequências em relógios e osciladores. Essa dualidade dos cristais, como objetos

de crença pseudocientífica e componentes cruciais na tecnologia de ponta, destaca sua persistente relevância cultural e científica ao longo dos tempos.

Baseado nas informações apresentadas até o momento, podemos também abordar o processo de criar uma Unidade de Ensino Potencialmente Significativa (UEPS). Segundo Moreira (2010), essas unidades são sequências de ensino embasadas em teoria e orientadas para uma aprendizagem significativa e não mecânica. Deste modo, este trabalho tem por objetivo produzir e desenvolver uma sequência didática no Ensino Fundamental II, baseada na Unidade de Ensino Potencialmente Significativa (UEPS) de Marco Antônio Moreira, fundamentada na Teoria da Aprendizagem Significativa de David Ausubel, para o ensino dos conceitos de temperatura, calor, entropia e energia interna, relacionados ao crescimento e estrutura interna dos cristais, tendo em vista o misticismo por trás do poder dos cristais.

Para tal, foi necessário seguir os oito (08) passos da UEPS propostos por Marco Antônio Moreira (2011), sendo eles:

1. Definir o tópico a ser abordado;
2. Verificar os conhecimentos prévios dos alunos – subsunçores;
3. Propor situação – problema;
4. Apresentar o conhecimento a partir da diferenciação progressiva;
5. Propor uma nova situação – problema mais complexa;
6. Concluir a UEPS - retomar o processo de diferenciação progressiva.
7. Avaliação da aprendizagem por meio da UEPS – a avaliação de desempenho dos alunos será composta pelos registros de evidências de aprendizagem significativa observados ao longo de sua aplicação e de uma avaliação somativa individual após o sexto passo.
8. Avaliação da UEPS – será exitosa se a avaliação de desempenho indicar aprendizagem significativa crítica (captação de significados, compreensão, capacidade de aplicar o conhecimento para resolver situações – problema).

A partir dos passos citados acima, foi necessário averiguar as seguintes especificidades:

- A existência de conhecimentos prévios sobre noções básicas da Termodinâmica, na estrutura cognitiva do estudante;
- Propor situações-problema por meio de leitura e discussões, vídeos, atividades experimentais, que possam funcionar também como organizadores prévios;
- Promover atividades contextualizadas e apresentação em sala temática visando motivar a participação dos discentes;

- Verificar a potencialidade da UEPS, a partir das evidências de aprendizagem significativa do conteúdo estudado.

A proposta de ensino foi aplicada no Colégio Método, rede privada de ensino de Vitória da Conquista- BA, nos meses de outubro e novembro de 2023.

A elaboração desta dissertação segue a estruturação em sete capítulos de acordo com as diretrizes do Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física- MNPEF. Os capítulos são organizados da seguinte forma: Introdução (Capítulo 1), Revisão Bibliográfica (Capítulo 2), Referencial Teórico (Capítulo 3), Capítulo de Física (Capítulo 4), Procedimentos didáticos-metodológicos (Capítulo 5), Resultados e Discussões (Capítulo 6), e Considerações Finais (Capítulo 7).

1. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

A revisão bibliográfica aqui presente deu início por meio de uma pesquisa dos trabalhos que envolvem a Termodinâmica e o crescimento de cristais. Esta pesquisa foi realizada em três partes buscando trabalhos que foram realizados entre os anos de 1967 à 2023. Na primeira delas foram procurados trabalhos por meio de um levantamento feito no Google acadêmico, na segunda foram procurados trabalhos no site do MNPEF, por fim, no terceiro foram procurados trabalhos em revistas de ensino de Física e ensino de Ciências.

Foi constatado que as publicações referentes ao tema nas revistas especializadas em Ensino de Física e Ciências não afetaram a originalidade deste estudo. As revistas possibilitaram buscas por meio de palavras-chave no Google Acadêmico ou diretamente em seus próprios sites. Quando essas opções não estavam disponíveis, a pesquisa se baseava em índices de títulos e resumos das publicações. Logo, a investigação feita para produção desta revisão bibliográfica foi conduzida pela internet.

1.1 Google Acadêmico

O Google Acadêmico é uma ferramenta de busca oferecida pelo Google que se concentra em pesquisar artigos acadêmicos, teses, dissertações, livros e trabalhos relacionados a pesquisas científicas. Ele fornece acesso a materiais revisados por pares, sendo uma plataforma útil para estudantes, pesquisadores e acadêmicos na busca por informações acadêmicas.

De acordo a Quadro 1, segue o levantamento realizado nesta ferramenta de buscas acadêmicas.

Quadro 1: Levantamento no Google Acadêmico

<i>Google Acadêmico</i> Acervo de 1967 à 2023		
Termo de busca	Número de resultados	Observações
Crescimento de cristais	92.700	_____
Crescimento de cristais e Ensino de Física	21.700	_____
Crescimento de cristais e UEPS	87	_____
Cristais	139.000	_____
Cristais e Entropia	9.130	Se tratando de um termo que envolve o “ensino”, foi o menor número de resultado encontrado se comparado com os demais expostos neste Quadro.

Por meio do Google Acadêmico foi possível encontrar diversos trabalhos ao pesquisar “dissertação + palavra-chave”. É válido ressaltar que quase 100% dos trabalhos encontrados não são de mestrados na área da Física, mas sim mestrados em engenharia nuclear, engenharia química, ensino de química ou mestrado em ciências.

Em se tratando de dissertações que aborda o tema “cristal”, em 2019, foi aprovada uma dissertação de Mestrado em Ciências, que se trata do crescimento de cristais. Segundo Tomaz (2019), o objetivo de seu trabalho foi desenvolver cristais cintiladores inorgânicos, estudando o comportamento desses cristais ao serem excitados com diferentes níveis de energia de radiação alfa, gama e radiação de nêutrons.

Ao pesquisar a junção dos termos “crescimento de cristais e entropia”, foram encontrados diversos trabalhos, entre eles se encontra uma dissertação na área de engenharia química. De acordo com Silva (2018), o objetivo de seu trabalho foi desenvolver um modelo de processos de cristalização utilizando uma abordagem entrópica e avaliar os efeitos de variáveis do processo na taxa de produção de entropia no sistema. Essa modelagem levou em conta a segunda lei da termodinâmica e resultou em um modelo que representa a taxa de geração de entropia de processos de cristalização.

1.2 Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física- MNPEF

O Programa Nacional de Mestrado Profissional em Ensino de Física (MNPEF) é um programa nacional de pós-graduação de caráter profissional, voltado a professores de ensino médio e fundamental com ênfase principal em aspectos de conteúdos na Área de Física. É uma iniciativa da Sociedade Brasileira de Física (SBF) com o objetivo de coordenar diferentes capacidades apresentadas por diversas Instituições de Ensino Superior (IES) distribuídas em todas as regiões do País.

De acordo o Quadro 2, segue o levantamento realizado no site do MNPEF.

Quadro 2: Levantamento no MNPEF

<i>MNPEF</i>		
Acervo de 2013 à 2023		
Termo de busca	Número de resultados	Observações
Crescimento de cristais	00	_____
Crescimento de cristais e Ensino de Física	00	_____
Crescimento de cristais e UEPS	00	_____
Cristais	01	O único trabalho encontrado no site não leva em consideração as ideias buscadas para este trabalho que envolvem o misticismo e a pseudociência por trás do crescimento dos cristais aplicados dentro de uma UEPS.
Cristais e Entropia	00	_____

Na pesquisa feita por meio de termos de busca no site MNPEF, apenas um trabalho foi encontrado ao digitar a palavra “cristais”. O trabalho de Silva (2019) trata-se de uma pesquisa, realizada com estudantes do ensino médio, relacionada à introdução de

conceitos de física que estão presentes na nanotecnologia. No trabalho em questão, o autor aborda como a tecnologia dos cristais líquidos está inserida no cotidiano dos estudantes.

1.3 Revista Brasileira de Ensino de Física- RBEF

É uma publicação de acesso livre da Sociedade Brasileira de Física (SBF) voltada à melhoria do ensino de Física em todos os níveis de escolarização. Através da publicação de artigos de alta qualidade, revisados por pares, a revista busca promover e divulgar a Física e ciências correlatas, contribuindo para a educação científica da sociedade como um todo. Ela publica artigos sobre aspectos teóricos e experimentais de Física, materiais e métodos instrucionais, desenvolvimento de currículo, pesquisa em ensino, história e filosofia da Física, política educacional e outros temas pertinentes e de interesse da comunidade engajada no ensino e pesquisa em Física.

De acordo o Quadro 3, segue o levantamento realizado na Revista Brasileira de Ensino de Física.

Quadro 3: Levantamento na RBEF

<i>RBEF</i>		
Acervo de 2013 à 2023		
Termo de busca	Número de resultados	Observações
Crescimento de cristais	00	_____
Crescimento de cristais e Ensino de Física	00	_____
Crescimento de cristais e UEPS	00	_____
Cristais	05	Os trabalhos encontrados por meio deste termo de busca não envolvem o ensino relacionado crescimento de cristais e a pseudociência.
Cristais e Entropia	00	_____

No primeiro trabalho utilizando o termo de busca “cristais”, Pacheco (2023) realiza uma análise da descoberta dos raios X por Wilhelm Conrad Röntgen, explorando documentos originais de cientistas como William Crookes, Heinrich Rudolf Hertz e Philipp Lenard.

No segundo trabalho, Figueiredo Neto (2021) realiza uma revisão bibliográfica sobre os cristais líquidos liotrópicos e sua interface com o sistema biológico.

No terceiro trabalho, Studart (2018) realizou uma análise do artigo original de Feynman sobre os pólarons e a sua conexão com a supercondutividade. É válido ressaltar que tal trabalho foi de caráter teórico.

No quarto trabalho, no artigo de Bechtold (2005) é apresentada uma pesquisa sobre o mundo dos cristais líquidos. Neste trabalho são abordadas as teorias fenomenológicas existentes na literatura para descrever o meio líquido-cristalino.

Por fim, no último trabalho, Delatorre e Azevedo (2001) mostra o efeito da vibração térmica na densidade eletrônica de cristais bidimensionais, usando o programa Mathematica. É apresentado um modelo de cristal simples para ajudar no ensino de conceitos básicos relacionados à cristalografia.

1.4 Caderno Brasileiro de Ensino de Física- CBEF

O Caderno Brasileiro de Ensino de Física (CBEF) é uma publicação do Departamento de Física da UFSC, desde dezembro de 1984. É um periódico quadrimestral, arbitrado, indexado, direcionado prioritariamente para os cursos de Licenciatura em Física e amplamente utilizado em pós-graduações em Ensino de Ciências/Física e em cursos de aperfeiçoamento para professores do Nível Médio.

Quadro 4: Levantamento no CBEF

<i>CBEF</i> Acervo de 1996 a 2023		
Termo de busca	Número de resultados	Observações
Crescimento de Cristais	00	_____
Crescimento de cristais e Ensino de Física	00	_____
Crescimento de cristais e UEPS	00	_____
Cristais	06	Destes nenhuma trata de conceitos termodinâmicos específicos relacionados aos cristais.
Cristais e Entropia	00	_____

Na pesquisa realizada no CBEF, foram encontrados seis (06) trabalhos ao pesquisar pela palavra-chave “cristais”, destes apenas dois tratam do ensino de física relacionado aos cristais. O primeiro trabalho trata de uma revisão bibliográfica de modo a analisar as principais contribuições e desafios atribuídos à abordagem do tema “Nanociência e Nanotecnologia” no ensino de Física (Tonet e Leonel, 2019). Já o segundo descreve o funcionamento dos mostradores de cristal monocromáticos, empregados na maioria dos displays de relógios, calculadoras e etc. (Laburú, Simõe e Urbano, 1998).

1.5 Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências- RBPEC

A Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências (RBPEC) é uma publicação da Associação Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências (ABRAPEC) e tem como objetivo disseminar resultados e reflexões advindos de investigações conduzidas na área de Educação em Ciências, com ética e eficiência, de forma a contribuir para a consolidação da área, para a formação de pesquisadores, e para a produção de conhecimentos em Educação em Ciências, que fundamentem o desenvolvimento de ações educativas responsáveis e comprometidas com a melhoria da educação científica e com o bem estar social.

Quadro 5: Levantamento na RBPEC

<i>RBPEC</i>		
Acervo de 1996 a 2023		
Termo de busca	Número de resultados	Observações
Crescimento de cristais	00	_____
Crescimento de cristais e Ensino de Física	00	_____
Crescimento de cristais e UEPS	00	_____
Cristais	00	_____
Cristais e Entropia	00	_____

Por fim, ao pesquisar todos os termos desta pesquisa na RBPEC, nenhum resultado foi encontrado, como mostra o Quadro 5.

1.6 Contribuições da revisão bibliográfica

Ainda que o presente trabalho esteja centrado no ensino do crescimento de cristais junto a Termodinâmica, no misticismo e na pseudociência envolvendo a UEPS, a pesquisa de revisão bibliográfica permitiu compreender as abordagens diversas de alguns pesquisadores sobre temas “semelhantes”. Contudo, por meio desta revisão, foi possível perceber que nenhum dos trabalhos encontrados está direcionado ao ensino do crescimento de cristais, das aplicações tecnológicas dos cristais junto ao ensino de física, do misticismo e da pseudociência por trás do poder dos cristais, isso revela a importância desta dissertação para o meio acadêmico, trazendo inovação para o processo de ensino-aprendizagem dentro da Física.

No entanto, por meio do mapeamento desenvolvido neste trabalho, foi possível notar que existe, entre os pesquisadores, motivação e comprometimento com a pesquisa. Sendo assim, apesar dos poucos trabalhos encontrados nos tópicos específicos desta pesquisa, foi de muita valia o tempo dedicado a ela.

2. REFERENCIAL TEÓRICO

Este capítulo tem como objetivo estabelecer uma base teórica para todos os princípios das Unidades de Ensino Potencialmente Significativas (UEPS), os quais foram propostos por diversos autores, dentro do contexto das teorias que fundamentam suas ideias. Todavia, a intenção não é abordar toda a extensão dessas teorias, mas sim fornecer uma fundamentação geral, concentrando-se nas partes que compõem esses princípios. O propósito é esclarecer o que orientou a elaboração dos procedimentos metodológicos e a discussão dos resultados apresentados nesta dissertação.

Nas seções subsequentes são abordadas a Teoria da Aprendizagem Significativa de Ausubel, a qual foi a mais discutida pelo entendimento de ser a mais relevante para a UEPS; a Teoria da aprendizagem significativa crítica de Moreira; e por fim, as Unidades de Ensino Potencialmente Significativas.

2.1 A TEORIA DA APRENDIZAGEM SIGNIFICATIVA DE DAVID AUSUBEL

A teoria da aprendizagem significativa, elaborada por David Ausubel, destaca-se como um paradigma influente no campo da psicologia educacional, fornecendo um arcabouço conceitual sólido para compreender os processos cognitivos envolvidos na aquisição de conhecimento. Ausubel, psicólogo norte-americano, desenvolveu essa teoria como uma alternativa à aprendizagem mecânica, visando promover uma assimilação mais profunda e duradoura do conteúdo educacional (MOREIRA, 2012).

A base da teoria de Ausubel reside na premissa de que a aprendizagem ocorre de maneira mais eficaz quando os novos conhecimentos são relacionados de forma significativa com as estruturas cognitivas já existentes no indivíduo. Ausubel introduz o conceito de "subsunoçores" - ideias já presentes na mente do aprendiz - que servem como ancoragem para a assimilação de novas informações. A construção de significado, segundo Ausubel, depende da incorporação dessas novas ideias em uma estrutura mental já estabelecida.

O termo "subsunoçor" deriva do verbo "subsumir" e refere-se à incorporação de um indivíduo numa espécie, ou à inferência de uma ideia a partir de uma lei (VALADARES; MOREIRA, 2009). Conforme descrito por Moreira (2012), esses subsunoçores são conhecimentos específicos já presentes na estrutura cognitiva do sujeito, possibilitando a atribuição de significado a novos conhecimentos. A estrutura cognitiva do sujeito é

caracterizada como um conjunto hierárquico de subsunçores dinamicamente inter-relacionados (Moreira, 2012), apresentando uma natureza singular e complexa.

Conforme destacado por Valadares e Moreira (2009), essa estrutura abriga todas as componentes afetivas do indivíduo e reflete o resultado de suas ações e vivências, ou seja, as afirmações e conceitos previamente assimilados pelo indivíduo. Portanto, a relevância dos subsunçores na aprendizagem significativa reside na sua capacidade única de atuar como elementos fundamentais para a construção de significado em novos contextos educacionais.

Um aspecto distintivo da teoria é a ênfase na organização hierárquica do conhecimento. Ausubel propõe que o material de ensino deve ser estruturado de maneira a refletir a hierarquia dos conceitos, facilitando assim a ligação entre o novo conhecimento e as ideias prévias do aprendiz. Essa organização facilita a ancoragem do novo conteúdo, promovendo uma aprendizagem mais significativa.

Nesse sentido, Ausubel, Novak e Haniensem (1980) destacam que a aprendizagem significativa não deve ser compreendida de maneira simplista como a mera absorção de material significativo. Na perspectiva da aprendizagem significativa, os materiais são considerados potencialmente significativos quando incorporam significados intrínsecos. Em outras palavras, a aquisição de novos significados se realiza, por definição, antes mesmo de qualquer tentativa formal de aprendizagem.

Deste modo, para implementar efetivamente a teoria da aprendizagem significativa, é essencial incorporar estratégias pedagógicas específicas. Ausubel destaca a importância de despertar o interesse do aluno, utilizando materiais instrucionais relevantes e incentivando a participação ativa. O diálogo entre educador e aluno também é crucial para esclarecer conceitos e promover a construção de significado. Ausubel aponta duas condições para ocorrer uma aprendizagem significativa:

Uma das condições [...], portanto, é que o material seja relacionável (ou incorporável) à estrutura cognitiva do aprendiz, de maneira não arbitrária e não literal. Um material com essa característica é dito potencialmente significativo. [...] A outra condição é que o aprendiz manifeste uma disposição para relacionar de maneira substantiva e não arbitrária o novo material, potencialmente significativo, à sua estrutura cognitiva. (MOREIRA, 2019, p. 163-164).

O autor destaca duas condições fundamentais para que ocorra a aprendizagem significativa. Primeiramente, ressalta a necessidade de o material didático ser relacionável ou incorporável à estrutura cognitiva do aprendiz, de maneira não arbitrária e não literal. Isso significa que o conteúdo deve ser apresentado de forma a estabelecer conexões naturais e substanciais com os conhecimentos prévios do aprendiz, evitando abordagens que sejam percebidas como aleatórias ou desconectadas da experiência cognitiva do indivíduo.

A caracterização do material como potencialmente significativo é atribuída a sua capacidade intrínseca de se integrar organicamente à estrutura cognitiva do aprendiz. Em outras palavras, quando um material atende a essa condição, ele é percebido como portador de potencial para construir significados e ser internalizado de maneira mais profunda e duradoura.

A segunda condição enfatiza a necessidade de que o aprendiz demonstre uma disposição ativa para relacionar, de maneira substantiva e não arbitrária, o novo material potencialmente significativo à sua estrutura cognitiva. Este aspecto realça a importância da participação ativa e do envolvimento do aprendiz no processo de aprendizagem. A disposição do aprendiz para estabelecer conexões significativas implica não apenas receptividade, mas também um engajamento cognitivo reflexivo na assimilação do novo conhecimento.

Dessa forma, a citação destaca a interação dinâmica entre o material de ensino e a disposição do aprendiz como elementos essenciais para que a aprendizagem significativa ocorra. A ênfase na relação não arbitrária e substantiva entre o novo conhecimento e a estrutura cognitiva evidencia a importância de estratégias pedagógicas que promovam a conexão significativa entre conceitos, visando proporcionar uma aprendizagem mais profunda e integrada. Essa abordagem ressoa com a concepção de Ausubel sobre a relevância da ancoragem do novo conhecimento aos esquemas cognitivos preexistentes do aprendiz, promovendo, assim, a construção de significado e a internalização do conhecimento.

2.2 A APRENDIZAGEM SIGNIFICATIVA CRÍTICA DE MOREIRA

A Teoria da Aprendizagem Significativa Crítica, desenvolvida por Marco Antônio Moreira, emerge como uma abordagem inovadora e reflexiva no campo da psicologia educacional. Esta teoria representa uma extensão da concepção clássica da Aprendizagem

Significativa de David Ausubel, incorporando elementos críticos que aprofundam a compreensão do processo de aprendizagem. Segundo o autor,

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).

O autor encapsula de maneira precisa o cerne da aprendizagem significativa, proporcionando uma compreensão clara dos elementos fundamentais envolvidos no processo. Ao afirmar que a aprendizagem significativa ocorre quando ideias simbolicamente expressas interagem de maneira substantiva e não-arbitrária com o conhecimento prévio do aprendiz, Moreira destaca dois pontos cruciais.

Em primeiro lugar, a interação substantiva sugere que a assimilação de novas ideias não se limita a uma interpretação literal ou ao pé-da-letra. Pelo contrário, a aprendizagem significativa envolve uma compreensão profunda e não superficial, permitindo que as novas ideias se entrelacem de maneira não restrita com os conhecimentos existentes. Essa interação substantiva propicia a criação de significados mais profundos e conexões mais ricas entre os conceitos, contribuindo para uma aprendizagem mais duradoura e compreensiva.

Em segundo lugar, a não-arbitrariedade ressalta a importância da relevância específica do conhecimento prévio na estrutura cognitiva do aprendiz. Isso implica que a aprendizagem significativa não ocorre de maneira aleatória, mas sim quando as novas ideias estão intrinsecamente relacionadas a conhecimentos pré-existentes que são particularmente pertinentes ao sujeito que aprende. Essa não-arbitrariedade enfatiza a necessidade de uma conexão lógica e contextual entre o novo conhecimento e a base cognitiva do aprendiz, favorecendo uma compreensão significativa.

Nessa perspectiva, Moreira propõe que a aprendizagem significativa crítica vai além da simples assimilação de informações para a construção de significados conscientes e reflexivos. Em sua abordagem, ele destaca a importância de uma visão crítica e contextualizada do conhecimento, considerando não apenas a estrutura cognitiva individual do aprendiz, mas também as dimensões socioculturais, políticas e históricas que moldam esse conhecimento. Sobre isso, o autor elenca que:

É preciso chamar atenção que aprendizagem significativa não é, necessariamente, aquela que comumente chamamos de “correta”. Quando o sujeito atribui significados a um dado conhecimento, ancorando-o interativamente em conhecimentos prévios, a aprendizagem é significativa, independente de se estes são os aceitos no contexto de alguma matéria de ensino (MOREIRA, 2012, p. 8).

Dessa maneira, compreende-se que, na aprendizagem significativa, o conteúdo escolar não apenas interage com outros conhecimentos do ambiente escolar, mas também se relaciona com outros saberes provenientes de diversas origens. Esse processo possibilita a formulação de novos significados, adotando uma perspectiva não literal e não arbitrária. Nesse contexto, o papel do educador transcende o de mero transmissor de conhecimento para tornar-se um facilitador, fomentando a construção ativa de saberes pelos alunos (MOREIRA, 2010; AUSUBEL, 1968).

A teoria reconhece a influência do contexto social na construção de significados e incentiva uma abordagem crítica diante dos conteúdos apresentados. Isso implica questionar, analisar e compreender as relações de poder, os valores culturais e as ideologias que permeiam o conhecimento. Moreira propõe que a aprendizagem significativa crítica não se limite à assimilação passiva de informações, mas envolva uma participação ativa e reflexiva do aprendiz na construção do conhecimento.

Além disso, a teoria destaca a importância da contextualização do aprendizado, integrando a experiência do aluno com a realidade social e cultural em que está inserido. Isso promove não apenas uma compreensão mais profunda dos conceitos, mas também uma conscientização crítica sobre o papel do conhecimento na sociedade. Segundo Moreira (2005), temos alguns pontos importantes que direcionam ao caminho da aprendizagem significativa crítica, os quais podemos observar a seguir:

Perguntas ao invés de respostas (estimular o questionamento ao invés de dar respostas prontas).

Diversidade de materiais (abandono do manual único). Aprendizagem pelo erro (é normal errar; aprende-se corrigindo os erros).

Aluno como perceptor representador (o aluno representa tudo o que percebe)

Consciência semântica (o significado está nas pessoas, não nas palavras).

Incerteza do conhecimento (o conhecimento humano é incerto, evolutivo).

Desaprendizagem (às vezes o conhecimento prévio funciona como obstáculo epistemológico).

Conhecimento como linguagem (tudo o que chamamos de conhecimento é linguagem).

Diversidade de estratégias (abandono do quadro-de-giz) (MOREIRA, 2005, p. 13).

Conforme orienta Moreira (2005), a implementação dos princípios facilitadores é essencial para viabilizar a ocorrência da aprendizagem significativa crítica, especialmente quando optamos por conduzir uma prática educacional que se distancia dos métodos tradicionais de ensino.

De acordo com a perspectiva de Moreira e Massoni (2015), a aprendizagem significativa crítica é iniciada por meio da adoção de uma postura específica por parte do professor na condução do ensino. Nesse contexto, a estratégia de ensino-aprendizagem escolhida pelo educador desempenha um papel crucial na promoção da mudança de comportamento do aluno durante as aulas. Os autores propõem os seguintes princípios:

- Princípio da interação social e do questionamento: aprender/ensinar perguntas em lugar de respostas.
- Princípio da não centralidade do livro de texto: aprender a partir de distintos materiais educativos.
- Princípio da consciência semântica: aprender que o significado está nas pessoas, não nas palavras, nas coisas.
- Princípio da aprendizagem pelo erro: aprender que o ser humano aprende corrigindo seus erros.
- Princípio da desaprendizagem: aprender a desaprender, a não usar conceitos e estratégias irrelevantes, ou obstaculizadores de novas aprendizagens.
- Princípio da incerteza do conhecimento: aprender que perguntas são instrumentos de percepção constituem o principal instrumento intelectual disponível para os seres humanos. O conhecimento humano depende das definições, perguntas e metáforas utilizadas para construí-lo.
- Princípio do abandono do quadro de giz (lousa): aprender a partir de diferentes estratégias de ensino. Abandono da narrativa do professor como única estratégia (MOREIRA; MASSONI, 2015, p. 28).

Assim, visando estabelecer um ambiente propício para a aprendizagem significativa crítica, torna-se fundamental a reconfiguração da estratégia de ensino adotada pelo professor. Isso implica na escolha de práticas inovadoras que se distanciem dos métodos tradicionais, os quais têm como foco central o professor como detentor único de conhecimento, assumindo um papel de manual absoluto para a sala de aula. Ao adotar uma postura que incentiva a reflexão, o questionamento crítico e a conexão do conteúdo com experiências reais, o educador cria um ambiente propício para a construção de significados pelos alunos.

Nesse contexto, a estratégia de ensino-aprendizagem não se limita a técnicas tradicionais, mas busca incorporar métodos que estimulem a participação ativa dos estudantes, promovendo a compreensão profunda dos conceitos e a internalização do

conhecimento. A mudança de comportamento do discente é, portanto, uma resposta direta à abordagem pedagógica adotada, destacando a importância do engajamento ativo e da construção de significados pessoais no processo de aprendizagem significativa crítica.

Em resumo, a Teoria da Aprendizagem Significativa Crítica de Moreira representa uma evolução da abordagem de Ausubel, incorporando uma perspectiva crítica e sociocultural na compreensão do processo de aprendizagem. Essa abordagem não apenas encoraja uma visão mais ampla e engajada do conhecimento, mas também promove a construção ativa e crítica de significados em um contexto mais amplo, transcendendo a mera assimilação de informações. Esses elementos se conectam, evidenciando a necessidade de práticas pedagógicas que incentivem a participação ativa dos alunos e a construção de significados profundos e reflexivos.

2.3 UNIDADES DE ENSINO POTENCIALMENTE SIGNIFICATIVAS (UEPS)

O conjunto de conhecimentos acumulados é definido pelo autor como subsunçor, um conceito facilitador ou preexistente para um novo tópico. A partir desse subsunçor, torna-se possível uma aprendizagem compreensiva, acompanhada pela aquisição e retenção de estruturas de conhecimento organizadas e estáveis (TRINDADE; HARTWIG, 2012). No âmbito da aprendizagem, a teoria propõe que a nova informação, direcionada ao indivíduo, especialmente ao aprendiz, seja "ancorada" na Estrutura Cognitiva (EC) de maneira a adquirir significado. Nesse sentido, Ausubel enfatiza que o processo de aprendizado é mais eficaz quando o estudante é capaz de integrar os novos conteúdos ao repertório de conceitos previamente organizados, evitando assim associações espúrias na estrutura cognitiva (PELIZZARI et al., 2002).

Portanto, observa-se que o conhecimento prévio do aprendiz é uma condição essencial para a Aprendizagem Significativa (AS), desempenhando um papel crucial no processo de ensino e aprendizagem. A partir dessa perspectiva, inferimos que, para alcançar uma aprendizagem com significado para o aluno, o professor deve, em primeiro lugar, identificar o que o estudante já conhece antes de apresentar o novo conteúdo. Além disso, destaca-se que outra condição vital para a AS é a disposição do aprendiz para aprender de maneira significativa, ou seja, o desejo de atribuir significado ao novo conhecimento (MOREIRA, 2011).

As Unidades de Ensino Potencialmente Significativas (UEPS), por exemplo, surgem como uma metodologia a ser adotada pelo professor, visando fornecer

contribuições para o desenvolvimento de uma aprendizagem progressivamente mais significativa, em contraposição à abordagem mecânica de aprendizagem, conforme destacado por Moreira, “são sequências de ensino fundamentadas teoricamente, voltadas para a aprendizagem significativa, não mecânica, que podem estimular a pesquisa aplicada em ensino, aquela voltada diretamente à sala de aula” (2011, p. 02).

Nesse sentido, as UEPS referem-se a uma abordagem pedagógica que busca criar unidades de ensino ou atividades educacionais que tenham o potencial de promover aprendizagem significativa. Este conceito é fundamentado nas teorias da aprendizagem significativa, especialmente na proposta por David Ausubel, e destaca a importância de construir conexões entre novos conhecimentos e o conhecimento prévio do aluno.

Moreira destaca que, ao utilizar as UEPS, os professores têm a oportunidade de criar situações de aprendizagem que levam em consideração os conhecimentos prévios dos alunos, promovendo uma conexão efetiva entre os novos conteúdos e o que os estudantes já sabem. O autor enfatiza que o conhecimento prévio do aluno é uma condição necessária para a Aprendizagem Significativa, e as UEPS oferecem uma maneira eficaz de integrar esses conhecimentos ao processo de ensino (MOREIRA, 2005).

As UEPS buscam envolver os alunos ativamente no processo de aprendizagem, estimulando a reflexão, o questionamento e a aplicação prática do conhecimento. Dessa forma, as unidades de ensino são projetadas de maneira a desencadear o pensamento crítico e a interação substancial com os conceitos, promovendo, assim, a aprendizagem significativa.

Ao adotar as Unidades de Ensino Potencialmente Significativas, os educadores procuram criar um ambiente educacional mais dinâmico, onde os alunos não apenas absorvem informações, mas também constroem ativamente seu entendimento sobre o conteúdo. Essa abordagem visa tornar a aprendizagem mais significativa, relevante e transferível para diferentes contextos, contribuindo para o desenvolvimento de habilidades cognitivas mais profundas e duradouras.

2.3.1 Mapas Conceituais: um caminho para a Aprendizagem Significativa

Os mapas conceituais, concebidos como importantes ferramentas pedagógicas, têm sido objeto de reflexão por parte de Marco Antônio Moreira. Em suas ponderações, Moreira destaca a eficácia dos mapas conceituais na representação gráfica e organização do conhecimento, enfatizando que eles são instrumentos cognitivos poderosos, pois

possibilitam a explicitação e visualização das relações hierárquicas entre os conceitos de uma determinada área do conhecimento (Moreira, 2005). O autor ainda destaca que

"De maneira geral, mapas conceituais, ou mapas de conceitos, são essencialmente diagramas que ilustram as relações entre conceitos ou entre as palavras que empregamos para expressar esses conceitos.". O autor ainda deixa explícito que "Mapas conceituais não buscam classificar conceitos, mas sim relacioná-los e hierarquizá-los" (MOREIRA, 1997, p. 2).

No entanto, a utilidade dos mapas conceituais vai além da mera representação visual. Para Moreira, essas representações gráficas desempenham um papel fundamental na promoção da aprendizagem significativa. Ele afirma que os mapas conceituais são ferramentas facilitadoras da aprendizagem significativa, auxiliando os alunos a relacionar e integrar conceitos de maneira mais profunda e duradoura (MOREIRA, 2012).

A abordagem de Moreira também destaca a capacidade dos mapas conceituais em evidenciar as conexões entre diferentes áreas do conhecimento. Ele argumenta que os mapas conceituais promovem uma visão integradora, permitindo aos alunos compreenderem como os conceitos se inter-relacionam não apenas dentro de uma disciplina específica, mas também em um contexto mais amplo (MOREIRA, 2012). O autor reconhece a importância dos mapas conceituais no ensino de física, destacando sua utilidade como ferramenta pedagógica para promover a aprendizagem significativa. Os mapas conceituais, nesse sentido, oferecem uma abordagem visual e organizada para representar as relações entre os conceitos fundamentais da física, facilitando a compreensão e a assimilação do conhecimento pelos estudantes.

Ao utilizar mapas conceituais, os educadores podem proporcionar uma visão mais clara e integrada dos conceitos, permitindo que os alunos visualizem as conexões entre diferentes tópicos. Isso contribui para a construção de uma compreensão mais profunda e duradoura, alinhada com os princípios da aprendizagem significativa propostos por Ausubel.

Além disso, a criação colaborativa de mapas conceituais pode promover a interação entre os estudantes, incentivando a discussão e a troca de ideias. Moreira (2005; 2012) destaca que essa abordagem colaborativa não apenas fortalece o entendimento dos conceitos, mas também estimula a construção coletiva do conhecimento, tornando o processo de aprendizagem mais envolvente e participativo.

A ênfase de Moreira na importância dos mapas conceituais no ensino de física ressalta a necessidade de estratégias pedagógicas que favoreçam a construção ativa do conhecimento, a interconexão de conceitos e a participação ativa dos alunos no processo de aprendizagem. Dessa forma, os mapas conceituais se tornam uma valiosa ferramenta para potencializar a compreensão e a retenção dos princípios fundamentais da física.

3. CONCEITOS FÍSICOS E PRINCÍPIOS DA TERMODINÂMICA

Este capítulo aborda conceitos físicos relacionados com os princípios da termodinâmica, os princípios químicos, a estrutura atômica e molecular e os cristais. As bibliografias utilizadas foram: SEARS e ZEMANSKY (2003); HALLIDAY, RESNICK, WALKER (1996); TIPLER (2000); ALONSO e FINN (2014); NUSSENZVEIG (2014); GASPAR (2013); ALLARD (1960).

3.1 A história da Termodinâmica

A história da termodinâmica se desenvolveu ao longo de muitos séculos, impulsionada pelo desejo de entender como calor e energia funcionam nos sistemas físicos. Na metade do século XVII, Robert Boyle e Edme Mariotte investigaram as propriedades dos gases, resultando na formulação da Lei de Boyle (1662), que descreve a relação inversa entre pressão e volume.

No século XVIII, a teoria do calórico, segundo Correia, Magalhães e Lima (2008, p.3), “desenvolvida a partir de postulados essenciais, concebeu o calor como sendo uma substância fluída, que passa de um local para outro. Viam-na também como sendo invisível e indestrutível”. Esta teoria foi influenciada por cientistas como Joseph Black e Antoine Lavoisier.

Sadi Carnot, em 1824, desenvolveu a teoria das máquinas térmicas ideais e introduziu o conceito de ciclo termodinâmico reversível. Isso marcou o início do desenvolvimento sistemático da termodinâmica.

A primeira metade do século XIX viu o estabelecimento da primeira e segunda leis da termodinâmica. Julius Robert Mayer e Hermann von Helmholtz formularam independentemente a lei da conservação da energia. Clausius e Kelvin contribuíram para a formulação da segunda lei.

Rudolf Clausius introduziu o conceito de entropia e desenvolveu a segunda lei matematicamente. Já a terceira lei da termodinâmica foi formulada por Walther Nernst no início do século XX, estabelecendo a impossibilidade de alcançar o zero absoluto em um número finito de etapas.

A termodinâmica estatística, que relaciona as propriedades macroscópicas dos sistemas à média das propriedades microscópicas das partículas que o compõem, foi desenvolvida por cientistas como Ludwig Boltzmann e Josiah Willard Gibbs.

A termodinâmica continuou a se desenvolver, implementando conceitos como termodinâmica química, termodinâmica de não equilíbrio e teoria quântica.

3.2 Calor

Neste tópico serão abordadas as ideias iniciais sobre o conceito de calor, as teorias aceitas até se chegar na definição atual deste conceito.

3.3 As ideias iniciais sobre calor, incluindo a teoria do calórico e a definição atual

Até o século XVI, houve uma escassez notável de estudos e pesquisas sobre o calor, o que resultou em uma compreensão limitada desse fenômeno desde a Antiguidade. O calor era objeto de especulação, e várias teorias foram propostas, mas nenhuma delas conseguia explicar de maneira satisfatória a natureza desse fenômeno. Diversas perspectivas foram apresentadas por estudiosos da época (ALLARD, 1960).

Segundo Silva (1995), alguns estudiosos acreditavam que o calor surgia de vibrações nas partes de uma substância, enquanto outros defendiam a ideia de que o calor era um fluido imponderável, desprovido de peso. Outras teorias consideravam o calor como um fluido que preenchia os espaços interatômicos da matéria. Além disso, havia aqueles que concebiam o calor como uma substância indestrutível, impossível de ser criada por qualquer processo. Essa diversidade de abordagens refletia a falta de consenso e clareza na compreensão do calor até aquele momento, destacando a complexidade do fenômeno e as dificuldades enfrentadas pelos estudiosos para elucidá-lo de forma abrangente.

A teoria do calórico, que considerava o calor como um fluido invisível e incolor chamado "calórico", tornou-se proeminente (Gaspar, 2013). De acordo com essa teoria, os corpos possuíam uma certa quantidade de calórico e trocavam-no durante os processos de aquecimento e resfriamento. Para Castro (1993), a teoria postulava que o calor não era uma propriedade intrínseca dos corpos, mas sim um fluido que poderia ser adicionado ou removido. Esse calórico explicaria o aumento de temperatura quando adicionado a um corpo e a diminuição quando removido.

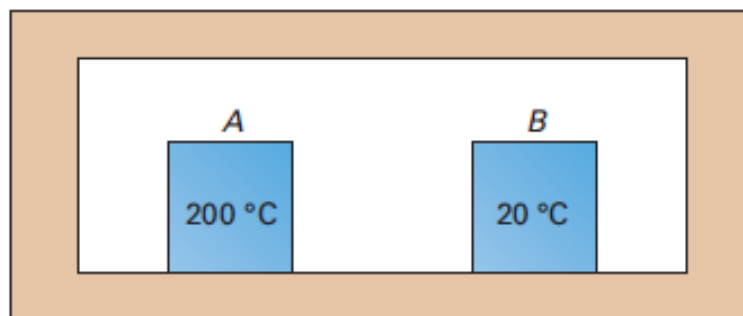
De acordo com a teoria, a expansão e contração dos corpos estavam relacionadas à quantidade de calórico que possuíam. Acreditava-se que a adição de calórico fazia com que as partículas se afastassem, resultando na expansão do corpo. A teoria do calórico

também buscava explicar as mudanças de estado da matéria. A fusão de sólidos para líquidos e a vaporização de líquidos para gases eram vistas como processos nos quais o calor era absorvido (SILVA, 1995).

3.3.1 Definindo o calor

Calor é uma forma de energia que é transferida entre sistemas ou objetos como resultado de uma diferença de temperatura entre eles. Quando dois corpos estão em contato térmico e têm temperaturas diferentes, o calor flui do corpo mais quente para o corpo mais frio até que eles alcancem o equilíbrio térmico, como mostra a figura 1.

Figura 1: Equilíbrio térmico



Fonte: GASPAR, 2013, p. 239

Para Hewitt (2015), calor não é uma substância ou uma entidade física contida na matéria, mas sim uma manifestação de energia em trânsito. Quando as partículas de um corpo se movem mais rapidamente devido ao aumento de temperatura, a energia cinética delas aumenta. Esse aumento na energia cinética é percebido como calor.

O calor Q é a energia transferida de um sistema para o ambiente ou do ambiente para um sistema por causa de uma diferença de temperatura.

3.3.2 Medindo o calor

O calor é medido em joules (J), calorias (cal) ou British thermal units (Btu); entre essas unidades, existem as seguintes relações:

$$1 \text{ cal} = 3,968 \times 10^{-3} \text{ Btu} = 4,1868 \text{ J.}$$

Se um calor Q é absorvido por um objeto, a variação de temperatura ΔT do objeto é dada por

$$Q = C. (T_f - T_i) \quad (1)$$

em que C é a capacidade térmica do objeto, T_f é a temperatura final e T_i é a temperatura inicial. Se o objeto tem massa m ,

$$Q = c. m. (T_f - T_i) \quad (2)$$

em que c é o calor específico do material de que é feito o objeto.

O calor específico molar de uma substância é a capacidade térmica por mol, ou seja, a capacidade térmica de $6,02 \times 10^{23}$ unidades elementares da substância.

O calor absorvido por um material pode produzir uma mudança de fase do material, da fase sólida para a fase líquida, por exemplo. A energia por unidade de massa necessária para mudar a fase (mas não a temperatura) de um material é chamada de calor de transformação (L). Assim,

$$Q = L. m \quad (3)$$

3.4 Energia Interna

Antes de abordar a definição precisa da energia interna, é essencial explorar seu conceito de maneira abrangente. A energia interna de um sistema físico ou químico representa a soma total de todas as formas de energia contidas dentro desse sistema. Isso engloba tanto a energia cinética das moléculas em movimento quanto a energia potencial associada às interações entre essas partículas constituintes. Em sistemas como gases, líquidos e sólidos, a energia interna pode variar conforme a temperatura, pressão e composição, desempenhando um papel crucial na determinação das propriedades termodinâmicas desses sistemas.

Para, Hewitt (2015, p. 288) “a soma total de todas as energias no interior de uma substância. Além da energia cinética translacional da agitação molecular

em uma substância, existe energia em outras formas. Existe a energia cinética rotacional das moléculas e a energia cinética devido ao movimento interno dos átomos dentro das moléculas”.

3.5 Temperatura

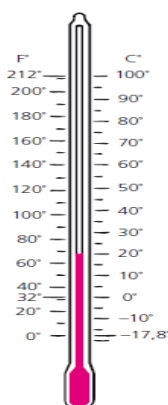
A temperatura é uma grandeza fundamental na física e na química. Em um nível macroscópico, ela determina a direção do fluxo de energia térmica entre corpos em contato, sendo uma variável essencial na descrição do estado térmico dos materiais. Além de influenciar diretamente fenômenos como mudanças de fase e expansão térmica, a temperatura desempenha um papel crucial na determinação de diversas propriedades físicas e químicas, como a solubilidade de substâncias, a taxa de reações químicas e até mesmo a distribuição da energia dentro de sistemas complexos. Esta grandeza, medida em escalas como Celsius, Fahrenheit ou Kelvin, é fundamental tanto para o entendimento teórico quanto para inúmeras aplicações práticas em diversas áreas da ciência e da tecnologia. Para Hewitt (2015, p. 484)

“Toda matéria – sólida, líquida ou gasosa – e 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”.

3.5.1 Medindo a Temperatura

A medição de temperatura é uma prática essencial em diversos contextos, desde o controle de processos industriais até a compreensão das propriedades físicas dos materiais. A temperatura é uma medida da energia térmica presente em um sistema e é fundamental para entender e controlar fenômenos térmicos.

Existem diferentes escalas de temperatura, sendo a Celsius, a Fahrenheit e a Kelvin as mais comuns. A escala Kelvin é especialmente significativa em contextos científicos, pois começa no zero absoluto, onde as partículas cessam seus movimentos térmicos (HALLIDAY, RESNICK, WALKER, 2016).

Figura 2: Termômetro

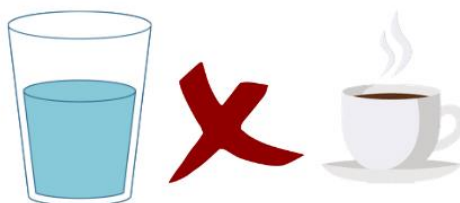
Fonte: HEWITT, 2015, p.286

Os termômetros, como exemplifica a figura 2, são dispositivos comuns para medição de temperatura. Tradicionalmente, usam-se termômetros de mercúrio, nos quais a expansão ou contração do mercúrio reflete a variação térmica. Contudo, em muitas aplicações, termopares, termorresistências e pirômetros são preferidos, oferecendo maior precisão e adaptabilidade a condições extremas.

3.6 Diferenciando calor de temperatura

Calor e temperatura são conceitos distintos, apesar de frequentemente usados de forma substituível. A temperatura refere-se à medida média da energia cinética das partículas em um sistema. Já o calor é a transferência de energia térmica entre dois corpos em virtude de sua diferença de temperatura.

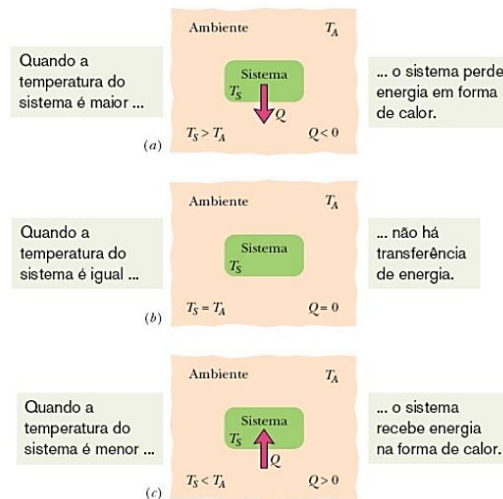
Para ilustrar, de acordo a figura 3, imagine uma xícara de café quente e um copo de água fria. Ambos podem estar sob a mesma temperatura, por exemplo, 30 graus Celsius, mas o café transfere mais calor para a mão do que a água. Isso ocorre porque o café está a uma temperatura mais elevada, e o calor é a energia térmica transferida de uma região mais quente para uma mais fria.

Figura 3: Calor x Temperatura

Fonte: Os autores (2024)

Em resumo, temperatura é uma medida da energia cinética média das partículas, enquanto calor é a transferência de energia térmica de um corpo para outro devido à diferença de temperatura entre eles, como mostra a figura 4. Compreender essa diferença é essencial em diversas áreas, desde a física básica até a engenharia térmica, influenciando o projeto de sistemas de aquecimento, resfriamento e muito mais.

Figura 4: Calor X Temperatura (02)



Fonte: (HALLIDAY, RESNICK, WALKER, 2016, p.430)

3.7 Enunciados da segunda lei da Termodinâmica

Neste tópico serão abordados os principais enunciados da segunda lei da Termodinâmica sendo estes fundamentais para a compreensão dos processos naturais que envolvem a transferência e conversão de energia.

3.7.1 Os enunciados de Clausius e Kelvin

Os enunciados de Clausius e Kelvin são duas formulações distintas que expressam a essência da segunda lei da Termodinâmica. Essas formulações destacam a natureza irreversível dos processos termodinâmicos e fornecem insights valiosos sobre a direção preferencial desses eventos.

Para Celsius “é impossível realizar um processo cujo único efeito seja transferir calor de um corpo mais frio para um corpo mais quente” (NUSSENZVEIG, 2013, p.251). Já para Kelvin “é impossível realizar um processo cujo único efeito seja remover calor de

um reservatório térmico e produzir uma quantidade equivalente de trabalho” (NUSSENZVEIG, 2013, p.250).

3.8 Entropia e a segunda lei da termodinâmica

A entropia e a segunda lei da termodinâmica desempenham papéis fundamentais na compreensão do comportamento dos sistemas físicos. A segunda lei estabelece que, “o calor é uma forma de energia que nunca pode ser integralmente aproveitada; parte dela sempre se perde” (GASPAR, 2013, p.284). E a entropia está relacionada a medida da desordem ou aleatoriedade em um sistema.

Essa relação pode ser compreendida considerando a natureza irreversível dos processos físicos. À medida que o tempo avança, os sistemas naturalmente evoluem para estados mais desordenados. A entropia reflete essa tendência, sendo uma medida quantitativa da quantidade de desordem em um sistema. Para Gaspar (2013, p. 294)

“A convicção do caráter estatístico da natureza levou Boltzmann a associar a ideia de desordem à natureza e lhe permitiu dar à segunda lei da Termodinâmica um novo e surpreendente significado, expresso por seu enunciado mais moderno: Em qualquer sistema físico, a tendência natural é o aumento da desordem; o restabelecimento da ordem só é possível mediante o dispêndio de energia”.

É importante notar que, embora a entropia de um sistema isolado possa aumentar, isso não impede a formação de estruturas organizadas localmente. A entropia global do sistema, no entanto, continua a aumentar. Este conceito é crucial na compreensão de fenômenos como a dissipação de energia e a direção dos processos termodinâmicos.

Em resumo, a segunda lei da termodinâmica e o aumento da entropia estão interligados, proporcionando uma base teórica para compreendermos por que certos processos físicos ocorrem em uma direção preferencial, seguindo a tendência inevitável em direção à desordem.

3.8.1 Expressão matemática

A entropia, como exposto no tópico acima, quantifica a desordem de um sistema. Partindo de

$$\oint_c \frac{dQ}{T} = 0 \quad (4)$$

Podemos dizer que para qualquer processo reversível indo do estado **a** para o estado **b**, a integral

$$S_{ab} = \Delta S = \int_a^b \frac{dQ}{T} \quad (5)$$

Tem o mesmo valor. Portanto, podemos definir uma função contendo uma constante arbitrária S_a cujo valor em qualquer estado **b** de equilíbrio do sistema será:

$$S_b = S_a + \int_a^b \frac{dQ}{T} \quad (6)$$

Pensando num processo reversível, a diferencial da entropia do sistema é dada por:

$$dS = \frac{dQ}{T} \quad (7)$$

Sendo o processo reversível, a quantidade de calor envolvida nesta equação tem de ser obtida de uma vizinhança à mesma temperatura T . Nesse caso, a mudança na entropia da vizinhança é

$$dS_{\text{vizinhança}} = -\frac{dQ}{T} \quad (8)$$

Portanto, a mudança de entropia do universo (sistema mais vizinhança) em uma troca reversível de calor é

$$dS_U = dS + dS_{\text{vizinhança}} = \frac{dQ}{T} - \frac{dQ}{T} = 0 \quad (9)$$

Podemos então dizer

$$dS_U = 0 \quad (10)$$

Consideremos agora uma troca de calor entre dois sistemas a temperaturas diferentes. Um sistema à temperatura T_1 cede calor a outro à temperatura mais baixa T_2 , o que constitui um processo irreversível. Suporemos que essa troca seja lenta o suficiente para que cada sistema esteja sempre em estado de quase-equilíbrio. Nesse caso

$$dS_U = \frac{dQ}{T_2} - \frac{dQ}{T_1} \quad (11)$$

Uma vez que $T_1 > T_2$, concluímos que

$$dS_U > 0 \quad (12)$$

Portanto, em uma troca irreversível de calor a entropia do Universo (do sistema mais do ambiente) sempre aumenta. Na verdade, isso é o que ocorre em qualquer processo irreversível, haja ou não troca de calor entre dois sistemas. Se um sistema isolado passa por um processo irreversível qualquer, sua entropia aumenta, apesar de o sistema não receber nenhum calor. Assim, a variação da entropia de um sistema em um processo qualquer é

$$dS \geq \frac{dQ}{T} \quad (13)$$

A equação acima expressa formalmente a formulação da segunda lei da termodinâmica, em palavra: “A entropia do Universo nunca decresce. Ela fica invariante em processos reversíveis e cresce em processos irreversíveis. Se um sistema à temperatura T absorve calor dQ , sua variação de entropia é $dS \geq dQ / T$.”

3.9 A Físico-Química e seu desenvolvimento histórico

A físico-química é uma disciplina científica que surge da interseção entre a física e a química. Segundo Tolmasquim e Arezzo (2002, p.648)

Ela pode ser definida didaticamente como a ciência que visa esclarecer os princípios que regulam as transformações da matéria, conhecidas como reações químicas. Para isso, estuda as propriedades físicas das substâncias, bem como a influência de fatores tais como temperatura, pressão, concentração, eletricidade e luz na transformação considerada. Com um método de trabalho semelhante ao da física, procura coletar dados que definam as propriedades do sistema, correlacioná-los por meio de palavras, gráficos ou equações matemáticas e, finalmente, transformá-los em leis e dar-lhes fundamento teórico.

Em 1803 o químico britânico John Dalton propôs a teoria atômica, consolidada em 1811 por Amedeo Avogadro, que distinguiu átomos e moléculas. Paralelamente, Julius Robert von Mayer estabeleceu a Primeira Lei da Termodinâmica em 1842, enquanto Rudolf Clausius e William Thomson formularam a Segunda Lei em 1850-51. Clausius, Ludwig Boltzmann e James Clerk Maxwell contribuíram à teoria cinética dos gases de 1860-75, influenciando as teses subsequentes sobre cinética de reações e equilíbrio químico.

No final do século XVIII, Claude Berthollet e Benjamin Thompson trouxeram contribuições importantes. Em 1824, Sadi Carnot fundou a termodinâmica moderna, enquanto Jöns Berzelius desenvolveu o mecanismo de catalisadores em 1836. Josiah Gibbs aplicou as Leis da Termodinâmica em 1875 para substâncias heterogêneas, estabelecendo fundamentos teóricos da físico-química. Walther Nernst, em 1906, enunciou a Terceira Lei da Termodinâmica, contribuindo com estudos sobre propriedades físicas, estruturas moleculares e velocidades de reação.

Van't Hoff, pai da cinética química, iniciou teorias sobre estereoquímica em 1874, relacionando reações termodinâmicas e químicas, e estabeleceu ordens de reações em 1889. Arrhenius, em 1889, investigou a velocidade de reações e formulou a Teoria da Dissociação Eletrônica.

3.10 A Termodinâmica e a Termoquímica

A termodinâmica e a termoquímica são ramos fundamentais da físico-química que exploram as propriedades e transformações da energia em sistemas químicos.

A termodinâmica estuda a energia térmica (também conhecida como energia interna) dos sistemas (Halliday, 2016, p.414). Além disso, ela estuda as leis que governam as trocas de energia e as transformações em sistemas. As leis da termodinâmica, fundamentadas por figuras como Carnot, Clausius e Gibbs, fornecem a base teórica para compreender processos físicos e químicos. A Primeira Lei da Termodinâmica afirma a conservação da energia, enquanto a Segunda Lei aborda a direção das transformações e a tendência à desordem.

A termoquímica, por sua vez, “estuda as trocas energéticas envolvidas em um processo químico. Este objetivo é realmente amplo e às vezes se confunde com a Termodinâmica Química, onde está contida a Termoquímica” (Chagas e Airoidi, 1999, p.435). Ela utiliza conceitos termodinâmicos para entender como as reações liberam ou absorvem energia. A entalpia, representada pela variação de calor a pressão constante, é uma grandeza-chave na termoquímica.

Esses campos interagem, pois, a termoquímica fornece dados experimentais para a termodinâmica, enquanto esta última oferece um contexto teórico para a interpretação dos resultados. Em conjunto, a termodinâmica e a termoquímica desempenham um papel crucial na compreensão e otimização de processos químicos e físicos em diversas áreas da ciência e da indústria.

3.11 A entropia e o processo de cristalização

Um cristal é uma substância sólida que possui uma estrutura interna organizada e simétrica (SILVA, 2018). Essa estrutura é composta por átomos, íons ou moléculas que se organizam de forma repetitiva ao longo de todo o cristal.

A formação de um cristal, processo conhecido como cristalização, “consiste na formação de partículas no qual as moléculas de uma determinada substância presentes em solução ou vapor são transformadas em uma fase sólida com uma rede estrutural regular, ou seja, sua forma cristalina” (MERSMANN, 2001; JONES, 2002, *apud* SILVA, 2018, p.14).

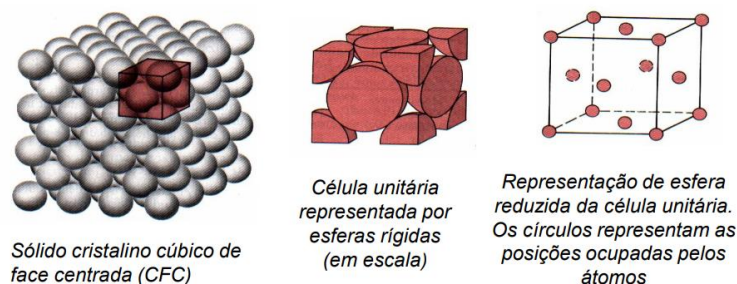
Durante a cristalização, o resfriamento ou a evaporação faz com que as moléculas ou íons se aproximem uns dos outros. À medida que a substância perde energia, as partículas organizam-se de acordo com suas características eletrostáticas, formando uma estrutura cristalina. Nesse processo, ocorre a formação de ligações intermoleculares ou iônicas, que mantêm a estabilidade da estrutura. É nele também que o conceito de entropia, grandeza física, vai sendo demonstrado.

Segundo Young e Freedman (2008, p.293) “a entropia fornece uma previsão quantitativa da desordem”. Com isso, podemos dizer que esta grandeza física é uma medida do número de maneiras que os componentes de um sistema podem ser organizados. Embora comumente ligada à desordem, a entropia também pode causar a ordem, fazendo os objetos se organizarem, como é o caso de um cristal. No seu processo de formação, parece que o cristal diminui a entropia, pois ele é organizado. Para diminuir a entropia, ele cede energia para o meio, a exemplo, a água quando se transforma em gelo, perde energia, pois o líquido cede energia para o ambiente aumentando a entropia do ambiente e reduzindo a sua entropia, se organizando.

3.11.1 A estrutura cristalina

A estrutura cristalina formada é altamente ordenada, o que faz com que os cristais possuam formas geométricas regulares e simétricas, como cubos, prismas ou pirâmides. Como mostra a figura 5, essa simetria é resultado da repetição das unidades básicas que formam o cristal, chamadas de células unitárias.

Figura 5: Célula Unitária



Fonte:

https://edisciplinas.usp.br/pluginfile.php/214452/mod_resource/content/1/PMT3100_Aula02_2014_2.pdf#:~:text=C%C3%89LULA%20UNIT%C3%81RIA%3A%20agrupamento%20de%20%C3%A1tomos,seja%20em%20geometria%20como%20simetria.&text=O%20conc

Existem diferentes tipos de cristais, dependendo das substâncias envolvidas. Alguns exemplos comuns de cristais incluem os cristais de sal, cristais de açúcar, diamantes e quartzo.

Além disso, os cristais podem apresentar propriedades físicas características, como transparência, brilho, dureza e capacidade de refratar a luz. Essas propriedades estão relacionadas à estrutura interna do cristal e à forma como ele interage com a luz e outras substâncias.

Em resumo, um cristal é uma substância sólida com uma estrutura interna organizada e simétrica. Sua formação ocorre através do processo de cristalização, que envolve o resfriamento gradual de uma substância sólida ou a evaporação de uma solução contendo essa substância. A organização das partículas durante a cristalização resulta em estruturas cristalinas repetitivas, conferindo aos cristais suas características distintivas.

3.12 O Poder dos Cristais

Os cristais têm desempenhado papéis significativos ao longo da história humana, não apenas devido às suas propriedades estéticas e espirituais, mas também por suas aplicações práticas e tecnológicas. Desde tempos antigos, diversas culturas atribuíram poderes místicos aos cristais, acreditando que eles possuíam capacidades de cura, proteção e amplificação de energia. Essas crenças persistem até hoje em práticas como a cristaloterapia, onde diferentes tipos de cristais são utilizados para influenciar o bem-estar físico, emocional e espiritual das pessoas. É válido ressaltar que na literatura científica, não há comprovação de qualquer “poder” dos cristais naturais, embora existam relatos de seu uso em processos de cura. A decisão de acreditar ou não no poder dos cristais é uma questão pessoal que cada indivíduo deve decidir por si mesmo (HERNANDES, 2007). Apesar de frequentemente carecerem de fundamentação científica rigorosa, essas práticas continuam a ser valorizadas por muitos adeptos de terapias alternativas como uma forma de conexão espiritual com a Terra e suas energias sutis.

Além de seu papel na espiritualidade e bem-estar pessoal, os cristais também têm aplicações tecnológicas significativas. Por exemplo, cristais como o quartzo são essenciais em dispositivos eletrônicos modernos devido às suas propriedades piezoelétricas e capacidade de controlar frequências em relógios e osciladores. A piezoelectricidade do quartzo é utilizada em osciladores que geram sinais precisos de

frequência, essenciais para aplicações em comunicações sem fio, circuitos de temporização e computação (ALDAO, 2020).

Além do quartzo, outros cristais como o rubi e a safira são valorizados por suas propriedades ópticas, sendo utilizados em lasers de alta potência e em componentes ópticos avançados. Esses cristais têm a capacidade única de emitir luz intensa e coerente quando estimulados eletricamente ou por outros lasers, sendo essenciais em aplicações que vão desde a medicina até a indústria de corte e gravação de alta precisão (ALDAO, 2020). Assim, os cristais não apenas continuam a ser reverenciados por suas qualidades espirituais e estéticas, mas também desempenham um papel crucial na tecnologia moderna, impulsionando inovações e avanços em diversas áreas da ciência e da engenharia.

4. PROCEDIMENTOS DIDÁTICOS-METODOLÓGICOS

Neste capítulo, será apresentada a sequência didática desenvolvido nesta pesquisa por meio dos relatos da sua implementação em sala de aula. Descreveremos cada etapa da intervenção, seguindo os passos sequenciais das Unidades de Ensino Potencialmente Significativas (UEPS). Além disso, abordaremos os recursos pedagógicos, as tecnologias digitais e as estratégias de ensino empregadas ao longo de todo o processo.

4.1 Caracterização da pesquisa

A execução desta pesquisa se deu no decorrer das aulas de Ciências ministradas pela professora e autora desta dissertação. O estudo foi realizado entre os meses de outubro e novembro de 2023 no Colégio Método, rede privada de ensino da cidade de Vitória da Conquista- Bahia.

O Colégio Método dispõe de turmas do Educação Infantil, Ensino Fundamental dos anos iniciais aos anos finais até o Ensino Médio.

A pesquisa aqui apresentada é do tipo qualitativa e investigativa (SILVEIRA; CÓRDOVA, 2009) e foi realizada numa turma de Ciências do nono ano do ensino fundamental anos finais. O objetivo da pesquisa era explorar os conceitos básicos da Termodinâmica, a exemplo, calor e temperatura, juntamente com conceitos mais aprofundados como entropia, aliados a estrutura e organização dos cristais. O desenvolvimento da pesquisa foi baseado nas Unidades de Ensino Potencialmente Significativas (UEPS) desenvolvidas por Marco Antônio Moreira. Segundo Moreira (2010), esse tipo de pesquisa tem como foco central a interpretação dos significados atribuídos pelos sujeitos às suas ações. É um processo investigativo em que o pesquisador está imerso e participa ativamente da análise dos dados obtidos.

4.2 Público-alvo

As atividades foram desenvolvidas em uma turma do nono ano do Ensino fundamental anos finais do Colégio Método, rede privada da cidade de Vitória da Conquista- BA. A turma que estuda no turno matutino é composta por trinta (30) alunos, sendo 16 meninas e 14 meninos, com faixa etária entre treze e dezesseis anos, que residem na cidade de Vitória da Conquista- BA e estão devidamente matriculados.

4.3 Descrição a proposta

A pesquisa aqui apresentada trata-se da aplicação de uma Unidade de Ensino Potencialmente Significativa- UEPS desenvolvida numa turma de Ciências do nono ano. Para realização da pesquisa foi necessário utilizar 18 aulas nos meses de outubro e novembro de 2023 afim de desenvolver a sequência de ensino.

Para tal, foram utilizadas diversas estratégias pedagógicas, a exemplo, questionários de sondagem, gifs, imagens, vídeos, textos-didáticos, quiz e experimento. Para o uso de algumas estratégias foi necessário, por diversas vezes, utilizar a sala de multimídia da escola bem como o laboratório de Ciências. Na sala de multimídia foi possível apresentar aos alunos vídeos relacionados ao tema abordado, aula no slide, quiz e questionário online. Já no laboratório os alunos produziram cristais com materiais de fácil acesso.

Cada um dos cristais escolhidos para serem desenvolvidos no decorrer da UEPS têm por finalidade demonstrar o fenômeno da cristalização e, ao mesmo tempo, discutir conceitos da Termodinâmica e Termoquímica, a exemplo, calor, temperatura, energia interna, entropia, transformações físicas, transformações exotérmicas e endotérmicas, solubilidade, cristalização, entre outros.

Um dos cristais desenvolvidos, como mostra a figura 6, é composto por água e Sulfato de cobre $CuSO_4$ basicamente, além de alguns materiais necessários para observar o crescimento do cristal.

Figura 6: Cristal azul



Fonte: Os autores (2024)

4.4 Preparação para aplicação da UEPS

Iniciou-se uma aula introdutória que aborda a forma como se constrói um mapa conceitual e sua finalidade. Um mapa conceitual é uma representação visual de conceitos e suas relações. Ele é composto por nós, que representam os conceitos, e linhas que ligam estes nós e mostram as relações entre eles. Os mapas conceituais podem ser utilizados para organizar e representar o conhecimento de uma determinada área, ajudando na compreensão e memorização dos conceitos (MOREIRA, 1997).

Por meio de uma roda de conversa os alunos obtiveram informações sobre a forma que um mapa conceitual deve ser desenvolvido e que ele é uma ferramenta poderosa para auxiliá-los a visualizar e compreenderem a relação entre os conceitos que iriam ser estudados. Além disso, os mapas conceituais iriam ser usados como uma forma de avaliação do aprendizado dos alunos, pois permitem que a professora visualize a compreensão e a organização do conhecimento por parte dos estudantes.

4.5 Aspectos sequenciais da UEPS

Segundo Moreira (2011), o objetivo da construção de uma Unidade de Ensino Potencialmente Significativa (UEPS) é desenvolver unidades de ensino potencialmente facilitadoras da aprendizagem significativa de temas específicos. Nessa perspectiva, os oito (08) passos que seguem, são aqueles desenvolvidos por Moreira para adquirir uma aprendizagem significativa crítica.

4.6 Definição do conteúdo abordado

Levando em consideração o conteúdo programático da série a qual seria desenvolvida a sequência didática, bem como o planejamento anual feito no início do ano letivo, nessa etapa foi definido o conteúdo a ser trabalhado na sequência didática- SD. Seguindo o livro texto adotado pela escola, o tópico relacionado à Termodinâmica foi optado. O tema escolhido para a UEPS foi Crescimento de Cristais.

No decorrer da aplicação da proposta de ensino foram abordados os conceitos de calor, temperatura, energia interna, entropia, transformações físicas e transformações endotérmicas e exotérmicas. Tendo em vista a abordagem desses conceitos, foi possível conhecer sobre a estrutura interna e organização do cristal levando em consideração,

principalmente, o conceito de entropia. Para além disso, o tema foi discutido ao se relacionar com o poder dos cristais, o misticismo e a pseudociência por trás dele.

4.7 Levantamento dos conhecimentos prévios

Buscando proporcionar oportunidades aos alunos para compartilharem seus conhecimentos prévios sobre o tema de estudo, nesta etapa foi desenvolvido e aplicado um questionário de sondagem contendo situações e problemas que estimularam a reflexão dos estudantes sobre o tema.

O questionário de sondagem (Apêndice A) dispõe de dez (10) questões que estimulam os estudantes a externalizarem o que já sabiam sobre o tema. É válido salientar que este questionário foi aplicado individualmente, sendo que nenhuma intervenção foi feita pela professora, tendo em vista que a sondagem, atividade importante para a aprendizagem significativa, precisava ser feita de modo que fosse possível detectar o conhecimento antecedente do aluno sobre o tema.

Ao final desta etapa, foi aberta uma discussão acerca das respostas apresentadas por cada aluno, pois para a próxima etapa era necessária essa preparação.

4.8 Situações-problema em nível introdutório

Essa etapa da UEPS foi planejada conforme as orientações de Moreira (2011) para revisitar situações de nível introdutório, levando em consideração os conhecimentos demonstrados pelos alunos na atividade anterior. O objetivo era prepará-los para a introdução do conhecimento planejado para ser ensinado.

Defronte a esta proposta foram realizadas duas intervenções para realização da primeira atividade pós-questionário de sondagem. A primeira delas trata-se da leitura e discussão de um texto-didático (Anexo A) “A pseudociência e o misticismo através do poder dos cristais”, elaborado pela professora e autora desta dissertação. A leitura do texto em questão visou instigar os alunos acerca do poder dos cristais que muitos acreditam, mas que não tem comprovação científica. Com o intuito de trazer mais curiosidades sobre o tema abordado no texto, um vídeo foi apresentado aos alunos.

Figura 7: Vídeo - O lado obscuro dos cristais



O vídeo, referenciado na figura 7, trata-se de um apanhado acerca das pseudociências que cercam os seres humanos. Para tal é abordado tudo o que existe por trás da cura ou terapia através dos cristais, sendo está uma indústria que vem crescendo ao longo dos anos. Além disso, o vídeo também aborda a questão da extração dos cristais, mostrando situações desumanas que acontecem nos garimpos de extração e que não são conhecidas por pessoas que adquirem os cristais em favor do seu “poder energético”.

Após este momento, foi aberta uma discussão acerca do texto e do vídeo apresentado aos alunos, com a seguinte situação-problema: “Você acredita no poder dos cristais?”. Por meio da discussão, esperava-se que os alunos apresentassem suas ideias acerca do tema que pareceu bastante polêmico. Sem colocar em pauta as crenças religiosas de cada estudante, este foi um momento para apresentar os estudos científicos junto as suas comprovações.

Finalizando essa etapa, foi proposta aos alunos a produção de um mapa conceitual que abrangesse todas as informações apresentadas no vídeo e no texto de maneira hierárquica.

4.9 Apresentação do conhecimento a ser Ensinado/Aprendido

Na quarta etapa, o conhecimento a ser ensinado/aprendido foi introduzido por meio de uma aula expositiva e dialogada. A abordagem começou com aspectos mais abrangentes, sendo gradualmente detalhada para a exploração específica dos conteúdos. O objetivo era ampliar a estrutura cognitiva a partir dos subsunçores, que serviram como base para a assimilação de novos conhecimentos.

Para tal, foram abordados nessa aula, com auxílio do pincel, quadro e um vídeo do youtube, referenciado na figura 8, conceitos básicos da Termodinâmica, a exemplo, calor, temperatura e energia interna. Esses conhecimentos foram crucialmente ensinados para estimular o interesse dos alunos no tema tratado e para que eles conseguissem compreender a diferença entre calor e temperatura.

Figura 8: Vídeo - Temperatura e calor



Com o intuito de fomentar ainda mais a diferença entre os conceitos, foi apresentado aos alunos um vídeo com muitas animações que explica por meio de um exemplo qual a diferença entre calor e a temperatura.

Findando essa etapa, sem perder o foco do estudo dos cristais junto a Física e a Química, os alunos receberam o texto-didático (Anexo B) “A Física e a Química por trás da formação dos cristais”. Junto aos conhecimentos adquiridos por meio da aula, o texto-didático também serviu para embasar a produção do segundo mapa conceitual.

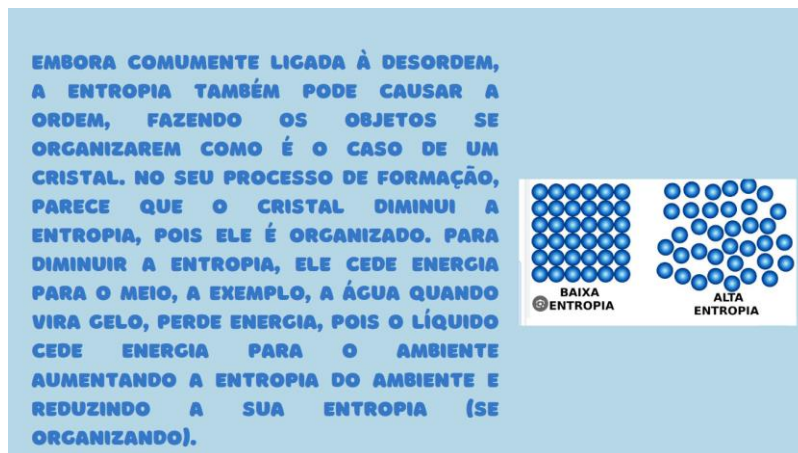
4.10 propor uma nova situação-problema em nível de maior complexidade

Nesta etapa, procurou-se apresentar o conteúdo com maior complexidade, enfatizando as semelhanças e diferenças entre situações abordadas anteriormente, visando estabelecer a reconciliação integradora. Para tal, foi proposta uma nova situação-problema: “Você sabe como se forma um cristal?”.

Com o intuito de responder o questionamento inicial da aula, foi entregue aos alunos o terceiro texto-didático (Anexo C) “A formação, organização e aplicação dos

cristais”. O texto em questão foi discutido em sala junto aos conceitos mais complexos apresentados no slide.

Figura 9: slide- Compreendendo a entropia de um cristal



Fonte: Os autores (2024)

Ao final da apresentação do slide, apresentado na figura 9, que culminou com o final desta etapa, os alunos construíram mais um mapa conceitual baseado no texto e na aula expositiva.

4. 11 Conclusão da UEPS

Para concluir a UEPS, na sexta etapa, foram retomados de maneira dialogada os conteúdos abordados no decorrer da aplicação da sequência didática. Neste mesmo momento, foi proposto aos alunos a produção de duas atividades a serem avaliadas. A construção de cristais baseados em roteiros (Apêndices D, E e F) e a leitura de texto de reportagem de divulgação científica (Anexo D) para realização da oficina telejornalística. Para realização das atividades, a turma foi dividida em três (03) grupos de dez (10) estudantes. Ambas as atividades foram apresentadas numa sala temática que foi apreciada por todos os estudantes do colégio.

4.12 Avaliação da aprendizagem através da UEPS

Desde o início da aplicação da UEPS buscou-se evidências da aprendizagem significativa dos estudantes. Para finalizar este processo, as últimas atividades propostas foram: a produção de um mapa conceitual que abrangesse todos os tópicos discutidos e

estudados em sala com tema central “Tudo sobre os cristais”, um quiz na plataforma *Kahoot* (apêndice B) que também tinha por título “Tudo sobre os cristais” que constava de dez (10) questões e um questionário de sondagem final no *Google forms* (apêndice C) que constava de oito (08) questões que mesclavam entre discursivas e de múltipla escolha. As três (03) atividades foram realizadas individualmente.

4.13 Análise do êxito da aplicação da UEPS

A última etapa da UEPS se dá em analisar o êxito de sua aplicação o qual está intimamente ligado ao desempenho dos alunos, uma vez que eles constituem evidências de aprendizagem significativa. Foi possível observar o que se afirmou acima por meio da participação em cada atividade apresentada aos alunos e pela implementação da UEPS como um todo.

Em quase todas as etapas os alunos entregaram atividades que foram propostas pela professora. Todas as atividades, junto a participação, foram usadas para buscar a evidência de êxito na aprendizagem dos alunos. Dentre as atividades produzidas estão presentes os mapas conceituais, a produção dos cristais, a oficina telejornalística, a sala temática, o quiz, os questionários, sendo que em todas as atividades os alunos se dispuseram a participar de modo a discutir enriquecendo cada etapa.

4.14 Cronograma da aplicação da UEPS

Neste tópico será abordado, de acordo com o Quadro 6, a forma como a UEPS será organizada e aplicada. É válido ressaltar que cada aula teve duração de 50 minutos que equivale 1 hora/aula.

Quadro 6: Cronograma UEPS

Aulas	Datas	Descrição das atividades
01 e 02	04/10/2023	<ul style="list-style-type: none"> • Introdução sobre os mapas conceituais; • Definindo um tema • Discussão acerca do tema a ser abordado nas aulas sequenciais; • Apresentação do tema a ser abordado; • Conhecimentos prévios • Aplicação do questionário de sondagem inicial.
03 e 04	05/10/2023 e 11/10/2023	<ul style="list-style-type: none"> • Propondo uma situação-problema • Leitura e discussão do texto-didático 1: A pseudociência e o misticismo através do poder dos cristais; • Exposição do vídeo: O lado obscuro dos cristais; • Produção do primeiro mapa conceitual.
05 e 06	11/10/2023 e 12/10/2023	<ul style="list-style-type: none"> • Apresentação do conhecimento a ser ensinado/aprendido • Aula expositiva e dialogada; • Leitura e discussão do texto-didático 2: Os conceitos físicos e químicos presentes nos cristais; • Produção do segundo mapa conceitual.
07, 08 e 09.	18/10/2023 e 19/10/2023	<ul style="list-style-type: none"> • Retomar os Aspectos mais Gerais em Nível mais Alto de Complexidade- Nova situação-problema • Aula expositiva e dialogada; • Leitura e discussão do texto-didático 3: A formação, organização e aplicação dos cristais; • Produção do terceiro mapa conceitual.
10, 11, 12, 13, 14 e 15.	25/10/2023 26/10/2023 e 01/11/2023	<ul style="list-style-type: none"> • Concluindo a UEPS • Construção dos cristais; • Leitura dos textos de divulgação científica; • Organização da oficina telejornalística; • Organização da sala temática; • Apresentação dos cristais e da oficina telejornalística.
16, 17 e 18.	09/11/2023	<ul style="list-style-type: none"> • Avaliação da Aprendizagem através da UEPS • Produção do último mapa conceitual; • Quiz interativo na plataforma Kahoot; • Questionário de sondagem final no Google Formulário.
		<ul style="list-style-type: none"> • Análise do Êxito da aplicação da UEPS • Realizada durante todo o processo de aplicação e de escrita da dissertação.

5. RESULTADOS E DISCUSSÕES

Ao longo de toda a implementação da Unidade de Ensino Potencialmente Significativa (UEPS), foram realizadas atividades em uma turma do 9º ano do Ensino Fundamental II no Colégio Método, localizado na cidade de Vitória da Conquista- BA. Este texto aborda o processo e os resultados alcançados por essas atividades.

5.1 Atividade Introdutória- Questionário de Sondagem

Para começar a aplicação da sequência didática, um breve momento de apresentação e explicação das aulas sequenciais, bem como o tema a ser abordado, foi iniciado no dia 04/10/2023. No mesmo dia, o questionário de sondagem, apresentado na figura 10, foi aplicado com o intuito de realizar um levantamento dos conhecimentos prévios dos alunos acerca dos principais conceitos físicos presentes na estrutura e formação dos cristais.

Figura 10: Questionário de sondagem inicial

COLÉGIO MÉTODO

Aluno (a): _____

Disciplina: Ciências 9º ano Turno: Matutino

Data: ____ / ____ / 2023 Professora: Beatriz Santosz

Questionário de Sondagem inicial

- 1- Você gosta de estudar Física e Química?

- 2- Você consegue enxergar alguma relação entre os conteúdos de Física e Química dentro da disciplina de Ciências? Se sim, comente sobre.

- 3- Conhece o conceito de temperatura? Se sim, comente sobre.

- 4- Sobre Termodinâmica, você já ouviu falar? Se sim comente o que sabe.

Fonte: Os autores (2024)

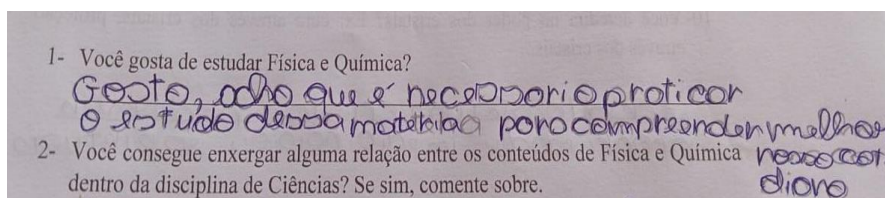
O objetivo do questionário de sondagem foi coletar informações e avaliar os conhecimentos prévios dos alunos, visando à melhoria contínua da qualidade da educação. Por meio desse instrumento, foi possível obter dados relevantes sobre

conteúdos que já fazem parte da vida dos alunos de maneira informal, além de identificar possíveis problemas e propor soluções.

É válido ressaltar que no decorrer da aplicação do questionário, nenhuma dica e/ou intervenção foi feita por parte da professora, pois segundo Moreira e Masini (*apud* Santos e Rossi, 2020), antes de tudo, é necessário realizar uma organização prévia dos conceitos, utilizando organizadores prévios. Esses organizadores têm como principal objetivo ultrapassar a barreira entre o conhecimento prévio do aluno e o conhecimento que ele precisa adquirir. Sendo assim, é importante que o aluno, por si só, consiga expor aquilo que se encontra no seu cognitivo.

O questionário de sondagem, como exposto nos anexos deste trabalho, continha questões que instigavam os alunos a se lembrarem de conceitos físicos trabalhados em anos anteriores, bem como conceitos que eles não conheciam (cientificamente falando), mas já tinham contato por meio de situações cotidianas. Além disso, nas questões iniciais, como mostra a figura 11, por se tratar de uma proposta de ensino que em sua grande maioria falava sobre Física, no entanto tinha relação com conceitos da Química, boa parte dos alunos responderam que gostam tanto da disciplina de Física, quanto da disciplina de Química, mas que simpatizam melhor com a Física apesar de terem dificuldade em alguns conteúdos, como relatou o aluno 01.

Figura 11: Resposta do aluno 01



Fonte: Os autores (2024)

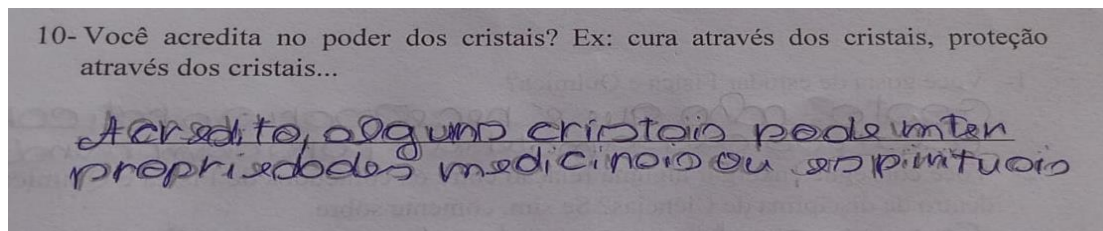
Dois dos principais conceitos que precisavam ser compreendidos pelos alunos até o final da aplicação da sequência eram os conceitos de temperatura e calor. Essas duas grandezas que se agregam a área da Termodinâmica e da Termoquímica, geralmente são confundidas. Por meio das respostas dos alunos, foi possível perceber que este seria um problema a ser solucionado até o término da aplicação da sequência.

Muitos alunos relataram que não se lembravam do conceito dessas grandezas, e aqueles que tentaram expressar algum tipo de conhecimento acabaram por confundir ao tentar relacioná-los dizendo que “o calor é a sensação que se tem da temperatura”, “o

calor é a luz do Sol”, “o calor acontece quando está quente” ou “o calor é sentido quando a temperatura está alta”. Foi possível perceber por meio das respostas que os alunos não conseguiam entender com clareza e exatidão conceitos básicos da Termodinâmica.

Após os questionamentos acerca dos conceitos básicos da Termodinâmica, perguntas sobre a formação e o poder dos cristais, que dão enfoque e direção ao estudo tratado neste trabalho, foram feitas. Ao serem questionados sobre a formação dos cristais, quase 100% dos alunos disseram não saber ou nunca ter ouvido falar sobre a formação de um cristal. Já sobre a pergunta que baseia a segunda atividade desta sequência, “o poder dos cristais”, 22 dos 29 alunos presentes em sala, responderam que não acreditam em poder dos cristais. A aluna 02 afirmou que *não acredita e que acha que o poder é algo mitológico*. Também fazendo parte do grupo dos que não acreditam, o aluno 03, afirma que *a crença em poder dos cristais está relacionada apenas as ações religiosas*. Dos alunos restantes, três afirmaram ter dúvidas sobre o assunto e quatro afirmaram acreditar no poder dos cristais, sendo que a aluna 04 relatou que os cristais podem apresentar propriedades medicinais ou espirituais, como mostra a figura 12.

Figura 12: Resposta da aluna 04



Fonte: Os autores (2024)

5.2 Atividades com mapas conceituais

No dia 05/10 a terceira etapa da sequência didática, destinada a propor uma situação-problema, foi iniciada com uma retomada a última pergunta do questionário: “Você acredita no poder dos cristais?”. Diferente da aula anterior em que não foi feita nenhuma intervenção acerca das respostas dos alunos, neste momento, trabalhar com o debate em sala foi essencial para que os alunos compreendessem a próxima atividade a ser iniciada naquele momento. A ideia de questionar mais uma vez sobre o poder dos cristais, se baseou em levantar uma situação-problema.

Trabalhar com uma situação-problema em sala de aula é uma estratégia pedagógica que propõe a resolução de um problema real ou fictício, desafiando os alunos

a aplicarem seus conhecimentos e habilidades para encontrar uma solução. Essa abordagem estimula a participação ativa dos estudantes no processo de aprendizagem, já que precisam pensar criticamente, analisar informações, tomar decisões e colaborar em equipe.

A ideia é que os alunos se envolvam em um contexto desafiador e relevante, que tenha relação com a vida cotidiana ou com questões do mundo real. Essa abordagem permite que os estudantes desenvolvam habilidades de pensamento crítico, de resolução de problemas, de tomada de decisões e de trabalho em equipe, essenciais para sua formação integral.

Para conseguir problematizar ainda mais este momento, os alunos receberam como suporte para a primeira atividade, um texto que trata da “Pseudociência e o misticismo através dos cristais” e um vídeo que tem por título “O lado obscuro dos cristais”, como mostra a figura 13.

Figura 13: Vídeo- O lado obscuro dos cristais (02)



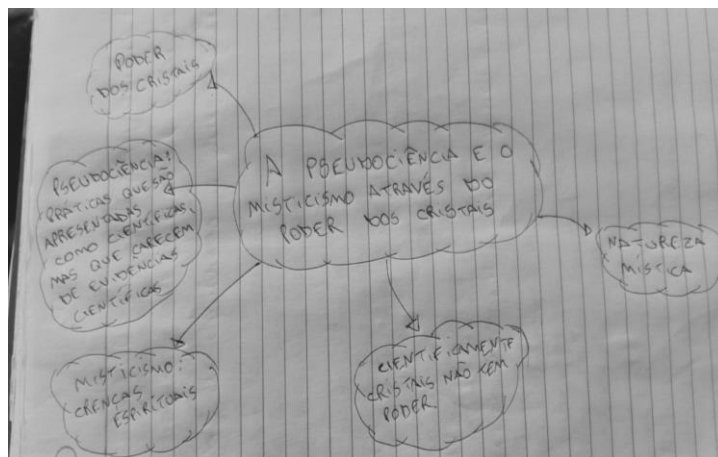
Fonte: Os autores (2024)

No vídeo, bem como também é abordado no texto, é feito um apanhado das ideias relacionadas a cura ou terapia por meio dos cristais, que vem crescendo dentro da indústria. O principal questionamento do vídeo é sobre a extração dos cristais que são vendidos de maneira enganosa, prometendo situações que nunca foram comprovadas cientificamente.

Após a leitura do texto e a exposição do vídeo, muitos debates foram levantados em sala de aula, pois os alunos desconheciam totalmente a forma como os cristais eram extraídos e vendidos. Além disso, os alunos que acreditavam no poder dos cristais se mostraram incrédulos com as informações que foram passadas.

Tendo em vista a repercussão deste momento, os alunos começaram a construir o primeiro mapa conceitual proposto dentro da sequência didática. Este mapa deveria conter as principais e mais relevantes ideias acerca do tema abordado no texto e no vídeo.

Figura 14: Mapa Conceitual do aluno 05



Fonte: Os autores (2024)

Foi possível perceber, como mostra a figura 14, por meio do primeiro mapa conceitual que o aluno 05 compreendeu a forma como um mapa deve ser construído, seguindo os conceitos de maneira hierárquica.

Na quarta etapa da sequência didática, destinada a apresentar o conhecimento a partir da diferenciação progressiva, que foi dividida em dois dias (11 e 12/10), foi iniciada uma introdução dos conceitos físicos e químicos presentes na estrutura dos cristais. Esta etapa acabou por retomar questionamentos e dúvidas apresentadas pelos discentes na resolução do questionário de sondagem inicial. Com o intuito de sanar tais dúvidas, iniciou-se uma aula expositiva dialogada, onde foi possível perceber uma interação entre professora e alunos.

Figura 15: Aula sobre Temperatura e Calor

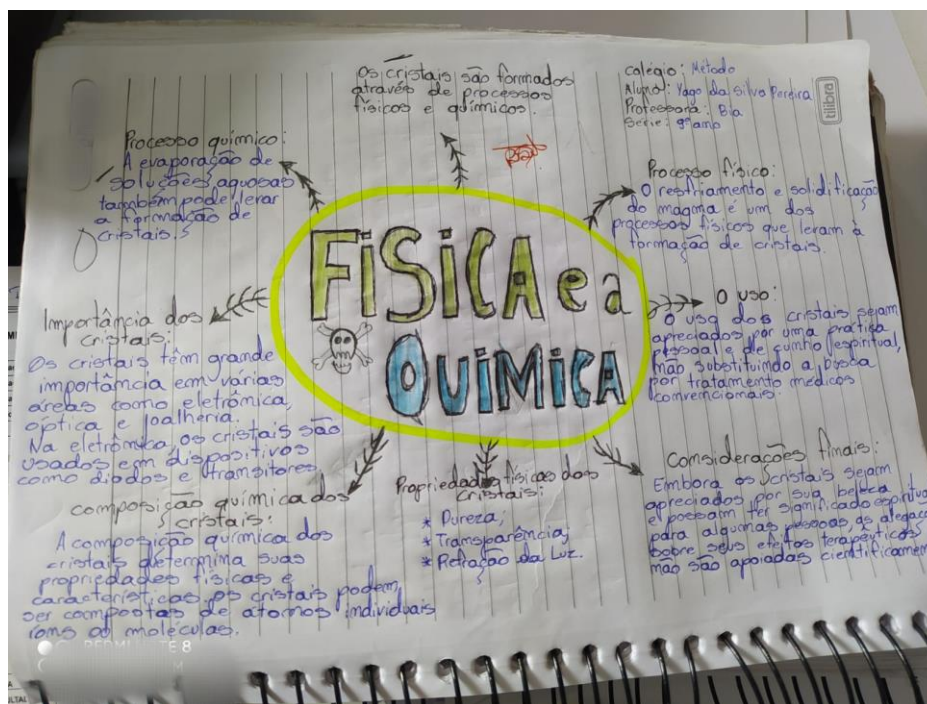


Fonte: Os autores (2024)

Na aula em questão, de acordo a figura 15, foram apresentados aos alunos os conceitos de calor e temperatura, sendo estes os conceitos que mais geraram confusão nas respostas apresentadas no questionário. A turma se mostrou bastante interessada e empolgada ao aprenderem sobre a diferença entre calor e temperatura.

Dando continuidade a este momento, foi entregue o segundo texto-didático que tinha por título “A Física e a Química por trás da formação dos cristais”. O texto em questão trazia a explicação de como um cristal se forma. Dentro da explicação, foi possível mostrar aos alunos que para uma substância torne-se sólida, estando no estado líquido, ela precisa ser resfriada e o processo de resfriamento de um líquido, conhecido como solidificação, está intimamente ligado ao conceito de temperatura. Para além da discussão acerca do conceito de temperatura presente na formação de um cristal, sua estrutura interna, as ligações intermoleculares presentes e a entropia, grandeza física primordial deste trabalho que será comentado de maneira mais aprofundada no decorrer deste texto, foram citados no texto e discutidos em sala afim de que os alunos construíssem o segundo mapa conceitual.

Figura 16: Mapa Conceitual: Física e Química

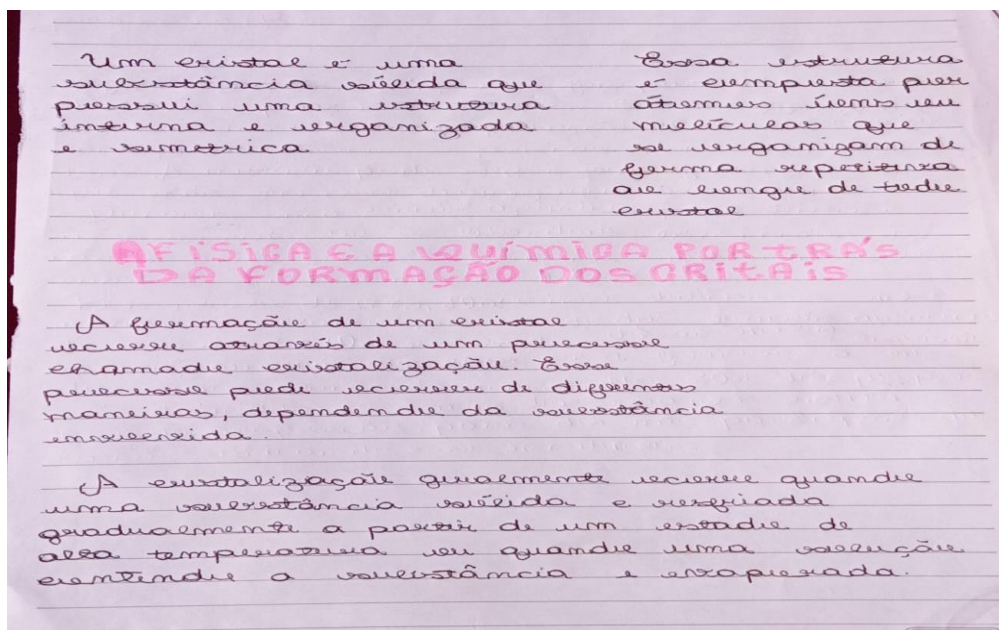


Fonte: Os autores (2024)

A maioria dos alunos continuou compreendendo a ideia de construção do mapa e demonstraram de forma organizada os conceitos presentes no texto, como é possível notar no mapa conceitual- MC feito pelo aluno 06 apresentado na figura 16.

Como mostra a figura 17, o mesmo não aconteceu com a aluna 07, a hierarquia que deve ser respeitada no MC, não foi obedecida por ela.

Figura 17: Mapa conceitual da aluna 07



Fonte: Os autores (2024)

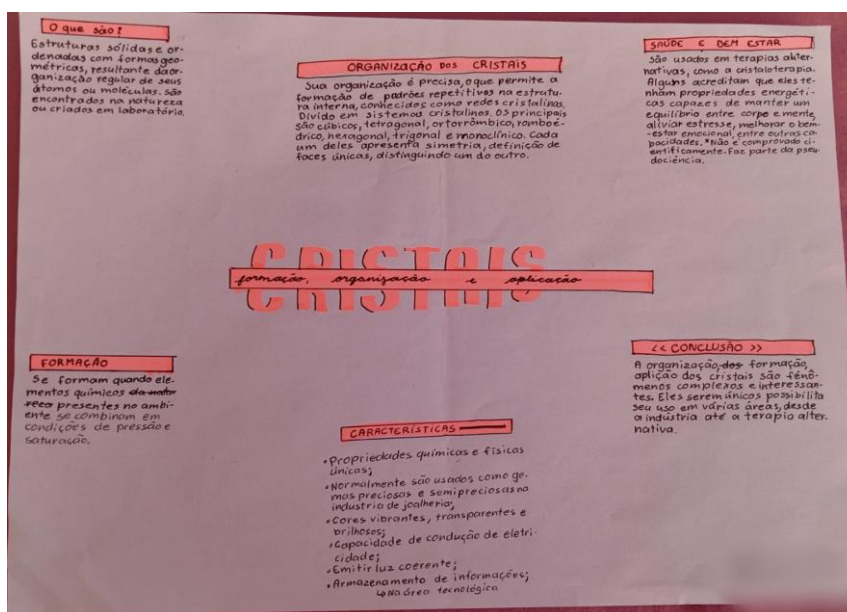
Nos dias 18 e 19/10, a quinta etapa da sequência didática foi iniciada com uma nova situação-problema: “Você sabe como se forma um cristal?”. Ao serem questionados, alguns alunos responderam baseados nas aulas anteriores que o cristal se forma por meio do processo de cristalização ou que a formação do cristal está relacionada ao resfriamento. Tais respostas não estão incorretas, porém estão incompletas. Para embasar as novas respostas e auxiliar o processo de formação de conhecimento dos alunos, o texto-didático 3 (Anexo 3) intitulado como “A formação, organização e aplicação dos cristais” foi entregue a turma.

Para melhor compreensão de como se forma um cristal, para além do texto entregue a turma, uma aula expositiva dialogada com auxílio de pincel e quadro, foi iniciada. Na aula em questão, o conceito da grandeza física entropia foi abordado da maneira mais abrangente possível, sempre respeitando o nível de capacitação de conhecimento dos alunos, tendo em vista que eles ainda não haviam tido contato com conceitos tão complexos da área da Termodinâmica. Além de conhecer mais sobre a

entropia, os alunos também ficaram a par dos conceitos de energia interna e transformações endotérmicas e exotérmicas.

Após a leitura do texto e da aula, acima exemplificada, os alunos construíram mais um MC, a exemplo da figura 18.

Figura 18: Mapa conceitual: A formação, organização e aplicação dos cristais



Fonte: Os autores (2024)

5.3 A conclusão da UEPS- Produzindo cristais

Para iniciar a conclusão da UEPS, no dia 25/10 foram retomados os conteúdos mais importantes abordados desde o início da aplicação da sequência didática, com o intuito de sanar as possíveis últimas dúvidas dos alunos.

Ainda na etapa de conclusão, foram propostas duas atividades aos alunos a primeira delas foi uma das mais aguardadas por todos, o momento de construir cristais caseiros a serem avaliados por meio do concurso “A joia da ciência”. A segunda atividade proposta foi a leitura de textos (reportagens) de divulgação científica (Anexo D) sobre cristais e criação de uma oficina telejornalística a ser apresentada ao público juntamente com os cristais produzidos. Os textos foram previamente selecionados pela professora antes de ser entregue aos alunos.

Para dar início as atividades a turma foi dividida em 3 grupos de 10 pessoas cada. Por meio de um sorteio, um integrante de cada grupo escolheu um roteiro de produção de cristal. Cada roteiro descrevia detalhadamente a área do conhecimento, o conteúdo (geral

e específico), os materiais utilizados, a descrição do experimento, o que acontece ao realizar todas as instruções e as referências.

O grupo 1 sorteou o cristal na pedra (conforme roteiro descrito no apêndice D) e se dedicou na construção dos seus cristais, como mostra a figura 19, tendo em vista o concurso a ser realizado e a exposição a ser feita.

Figura 19: Produzindo cristais 01



Fonte: Os autores (2024)

O grupo 2 sorteou o cristal azul (conforme roteiro descrito no apêndice E) e também se dedicou para formar um lindo cristal, como mostram as figuras 20 e 21.

Figura 20: Produzindo cristais 02



Fonte: Os autores (2024)

Figura 21: Produzindo cristais 03

Fonte: Os autores (2024)

De igual modo, o grupo 3 que sorteou o cristal no ovo (conforme roteiro descrito no apêndice F) também realizou um belo trabalho em equipe, como mostram as figuras 22 e 23.

Figura 22: Produzindo cristais 04

Fonte: Os autores (2024)

Figura 23: Produzindo cristais 05

Fonte: Os autores (2024)

No decorrer da produção dos cristais, os alunos sentiram dificuldades, pois não tiraram dúvidas que existiam acerca do roteiro e acabaram realizando o experimento na ordem incorreta, como mostra a figura 24. Com isso, foi necessário utilizar mais dias de aula para produzir os cristais.

Figura 24: Produzindo cristais 06

Fonte: Os autores (2024)

Pelo fato de o laboratório da escola ser razoavelmente pequeno e a turma ser grande, como mostra a figura 25, dos 3 horários semanais disponíveis para aulas da disciplina de Ciências, cada horário foi ocupado por um grupo afim de que a professora pudesse acompanhar mais de perto e com mais precisão a produção de cada cristal. Portanto, foi possível concluir esta etapa e produzir belos cristais.

Figura 25: Produzindo cristais 07

Fonte: Os autores (2024)

Após isso, seguindo o cronograma proposto, os 3 grupos receberam uma nova tarefa, realizar a leitura de textos de reportagem de divulgação científica e a partir dos textos montar uma oficina telejornalística. A leitura de textos de divulgação científica permitiu que os alunos tivessem acesso ao conhecimento científico atualizado, podendo ajudá-los a entender melhor o mundo e a evolução da ciência. Já a oficina telejornalística foi criada para gerar uma socialização entre a turma, culminando no interesse dos alunos pelo tema a ser abordado, “os cristais”.

Do mesmo modo que os grupos sortearam os roteiros de produção dos cristais, os textos também foram escolhidos por meio de sorteio. De acordo com a figura 26, o grupo 1, sorteou o texto de descoberta do quasicristal, intitulado “Descoberto quasicristal formado naturalmente na Terra”.

Figura 26: Texto 1: Descoberta do quasicristal

Fonte: <https://www.inovacaotecnologica.com.br/noticias/noticia.php?artigo=descoberto-quasicristal-formado-naturalmente-terra>

O grupo 2 sorteou o texto dos sólidos cristalinos, intitulado “Criada uma nova classe de sólidos cristalinos”, como mostra a figura 27.

Figura 27: Texto 2: Sólidos cristalinos

criação tecnológica
Tudo o que acontece na fronteira do conhecimento

Início Eletrônica Energia Espaço Informática Materiais Mecânica Meio ambiente Nanotecnologia Robótica Plantão

Materiais Avançados

Criada uma nova classe de sólidos cristalinos

Redação do Site Inovação Tecnológica - 16/11/2016

Cristais de rede única rotativa

Químicos da Universidade Lehigh e do Laboratório Nacional Lawrence Berkeley, nos EUA, descobriram como fabricar o que eles chamam de uma nova classe de sólido cristalino.

Eles usaram uma técnica de aquecimento a laser que força os átomos a se organizarem em uma malha rotativa, sem afetar a forma macroscópica do sólido - o sólido muda por dentro.

Ao controlar a rotação da rede cristalina, é possível produzir um novo tipo de cristal sintético e novos materiais bioinspirados, que imitam a estrutura de biomateriais especiais e suas interessantes propriedades eletrônicas e ópticas.

O desenvolvimento dos "cristais de rede única rotativa" (RLS: *Rotating Lattice Single*) é um desdobramento de uma descoberta divulgada em Março pelo mesmo grupo, que demonstrou pela primeira vez que um único cristal poderia ser cultivado a partir do vidro sem derreter o vidro.

Monocristais de grandes dimensões criados com laser

Ordem no vidro

Em um cristal sólido típico, os átomos são dispostos em uma estrutura tridimensional periódica chamada rede cristalina, que se repete regularmente. Quando visto de qualquer

As estruturas que surgem no vidro se parecem com redes presentes em biomateriais, que os pesquisadores agora planejam reproduzir.
(Imagem: D. Saroyak, H. Jain, N. Tamura & V. Dierolf)

Fonte: <https://www.inovacaotecnologica.com.br/noticias/noticia.php?artigo=criada-nova-classe-solidos-cristalinos>

Já o grupo 3, como mostra a figura 28, sorteou o texto da técnica de cerâmica, intitulado “Técnica de cerâmica produz materiais cristalinos”.

Figura 28: Texto 3: Técnica de cerâmica

criação tecnológica
Tudo o que acontece na fronteira do conhecimento

Início Eletrônica Energia Espaço Informática Materiais Mecânica Meio ambiente Nanotecnologia Robótica Plantão

Materiais Avançados

Técnica de cerâmica produz materiais cristalinos

Redação do Site Inovação Tecnológica - 02/06/2005

Cientistas de Universidade Rutgers, Estados Unidos, descobriram uma nova técnica mais simples e barata de crescer cristais minúsculos de alta pureza, adequados para a fabricação de componentes eletrônicos. Além de simplificar o processo atual de crescimento de cristais, a nova técnica permite a criação de materiais em tamanhos e formatos que não eram possíveis até hoje.

No último exemplar da revista Langmuir, da Sociedade Norte-Americana de Química, cientistas da universidade e da empresa Ceramare Corporation descreveram o novo método, por meio do qual eles conseguiram revestir milhares de grânulos microscópicos de cristais individuais, fazendo-os estruturar-se em camadas finas e muito densas.

O conjunto resultante de partículas, altamente ordenadas, tem o mesmo desempenho das pastilhas cristalinas ("wafers") fabricadas pelos métodos tradicionais, com a vantagem de dispensar o demorado crescimento de cristais em soluções ou sob fundição, que depois ainda precisam ser cortados em fatias para se chegar aos wafers utilizados na construção de chips.

"Os materiais que nós criamos em nosso laboratório eliminam um hiato entre os materiais de cristal único, com suas estruturas atômicas precisamente ordenadas, e a cerâmica, que possui estruturas orientadas aleatoriamente," explica o professor Richard Riman.

"Esses materiais chamados 'tipo-cristal-único' possuem propriedades que se aproximam daquelas dos materiais verdadeiramente de cristal único, mas como nós podemos produzi-los com técnicas utilizadas na fabricação de cerâmicas, há um potencial para sintetizá-los economicamente, em tamanhos grandes e em larga escala," conclui ele.

Fonte: <https://www.inovacaotecnologica.com.br/noticias/noticia.php?artigo=010160050602#.ZEF9VHbM>

JPY

Para realização da atividade, foi solicitado que todos os integrantes de cada equipe lessem o texto e extraíssem o máximo de informações para produzir a oficina. Dito isso, cada grupo escolheu os apresentadores âncoras, os repórteres, os entrevistados e o cameraman.

A partir do conhecimento adquirido no decorrer das aulas e da leitura dos textos de divulgação científica a oficina começou a ser montada. Os alunos ficaram livres para ousar e abusar da criatividade no momento da montagem de figurino, cenário e interpretação do personagem.

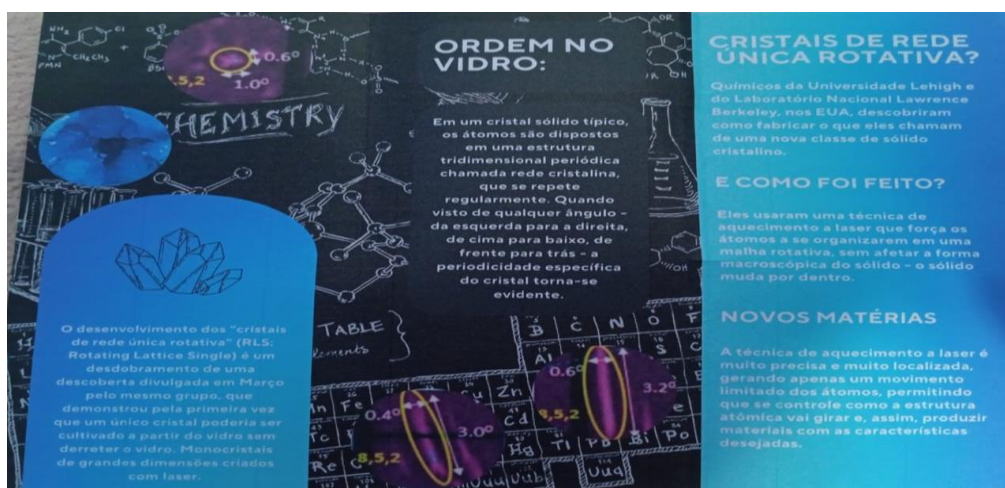
Após solicitar a tarefa em questão, os alunos foram informados que os cristais produzidos e a oficina que estava sendo montada seriam apresentadas ao público (alunos e professores da escola) numa sala temática. Para inovar ainda mais, cada grupo ficou responsável por produzir um folder, como mostram as figuras 29, 30, 31, 32, 33 e 34, convidando as turmas a conhecerem um pouco mais sobre os cristais.

Figura 29: Folder do grupo 2 (01)



Fonte: Os autores (2024)

Figura 30: Folder do grupo 2 (02)



Fonte: Os autores (2024)

Todos os grupos se dedicaram bastante na produção dos folders e o resultado foi sensacional.

Figura 31: Folder do grupo 1 (01)



Fonte: Os autores (2024)

Figura 32: Folder do grupo 1 (02)



Fonte: Os autores (2024)

Produção do grupo 3

Figura 33: Folder do grupo 3 (01)



Fonte: Os autores (2024)

Figura 34: Folder do grupo 3 (02)



Fonte: Os autores (2024)

No dia 09/11 todos os grupos se organizaram na sala temática dos cristais, a fim de apresentar suas produções. Como os grupos eram grandes, eles decidiram entre si separar alguns integrantes para realizar a oficina telejornalística e outros para explicar a produção dos cristais.

O grupo 1 responsável pela produção do cristal doce, caprichou em todos os quesitos, como mostra a figura 35. Neste grupo, tivemos até mesmo a jornalista Yasmin “Coutinho”, personagem criada pelo grupo, entrevistando dois cientistas que mostraram dominar o tema abordado.

Figura 35: Oficina telejornalística do grupo 1 (01)



Fonte: Os autores (2024)

De acordo com a figura 36, além de apresentarem a oficina, o grupo também explicou um pouco sobre os cristais e a física por trás deles.

Figura 36: Oficina telejornalística do grupo 1 (02)



Fonte: Os autores (2024)

Todos os alunos que visitaram a sala temática também puderam observar de perto a produção dos belos cristais de açúcar feitos pelo grupo, a exemplo da figura 37.

Figura 37: Cristal de açúcar



Fonte: Os autores (2024)

Como mostram as figuras 38 e 39, o grupo 2 também realizou um bom trabalho no decorrer de suas apresentações.

Figura 38: Oficina telejornalística do grupo 2 (01)



Fonte: Os autores (2024)

Todos da equipe mostraram um grande desempenho e domínio do tema, sendo um dos grupos mais elogiados por todos (alunos e professores) que assistiram.

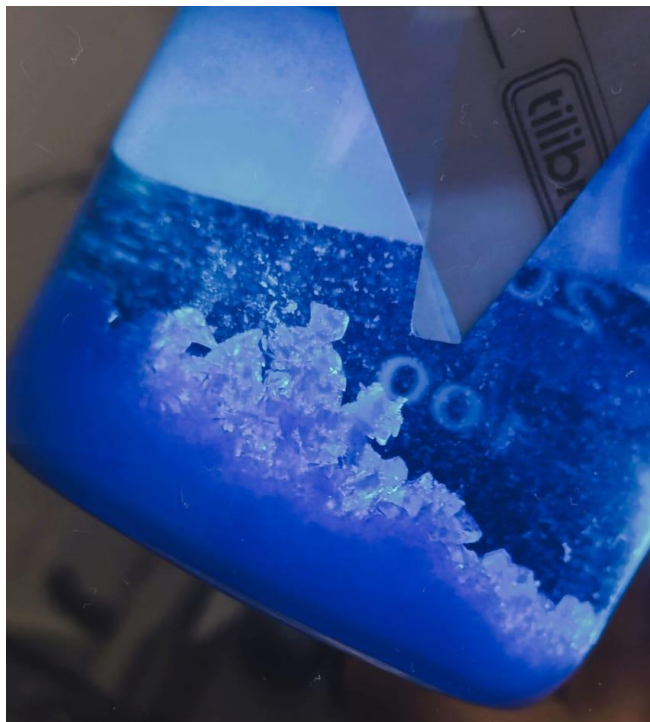
Figura 39: Oficina telejornalística do grupo 1 (02)



Fonte: Os autores (2024)

Além disso, o grupo foi o vencedor do concurso “A joia da Ciência”, pois produziram o mais belo cristal, como mostra a figura 40.

Figura 40: Cristal azul (02)



Fonte: Os autores (2024)

Por fim, o grupo 3 realizou a sua apresentação sem tantas atrações visuais, mas com um belo desempenho e um cartaz que chamou bastante atenção, como mostra a figura 41.

Figura 41: Oficina telejornalística do grupo 3 (01)



Fonte: Os autores (2024)

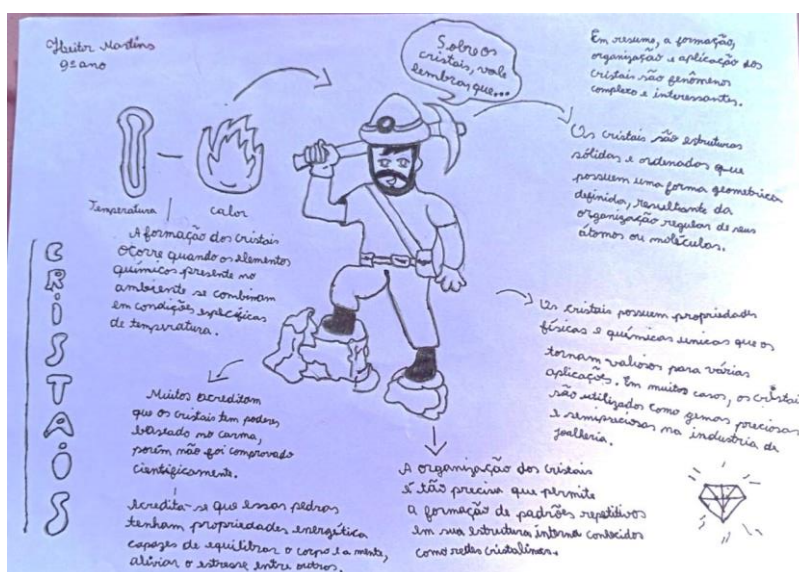
De maneira geral, todos os grupos se destacaram em suas apresentações, cada um com suas particularidades. A atividade foi um sucesso na escola e os alunos das séries anteriores pediram para que a mesma atividade fosse realizada com eles também. Além disso, segundo a coordenação e o corpo docente “a atividade foi um verdadeiro sucesso graças ao esforço e dedicação de cada um dos alunos e da professora Beatriz”.

5.5 Avaliação da Aprendizagem por meio da UEPS

Chegando ao fim da aplicação da SD, no dia 16/11, foi realizada a avaliação da aprendizagem, ainda que em todo o processo de aplicação da UEPS foram realizadas atividades que buscavam o indício de êxito da aprendizagem significativa. Como orientado por Moreira, a avaliação, dividida em duas atividades, foi individual e somativa. Nela estavam presentes questionamentos baseados em todo o decorrer do processo.

Inicialmente, foi proposto aos alunos a última elaboração de um mapa conceitual.

Figura 42: Mapa conceitual do aluno 09



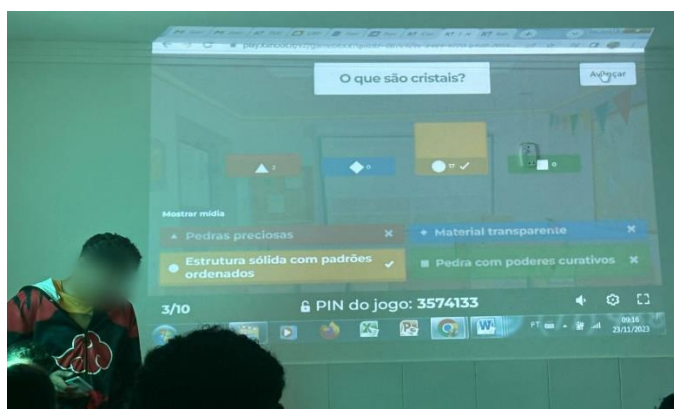
Fonte: Os autores (2024)

O aluno 09, de acordo com a figura 42, mostrou claramente que compreendeu a proposta das atividades e dos conteúdos trabalhados no decorrer da SD.

Dando continuidade, para mudar um pouco o modo de aplicação de atividades, foram apresentadas aos alunos duas plataformas que se tornaram aliadas dos professores

no período da pandemia do COVID-19, a plataforma *Kahoot* e o *Google Forms*. Na plataforma *Kahoot*, por meio de um quiz, como mostra a figura 43, cada aluno pôde demonstrar individualmente de maneira interativa e com uma divertida competição o quanto eles aprenderam sobre a Física por meio dos cristais, relembrando conceitos, formação e estrutura de um cristal. É importante ressaltar que aqui foram selecionadas algumas perguntas do quis disponível no apêndice B.

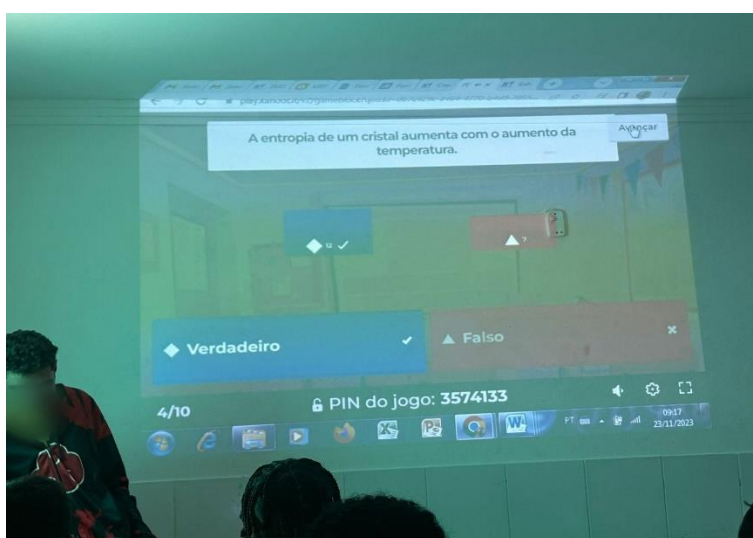
Figura 43: Quiz (01)



Fonte: Os autores (2024)

Como mostra a figura 44, um dos conceitos mais importantes dessa sequência didática também foi lembrado no decorrer da atividade.

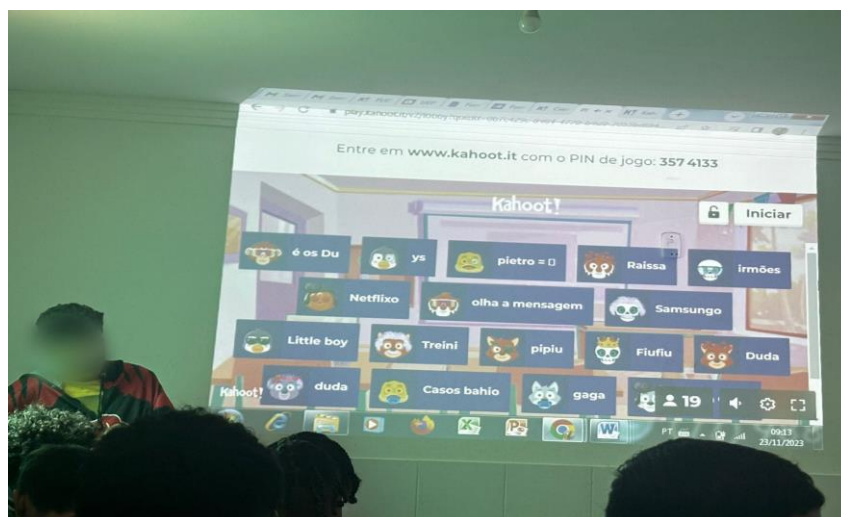
Figura 44: Quiz (02)



Fonte: Os autores (2024)

Todos os 30 alunos presentes, participaram da atividade, apesar de que em alguns momentos a conexão com a internet caía e alguns alunos acabavam desconectando da plataforma, como mostra a figura 45.

Figura 45: Quiz (03)



Fonte: Os autores (2024)

A segunda atividade, que também foi a atividade final da SD, se tratava de um questionário do Google Forms. Esta foi mais uma atividade individual em que todos os alunos presentes participaram, com exceção de uma discente que precisou sair mais cedo da escola por questões pessoais. É importante destacar que foram selecionadas algumas perguntas do formulário presente no apêndice C desta dissertação.

Figura 46: Questionário de sondagem final (01)

Fonte: Os autores (2024)

Ao serem questionados sobre as atividades desenvolvidas, as respostas foram 100% positivas. Todos os alunos afirmaram gostar de todas as etapas do processo de aprendizagem, mas principalmente da forma diferente do tradicional com que cada atividade foi desenvolvida, como mostra a figura 46.

Figura 47: Questionário de sondagem final (02)

Perguntas Respostas 29 Configurações

Você mudaria alguma coisa na aplicação de

< 2 de 8 >

Você mudaria alguma coisa na aplicação das atividades? Ver opções

Não
27 respostas

Sim
2 respostas

Fonte: Os autores (2024)

Ao serem questionados sobre uma possível mudança na aplicação da atividade, 27 alunos responderam que não, enquanto 2 disseram que sim, como mostra a figura 47. Na questão seguinte, que induzia os alunos a comentarem sobre o processo de formação de um cristal, como mostra a figura 48, a grande maioria falou sobre o ambiente adequado para sua formação, o tempo que cada tipo de cristal pode levar para se formar e o conceito de entropia que foi por diversas vezes lembrado no decorrer das atividades.

Figura 48: Questionário de sondagem final (03)

1 resposta

Consigno, para resumir é necessário um ambiente adequado, e a junção dos átomos de forma ordenada

1 resposta

Sim, estudei bastante sobre a entropia e o processo de formação dos cristais pela temperatura

1 resposta

Sim, para acontecer a formação, precisa de um processo um pouco demorado, e matérias certos.

1 resposta

Fonte: Os autores (2024)

Sobre as definições de calor e temperatura e suas corriqueiras confusões, apenas um aluno afirmou ainda considerá-las iguais, como mostra a figura 49.

Figura 49: Questionário de sondagem final (04)

As definições de Temperatura e Calor ainda são consideradas iguais para você após a aplicação das atividades?

[Ver opções](#) ▾

Não
28 respostas

Sim
1 resposta

Fonte: Os autores (2024)

Ao falar de entropia, esperava-se o resultado alcançado, a maior parte dos alunos a relacionaram com a desordem de um sistema, como foi o caso da aluna 10, como mostra a figura 50.

Figura 50: Resposta da aluna 10

E um conceito físico da termodinâmica e que mede o grau da desordem

Fonte: Os autores (2024)

Apesar de compreenderem que a entropia tem relação com a desordem de um sistema, alguns poucos alunos não conseguiram compreender que esta grandeza física está presente na formação de um cristal, como mostra a figura 51.

Figura 51: Questionário de sondagem final (05)

Para você, faz sentido relacionar a entalpia com a formação dos cristais?

[Ver opções](#) ▾

Sim
17 respostas

Talvez
11 respostas

Não
1 resposta

Fonte: Os autores (2024)

Uma questão que gerou muitos debates no início da aplicação da SD, apresentada na figura 52, mostrou-se ainda desafiadora. Acreditar ou não no poder dos cristais é algo a se discutir com mais profundidade, claro que sempre respeitando o posicionamento e crença dos outros.

Figura 52: Questionário de sondagem final (06)

Você acredita no poder dos cristais? [Ver opções](#) ▾

Não
26 respostas

Sim
3 respostas

Fonte: Os autores (2024)

Para concluir esta etapa, o último questionamento deixa uma resposta interessante e bem formulada apresentada na figura 53.

Figura 53: Questionário de sondagem final (07)

Comente sobre o primeiro tópico (o misticismo e a pseudociência) estudado em sala e sua relação com a formação dos cristais.

A pseudociência e o que estudar os cristais e o misticismo e as pessoas q acreditam no poder dos cristais

2 respostas

algumas pessoas acreditam que os cristais transmitem poderes curativos, enérgicos, românticos e por aí vai, entretanto tais "poderes" não são comprovados cientificamente, não acho que isso tem a ver necessariamente com a formação dos cristais, mas podemos dizer que isso pode incentivar a compra e venda dos mesmos, o que, do ponto de vista da origem dos cristais se torna uma situação triste, levando em conta que muitas das pessoas que trabalham na sua coleta são expostas a situações precárias e não são valorizadas, e em certas vezes ocorre trabalho infantil, então é necessário pensar em tudo que envolve a situação antes da compra do cristal.

1 resposta

Fonte: Os autores (2024)

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Com base na análise realizada nesta dissertação, fica evidente que o estudo resultou na criação de um produto educacional. Esse recurso foi concebido por meio da produção, aplicação e avaliação de uma Unidade de Ensino Potencialmente Significativa - UEPS, buscando contribuir para o aprimoramento do processo de ensino-aprendizagem dos conceitos Termodinâmicos associados ao crescimento de cristais e o misticismo e a pseudociência por trás deles.

Quanto à avaliação da UEPS, esta foi conduzida durante todo o processo de pesquisa, com o objetivo de identificar abordagens que facilitassem situações de aprendizagem significativa. Para tal, foram levados em consideração os conhecimentos prévios dos estudantes e a utilidade do material de estudo para tornar o aprendizado mais significativo.

No que diz respeito aos conhecimentos prévios dos estudantes, foi possível perceber alguns pontos importantes: eles não conseguiam enxergar a disciplina de Ciências fora da área da Biologia, eles não conseguiam compreender fenômenos termodinâmicos presentes no seu cotidiano, eles não conseguiam separar o termo calor de temperatura, apesar de utilizarem cristais visando seus valores energéticos, muitos deles não sabiam que existia um misticismo por trás desses valores ou poderes e que tudo isso era apenas pseudociência.

No decorrer de todo o processo buscou-se evidências de aprendizagem significativa. Para isso, foram utilizados diversos recursos como: mapas mentais, leituras e discussões, vídeos, produção experimental, sala temática, entre outros.

Ao final do processo, duas atividades chamaram muita atenção. A primeira delas foi à produção dos cristais. Foi possível perceber por meio desta atividade o desenvolvimento dos alunos quando estes colocam a mão na massa. As aulas acabam se tornam mais interativas e prazerosas (como disse um dos discentes). A segunda atividade foi à produção do mapa conceitual final (tudo sobre os cristais). Nesta atividade, foi perceptível a organização dos conhecimentos adquiridos por parte dos alunos, pois todos os conceitos foram apresentados de forma clara e hierárquica, mesmo não havendo nenhum tipo de consulta.

Diante do exposto, é possível dizer que o êxito da UEPS está diretamente relacionado ao desempenho e a satisfação dos alunos, pois estes fornecem evidências da aprendizagem significativa. Logo, é possível destacar a relevância dos resultados obtidos,

os quais contribuem para o avanço do conhecimento na área da Termodinâmica relacionada com os cristais. Ao analisar as principais conclusões, percebe-se que tudo o que foi desenvolvido corrobora com as expectativas iniciais, consolidando a hipótese proposta. Contudo, é válido ressaltar que novas investigações podem aprimorar ainda mais nossa compreensão do tema. Além disso, a pesquisa resalta a importância de sua aplicação prática, fornecendo insights valiosos para profissionais e pesquisadores interessados na temática. Por fim, reforça-se a necessidade contínua de pesquisa e aprofundamento neste campo, visando contribuir para o progresso científico na área do Ensino de Física.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALLARD, G. **A teoria do calor do século XVI ao XVIII. In: História Geral das Ciências – A ciência Moderna – Tomo II - Volume 3.** São Paulo: Difusão europeia do livro, 1960.

ALDAO, Celso, M. O poder dos cristais: usos modernos, mitos e supostas propriedades mágicas. **Revista Questão de Ciência.** São Paulo. Outubro, 2020. Disponível em: [O poder dos cristais: usos modernos, mitos e supostas propriedades mágicas | Questão de Ciência \(revistaquestaoodeciencia.com.br\)](http://www.revistaquestaoodeciencia.com.br)

AUSUBEL, D. P.; NOVAK, J. D. & HANESIAN, H. (1980). **Psicologia Educacional.** Rio de Janeiro: Interamericana

BECHTOLD, Ivan Helmuth. Cristais líquidos: Um sistema complexo de simples aplicação. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, [s. l.], p. 333-342, 23 ago. 2005.
CASTRO, R. S. **História e Epistemologia da Ciência.** São Paulo: FEUSP, 1993.

CHAGAS, Aécio Pereira; AIROLDI, Claudio. TERMOQUÍMICA NA UNICAMP: DEPOIMENTO SOBRE UMA JORNADA DE 25 ANOS. **FONTES**, [s. l.], 1999.

DELATORRE, P.; AZEVEDO JUNIOR, W. F. DE. A influência do fator de vibração térmica na densidade eletrônica de cristais bidimensionais. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v. 23, n. 2, p. 211–214, 2001.

FIGUEIREDO NETO, A. M. Fluidos complexos na matéria condensada: os cristais líquidos. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v. 43, n. suppl 1, p. e20200300, 2021.

GASPAR, Alberto. **Compreendendo a Física Ondas, Óptica e Termodinâmica.** São Paulo: ÁTICA, 2013. 460 p. v. 2.

GRASSELLI, Erasmo Carlos. **UMA ABORDAGEM DAS MÁQUINAS TÉRMICAS NO ENSINO DA TERMODINÂMICA SOB A ÓTICA DA APRENDIZAGEM SIGNIFICATIVA.** 2018. 1-166 f. Dissertação (Mestre) - Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Medianeira, 2018.

HALL, Judy. *The Crystal Bible: A Definitive Guide to Crystals.* Walking Stick Press, 2003.

HALLIDAY & RESNICK, . *et al.* **Fundamentos da Física Gravitação, Ondas e Termodinâmica.** 10. ed. Rio de Janeiro: LTC — Livros Técnicos e Científicos Editora Ltda., 2016. 643 p.

HERNANDES, Antonio C. O verdadeiro poder dos cristais. **Jornal “A Tribuna”.** São Carlos, SP, 01 jul. 2007. p. 2A.

HEWITT, Paul g. **Física Conceitual.** 12. Ed. Porto Alegre: Bookman Companhia Editora Ltda, 2015. 820 p.

HÜLSENDEGER, Margarete J. V. C. A História da Ciência no ensino da Termodinâmica: um outro olhar sobre o ensino de Física. **Revista Ensaio**, Belo Horizonte, v. 9, ed. 2, p. 222-237, jul-dez 2007.

J.J. CORREIA, L.D.R. MAGALHÃES e L.S. LIMA. Obstáculos Epistemológicos e o Conceito de Calor. **Sitientibus Série Ciências Físicas**, Feira de Santana, n. 4, p. 1-10, 2008.

LABURÚ, C. E.; SIMÕE, A. M.; URBANO, A. A. Mexendo com polaróides e mostradores de cristais líquidos (O ensino da Física contemporânea, tendo como pano de fundo a Física do cotidiano). **Cad.Cat.Ens.Fís.**, v. 15, n. 2: p. 192-205, ago. 1998

MOREIRA, Marco Antônio. **Mapas Conceituais e Diagrama V**. Instituto de Física, UFRGS. 2005. Disponível em: https://www.if.ufrgs.br/~moreira/Livro_Mapas_conceituais_e_Diagramas_V_COMPLETO.pdf. Acesso em: 28 JAN. 2024.

MOREIRA, M.A. **O que é afinal aprendizagem significativa?** 2010. Disponível em: <http://moreira.if.ufrgs.br/oqueefinal.pdf> >Acesso: 26 dez. 2023.

MOREIRA, M. A. **Unidades de ensino potencialmente significativa – UEPS**. Aprendizagem Significativa em Revista, V1, n.2, 2011. Disponível em: http://www.if.ufrgs.br/asr/artigos/Artigo_ID10/v1_n2_a2011.pdf. Acesso em: 10 dez. 2023.

MOREIRA, M. A. **Aprendizagem significativa: a teoria e textos complementares**. São Paulo: Livraria da Física, 2011.

MOREIRA, M. A. **O que é afinal Aprendizagem significativa?** Aula Inaugural do Programa de Pós-Graduação em Ensino de Ciências Naturais, Instituto de Física, Universidade Federal do Mato Grosso, Cuiabá, MT, 23 de abril de 2020. Aceito para publicação, Currículum, La Laguna, Espanha, 2012.

MOREIRA, M. A. **O que é afinal Aprendizagem significativa?** Aula Inaugural do Programa de Pós-Graduação em Ensino de Ciências Naturais, Instituto de Física, Universidade Federal do Mato Grosso, Cuiabá, MT, 23 de abril de 2012. Aceito para publicação, Currículum, La Laguna, Espanha, 2012. Disponível em: <http://www.if.ufrgs.br/~moreira/oqueefinal.pdf> > . Acesso em: 26 set. 2023.

MOREIRA, M. A., & MASSONI, N. T. (2015). **Interfaces entre teorias de aprendizagem e ensino de ciências/física**. Porto Alegre, RS: Instituto de Física, UFRGS.

NUSSENZVEIG, H. Moysés *et al.* **Curso de Física Básica 2 Fluidos, Oscilações, Calor e Ondas**. 5. ed. [S. l.]: EDGARD BLUCHER, 2013. 376 p.

PACHECO, L. L.; FREITAS-REIS, I. Principais Contribuições responsáveis pela descoberta dos raios X: a estirpe coletiva da ciência. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v. 45, p. e20230016, 2023.

PELIZZARI, A.; KRIEGL, M. L.; BARON, M. P.; FINCK, N. T. L.; DOROCINSKI, S. **I. Teoria da Aprendizagem Significativa segundo Ausubel**. Revista PEC, Curitiba, v. 2, n° 1, p. 37-42, jul. 2001/jul. 2002.

RAGHAVAN, R.S.; PILLAI, S. (Eds.). *Quartz: Deposits, Mineralogy and Analytics*. Springer Science & Business Media, 2012.

SANTOS, Mariana de Aguilar; ROSSI, Cláudia Maria Soares. **Conhecimentos prévios dos discentes: contribuições para o processo de ensino-aprendizagem baseado em projetos**. [S. l.], p. 1-9, 2020.

SILVA, D. **Estudo das trajetórias cognitivas de alunos no ensino da diferenciação dos conceitos de calor e temperatura**. São Paulo: FEUSP, 1995.

SILVA, Marxílio Máximo da. **MODELAGEM ENTRÓPICA APLICADA A PROCESSOS DE CRISTALIZAÇÃO**. 2018. Dissertação (Mestre) - Universidade Federal de Campina Grande, [S. l.], 2018.

SILVA, Rodnil da. **UMA PROPOSTA DE ENSINO DE CONCEITOS DE FÍSICA RELACIONADOS À NANOTECNOLOGIA POR MEIO DE UM SISTEMA DE GESTÃO DE APRENDIZAGEM E UMA ATIVIDADE EXPERIMENTAL UTILIZANDO CRISTAIS LÍQUIDOS TERMOTRÓPICOS**. 2019. Dissertação (Mestre) - Universidade Federal do ABC, [S. l.], 2019.

SILVEIRA, D. T.; CÓRDOVIA, F. P. **A Pesquisa Científica**. In: GERHADT, T. G.; SILVEIRA, D. T (org.). Métodos de Pesquisa. Porto Alegre: Ed. Da UFRGS, 2009. p. 31.

SOUZA, Robineide Borges de. **SEQUÊNCIA DIDÁTICA PARA O ENSINO DAS LEIS DA TERMODINÂMICA E MÁQUINAS TÉRMICAS**. 2019. 1-135 f. Dissertação (Mestre) - Universidade Tecnológica Federal do Paraná, [S. l.], 2019.

STUDART, N. Feynman e os pólaron. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v. 40, n. 4, p. e4213, 2018.

TOMAZ, Lucas Faustino. **OTIMIZAÇÃO DO CRESCIMENTO DE CRISTAIS CINTILADORES INORGÂNICOS EM MATRIZ CsI DOPADA COM LÍTIO PARA USO COMO DETECTORES DE RADIAÇÃO**. 2019. Dissertação (Mestre) - Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares, [S. l.], 2019.

TONET, Michele Duarte.; LEONEL, André Ary. Nanociência e Nanotecnologia: uma revisão bibliográfica acerca das contribuições e desafios para o ensino de Física. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, v. 36, n. 2, p. 431-456, ago. 2019

TRINDADE, J. O.; HARTWIG, D. R. (2012). **Uso combinado de mapas conceituais e estratégias diversificadas de ensino: uma análise inicial das ligações químicas**. Química Nova na Escola, 34(2), 83-91.

TOLMASQUIM, Silvia Tiomno; AREZZO, Bartyra de Castro. Comentários sobre a interdisciplinaridade da física e físico-química. **FONTES**, [s. l.], set-dez 2002.

VALADARES, E.; MOREIRA, A. M. **Ensinando Física Moderna no segundo grau: Efeito Fotoelétrico, Laser e Emissão de Corpo Negro.** Caderno Brasileiro de Ensino de Física, v. 15, n. 2, p. 121-135, 1998.

YOUNG, Hugh D.; FREEDMAN, Roger A. **Física II Termodinâmica e Ondas.** [S. l.: s. n.], 2008.

APÊNDICES

APÊNDICE A

**COLÉGIO MÉTODO**

Aluno (a): _____.

Disciplina: Ciências 9º ano Turno: Matutino

Data: ___ / ___ / 2023 Professora: Beatriz Santos

Questionário de Sondagem inicial

1- Você gosta de estudar Física e Química?

2- Você consegue enxergar alguma relação entre os conteúdos de Física e Química dentro da disciplina de Ciências? Se sim, comente sobre.

3- Conhece o conceito de temperatura? Se sim, comente sobre.

4- Sobre Termodinâmica, você já ouviu falar? Se sim comente o que sabe.

5- Você sabe o que é energia?

6- Cite alguns exemplos do seu dia a dia que envolva algum conceito físico.

7- Você conhece o conceito de calor? Se sim, comente.

8- Você consegue citar algum processo em que ocorre trocas de calor?

9- Você já ouviu falar sobre a formação de cristais? Se sim, relacione esse processo com algum dos conceitos citados nas questões acima.

10- Você acredita no poder dos cristais? Ex: cura através dos cristais, proteção através dos cristais...

APÊNDICE B

Questionário *Kahoot*

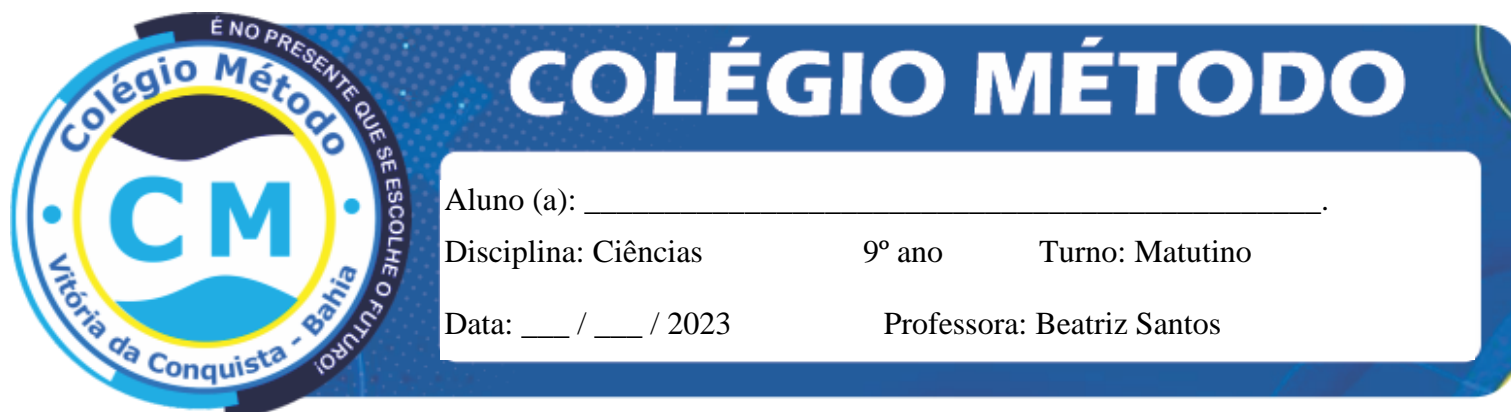
<https://create.kahoot.it/share/tudo-sobre-os-cristais/0b7c429c-8464-4770-b4d9-7055bf894fc7>

APÊNDICE C

Questionário *Google Formulário*

[Formulário sem título - Formulários Google](#)

APÊNDICE D

ROTEIRO DO CRISTAL 1: DOCE DE PEDRA**1. ÁREA DO CONHECIMENTO**

- Físico-química.

2. CONTEÚDO GERAL

- Termodinâmica e Termoquímica.

2.1 CONTEÚDO ESPECÍFICO

- Calor, temperatura, energia interna, entropia, transformações endotérmicas e exotérmicas.

3. OBJETIVO

- Construir um cristal de açúcar.

4. MATERIAIS UTILIZADOS

- Água;
- Recipiente de plástico ou alumínio para aquecer a água;
- Açúcar (2 kg);
- Copinho descartável para café (50mL) ou balança de comida;
- Espeto de churrasco de madeira (10 unidades);
- Fogão ou outra fonte de aquecimento;
- Frasco de vidro de boca larga (5 unidades);
- Cartolina e clipe;

- Ao menos 3 corantes alimentícios líquidos de cores distintas.

5. DESCRIÇÃO DO EXPERIMENTO

Aqueça a água em um recipiente e pingue algumas gotas do corante alimentício da cor que preferir. Adicione açúcar suficiente para que a solução fique saturada, ou seja, até que não se consiga mais dissolver o açúcar naquela temperatura. O açúcar é muito solúvel em água, por isso, será necessária uma grande quantidade de açúcar se for utilizar muita água. Para cada 100mL de água, utilizar de 240g à 300g de açúcar. Caso não tenha balança, utilizar copinhos descartáveis como medida para a quantidade de açúcar necessária. Cada copinho equivale a cerca de 30g de açúcar. Aqueça a água com açúcar até que a solução se dissolva. Transfira a solução ainda quente para o recipiente de vidro. Deixe o frasco com a solução em um lugar aonde se possa observa-lo. Cubra a boca do frasco com uma cartolina a qual deve conter furos. Coloque um palito de churrasco num furo central sem que este toque o fundo do frasco. Prenda o palito com clipe para que ele não caia dentro da solução.



6. O QUE ACONTECE?

Espere alguns dias (cerca de 1 semana) até que o cristal se forme completamente. Quando aquecemos a água, aumentamos muito a solubilidade do açúcar. Ao esfriar, o material que não consegue mais se dissolver naquela temperatura menor, tende a se cristalizar.

Para que a cristalização se inicie, no entanto, é necessário algum ponto de apoio para que os primeiros cristais se formem. O palito de madeira fornece esse apoio. À medida que os primeiros cristais se formam no palito, os outros se formam sobre eles.

7. REFERÊNCIAS

- VÍDEO INSPIRAÇÃO:

<https://www.youtube.com/watch?v=Jl4z9p1j1C4&t=8s>

- Química na cabeça

APÊNDICE E



COLÉGIO MÉTODO

Aluno (a): _____.

Disciplina: Ciências 9º ano Turno: Matutino

Data: ___ / ___ / 2023 Professora: Beatriz Santos

ROTEIRO DO CRISTAL 2: CRISTAL AZUL

1. ÁREA DO CONHECIMENTO

- Físico-química.

2. CONTEÚDO GERAL

- Termodinâmica e Termoquímica.

2.1 CONTEÚDO ESPECÍFICO

- Calor, temperatura, energia interna, entropia e reações químicas.

3. OBJETIVO

- Construir um cristal de sulfato de cobre.

4. MATERIAIS UTILIZADOS

- Água;
- Recipiente de plástico ou alumínio para aquecer a água;
- Sulfato de cobre $CuSO_4$
- Fogão ou outra fonte de aquecimento;
- Frasco de vidro de boca larga (5 unidades);
- Luvas de látex;
- Pegador de gelo de metal.

5. DESCRIÇÃO DO EXPERIMENTO

Aqueça 100mL de água em um recipiente de plástico ou alumínio. Transfira a água quente para um recipiente de vidro e adicione sulfato de cobre até saturar a solução, ou seja, até que não se consiga mais dissolver o sal naquela temperatura. Após saturar, algumas pedrinhas do sal irão ficar no fundo do recipiente. Com bastante cuidado, transfira apenas o líquido para outro recipiente sem que as pedrinhas de sal sejam transferidas para ele. Deixe a solução descansar por 24 horas. Passado o tempo, alguns cristais irão se formar no fundo do copo. Pegue um pequeno pedaço desse cristal e coloque dentro de um novo recipiente. Dentro dele, adicione uma nova solução saturada. Espere por mais alguns dias (cerca de 15 dias) e um novo cristal será formado.



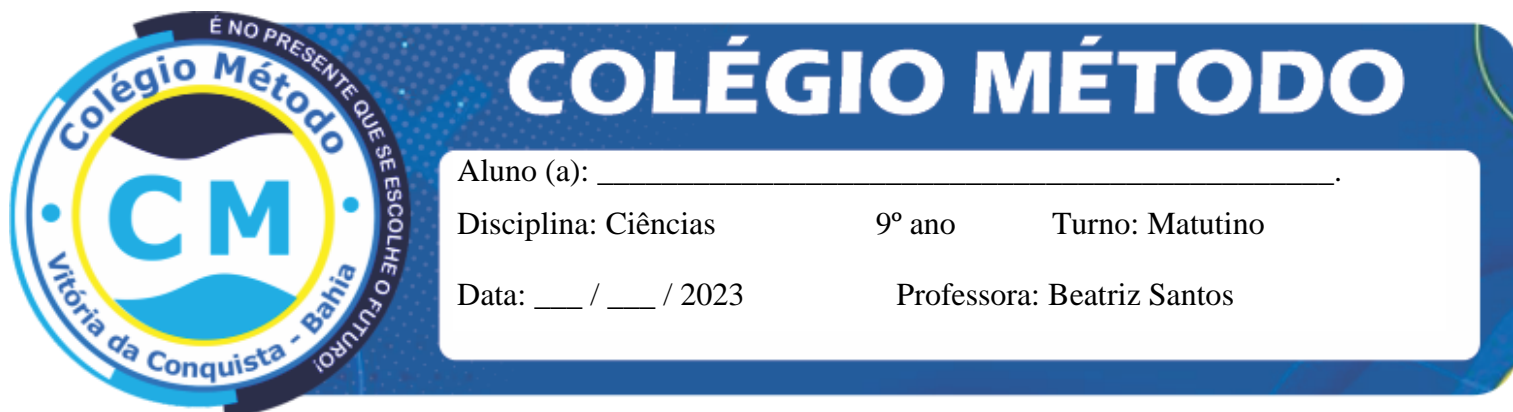
6. O QUE ACONTECE?

Se utilizarmos 100mL de água bem gelada, conseguiremos dissolver 15g de sulfato de cobre. Mas, se a mesma quantidade de água utilizada estiver bem quente, é possível dissolver 70g do mesmo sal. Após dissolver, a solução irá resfriar e o cristal irá se formar. Outra curiosidade é que ao passar do tempo a água vai evaporando e o sal vai continuar lá se cristalizando.

7. REFERÊNCIAS

- VÍDEO INSPIRAÇÃO:
https://www.youtube.com/watch?v=KLGtjE3Mc_0

APÊNDICE F

ROTEIRO DO CRISTAL 3: CRISTAL NO OVO**1. ÁREA DO CONHECIMENTO**

- Físico-química.

2. CONTEÚDO GERAL

- Termodinâmica e Termoquímica.

a. CONTEÚDO ESPECÍFICO

- Calor, temperatura, energia interna, entropia, transformações endotérmicas e exotérmicas.

3. OBJETIVO

- Construir um cristal de sal.

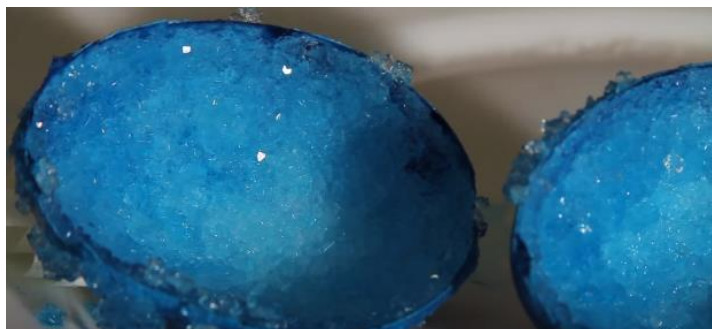
4. MATERIAIS UTILIZADOS

- Ovos (3 unidades);
- Alúmen de potássio (pedra-hume);
- Chave de fenda fina;
- Tesoura;
- Cola branca;
- Pincéis;
- Frasco de vidro de boca larga (5 unidades);
- Luvas de látex;

- Pegador de gelo de metal;
- Corante alimentício.

5. DESCRIÇÃO DO EXPERIMENTO

O primeiro passo que deve ser feito é retirar todo o conteúdo do ovo sem destruir sua casca. Para isso, pegue uma chave de fenda fina e fure o ovo delicadamente nas duas extremidades. Após isso, assopre uma dessas extremidades até que todo o conteúdo saia de dentro do ovo. Com as cascas limpas, utilize uma tesoura para corta-las em formato de concha. Tenha bastante cuidado nessa etapa para que as cascas não sejam danificadas. Pegue as conchas formadas, lave-as cuidadosamente e deixe secar totalmente. Com as cascas secas, utilize o pincel para passar cola branca no interior da casca. Em seguida, salpique a pedra hume em toda a região que tem cola. Deixe secar por 1 hora. Ao final desse processo, pegue um pincel seco e retire o excesso de pedra-hume. Dentro de um recipiente de vidro, adicione 300mL de água e 90g de pedra-hume. Num micro-ondas, aqueça a solução por 2 minutos, até que toda a pedra-hume dissolva totalmente. Após isso, adicione algumas gotas de corante alimentício. Deixe a água esfriar e coloque as cascas dentro do recipiente. Aguarde 24h e os cristais estarão prontos.



6. O QUE ACONTECE?

Ao dissolver o alúmen de potássio na água quente, é possível dissolver muito mais do que na água fria, ou seja, o índice de solubilidade é muito maior na água quente. Com o tempo, a água esfriou e sobrou alúmen de potássio no recipiente querendo voltar a ser cristal. Os cristais voltaram a se formar após colocar as cascas dentro do recipiente.

7. REFERÊNCIAS

- VÍDEO INSPIRAÇÃO:

<https://www.youtube.com/watch?v=QVww8cYGvp4&t=106s>

APÊNDICE G



PRODUTO EDUCACIONAL

CRESCIMENTO DE CRISTAIS: UMA UEPS PARA O ENSINO DE CONCEITOS DE TERMODINÂMICA

BEATRIZ SANTOS SILVA

VITÓRIA DA CONQUISTA- BA

2024

UNIVERSIDADE ESTADUAL DO SUDOESTE DA BAHIA-UESB
PRO-REITORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO
MESTRADO NACIONAL PROFISSIONAL EM ENSINO DE FÍSICA- MNPEF

PRODUTO EDUCACIONAL

CRESCIMENTO DE CRISTAIS: UMA UEPS PARA O ENSINO DE
CONCEITOS DE TERMODINÂMICA

Beatriz Santos Silva

Dissertação de Mestrado apresentada ao Programa de Pós-Graduação do Curso de Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física (MNPEF), como parte dos requisitos necessários à obtenção do título de Mestre em Ensino de Física. O presente trabalho foi realizado com o apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – Brasil (CAPES).

Orientadora: Prof^ª. Dr^ª. Cristina Porto Gonçalves

VITÓRIA DA CONQUISTA- BA

2024

SUMÁRIO

APRESENTAÇÃO	111
1. OBJETIVO GERAL	112
2.1 A TEORIA DA APRENDIZAGEM SIGNIFICATIVA DE DAVID AUSUBEL	112
2.2 A APRENDIZAGEM SIGNIFICATIVA CRÍTICA DE MOREIRA.....	114
3. UNIDADES DE ENSINO POTENCIALMENTE SIGNIFICATIVAS (UEPS).....	116
3.1 Mapas Conceituais: um caminho para a Aprendizagem Significativa.....	116
4. CONTEÚDO A SER ABORDADO	118
4.1 A Termodinâmica e o Poder dos Cristais	118
4.1.1 A história da Termodinâmica	118
4.1.2 Calor	119
4.2 Entropia	121
4.3 O Poder dos Cristais	121
5. CRESCIMENTO DE CRISTAIS: UMA UEPS PARA O ENSINO DE CONCEITOS DE TERMODINÂMICA	123
5.1 Prepara para a aplicação da UEPS.....	123
5.2 Aspectos sequenciais da UEPS	123
Passo 1- Definição do conteúdo a ser abordado	123
Passo 2- Levantamento dos conhecimentos prévios.....	124
Passo 3- Situações-problema em nível introdutório	126
Passo 4- Apresentação do conhecimento a ser Ensinado/Aprendido	128
Passo 5- Retomar os Aspectos Gerais em Nível mais alto de Complexidade.....	130
Passo 6- Conclusão da UEPS	132
Passo 7- Avaliação da Aprendizagem através da UEPS	138
Passo 8- Análise do êxito da aplicação da UEPS	139
6. DISTRIBUIÇÃO DAS AULAS E ATIVIDADES	140
REFERÊNCIAS	142
ANEXOS	143
ANEXO I.....	144
ANEXO II.....	147
ANEXO III.....	149
ANEXO IV	151
APÊNDICES	152
APÊNDICE A	153

APÊNDICE B.....	155
APÊNDICE C	156
APÊNDICE D	157
APÊNDICE E.....	160
APÊNDICE F	163

APRESENTAÇÃO

Pensando no Ensino de Física atual, tanto no nível médio quanto no nível fundamental dentro da disciplina de Ciências, são feitas duras críticas relacionadas, principalmente, ao mecanismo de aprendizagem, as excessivas expressões algébricas, a fraca abordagem histórica e o baixo uso de aparatos experimentais durante as aulas (HÜLSENDEGER, 2007). Por conta disso, não é surpresa para nenhum professor da área, que parte dos seus alunos gere uma antipatia por boa parte dos conteúdos que a envolve.

Em busca de encontrar uma solução para os problemas citados acima, os professores têm implementado novas metodologias e estratégias pedagógicas que buscam estimular o interesse dos alunos no processo de ensino e aprendizagem (FERNANDES, 2010 apud GRASSELLI, 2018). Tais metodologias visam fazer com que os alunos enxerguem na Física uma ciência presente em seu cotidiano, podendo se relacionar com outras ciências, a exemplo, a Química e a Biologia.

Uma possibilidade encontrada por alguns professores, baseada nos conhecimentos prévios dos alunos, é vincular conteúdos que já fazem parte da bagagem de conhecimento destes com novos aprendizados e novas disciplinas.

Dentro da grande escala de conteúdos presentes na disciplina de Ciências, que no último ano do ensino fundamental é dividida igualmente entre as três componentes curriculares da Ciências da Natureza (Biologia, Física e Química), se encontra a Termodinâmica, área de conhecimento que busca entender os processos que envolvem o calor e as transformações causadas por ele, tendo um papel fundamental para o processo de aprendizagem dos alunos com relação à Física.

Sendo assim, a proposta do trabalho em questão é aplicar uma sequência didática com o intuito de abordar alguns conceitos da Termodinâmica e da Termoquímica relacionados ao crescimento e estrutura dos cristais, tendo em vista o misticismo por trás do poder dos cristais. Para isso, a sequência será baseada na Unidade de Ensino Potencialmente Significativa- UEPS de Marco Antônio Moreira (2010) que visa utilizar o conhecimento prévio do aluno para construir um novo conhecimento, e assim alcançar a aprendizagem significativa. É válido ressaltar que durante o processo de desenvolvimento da UEPS, são utilizadas situações-problema que dão sentido aos novos conhecimentos e que o aluno é quem vai decidir se sua aprendizagem vai ser significativa ou não.

1. OBJETIVO GERAL

Desenvolver uma sequência didática interdisciplinar, no Ensino Fundamental, baseada na Unidade de Ensino Potencialmente Significativa (UEPS) para o ensino dos conceitos de temperatura, calor, entropia e energia interna, relacionado ao crescimento e estrutura dos cristais, tendo em vista o misticismo por trás do poder dos cristais.

2. REFERENCIAL TEÓRICO

O Produto Educacional está disponibilizado em forma de implementação de uma sequência didática. Neste processo foram escolhidas a Aprendizagem Significativa de David Ausubel e a Aprendizagem Significativa Crítica de Marco Antonio Moreira para realização das atividades realizadas em sala de aula.

2.1 A TEORIA DA APRENDIZAGEM SIGNIFICATIVA DE DAVID AUSUBEL

A teoria da aprendizagem significativa de David Ausubel, renomado psicólogo americano, emerge como um modelo influente no campo da psicologia educacional. Ela proporciona um sólido arcabouço conceitual para entender os processos cognitivos envolvidos na aquisição de conhecimento, contrastando com abordagens mais mecânicas (MOREIRA, 2012).

Ausubel propõe que a aprendizagem é mais eficaz quando novos conhecimentos são integrados de maneira significativa às estruturas cognitivas já existentes no indivíduo. Para facilitar essa assimilação, ele introduz o conceito de "subsunoçores" — ideias preexistentes na mente do aprendiz que servem como ancoragem para a incorporação de novas informações. A construção de significado, segundo Ausubel, depende da integração dessas novas ideias à estrutura mental pré-existente.

O termo "subsunoçor", derivado do verbo "subsumir", refere-se à incorporação de novos conhecimentos em um contexto cognitivo já estabelecido. Esses subsunoçores são conhecimentos específicos presentes na estrutura mental do sujeito, que possibilitam a atribuição de significado a novas informações. A estrutura cognitiva é descrita como um conjunto hierárquico dinamicamente interligado de subsunoçores, refletindo a complexidade singular da mente humana.

Valadares e Moreira (2009) destacam que essa estrutura inclui componentes afetivas e reflete o resultado das experiências e conceitos anteriormente assimilados pelo indivíduo. Assim, os subsunçores desempenham um papel fundamental na aprendizagem significativa, permitindo a construção de significados em novos contextos educacionais. A teoria de Ausubel enfatiza a organização hierárquica do conhecimento como crucial para facilitar a ligação entre novos conhecimentos e os conhecimentos prévios do aprendiz. Esta organização ajuda na ancoragem do novo conteúdo, promovendo uma aprendizagem mais significativa.

Ausubel, Novak e Haniensem (1980) ressaltam que a aprendizagem significativa não se limita à simples absorção de informações relevantes, mas envolve a integração de significados intrínsecos nos materiais educacionais. Ou seja, a aquisição de novos significados ocorre mesmo antes de qualquer instrução formal.

Para implementar eficazmente a teoria da aprendizagem significativa, Ausubel destaca a importância de despertar o interesse dos alunos através de materiais instrucionais relevantes e incentivando a participação ativa. O diálogo entre educador e aluno desempenha um papel crucial na clarificação de conceitos e na promoção da construção de significado. Ausubel identifica duas condições fundamentais para que ocorra uma aprendizagem significativa:

Uma das condições [...], portanto, é que o material seja relacionável (ou incorporável) à estrutura cognitiva do aprendiz, de maneira não arbitrária e não literal. Um material com essa característica é dito potencialmente significativo. [...] A outra condição é que o aprendiz manifeste uma disposição para relacionar de maneira substantiva e não arbitrária o novo material, potencialmente significativo, à sua estrutura cognitiva. (MOREIRA, 2019, p. 163-164).

O autor destaca duas condições fundamentais para que ocorra a aprendizagem significativa. Primeiramente, ressalta a necessidade de o material didático ser relacionável ou incorporável à estrutura cognitiva do aprendiz, de maneira não arbitrária e não literal. Isso significa que o conteúdo deve ser apresentado de forma a estabelecer conexões naturais e substanciais com os conhecimentos prévios do aprendiz, evitando abordagens que sejam percebidas como aleatórias ou desconectadas da experiência cognitiva do indivíduo.

2.2 A APRENDIZAGEM SIGNIFICATIVA CRÍTICA DE MOREIRA

A Teoria da Aprendizagem Significativa Crítica, desenvolvida por Marco Antonio Moreira, emerge como uma abordagem inovadora e reflexiva no campo da psicologia educacional. Esta teoria representa uma extensão da concepção clássica da Aprendizagem Significativa de David Ausubel, incorporando elementos críticos que aprofundam a compreensão do processo de aprendizagem. Segundo o autor,

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).

O autor encapsula de maneira precisa o cerne da aprendizagem significativa, proporcionando uma compreensão clara dos elementos fundamentais envolvidos no processo. Ao afirmar que a aprendizagem significativa ocorre quando ideias simbolicamente expressas interagem de maneira substantiva e não-arbitrária com o conhecimento prévio do aprendiz, Moreira destaca dois pontos cruciais.

Em primeiro lugar, a interação substantiva sugere que a assimilação de novas ideias não se limita a uma interpretação literal ou ao pé-da-letra. Pelo contrário, a aprendizagem significativa envolve uma compreensão profunda e não superficial, permitindo que as novas ideias se entrelacem de maneira não restrita com os conhecimentos existentes. Essa interação substantiva propicia a criação de significados mais profundos e conexões mais ricas entre os conceitos, contribuindo para uma aprendizagem mais duradoura e compreensiva.

Em segundo lugar, a não-arbitrariedade ressalta a importância da relevância específica do conhecimento prévio na estrutura cognitiva do aprendiz. Isso implica que a aprendizagem significativa não ocorre de maneira aleatória, mas sim quando as novas ideias estão intrinsecamente relacionadas a conhecimentos pré-existentes que são particularmente pertinentes ao sujeito que aprende. Essa não-arbitrariedade enfatiza a necessidade de uma conexão lógica e contextual entre o novo conhecimento e a base cognitiva do aprendiz, favorecendo uma compreensão significativa.

Nessa perspectiva, Moreira propõe que a aprendizagem significativa crítica vai além da simples assimilação de informações para a construção de significados conscientes e reflexivos. Em sua abordagem, ele destaca a importância de uma visão crítica e contextualizada do conhecimento, considerando não apenas a estrutura cognitiva individual do aprendiz, mas também as dimensões socioculturais, políticas e históricas que moldam esse conhecimento. Sobre isso, o autor elenca que:

É preciso chamar atenção que aprendizagem significativa não é, necessariamente, aquela que comumente chamamos de “correta”. Quando o sujeito atribui significados a um dado conhecimento, ancorando-o interativamente em conhecimentos prévios, a aprendizagem é significativa, independente de se estes são os aceitos no contexto de alguma matéria de ensino (MOREIRA, 2012, p. 8).

Dessa maneira, compreende-se que, na aprendizagem significativa, o conteúdo escolar não apenas interage com outros conhecimentos do ambiente escolar, mas também se relaciona com outros saberes provenientes de diversas origens. Esse processo possibilita a formulação de novos significados, adotando uma perspectiva não literal e não arbitrária. Nesse contexto, o papel do educador transcende o de mero transmissor de conhecimento para tornar-se um facilitador, fomentando a construção ativa de saberes pelos alunos (MOREIRA, 2010; AUSUBEL, 1968).

3. UNIDADES DE ENSINO POTENCIALMENTE SIGNIFICATIVAS (UEPS)

As Unidades de Ensino Potencialmente Significativas (UEPS) surgem como uma metodologia a ser adotada pelo professor, visando fornecer contribuições para o desenvolvimento de uma aprendizagem progressivamente mais significativa, em contraposição à abordagem mecânica de aprendizagem, conforme destacado por Moreira, “são sequências de ensino fundamentadas teoricamente, voltadas para a aprendizagem significativa, não mecânica, que podem estimular a pesquisa aplicada em ensino, aquela voltada diretamente à sala de aula” (2011, p. 02).

Nesse sentido, as UEPS referem-se a uma abordagem pedagógica que busca criar unidades de ensino ou atividades educacionais que tenham o potencial de promover aprendizagem significativa. Este conceito é fundamentado nas teorias da aprendizagem significativa, especialmente na proposta por David Ausubel, e destaca a importância de construir conexões entre novos conhecimentos e o conhecimento prévio do aluno.

Moreira destaca que, ao utilizar as UEPS, os professores têm a oportunidade de criar situações de aprendizagem que levam em consideração os conhecimentos prévios dos alunos, promovendo uma conexão efetiva entre os novos conteúdos e o que os estudantes já sabem. O autor enfatiza que o conhecimento prévio do aluno é uma condição necessária para a Aprendizagem Significativa, e as UEPS oferecem uma maneira eficaz de integrar esses conhecimentos ao processo de ensino (MOREIRA, 2005).

As UEPS buscam envolver os alunos ativamente no processo de aprendizagem, estimulando a reflexão, o questionamento e a aplicação prática do conhecimento. Dessa forma, as unidades de ensino são projetadas de maneira a desencadear o pensamento crítico e a interação substancial com os conceitos, promovendo, assim, a aprendizagem significativa.

Ao adotar as Unidades de Ensino Potencialmente Significativas, os educadores procuram criar um ambiente educacional mais dinâmico, onde os alunos não apenas absorvem informações, mas também constroem ativamente seu entendimento sobre o conteúdo. Essa abordagem visa tornar a aprendizagem mais significativa, relevante e transferível para diferentes contextos, contribuindo para o desenvolvimento de habilidades cognitivas mais profundas e duradouras.

3.1 Mapas Conceituais: um caminho para a Aprendizagem Significativa

Os mapas conceituais, concebidos como importantes ferramentas pedagógicas, têm sido objeto de reflexão por parte de Marco Antônio Moreira. Em suas ponderações, Moreira destaca a eficácia dos mapas conceituais na representação gráfica e organização do conhecimento, enfatizando que eles são instrumentos cognitivos poderosos, pois possibilitam a explicitação e visualização das relações hierárquicas entre os conceitos de uma determinada área do conhecimento (Moreira, 2005). O autor ainda destaca que

"De maneira geral, mapas conceituais, ou mapas de conceitos, são essencialmente diagramas que ilustram as relações entre conceitos ou entre as palavras que empregamos para expressar esses conceitos." O autor ainda deixa explícito que "Mapas conceituais não buscam classificar conceitos, mas sim relacioná-los e hierarquizá-los" (MOREIRA, 1997, p. 2).

No entanto, a utilidade dos mapas conceituais vai além da mera representação visual. Para Moreira, essas representações gráficas desempenham um papel fundamental na promoção da aprendizagem significativa. Ele afirma que os mapas conceituais são ferramentas facilitadoras da aprendizagem significativa, auxiliando os alunos a relacionar e integrar conceitos de maneira mais profunda e duradoura (MOREIRA, 2012).

A abordagem de Moreira também destaca a capacidade dos mapas conceituais em evidenciar as conexões entre diferentes áreas do conhecimento. Ele argumenta que os mapas conceituais promovem uma visão integradora, permitindo aos alunos compreenderem como os conceitos se inter-relacionam não apenas dentro de uma disciplina específica, mas também em um contexto mais amplo (MOREIRA, 2012). O autor reconhece a importância dos mapas conceituais no ensino de física, destacando sua utilidade como ferramenta pedagógica para promover a aprendizagem significativa. Os mapas conceituais, nesse sentido, oferecem uma abordagem visual e organizada para representar as relações entre os conceitos fundamentais da física, facilitando a compreensão e a assimilação do conhecimento pelos estudantes.

4. CONTEÚDO A SER ABORDADO

O trabalho aqui apresentado definiu como tópico específico o ensino de Conceitos Termodinâmicos relacionados ao poder dos cristais e o misticismo e a pseudociência por trás deles, que de acordo com o primeiro passo da UEPS, deve ter seus aspectos declarativos e procedimentais claros e aceitos no contexto da matéria de ensino (Moreira, 2011). Para este estudo com abordagem no Ensino Fundamental II, foram utilizadas as seguintes referências: BONJORNO, RAMOS, PRADO, CASEMIRO (2016); PIETROCOLA, POGIBIN, ANDRADE, ROMERO (2010); entre outros.

4.1 A Termodinâmica e o Poder dos Cristais

A relação entre termodinâmica e cristais é interessante tanto do ponto de vista científico quanto cultural. Enquanto a termodinâmica explora como a energia se move e transforma nos sistemas físicos, os cristais são estruturas sólidas com padrões moleculares ordenados. Cientificamente, a termodinâmica permite entender como os cristais respondem a mudanças de temperatura e pressão, além de desempenhar um papel crucial na sua formação e nas aplicações industriais. Por outro lado, culturalmente, portanto, não comprovado cientificamente, os cristais são frequentemente associados a práticas espirituais e terapias alternativas, como a cristaloterapia, que atribui propriedades de cura e energização aos diferentes tipos de cristais.

4.1.1 A história da Termodinâmica

A história da termodinâmica se desenvolveu ao longo de muitos séculos, impulsionada pelo desejo de entender como calor e energia funcionam nos sistemas físicos. Na metade do século XVII, Robert Boyle e Edme Mariotte investigaram as propriedades dos gases, resultando na formulação da Lei de Boyle (1662), que descreve a relação inversa entre pressão e volume.

No século XVIII, a teoria do calórico, segundo Correia, Magalhães e Lima (2008, p.3), “desenvolvida a partir de postulados essenciais, concebeu o calor como sendo uma substância fluída, que passa de um local para outro. Viam-na também como sendo invisível e indestrutível”. Esta teoria foi influenciada por cientistas como Joseph Black e Antoine Lavoisier.

Sadi Carnot, em 1824, desenvolveu a teoria das máquinas térmicas ideais e introduziu o conceito de ciclo termodinâmico reversível. Isso marcou o início do desenvolvimento sistemático da termodinâmica.

A primeira metade do século XIX viu o estabelecimento da primeira e segunda leis da termodinâmica. Julius Robert Mayer e Hermann von Helmholtz formularam independentemente a lei da conservação da energia. Clausius e Kelvin contribuíram para a formulação da segunda lei.

Rudolf Clausius introduziu o conceito de entropia e desenvolveu a segunda lei matematicamente. Já a terceira lei da termodinâmica foi formulada por Walther Nernst no início do século XX, estabelecendo a impossibilidade de alcançar o zero absoluto em um número finito de etapas.

A termodinâmica estatística, que relaciona as propriedades macroscópicas dos sistemas à média das propriedades microscópicas das partículas que o compõem, foi desenvolvida por cientistas como Ludwig Boltzmann e Josiah Willard Gibbs.

A termodinâmica continuou a se desenvolver, implementando conceitos como termodinâmica química, termodinâmica de não equilíbrio e teoria quântica.

4.1.2 Calor

O calor é um conceito fundamental em muitas áreas da ciência e da vida cotidiana. Ele desempenha um papel crucial na física, química, engenharia e até mesmo na biologia, influenciando processos como mudanças de estado da matéria, transferência de energia e funcionamento de máquinas. Entender como o calor se comporta e como ele interage com diferentes substâncias é essencial para explorar uma ampla gama de fenômenos naturais e tecnológicos. Para BONJORNO, RAMOS, PRADO, CASEMIRO (2016, p.13)

“O calor é energia térmica trocada entre dois corpos mediante uma diferença de temperatura entre eles. Como a energia não pode ser criada nem destruída, ela será cedida pela massa de água mais quente e absorvida pela massa de água mais fria, alterando o estado de movimentação das moléculas”.

Quando dois corpos, de diferentes temperaturas, entram em contato, o corpo de maior temperatura cede energia térmica para o corpo de menor temperatura até que ambos

se encontrem com o mesmo nível de movimentação. Quando isso ocorre, diz-se que os corpos entraram em equilíbrio térmico.

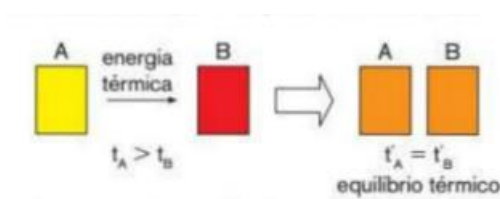


Figura 54: Equilíbrio Térmico

Fonte: BONJORNO, RAMOS, PRADO, CASEMIRO (2016, p.13)

O calor é uma grandeza que também pode ser medida. A unidade de medida padrão do calor é o joules (J), mas ele também pode ser medido em calorias (cal) ou British thermal units (Btu); entre essas unidades, existem as seguintes relações:

$$1 \text{ cal} = 3,968 \times 10^{-3} \text{ Btu} = 4,1868 \text{ J} \cdot$$

Se um calor Q é absorvido por um objeto, a variação de temperatura ΔT do objeto é dada por

$$Q = C \cdot (T_f - T_i) \quad (5)$$

em que C é a capacidade térmica do objeto, T_f é a temperatura final e T_i é a temperatura inicial. Se o objeto tem massa m ,

$$Q = c \cdot m \cdot (T_f - T_i) \quad (6)$$

em que c é o calor específico do material de que é feito o objeto.

O calor específico molar de uma substância é a capacidade térmica por mol, ou seja, a capacidade térmica de $6,02 \times 10^{23}$ unidades elementares da substância.

O calor absorvido por um material pode produzir uma mudança de fase do material, da fase sólida para a fase líquida, por exemplo. A energia por unidade de massa necessária para mudar a fase (mas não a temperatura) de um material é chamada de calor de transformação (L). Assim,

$$Q = L \cdot m \quad (7)$$

4.2 Entropia

A entropia pode ser entendida como uma medida da desordem de um sistema. Este é um conceito importante na termodinâmica. Quando um sistema aumenta sua entropia, isso geralmente significa que ele está se tornando mais desorganizado e dispersando energia de maneira menos concentrada. Por exemplo, quando um bloco de gelo derrete em água, sua entropia aumenta porque as moléculas da água estão distribuídas de forma mais aleatória do que no gelo sólido.

Entropia também está ligada ao conceito de irreversibilidade dos processos naturais. De acordo com a segunda lei da termodinâmica, a entropia de um sistema isolado tende a aumentar ao longo do tempo, o que implica que processos naturais geralmente ocorrem em direção a estados de maior desordem.

A entropia também pode ser expressa matematicamente

$$\Delta S = \frac{\Delta Q}{T} \quad (4)$$

em que S é a entropia desse corpo ou sistema e ΔS , a variação de entropia quando a esse sistema ou corpo é cedida (ou absorvida) a quantidade de calor ΔQ à temperatura absoluta T. A unidade de entropia é, portanto, joule/kelvin (J/K).

4.3 O Poder dos Cristais

Os cristais têm desempenhado papéis significativos ao longo da história humana, não apenas devido às suas propriedades estéticas e espirituais, mas também por suas aplicações práticas e tecnológicas. Desde tempos antigos, diversas culturas atribuíram poderes místicos aos cristais, acreditando que eles possuíam capacidades de cura, proteção e amplificação de energia. Essas crenças persistem até hoje em práticas como a cristaloterapia, onde diferentes tipos de cristais são utilizados para influenciar o bem-estar físico, emocional e espiritual das pessoas. É válido ressaltar que na literatura científica, não há comprovação de qualquer “poder” dos cristais naturais, embora existam relatos de

seu uso em processos de cura. A decisão de acreditar ou não no poder dos cristais é uma questão pessoal que cada indivíduo deve decidir por si mesmo (HERNANDES, 2007). Apesar de frequentemente carecerem de fundamentação científica rigorosa, essas práticas continuam a ser valorizadas por muitos adeptos de terapias alternativas como uma forma de conexão espiritual com a Terra e suas energias sutis.

Além de seu papel na espiritualidade e bem-estar pessoal, os cristais também têm aplicações tecnológicas significativas. Por exemplo, cristais como o quartzo são essenciais em dispositivos eletrônicos modernos devido às suas propriedades piezoelétricas e capacidade de controlar frequências em relógios e osciladores. A piezoeletricidade do quartzo é utilizada em osciladores que geram sinais precisos de frequência, essenciais para aplicações em comunicações sem fio, circuitos de temporização e computação (ALDAO, 2020).

Além do quartzo, outros cristais como o rubi e a safira são valorizados por suas propriedades ópticas, sendo utilizados em lasers de alta potência e em componentes ópticos avançados. Esses cristais têm a capacidade única de emitir luz intensa e coerente quando estimulados eletricamente ou por outros lasers, sendo essenciais em aplicações que vão desde a medicina até a indústria de corte e gravação de alta precisão (ALDAO, 2020). Assim, os cristais não apenas continuam a ser reverenciados por suas qualidades espirituais e estéticas, mas também desempenham um papel crucial na tecnologia moderna, impulsionando inovações e avanços em diversas áreas da ciência e da engenharia.

5. CRESCIMENTO DE CRISTAIS: UMA UEPS PARA O ENSINO DE CONCEITOS DE TERMODINÂMICA

Adotando a proposta de Moreira (2011), exposta no Referencial Teórico deste Produto Educacional, foi elaborada a sequência didática apresentada a seguir.

5.1 Prepara para a aplicação da UEPS

Para a aplicação da UEPS, uma aula introdutória que aborda a forma como se constrói um mapa conceitual e sua finalidade deverá ser iniciada. Um mapa conceitual é uma representação visual de conceitos e suas relações. Ele é composto por nós, que representam os conceitos, e linhas que ligam estes nós e mostram as relações entre eles. Os mapas conceituais podem ser utilizados para organizar e representar o conhecimento de uma determinada área, ajudando na compreensão e memorização dos conceitos (MOREIRA, 1997).

Por meio de uma roda de conversa os alunos deverão obter informações sobre a forma que um mapa conceitual deve ser desenvolvido e que ele é uma ferramenta poderosa para auxiliá-los a visualizarem e compreenderem a relação entre os conceitos que irão ser estudados. Além disso, os mapas conceituais deverão ser usados como uma forma de avaliação do aprendizado dos alunos, pois permitem que a (o) professora (o) visualize a compreensão e a organização do conhecimento por parte dos estudantes.

5.2 Aspectos sequenciais da UEPS

Segundo Moreira (2011), o objetivo da construção de uma Unidade de Ensino Potencialmente Significativa (UEPS) é desenvolver unidades de ensino potencialmente facilitadoras da aprendizagem significativa de temas específicos. Nessa perspectiva, os oito (08) passos que seguem, são aqueles desenvolvidos por Moreira para adquirir uma aprendizagem significativa crítica.

Passo 1- Definição do conteúdo a ser abordado

O conteúdo para esta UEPS foi relacionado à Termodinâmica sendo o tema escolhido “Crescimento de Cristais”.

No decorrer da aplicação da proposta de ensino serão abordados os conceitos de calor, temperatura, energia interna, entropia, transformações físicas e transformações endotérmicas e exotérmicas. Tendo em vista a abordagem desses conceitos, foi possível conhecer sobre a estrutura interna e organização do cristal levando em consideração, principalmente, o conceito de entropia.

Para além disso, o tema deverá ser discutido ao se relacionar com o poder dos cristais, o misticismo e a pseudociência por trás dele.

Passo 2- Levantamento dos conhecimentos prévios

Buscando proporcionar oportunidades aos alunos para compartilharem seus conhecimentos prévios sobre o tema de estudo, nesta etapa será desenvolvido e aplicado um questionário de sondagem contendo situações e problemas que tem por intuito estimular a reflexão dos estudantes sobre o tema.

Questionário de Sondagem inicial

1. Você gosta de estudar Física e Química?

2. Você consegue enxergar alguma relação entre os conteúdos de Física e Química dentro da disciplina de Ciências? Se sim, comente sobre.

3. Conhece o conceito de temperatura? Se sim, comente sobre.

4. Sobre Termodinâmica, você já ouviu falar? Se sim comente o que sabe.

5. Você sabe o que é energia?

6. Cite alguns exemplos do seu dia a dia que envolva algum conceito físico.

7. Você conhece o conceito de calor? Se sim, comente.

8. Você consegue citar algum processo em que ocorre trocas de calor?

9. Você já ouviu falar sobre a formação de cristais? Se sim, relacione esse processo com algum dos conceitos citados nas questões acima.

10. Você acredita no poder dos cristais? Ex: cura através dos cristais, proteção através dos cristais...

O questionário de sondagem (Apêndice A) dispõe de dez (10) questões que estimulam os estudantes a externalizarem o que já sabem sobre o tema. É válido salientar que este questionário deve ser aplicado individualmente, sendo que nenhuma intervenção pode ser feita pelo (a) professor (a) aplicador (a), tendo em vista que a sondagem, atividade importante para a aprendizagem significativa crítica de Moreira (2011), precisa ser feita de modo que se torne possível detectar o conhecimento antecedente do aluno sobre o tema.

Ao final desta etapa, foi deverá ser aberta uma discussão acerca das respostas apresentadas por cada aluno, pois para a próxima etapa será necessária essa preparação.

Passo 3- Situações-problema em nível introdutório

Essa etapa da UEPS foi planejada conforme as orientações de Moreira (2011) para revisitar situações de nível introdutório, levando em consideração os conhecimentos demonstrados pelos alunos na atividade anterior. O objetivo será prepará-los para a introdução do conhecimento planejado para ser ensinado.

Defronte a esta proposta serão realizadas duas intervenções para realização da primeira atividade pós-questionário de sondagem. A primeira delas trata-se da leitura e discussão de um texto-didático (Anexo A) “A pseudociência e o misticismo através do poder dos cristais”, elaborado pela professora e autora desta dissertação.

Texto didático 1- A pseudociência e o misticismo através do poder dos cristais

A pseudociência e o misticismo têm sido frequentemente associados ao poder dos cristais. Desde tempos imemoriais, as pessoas têm acreditado que certos minerais e pedras preciosas possuem propriedades místicas e curativas. No entanto, a comunidade científica não reconhece essas crenças como fundamentadas em provas ou evidências convincentes.

A pseudociência se refere a práticas que são apresentadas como científicas, mas que carecem de evidências sólidas. No caso dos cristais, muitos argumentam que acreditar em suas propriedades mágicas vai além dos limites do método científico. A pseudociência pode usar terminologias científicas e se apoiar em interpretações seletivas de dados para dar suporte às suas crenças, mas ela não está sujeita a teste, refutação ou investigação empírica.

Por outro lado, o misticismo relacionado aos cristais envolve crenças espirituais e rituais associados a esses minerais. Segundo os defensores dessas práticas, diferentes cristais possuem energias únicas que podem ser utilizadas para influenciar o mundo ao nosso redor. Alguns acreditam que os cristais podem curar doenças, equilibrar os chakras, proteger contra energias negativas e até mesmo atrair boa sorte.

Embora existam muitos relatos de pessoas que alegam ter experimentado benefícios com o uso de cristais, a ciência tradicional não encontrou evidências consistentes para sustentar essas afirmações. Estudos científicos sobre cristais têm

concluído que seu poder de cura e outras propriedades místicas não têm qualquer base científica sólida.

Ainda assim, os defensores dessa prática questionam as limitações da ciência e argumentam que a natureza mística dos cristais não pode ser adequadamente estudada ou compreendida por meio do método científico. Eles acreditam que a verdadeira natureza dos cristais é mais complexa e sutil, e não pode ser facilmente quantificada ou explicada.

Embora pseudociência e misticismo possam ser atrativos para muitas pessoas, especialmente para aqueles que buscam uma sensação de conexão com algo maior, é importante exercer um pensamento crítico e cético em relação a essas práticas. É fundamental avaliar as reivindicações com base em evidências científicas sólidas e estar ciente dos perigos de colocar a saúde e o bem-estar nas mãos de práticas sem fundamentos científicos.

A leitura do texto em questão visa instigar os alunos acerca do poder dos cristais que muitos acreditam, mas que não tem comprovação científica. Com o intuito de trazer mais curiosidades sobre o tema abordado no texto, um vídeo deverá ser apresentado aos alunos.



Figura 55: Vídeo- O lado obscuro dos cristais
<https://www.youtube.com/watch?v=o61DAiMkubw&t=23s>

O vídeo trata-se de um apanhado acerca das pseudociências que cercam os seres humanos. Para tal é abordado tudo o que existe por trás da cura ou terapia através dos cristais, sendo está uma indústria que vem crescendo ao longo dos anos. Além disso, o vídeo também aborda a questão da extração dos cristais, mostrando situações desumanas

que acontecem nos garimpos de extração e que não são conhecidas por pessoas que adquirem os cristais em favor do seu “poder energético”.

Após este momento, deverá ser aberta uma discussão acerca do texto e do vídeo apresentado aos alunos, com a seguinte situação-problema: “Você acredita no poder dos cristais?”. Por meio da discussão, espera-se que os alunos apresentem suas ideias acerca do tema que pode causar bastante controvérsia.

Finalizando essa etapa, será proposta aos alunos a produção de um mapa conceitual que abrange todas as informações apresentadas no vídeo e no texto de maneira hierárquica.

Passo 4- Apresentação do conhecimento a ser Ensinado/Aprendido

Na quarta etapa, o conhecimento a ser ensinado/aprendido deverá ser introduzido por meio de uma aula expositiva e dialogada. A abordagem deve começar com aspectos mais abrangentes, sendo gradualmente detalhada para a exploração específica dos conteúdos. O objetivo é ampliar a estrutura cognitiva a partir dos subsunçores, que servirão como base para a assimilação de novos conhecimentos.

Para tal, serão abordados nessa aula, com auxílio do pincel, quadro e um vídeo do youtube, conceitos básicos da Termodinâmica, a exemplo, calor, temperatura e energia interna. Esses conhecimentos deverão ser crucialmente ensinados para estimular o interesse dos alunos no tema tratado e para que eles consigam compreender a diferença entre calor e temperatura.



Figura 56: Vídeo- Temperatura e calor

<https://www.youtube.com/watch?v=tC0tVo5r6tU&t=69s>

Com o intuito de fomentar ainda mais a diferença entre os conceitos, será apresentado aos alunos um vídeo com muitas animações que explica por meio de um exemplo qual a diferença entre calor e a temperatura.

Findando essa etapa, sem perder o foco do estudo dos cristais junto a Física e a Química, os alunos receberão o texto-didático (Anexo B) “A Física e a Química por trás da formação dos cristais”. Junto aos conhecimentos adquiridos por meio da aula, o texto-didático também servirá para embasar a produção do segundo mapa conceitual.

Texto didático 2- A Física e a Química por trás da formação dos cristais

Um cristal é uma substância sólida que possui uma estrutura interna organizada e simétrica. Essa estrutura é composta por átomos, íons ou moléculas que se organizam de forma repetitiva ao longo de todo o cristal.

A formação de um cristal ocorre através de um processo chamado cristalização. Esse processo pode ocorrer de diferentes maneiras, dependendo da substância envolvida. A cristalização geralmente ocorre quando uma substância sólida é resfriada gradualmente a partir de um estado de alta temperatura ou quando uma solução contendo a substância é evaporada.

Durante a cristalização, o resfriamento ou a evaporação faz com que as moléculas ou íons se aproximem uns dos outros. À medida que a substância perde energia, as partículas organizam-se de acordo com suas características eletrostáticas, formando uma estrutura cristalina. Nesse processo, ocorre a formação de ligações intermoleculares ou iônicas, que mantêm a estabilidade da estrutura. É nele também que o conceito de entropia (grandeza física) vai sendo demonstrado.

Entropia é uma medida do número de maneiras que os componentes de um sistema podem ser organizados. Embora comumente ligada à desordem, a entropia também pode causar a ordem, fazendo os objetos se organizarem como é o caso de um cristal. No seu processo de formação, parece que o cristal diminui a entropia, pois ele é organizado. Para diminuir a entropia, ele cede energia para o meio, a exemplo, a água quando vira gelo, perde energia, pois o líquido cede energia para o ambiente aumentando a entropia do ambiente e reduzindo a sua entropia (se organizando).

A estrutura cristalina formada é altamente ordenada, o que faz com que os cristais possuam formas geométricas regulares e simétricas, como cubos, prismas ou

pirâmides. Essa simetria é resultado da repetição das unidades básicas que formam o cristal, chamadas de células unitárias.

Existem diferentes tipos de cristais, dependendo das substâncias envolvidas. Alguns exemplos comuns de cristais incluem os cristais de sal, cristais de açúcar, diamantes e quartzo.

Além disso, os cristais podem apresentar propriedades físicas características, como transparência, brilho, dureza e capacidade de refratar a luz. Essas propriedades estão relacionadas à estrutura interna do cristal e à forma como ele interage com a luz e outras substâncias.

Em resumo, um cristal é uma substância sólida com uma estrutura interna organizada e simétrica. Sua formação ocorre através do processo de cristalização, que envolve o resfriamento gradual de uma substância sólida ou a evaporação de uma solução contendo essa substância. A organização das partículas durante a cristalização resulta em estruturas cristalinas repetitivas, conferindo aos cristais suas características distintivas.

Passo 5- Retomar os Aspectos Gerais em Nível mais alto de Complexidade

Nesta etapa, deve-se apresentar o conteúdo com maior complexidade, enfatizando as semelhanças e diferenças entre situações abordadas anteriormente, visando estabelecer a reconciliação integradora. Para tal, será proposta uma nova situação-problema: “Você sabe como se forma um cristal?”.

Com o intuito de responder o questionamento inicial da aula, será entregue aos alunos o terceiro texto-didático (Anexo C) “A formação, organização e aplicação dos cristais”.

Texto-didático 3: A formação, organização e aplicação dos cristais.

A formação, organização e aplicação dos cristais são tópicos fascinantes no campo da mineralogia e têm sido objeto de estudo e admiração por muitos séculos. Os cristais são estruturas sólidas e ordenadas que possuem uma forma geométrica definida, resultante da organização regular de seus átomos ou moléculas. Essas estruturas podem ser encontradas naturalmente na natureza ou criadas em laboratório.

A formação dos cristais ocorre quando os elementos químicos presentes no ambiente se combinam em condições específicas de temperatura, pressão e saturação. É um processo lento e complexo, que pode levar milhares ou milhões de anos para a formação de um cristal de tamanho considerável. Um exemplo famoso é o diamante, que se forma a partir do carbono submetido a altas temperaturas e pressões extremas no interior da terra.

Os cristais possuem propriedades físicas e químicas únicas que os tornam valiosos para várias aplicações. Em muitos casos, os cristais são utilizados como gemas preciosas e semipreciosas na indústria de joalheria. Suas cores vibrantes, transparência e brilho fazem deles objetos de desejo para a confecção de anéis, colares, brincos e outras peças de joias.

Além disso, os cristais têm sido amplamente utilizados em diversos setores da indústria. Na eletrônica, por exemplo, são aplicados em dispositivos microeletrônicos, como chips de computador e lasers. Eles têm a capacidade de conduzir eletricidade, emitir luz coerente e armazenar informações, o que contribui para o avanço tecnológico nessa área.

Na área da saúde e bem-estar, os cristais são usados em práticas de terapias alternativas, como a cristaloterapia. Acredita-se que essas pedras tenham propriedades energéticas capazes de equilibrar o corpo e a mente, aliviar o estresse, melhorar o bem-estar emocional, entre outros benefícios. Mas é válido ressaltar que tais práticas não tem comprovação científica e são consideradas como pseudociência.

A organização dos cristais é tão precisa que permite a formação de padrões repetitivos em sua estrutura interna, conhecidos como redes cristalinas. Esses padrões são responsáveis pelas diferentes formas e características dos cristais. Existem sete sistemas cristalinos principais, que são cúbico, tetragonal, ortorrômbico, romboédrico, hexagonal, trigonal e monoclinico. Cada sistema apresenta uma simetria única e definição de faces, tornando-os distintos uns dos outros.

Em resumo, a formação, organização e aplicação dos cristais são fenômenos complexos e interessantes. A capacidade dos cristais de se formarem em ambientes específicos, sua organização precisa e suas propriedades únicas possibilitam sua utilização em várias áreas, desde a indústria até a terapia alternativa. É um assunto que continua a despertar a curiosidade e a admiração dos cientistas e entusiastas ao redor do mundo.

O texto em questão será discutido em sala junto aos conceitos mais complexos apresentados no slide.

EMBORA COMUMENTE LIGADA À DESORDEM, A ENTROPIA TAMBÉM PODE CAUSAR A ORDEM, FAZENDO OS OBJETOS SE ORGANIZAREM COMO É O CASO DE UM CRISTAL. NO SEU PROCESSO DE FORMAÇÃO, PARECE QUE O CRISTAL DIMINUI A ENTROPIA, POIS ELE É ORGANIZADO. PARA DIMINUIR A ENTROPIA, ELE CEDE ENERGIA PARA O MEIO, A EXEMPLO, A ÁGUA QUANDO VIRA GELO, PERDE ENERGIA, POIS O LÍQUIDO CEDE ENERGIA PARA O AMBIENTE AUMENTANDO A ENTROPIA DO AMBIENTE E REDUZINDO A SUA ENTROPIA (SE ORGANIZANDO).

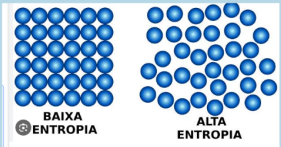


Figura 57: slide- Compreendendo a entropia de um cristal

Ao final da apresentação do slide, que culminará com o final desta etapa, os alunos construirão mais um mapa conceitual baseado no texto e na aula expositiva.

Passo 6- Conclusão da UEPS

Para concluir a UEPS, na sexta etapa, serão retomados de maneira dialogada os conteúdos abordados no decorrer da aplicação da sequência didática. Neste mesmo momento, será proposto aos alunos a produção de duas atividades a serem avaliadas. A construção de cristais baseados em roteiros (Apêndices B, C e D) e a leitura de texto de reportagem de divulgação científica (Anexo D) para realização da oficina telejornalística.

ROTEIRO DO CRISTAL 1: DOCE DE PEDRA

1. ÁREA DO CONHECIMENTO

- Físico-química.

2. CONTEÚDO GERAL

- Termodinâmica e Termoquímica.

a. CONTEÚDO ESPECÍFICO

- Calor, temperatura, energia interna, entropia, transformações endotérmicas e exotérmicas.

3. OBJETIVO

- Construir um cristal de açúcar.

4. MATERIAIS UTILIZADOS

- Água;
- Recipiente de plástico ou alumínio para aquecer a água;
- Açúcar (2 kg);
- Copinho descartável para café (50mL) ou balança de comida;
- Espeto de churrasco de madeira (10 unidades);
- Fogão ou outra fonte de aquecimento;
- Frasco de vidro de boca larga (5 unidades);
- Cartolina e clipe;
- Ao menos 3 corantes alimentícios líquidos de cores distintas.

5. DESCRIÇÃO DO EXPERIMENTO

Aqueça a água em um recipiente e pingue algumas gotas do corante alimentício da cor que preferir. Adicione açúcar suficiente para que a solução fique saturada, ou seja, até que não se consiga mais dissolver o açúcar naquela temperatura. O açúcar é muito solúvel em água, por isso, será necessária uma grande quantidade de açúcar se for utilizar muita água. Para cada 100mL de água, utilizar de 240g à 300g de açúcar. Caso não tenha balança, utilizar copinhos descartáveis como medida para a quantidade de açúcar necessária. Cada copinho equivale a cerca de 30g de açúcar. Aqueça a água com açúcar até que a solução se dissolva. Transfira a solução ainda quente para o recipiente de vidro. Deixe o frasco com a solução em um lugar aonde se possa observa-lo. Cubra a boca do frasco com uma cartolina a qual deve conter furos. Coloque um palito de churrasco num furo central sem que este toque o fundo do frasco. Prenda o palito com clipe para que ele não caia dentro da solução.



6. O QUE ACONTECE?

Espera alguns dias (cerca de 1 semana) até que o cristal se forme completamente. Quando aquecemos a água, aumentamos muito a solubilidade do açúcar. Ao esfriar, o material que não consegue mais se dissolver naquela temperatura menor, tende a se cristalizar. Para que a cristalização se inicie, no entanto, é necessário algum ponto de apoio para que os primeiros cristais se formem. O palito de madeira fornece esse apoio. À medida que os primeiros cristais se formam no palito, os outros se formam sobre eles.

7. REFERÊNCIAS

- VÍDEO INSPIRAÇÃO:

<https://www.youtube.com/watch?v=Jl4z9p1j1C4&t=8s>

- Química na cabeça

ROTEIRO DO CRISTAL 2: CRISTAL AZUL

1. ÁREA DO CONHECIMENTO

- Físico-química.

2. CONTEÚDO GERAL

- Termodinâmica e Termoquímica.

2.1 CONTEÚDO ESPECÍFICO

- Calor, temperatura, energia interna, entropia e reações químicas.

3. OBJETIVO

- Construir um cristal de sulfato de cobre.

4. MATERIAIS UTILIZADOS

- Água;
- Recipiente de plástico ou alumínio para aquecer a água;
- Sulfato de cobre $CuSO_4$
- Fogão ou outra fonte de aquecimento;
- Frasco de vidro de boca larga (5 unidades);
- Luvas de látex;
- Pegador de gelo de metal.

5. DESCRIÇÃO DO EXPERIMENTO

Aqueça 100mL de água em um recipiente de plástico ou alumínio. Transfira a água quente para um recipiente de vidro e adicione sulfato de cobre até saturar a solução, ou seja, até que não se consiga mais dissolver o sal naquela temperatura. Após saturar, algumas pedrinhas do sal irão ficar no fundo do recipiente. Com bastante cuidado, transfira apenas o líquido para outro recipiente sem que as pedrinhas de sal sejam transferidas para ele. Deixe a solução descansar por 24 horas. Passado o tempo, alguns cristais irão se formar no fundo do copo. Pegue um pequeno pedaço desse cristal e coloque dentro de um novo recipiente. Dentro dele, adicione uma nova solução saturada. Espere por mais alguns dias (cerca de 15 dias) e um novo cristal será formado.



6. O QUE ACONTECE?

Se utilizarmos 100mL de água bem gelada, conseguiremos dissolver 15g de sulfato de cobre. Mas, se a mesma quantidade de água utilizada estiver bem quente, é possível dissolver 70g do mesmo sal. Após dissolver, a solução irá resfriar e o cristal irá se formar. Outra curiosidade é que ao passar do tempo a água vai evaporando e o sal vai continuar lá se cristalizando.

7. REFERÊNCIAS

- VÍDEO INSPIRAÇÃO:

https://www.youtube.com/watch?v=KLGtjE3Mc_0

ROTEIRO DO CRISTAL 3: CRISTAL NO OVO

1. ÁREA DO CONHECIMENTO

- Físico-química.

2. CONTEÚDO GERAL

- Termodinâmica e Termoquímica.

2.1 CONTEÚDO ESPECÍFICO

- Calor, temperatura, energia interna, entropia, transformações endotérmicas e exotérmicas.

3. OBJETIVO

- Construir um cristal de sal.

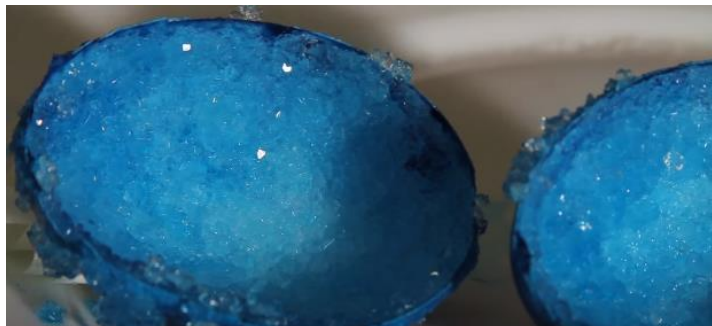
4. MATERIAIS UTILIZADOS

- Ovos (3 unidades);
- Alúmen de potássio (pedra-hume);
- Chave de fenda fina;
- Tesoura;
- Cola branca;
- Pincéis;
- Frasco de vidro de boca larga (5 unidades);
- Luvas de látex;
- Pegador de gelo de metal;
- Corante alimentício.

5. DESCRIÇÃO DO EXPERIMENTO

O primeiro passo que deve ser feito é retirar todo o conteúdo do ovo sem destruir sua casca. Para isso, pegue uma chave de fenda fina e fure o ovo delicadamente nas duas extremidades. Após isso, assopre uma dessas extremidades até que todo o conteúdo saia de dentro do ovo. Com as cascas limpas, utilize uma tesoura para cortá-las em formato de concha. Tenha bastante cuidado nessa etapa para que as cascas não sejam danificadas. Pegue as conchas formadas, lave-as cuidadosamente e deixe secar totalmente. Com as cascas secas, utilize o pincel para passar cola branca no interior da casca. Em seguida, salpique a pedra hume em toda a região que tem cola. Deixe secar por 1 hora. Ao final desse processo, pegue um pincel seco e retire o excesso de pedra-hume. Dentro de um recipiente de vidro, adicione 300mL de água e 90g de pedra-hume. Num micro-ondas, aqueça a solução por 2 minutos, até que toda a pedra-hume dissolva

totalmente. Após isso, adicione algumas gotas de corante alimentício. Deixe a água esfriar e coloque as cascas dentro do recipiente. Aguarde 24h e os cristais estarão prontos.



6. O QUE ACONTECE?

Ao dissolver o alúmen de potássio na água quente, é possível dissolver muito mais do que na água fria, ou seja, o índice de solubilidade é muito maior na água quente. Com o tempo, a água esfriou e sobrou alúmen de potássio no recipiente querendo voltar a ser cristal. Os cristais voltaram a se formar após colocar as cascas dentro do recipiente.

7. REFERÊNCIAS

- VÍDEO INSPIRAÇÃO:

<https://www.youtube.com/watch?v=QVww8cYGvp4&t=106s>

Para realização das atividades, a turma deverá ser dividida em três (03) grupos de dez (10) estudantes (Obs: os grupos em questão foram divididos de acordo ao número de alunos da classe). Ambas as atividades deverão ser apresentadas numa sala temática que será apreciada por todos os estudantes do colégio.

Passo 7- Avaliação da Aprendizagem através da UEPS

Desde o início da aplicação da UEPS é interessante buscar evidências da aprendizagem significativa dos estudantes. Para finalizar este processo, as últimas atividades propostas

serão: a produção de um mapa conceitual que abrange todos os tópicos discutidos e estudados em sala com tema central “Tudo sobre os cristais”, um quiz na plataforma *Kahoot* (apêndice B) que também tem por título “Tudo sobre os cristais” que consta de dez (10) questões e um questionário de sondagem final no *Google forms* (apêndice C) que consta de oito (08) questões que mesclam entre discursivas e de múltipla escolha. As três (03) atividades deverão ser realizadas individualmente.

Passo 8- Análise do êxito da aplicação da UEPS

O oitavo passo terá como objetivo a avaliação do desempenho dos alunos, através das evidências de aprendizagem significativa. Para ter esse resultado devem ser observadas as atividades realizadas durante todo o processo, considerando cada questionamento ou realização de atividades, buscando sempre recursos didáticos que estimulassem a participação e integração do grupo

6. DISTRIBUIÇÃO DAS AULAS E ATIVIDADES

A aplicação da UEPS foi distribuída em 14 aulas, conforme quadro abaixo:

AULAS	DESCRIÇÃO DAS ATIVIDADES
01 e 02	<ul style="list-style-type: none"> • Introdução sobre os mapas conceituais; <p style="text-align: center;">Definindo um tema</p> <ul style="list-style-type: none"> • Discussão acerca do tema a ser abordado nas aulas sequenciais; • Apresentação do tema a ser abordado; <p style="text-align: center;">Conhecimentos prévios</p> <ul style="list-style-type: none"> • Aplicação do questionário de sondagem inicial.
03 e 04	<p style="text-align: center;">Propondo uma situação-problema</p> <ul style="list-style-type: none"> • Leitura e discussão do texto-didático 1: A pseudociência e o misticismo através do poder dos cristais; • Exposição do vídeo: O lado obscuro dos cristais; • Produção do primeiro mapa conceitual.
05 e 06	<p style="text-align: center;">Apresentação do conhecimento a ser ensinado/aprendido</p> <ul style="list-style-type: none"> • Aula expositiva e dialogada; • Leitura e discussão do texto-didático 2: Os conceitos físicos e químicos presentes nos cristais; • Produção do segundo mapa conceitual.
07, 08 e 09	<p style="text-align: center;">Retomar os Aspectos mais Gerais em Nível mais Alto de Complexidade- Nova situação-problema</p> <ul style="list-style-type: none"> • Aula expositiva e dialogada; • Leitura e discussão do texto-didático 3: A formação, organização e aplicação dos cristais; • Produção do terceiro mapa conceitual.
10, 11, 12, 13, 14 e 15	<p style="text-align: center;">Concluindo a UEPS</p> <ul style="list-style-type: none"> • Construção dos cristais; • Leitura dos textos de divulgação científica; • Organização da oficina telejornalística;

	<ul style="list-style-type: none">• Organização da sala temática;• Apresentação dos cristais e da oficina telejornalística.
16, 17 e 18	Avaliação da Aprendizagem através da UEPS <ul style="list-style-type: none">• Produção do último mapa conceitual;• Quiz interativo na plataforma Kahoot;• Questionário de sondagem final no Google Formulário.
	Análise do êxito da aplicação da UEPS <ul style="list-style-type: none">• Realizada durante todo o processo de aplicação e de escrita da dissertação.

REFERÊNCIAS

BONJORNO, Jose Roberto. et al., Física: Termologia, Óptica e Ondulatória 2º ano, 3. ed., São Paulo: FTD, 2016.

COSTA, Ângelo Gustavo Mendes. UNIDADE DE ENSINO POTENCIALMENTE SIGNIFICATIVA (UEPS): UMA EXPERIÊNCIA NO ENSINO DE FUNÇÃO. Educação Matemática na Contemporaneidade: desafios e possibilidades, [s. l.], 16 jul. 2016.

GRASSELLI, Erasmo Carlos. UMA ABORDAGEM DAS MÁQUINAS TÉRMICAS NO ENSINO DA TERMODINÂMICA SOB A ÓTICA DA APRENDIZAGEM SIGNIFICATIVA. 2018. 1-166 f. Dissertação (Mestre) - Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Medianeira, 2018.

HÜLSENDEGER, Margarete J. V. C. A História da Ciência no ensino da Termodinâmica: um outro olhar sobre o ensino de Física. Revista Ensaio, Belo Horizonte, v. 9, ed. 2, p. 222-237, jul-dez 2007.

J.J. CORREIA, L.D.R. MAGALHÃES e L.S. LIMA. Obstáculos Epistemológicos e o Conceito de Calor. **Sitientibus Série Ciências Físicas**, Feira de Santana, n. 4, p. 1-10, 2008.

MASINI, E. Aprendizagem Significativa: a teoria de David Ausubel. 2ª ed. São Paulo: Centauro. 2001.

Moreira, M. A.; Massoni, N. T. Noções básicas de Epistemologias e Teoria de Aprendizagem – São Paulo: Editora Livraria da Física, 2016.

Moreira, Marco A. (2006). Unidades de Ensino Potencialmente Significativas- UEPS. Brasília: Editora da UnB.

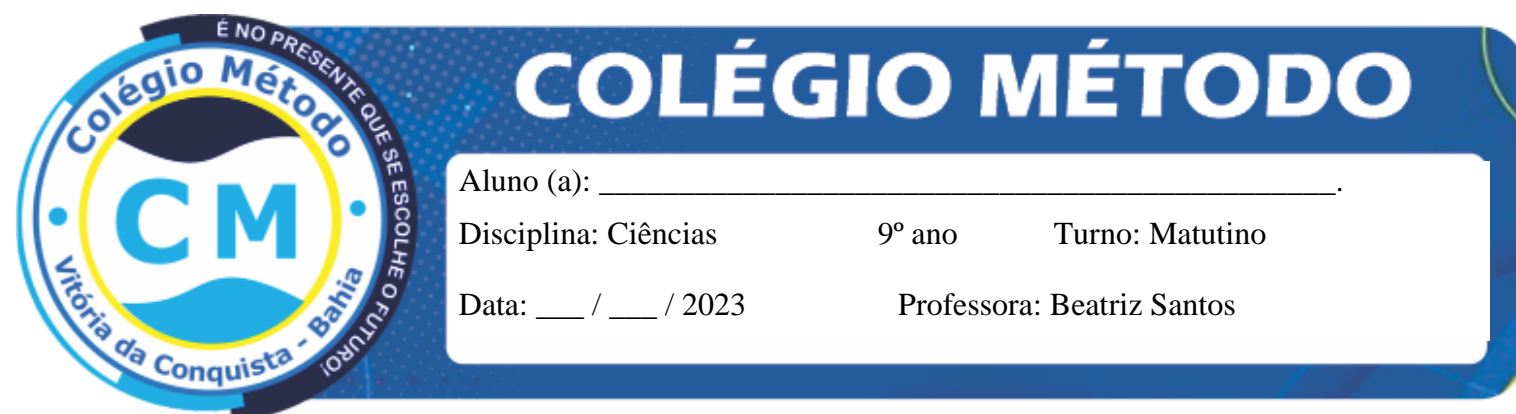
MOREIRA, M.A. O que é afinal aprendizagem significativa? 2010. Disponível em: <<http://moreira.if.ufrgs.br/oqueefinal.pdf> >Acesso:13 set. 2022.

Moreira, M. A. Metodologias de Pesquisa e Ensino – São Paulo: Editora Livraria da Física, 2011.

PIETROCOLA, Maurício. et. al, Física em contextos: pessoal, social, histórico: eletricidade e magnetismo, ondas eletromagnéticas, radiação e matéria. 1. ed. São Paulo: FTD, 2010.

ANEXOS

ANEXO I

**Texto didático 1- A pseudociência e o misticismo através do poder dos cristais**

A pseudociência e o misticismo têm sido frequentemente associados ao poder dos cristais. Desde tempos imemoriais, as pessoas têm acreditado que certos minerais e pedras preciosas possuem propriedades místicas e curativas. No entanto, a comunidade científica não reconhece essas crenças como fundamentadas em provas ou evidências convincentes.

A pseudociência se refere a práticas que são apresentadas como científicas, mas que carecem de evidências sólidas. No caso dos cristais, muitos argumentam que acreditar em suas propriedades mágicas vai além dos limites do método científico. A pseudociência pode usar terminologias científicas e se apoiar em interpretações seletivas de dados para dar suporte às suas crenças, mas ela não está sujeita a teste, refutação ou investigação empírica.

Por outro lado, o misticismo relacionado aos cristais envolve crenças espirituais e rituais associados a esses minerais. Segundo os defensores dessas práticas, diferentes cristais possuem energias únicas que podem ser utilizadas para influenciar o mundo ao nosso redor. Alguns acreditam que os cristais podem curar doenças, equilibrar os chakras, proteger contra energias negativas e até mesmo atrair boa sorte.

Embora existam muitos relatos de pessoas que alegam ter experimentado benefícios com o uso de cristais, a ciência tradicional não encontrou evidências consistentes para sustentar essas afirmações. Estudos científicos sobre cristais têm concluído que seu poder de cura e outras propriedades místicas não têm qualquer base científica sólida.

Ainda assim, os defensores dessa prática questionam as limitações da ciência e argumentam que a natureza mística dos cristais não pode ser adequadamente estudada ou compreendida por meio do método científico. Eles acreditam que a verdadeira natureza dos cristais é mais complexa e sutil, e não pode ser facilmente quantificada ou explicada.

Embora pseudociência e misticismo possam ser atrativos para muitas pessoas, especialmente para aqueles que buscam uma sensação de conexão com algo maior, é importante exercer um pensamento crítico e cético em relação a essas práticas. É fundamental avaliar as reivindicações com base em evidências científicas sólidas e estar ciente dos perigos de colocar a saúde e o bem-estar nas mãos de práticas sem fundamentos científicos.

O poder dos cristais: usos modernos, mitos e supostas propriedades mágicas



| AUTOR CELSO M. ALDÃO | IMAGEM REPRODUÇÃO



JORNAL DA USP



PORTAL DA USP



FALE CONOSCO



WHATSAPP



ENVIE UMA PAUTA



NEWSLETTER

ATUALIDADES

CIÊNCIAS

CULTURA

DIVERSIDADE

EDUCAÇÃO

INSTITUCIONAL

RÁDIO USP

TECNOLOGIA

Início > Podcast > Fake News Não Pod #65: A cura dos cristais não tem comprovação científica

Fake News Não Pod #65: A cura dos cristais não tem comprovação científica

Estudo de 2001 não consegue diferenciar a energia emanada por um cristal e um cristal falso, feito de vidro

📅 01/03/2023 - Publicado há 6 meses

[ESPECIAIS](#) ▾[SEÇÕES](#) ▾[E-BOOK](#) ▾[CARTAS NA MESA](#)[ATLAS DA NOTÍCIA](#)[VÍDEOS](#)[ARQUIVO](#) ▾[PARCEIROS](#) ▾

Jornalismo científico

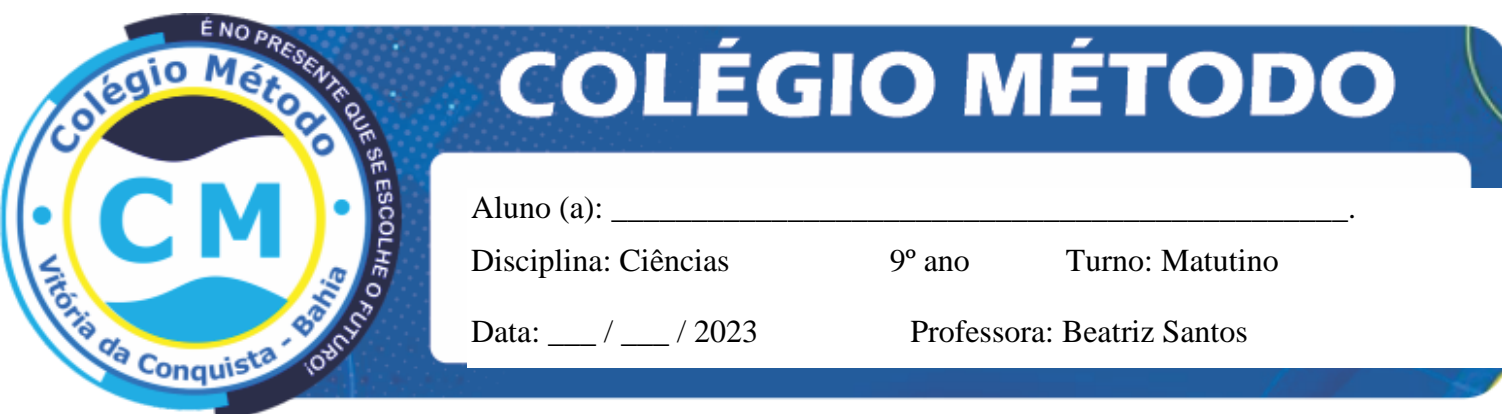
A informação como ferramenta contra a pseudociência

Edição 874

por **Eduardo Fernando Ulliana Barboza**

31 de outubro de 2015

ANEXO II

**Texto didático 2- A Física e a Química por trás da formação dos cristais**

Um cristal é uma substância sólida que possui uma estrutura interna organizada e simétrica. Essa estrutura é composta por átomos, íons ou moléculas que se organizam de forma repetitiva ao longo de todo o cristal.

A formação de um cristal ocorre através de um processo chamado cristalização. Esse processo pode ocorrer de diferentes maneiras, dependendo da substância envolvida. A cristalização geralmente ocorre quando uma substância sólida é resfriada gradualmente a partir de um estado de alta temperatura ou quando uma solução contendo a substância é evaporada.

Durante a cristalização, o resfriamento ou a evaporação faz com que as moléculas ou íons se aproximem uns dos outros. À medida que a substância perde energia, as partículas organizam-se de acordo com suas características eletrostáticas, formando uma estrutura cristalina. Nesse processo, ocorre a formação de ligações intermoleculares ou iônicas, que mantêm a estabilidade da estrutura. É nele também que o conceito de entropia (grandeza física) vai sendo demonstrado.

Entropia é uma medida do número de maneiras que os componentes de um sistema podem ser organizados. Embora comumente ligada à desordem, a entropia também pode causar a ordem, fazendo os objetos se organizarem como é o caso de um cristal. No seu processo de formação, parece que o cristal diminui a entropia, pois ele é organizado. Para diminuir a entropia, ele cede energia para o meio, a exemplo, a água quando vira gelo, perde energia, pois o líquido cede energia para o ambiente aumentando a entropia do ambiente e reduzindo a sua entropia (se organizando).

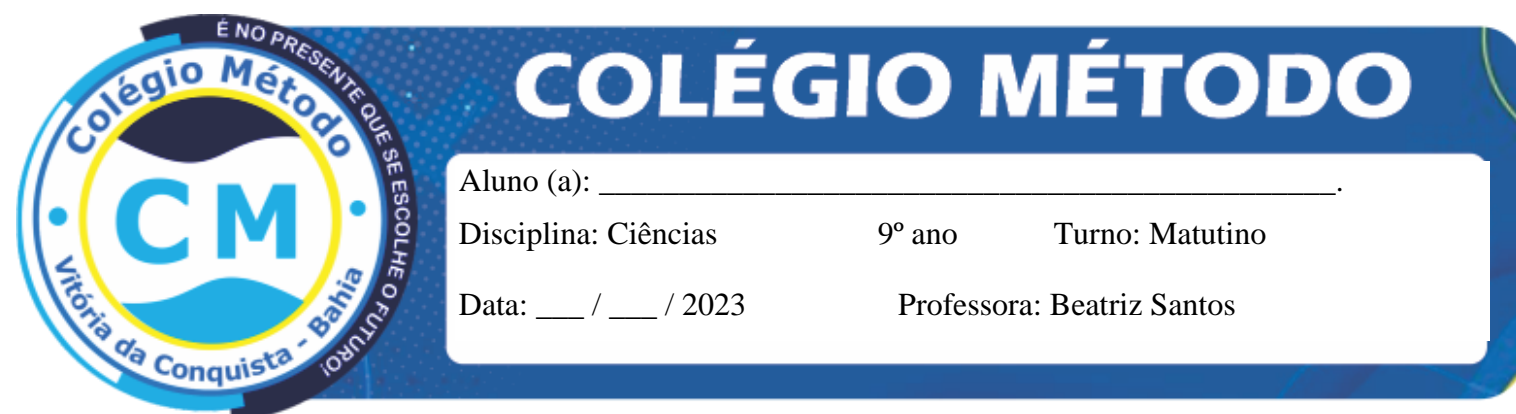
A estrutura cristalina formada é altamente ordenada, o que faz com que os cristais possuam formas geométricas regulares e simétricas, como cubos, prismas ou pirâmides. Essa simetria é resultado da repetição das unidades básicas que formam o cristal, chamadas de células unitárias.

Existem diferentes tipos de cristais, dependendo das substâncias envolvidas. Alguns exemplos comuns de cristais incluem os cristais de sal, cristais de açúcar, diamantes e quartzo.

Além disso, os cristais podem apresentar propriedades físicas características, como transparência, brilho, dureza e capacidade de refratar a luz. Essas propriedades estão relacionadas à estrutura interna do cristal e à forma como ele interage com a luz e outras substâncias.

Em resumo, um cristal é uma substância sólida com uma estrutura interna organizada e simétrica. Sua formação ocorre através do processo de cristalização, que envolve o resfriamento gradual de uma substância sólida ou a evaporação de uma solução contendo essa substância. A organização das partículas durante a cristalização resulta em estruturas cristalinas repetitivas, conferindo aos cristais suas características distintivas.

ANEXO III

**Texto-didático 3: A formação, organização e aplicação dos cristais.**

A formação, organização e aplicação dos cristais são tópicos fascinantes no campo da mineralogia e têm sido objeto de estudo e admiração por muitos séculos. Os cristais são estruturas sólidas e ordenadas que possuem uma forma geométrica definida, resultante da organização regular de seus átomos ou moléculas. Essas estruturas podem ser encontradas naturalmente na natureza ou criadas em laboratório.

A formação dos cristais ocorre quando os elementos químicos presentes no ambiente se combinam em condições específicas de temperatura, pressão e saturação. É um processo lento e complexo, que pode levar milhares ou milhões de anos para a formação de um cristal de tamanho considerável. Um exemplo famoso é o diamante, que se forma a partir do carbono submetido a altas temperaturas e pressões extremas no interior da terra.

Os cristais possuem propriedades físicas e químicas únicas que os tornam valiosos para várias aplicações. Em muitos casos, os cristais são utilizados como gemas preciosas e semipreciosas na indústria de joalheria. Suas cores vibrantes, transparência e brilho fazem deles objetos de desejo para a confecção de anéis, colares, brincos e outras peças de joias.

Além disso, os cristais têm sido amplamente utilizados em diversos setores da indústria. Na eletrônica, por exemplo, são aplicados em dispositivos microeletrônicos, como chips de computador e lasers. Eles têm a capacidade de conduzir eletricidade, emitir luz coerente e armazenar informações, o que contribui para o avanço tecnológico nessa área.

Na área da saúde e bem-estar, os cristais são usados em práticas de terapias alternativas, como a cristaloterapia. Acredita-se que essas pedras tenham propriedades energéticas capazes de equilibrar o corpo e a mente, aliviar o estresse, melhorar o bem-estar emocional, entre outros benefícios. Mas é válido ressaltar que tais práticas não tem comprovação científica e são consideradas como pseudociência.

A organização dos cristais é tão precisa que permite a formação de padrões repetitivos em sua estrutura interna, conhecidos como redes cristalinas. Esses padrões são responsáveis pelas diferentes formas e características dos cristais. Existem sete sistemas cristalinos principais, que são cúbico, tetragonal, ortorrômbico, romboédrico, hexagonal, trigonal e monoclinico. Cada sistema apresenta uma simetria única e definição de faces, tornando-os distintos uns dos outros.

Em resumo, a formação, organização e aplicação dos cristais são fenômenos complexos e interessantes. A capacidade dos cristais de se formarem em ambientes específicos, sua organização precisa e suas propriedades únicas possibilitam sua utilização em várias áreas, desde a indústria até a terapia alternativa. É um assunto que continua a despertar a curiosidade e a admiração dos cientistas e entusiastas ao redor do mundo.

ANEXO IV

Textos de divulgação científica.

- Texto 1: <https://www.inovacaotecnologica.com.br/noticias/noticia.php?artigo=descober-to-quasicristal-formado-naturalmente-terra>
- Texto 2: <https://www.inovacaotecnologica.com.br/noticias/noticia.php?artigo=criada-nova-classe-solidos-cristalinos>
- Texto 3: <https://www.inovacaotecnologica.com.br/noticias/noticia.php?artigo=010160050602#.ZEF9VHbMJPY>

APÊNDICES

APÊNDICE A

**COLÉGIO MÉTODO**

Aluno (a): _____.

Disciplina: Ciências 9º ano Turno: Matutino

Data: ____ / ____ / 2023 Professora: Beatriz Santos

Questionário de Sondagem inicial

1- Você gosta de estudar Física e Química?

2- Você consegue enxergar alguma relação entre os conteúdos de Física e Química dentro da disciplina de Ciências? Se sim, comente sobre.

3- Conhece o conceito de temperatura? Se sim, comente sobre.

4- Sobre Termodinâmica, você já ouviu falar? Se sim comente o que sabe.

5- Você sabe o que é energia?

6- Cite alguns exemplos do seu dia a dia que envolva algum conceito físico.

7- Você conhece o conceito de calor? Se sim, comente.

8- Você consegue citar algum processo em que ocorre trocas de calor?

9- Você já ouviu falar sobre a formação de cristais? Se sim, relacione esse processo com algum dos conceitos citados nas questões acima.

10- Você acredita no poder dos cristais? Ex: cura através dos cristais, proteção através dos cristais...

APÊNDICE B

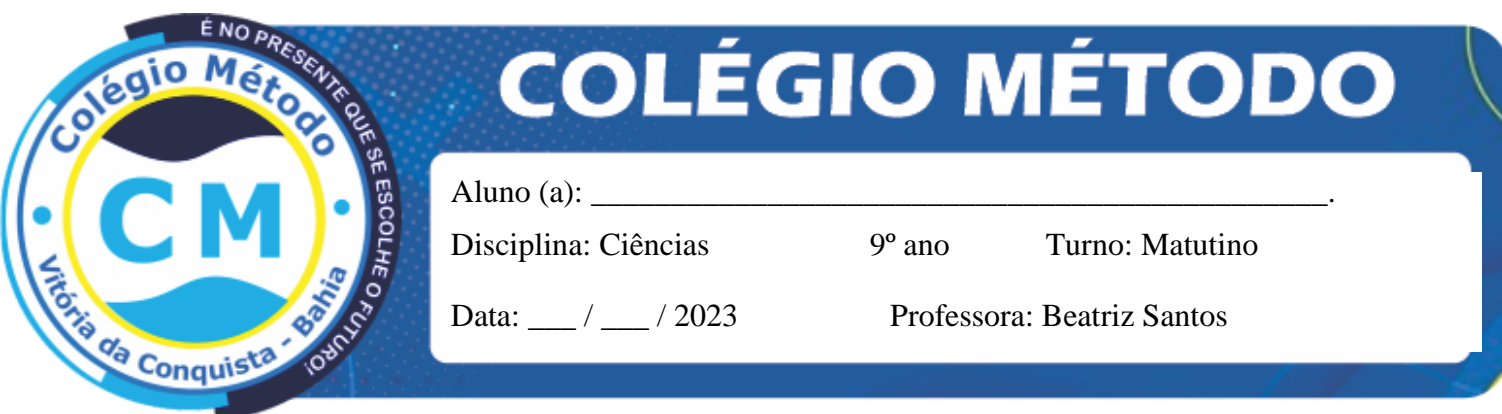
Questionário *Google Formulário*

[Formulário sem título - Formulários Google](#)

APÊNDICE C

Questionário Kahoot: <https://create.kahoot.it/share/tudo-sobre-os-cristais/0b7c429c-8464-4770-b4d9-7055bf894fc7>

APÊNDICE D

ROTEIRO DO CRISTAL 1: DOCE DE PEDRA**1. ÁREA DO CONHECIMENTO**

- Físico-química.

2. CONTEÚDO GERAL

- Termodinâmica e Termoquímica.

a. CONTEÚDO ESPECÍFICO

- Calor, temperatura, energia interna, entropia, transformações endotérmicas e exotérmicas.

3. OBJETIVO

- Construir um cristal de açúcar.

4. MATERIAIS UTILIZADOS

- Água;
- Recipiente de plástico ou alumínio para aquecer a água;
- Açúcar (2 kg);
- Copinho descartável para café (50mL) ou balança de comida;
- Espeto de churrasco de madeira (10 unidades);
- Fogão ou outra fonte de aquecimento;

- Frasco de vidro de boca larga (5 unidades);
- Cartolina e clipe;
- Ao menos 3 corantes alimentícios líquidos de cores distintas.

5. DESCRIÇÃO DO EXPERIMENTO

Aqueça a água em um recipiente e pingue algumas gotas do corante alimentício da cor que preferir. Adicione açúcar suficiente para que a solução fique saturada, ou seja, até que não se consiga mais dissolver o açúcar naquela temperatura. O açúcar é muito solúvel em água, por isso, será necessária uma grande quantidade de açúcar se for utilizar muita água. Para cada 100mL de água, utilizar de 240g à 300g de açúcar. Caso não tenha balança, utilizar copinhos descartáveis como medida para a quantidade de açúcar necessária. Cada copinho equivale a cerca de 30g de açúcar. Aqueça a água com açúcar até que a solução se dissolva. Transfira a solução ainda quente para o recipiente de vidro. Deixe o frasco com a solução em um lugar aonde se possa observa-lo. Cubra a boca do frasco com uma cartolina a qual deve conter furos. Coloque um palito de churrasco num furo central sem que este toque o fundo do frasco. Prenda o palito com clipe para que ele não caia dentro da solução.



6. O QUE ACONTECE?

Espere alguns dias (cerca de 1 semana) até que o cristal se forme completamente. Quando aquecemos a água, aumentamos muito a solubilidade do açúcar. Ao esfriar, o material que não consegue mais se dissolver naquela temperatura menor, tende a se cristalizar. Para que a cristalização se inicie, no entanto, é necessário algum ponto de apoio para que os primeiros cristais se formem. O palito de madeira fornece esse apoio. À medida que os primeiros cristais se formam no palito, os outros se formam sobre eles.

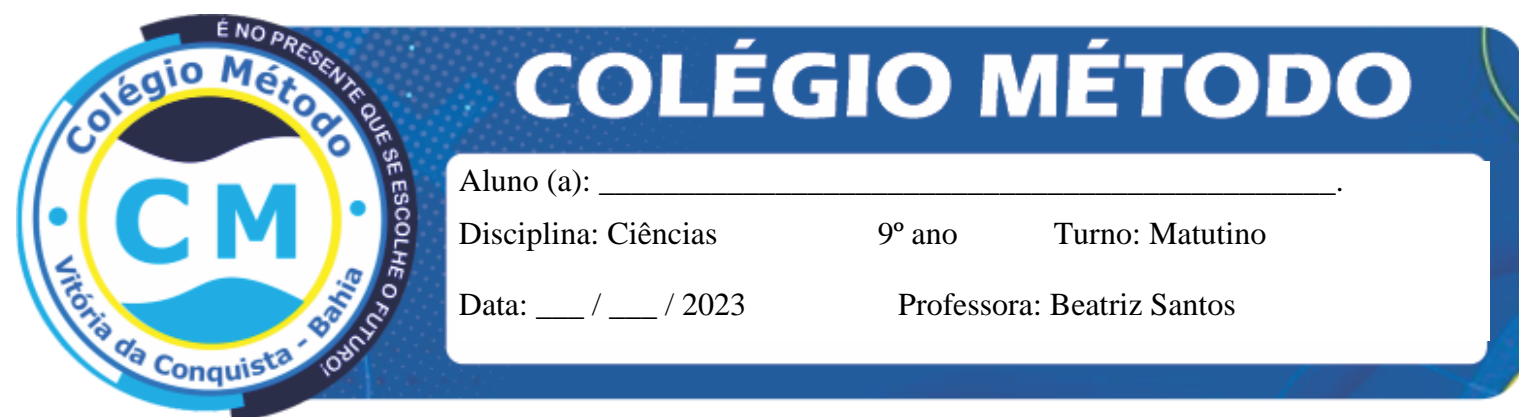
7. REFERÊNCIAS

- VÍDEO INSPIRAÇÃO:

<https://www.youtube.com/watch?v=Jl4z9p1j1C4&t=8s>

- Química na cabeça

APÊNDICE E

ROTEIRO DO CRISTAL 2: CRISTAL AZUL**1. ÁREA DO CONHECIMENTO**

- Físico-química.

2. CONTEÚDO GERAL

- Termodinâmica e Termoquímica.

2.2 CONTEÚDO ESPECÍFICO

- Calor, temperatura, energia interna, entropia e reações químicas.

3. OBJETIVO

- Construir um cristal de sulfato de cobre.

4. MATERIAIS UTILIZADOS

- Água;
- Recipiente de plástico ou alumínio para aquecer a água;
- Sulfato de cobre $CuSO_4$
- Fogão ou outra fonte de aquecimento;
- Frasco de vidro de boca larga (5 unidades);
- Luvas de látex;

- Pegador de gelo de metal.

5. DESCRIÇÃO DO EXPERIMENTO

Aqueça 100mL de água em um recipiente de plástico ou alumínio. Transfira a água quente para um recipiente de vidro e adicione sulfato de cobre até saturar a solução, ou seja, até que não se consiga mais dissolver o sal naquela temperatura. Após saturar, algumas pedrinhas do sal irão ficar no fundo do recipiente. Com bastante cuidado, transfira apenas o líquido para outro recipiente sem que as pedrinhas de sal sejam transferidas para ele. Deixe a solução descansar por 24 horas. Passado o tempo, alguns cristais irão se formar no fundo do copo. Pegue um pequeno pedaço desse cristal e coloque dentro de um novo recipiente. Dentro dele, adicione uma nova solução saturada. Espere por mais alguns dias (cerca de 15 dias) e um novo cristal será formado.



6. O QUE ACONTECE?

Se utilizarmos 100mL de água bem gelada, conseguiremos dissolver 15g de sulfato de cobre. Mas, se a mesma quantidade de água utilizada estiver bem quente, é possível dissolver 70g do mesmo sal. Após dissolver, a solução irá resfriar e o cristal irá se formar. Outra curiosidade é que ao passar do tempo a água vai evaporando e o sal vai continuar lá se cristalizando.

7. REFERÊNCIAS

- VÍDEO INSPIRAÇÃO:

https://www.youtube.com/watch?v=KLGtjE3Mc_0

APÊNDICE F



COLÉGIO MÉTODO

Aluno (a): _____.

Disciplina: Ciências 9º ano Turno: Matutino

Data: ___ / ___ / 2023 Professora: Beatriz Santos

ROTEIRO DO CRISTAL 3: CRISTAL NO OVO

1. ÁREA DO CONHECIMENTO

- Físico-química.

2. CONTEÚDO GERAL

- Termodinâmica e Termoquímica.

2.2 CONTEÚDO ESPECÍFICO

- Calor, temperatura, energia interna, entropia, transformações endotérmicas e exotérmicas.

3. OBJETIVO

- Construir um cristal de sal.

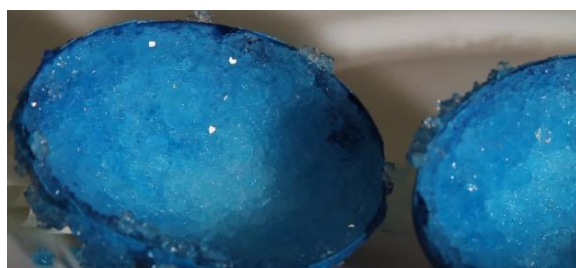
4. MATERIAIS UTILIZADOS

- Ovos (3 unidades);
- Alúmen de potássio (pedra-hume);
- Chave de fenda fina;
- Tesoura;
- Cola branca;

- Pincéis;
- Frasco de vidro de boca larga (5 unidades);
- Luvas de látex;
- Pegador de gelo de metal;
- Corante alimentício.

5. DESCRIÇÃO DO EXPERIMENTO

O primeiro passo que deve ser feito é retirar todo o conteúdo do ovo sem destruir sua casca. Para isso, pegue uma chave de fenda fina e fure o ovo delicadamente nas duas extremidades. Após isso, assopre uma dessas extremidades até que todo o conteúdo saia de dentro do ovo. Com as cascas limpas, utilize uma tesoura para cortá-las em formato de concha. Tenha bastante cuidado nessa etapa para que as cascas não sejam danificadas. Pegue as conchas formadas, lave-as cuidadosamente e deixe secar totalmente. Com as cascas secas, utilize o pincel para passar cola branca no interior da casca. Em seguida, salpique a pedra hume em toda a região que tem cola. Deixe secar por 1 hora. Ao final desse processo, pegue um pincel seco e retire o excesso de pedra-hume. Dentro de um recipiente de vidro, adicione 300mL de água e 90g de pedra-hume. Num micro-ondas, aqueça a solução por 2 minutos, até que toda a pedra-hume dissolva totalmente. Após isso, adicione algumas gotas de corante alimentício. Deixe a água esfriar e coloque as cascas dentro do recipiente. Aguarde 24h e os cristais estarão prontos.



6. O QUE ACONTECE?

Ao dissolver o alúmen de potássio na água quente, é possível dissolver muito mais do que na água fria, ou seja, o índice de solubilidade é muito maior na água quente. Com o tempo,

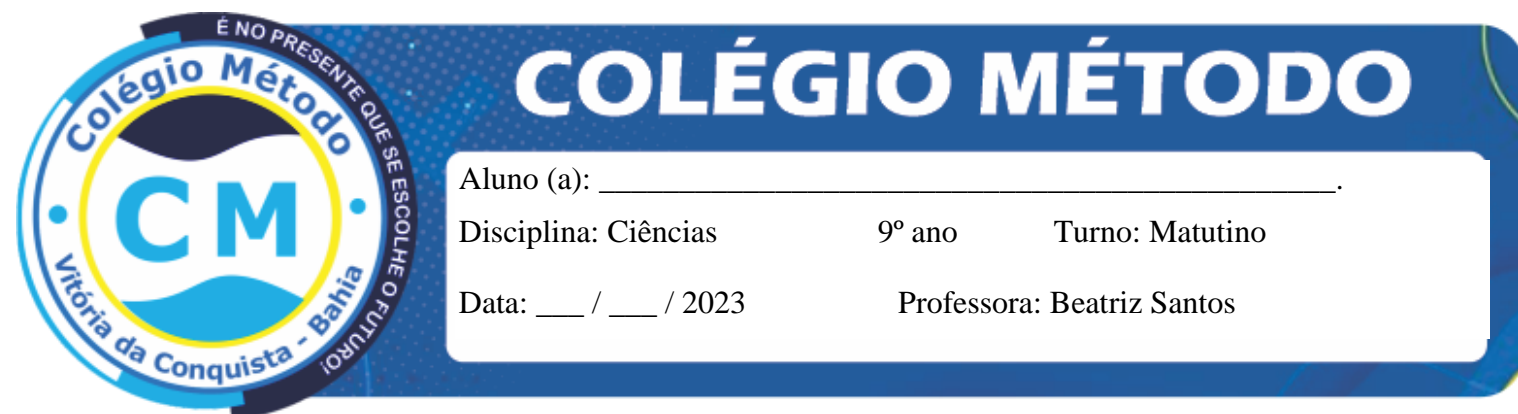
a água esfriou e sobrou alúmen de potássio no recipiente querendo voltar a ser cristal. Os cristais voltaram a se formar após colocar as cascas dentro do recipiente.

7. REFERÊNCIAS

- VÍDEO INSPIRAÇÃO:
<https://www.youtube.com/watch?v=QVww8cYGvp4&t=106s>

ANEXO

ANEXO A



Texto didático 1- A pseudociência e o misticismo através do poder dos cristais

A pseudociência e o misticismo têm sido frequentemente associados ao poder dos cristais. Desde tempos imemoriais, as pessoas têm acreditado que certos minerais e pedras preciosas possuem propriedades místicas e curativas. No entanto, a comunidade científica não reconhece essas crenças como fundamentadas em provas ou evidências convincentes.

A pseudociência se refere a práticas que são apresentadas como científicas, mas que carecem de evidências sólidas. No caso dos cristais, muitos argumentam que acreditar em suas propriedades mágicas vai além dos limites do método científico. A pseudociência pode usar terminologias científicas e se apoiar em interpretações seletivas de dados para dar suporte às suas crenças, mas ela não está sujeita a teste, refutação ou investigação empírica.

Por outro lado, o misticismo relacionado aos cristais envolve crenças espirituais e rituais associados a esses minerais. Segundo os defensores dessas práticas, diferentes cristais possuem energias únicas que podem ser utilizadas para influenciar o mundo ao nosso redor. Alguns acreditam que os cristais podem curar doenças, equilibrar os chakras, proteger contra energias negativas e até mesmo atrair boa sorte.

Embora existam muitos relatos de pessoas que alegam ter experimentado benefícios com o uso de cristais, a ciência tradicional não encontrou evidências consistentes para sustentar essas afirmações. Estudos científicos sobre cristais têm concluído que seu poder de cura e outras propriedades místicas não têm qualquer base científica sólida.

Ainda assim, os defensores dessa prática questionam as limitações da ciência e argumentam que a natureza mística dos cristais não pode ser adequadamente estudada ou

compreendida por meio do método científico. Eles acreditam que a verdadeira natureza dos cristais é mais complexa e sutil, e não pode ser facilmente quantificada ou explicada.

Embora pseudociência e misticismo possam ser atrativos para muitas pessoas, especialmente para aqueles que buscam uma sensação de conexão com algo maior, é importante exercer um pensamento crítico e cético em relação a essas práticas. É fundamental avaliar as reivindicações com base em evidências científicas sólidas e estar ciente dos perigos de colocar a saúde e o bem-estar nas mãos de práticas sem fundamentos científicos.

O poder dos cristais: usos modernos, mitos e supostas propriedades mágicas



AUTOR: CELSO H. ALDÃO | IMAGEM: REPRODUÇÃO



JORNAL DA USP



PORTAL DA USP



FALE CONOSCO



WHATSAPP



ENVIE UMA PAUTA



NEWSLETTER

ATUALIDADES ▾

CIÊNCIAS ▾

CULTURA ▾

DIVERSIDADE ▾

EDUCAÇÃO

INSTITUCIONAL ▾

RÁDIO USP ▾

TECNOLOGIA

Início > Podcast > Fake News Não Pod #65: A cura dos cristais não tem comprovação científica

Fake News Não Pod #65: A cura dos cristais não tem comprovação científica

Estudo de 2001 não consegue diferenciar a energia emanada por um cristal e um cristal falso, feito de vidro

📅 01/03/2023 - Publicado há 6 meses

ANEXO B



COLÉGIO MÉTODO

Aluno (a): _____.

Disciplina: Ciências 9º ano Turno: Matutino

Data: ____ / ____ / 2023 Professora: Beatriz Santos

Texto didático 2- A Física e a Química por trás da formação dos cristais

Um cristal é uma substância sólida que possui uma estrutura interna organizada e simétrica. Essa estrutura é composta por átomos, íons ou moléculas que se organizam de forma repetitiva ao longo de todo o cristal.

A formação de um cristal ocorre através de um processo chamado cristalização. Esse processo pode ocorrer de diferentes maneiras, dependendo da substância envolvida. A cristalização geralmente ocorre quando uma substância sólida é resfriada gradualmente a partir de um estado de alta temperatura ou quando uma solução contendo a substância é evaporada.

Durante a cristalização, o resfriamento ou a evaporação faz com que as moléculas ou íons se aproximem uns dos outros. À medida que a substância perde energia, as partículas organizam-se de acordo com suas características eletrostáticas, formando uma estrutura cristalina. Nesse processo, ocorre a formação de ligações intermoleculares ou iônicas, que mantêm a estabilidade da estrutura. É nele também que o conceito de entropia (grandeza física) vai sendo demonstrado.

Entropia é uma medida do número de maneiras que os componentes de um sistema podem ser organizados. Embora comumente ligada à desordem, a entropia também pode causar a ordem, fazendo os objetos se organizarem como é o caso de um cristal. No seu processo de formação, parece que o cristal diminui a entropia, pois ele é organizado. Para diminuir a entropia, ele cede energia para o meio, a exemplo, a água quando vira gelo, perde energia, pois o líquido cede energia para o ambiente aumentando a entropia do ambiente e reduzindo a sua entropia (se organizando).

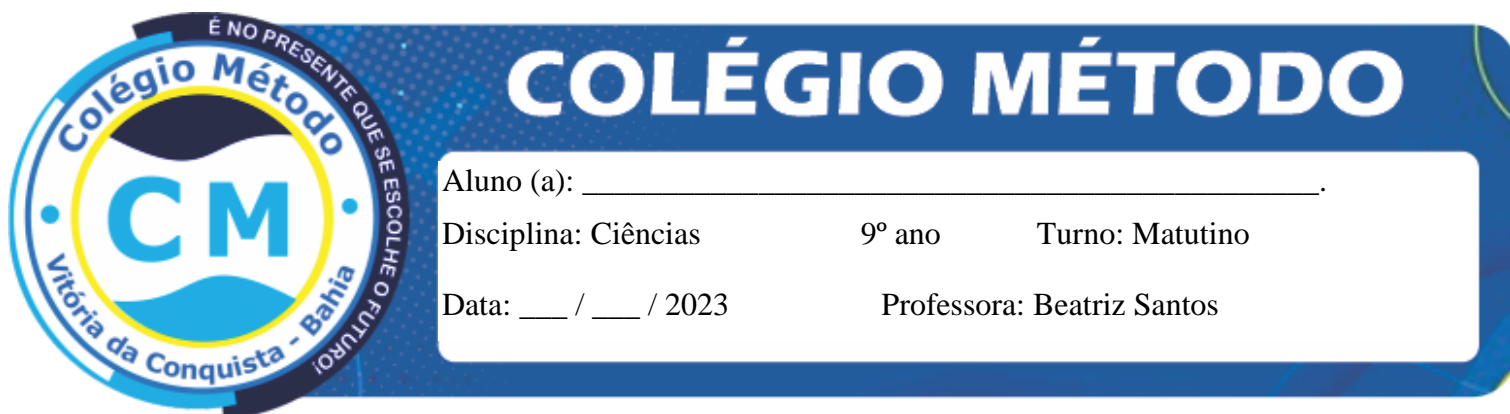
A estrutura cristalina formada é altamente ordenada, o que faz com que os cristais possuam formas geométricas regulares e simétricas, como cubos, prismas ou pirâmides. Essa simetria é resultado da repetição das unidades básicas que formam o cristal, chamadas de células unitárias.

Existem diferentes tipos de cristais, dependendo das substâncias envolvidas. Alguns exemplos comuns de cristais incluem os cristais de sal, cristais de açúcar, diamantes e quartzo.

Além disso, os cristais podem apresentar propriedades físicas características, como transparência, brilho, dureza e capacidade de refratar a luz. Essas propriedades estão relacionadas à estrutura interna do cristal e à forma como ele interage com a luz e outras substâncias.

Em resumo, um cristal é uma substância sólida com uma estrutura interna organizada e simétrica. Sua formação ocorre através do processo de cristalização, que envolve o resfriamento gradual de uma substância sólida ou a evaporação de uma solução contendo essa substância. A organização das partículas durante a cristalização resulta em estruturas cristalinas repetitivas, conferindo aos cristais suas características distintivas.

ANEXO C

**Texto-didático 3: A formação, organização e aplicação dos cristais.**

A formação, organização e aplicação dos cristais são tópicos fascinantes no campo da mineralogia e têm sido objeto de estudo e admiração por muitos séculos. Os cristais são estruturas sólidas e ordenadas que possuem uma forma geométrica definida, resultante da organização regular de seus átomos ou moléculas. Essas estruturas podem ser encontradas naturalmente na natureza ou criadas em laboratório.

A formação dos cristais ocorre quando os elementos químicos presentes no ambiente se combinam em condições específicas de temperatura, pressão e saturação. É um processo lento e complexo, que pode levar milhares ou milhões de anos para a formação de um cristal de tamanho considerável. Um exemplo famoso é o diamante, que se forma a partir do carbono submetido a altas temperaturas e pressões extremas no interior da terra.

Os cristais possuem propriedades físicas e químicas únicas que os tornam valiosos para várias aplicações. Em muitos casos, os cristais são utilizados como gemas preciosas e semipreciosas na indústria de joalheria. Suas cores vibrantes, transparência e brilho fazem deles objetos de desejo para a confecção de anéis, colares, brincos e outras peças de joias.

Além disso, os cristais têm sido amplamente utilizados em diversos setores da indústria. Na eletrônica, por exemplo, são aplicados em dispositivos microeletrônicos, como chips de computador e lasers. Eles têm a capacidade de conduzir eletricidade, emitir luz coerente e armazenar informações, o que contribui para o avanço tecnológico nessa área.

Na área da saúde e bem-estar, os cristais são usados em práticas de terapias alternativas, como a cristaloterapia. Acredita-se que essas pedras tenham propriedades energéticas capazes de equilibrar o corpo e a mente, aliviar o estresse, melhorar o bem-estar emocional, entre outros benefícios. Mas é válido ressaltar que tais práticas não tem comprovação científica e são consideradas como **pseudociência**.

A organização dos cristais é tão precisa que permite a formação de padrões repetitivos em sua estrutura interna, conhecidos como redes cristalinas. Esses padrões são responsáveis pelas diferentes formas e características dos cristais. Existem sete sistemas cristalinos principais, que são cúbico, tetragonal, ortorrômbico, romboédrico, hexagonal, trigonal e monoclinico. Cada sistema apresenta uma simetria única e definição de faces, tornando-os distintos uns dos outros.

Em resumo, a formação, organização e aplicação dos cristais são fenômenos complexos e interessantes. A capacidade dos cristais de se formarem em ambientes específicos, sua organização precisa e suas propriedades únicas possibilitam sua utilização em várias áreas, desde a indústria até a terapia alternativa. É um assunto que continua a despertar a curiosidade e a admiração dos cientistas e entusiastas ao redor do mundo.

ANEXO D

- Texto 1: <https://www.inovacaotecnologica.com.br/noticias/noticia.php?artigo=descoberto-quasicristal-formado-naturalmente-terra>
- Texto 2: <https://www.inovacaotecnologica.com.br/noticias/noticia.php?artigo=criada-nova-classe-solidos-cristalinos>
- Texto 3: <https://www.inovacaotecnologica.com.br/noticias/noticia.php?artigo=010160050602#.ZEF9VHbMJPY>

ANEXO E



**VAMOS
RELEMBRAR...**

**Calor
Temperatura...**

CALOR



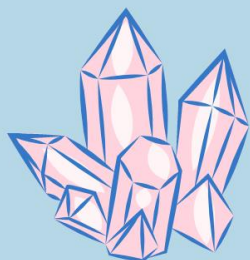
É UM CONCEITO DO ÂMBITO DA FÍSICA QUE REPRESENTA UMA FORMA DE ENERGIA, SENDO A ENERGIA TÉRMICA EM MOVIMENTO ENTRE PARTÍCULAS ATÔMICAS.

TEMPERATURA



A TEMPERATURA É UMA GRANDEZA FÍSICA DEFINIDA COMO A MEDIDA DO GRAU DE AGITAÇÃO DAS MOLÉCULAS QUE FAZEM PARTE DE UM CORPO QUALQUER. NESSE SENTIDO, QUANTO MAIS AGITAÇÃO DAS MOLÉCULAS, MAIOR SERÁ A TEMPERATURA DO CORPO, O QUE O DEIXA MAIS QUENTE, POR EXEMPLO.

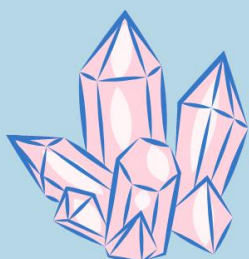
VOCÊ ACREDITA NO
PODER DOS
CRISTAIS?



- **MISTICISMO**
- **PSEUDOCIÊNCIA**



VOCÊ SABE COMO
SE FORMAM OS
CRISTAIS?



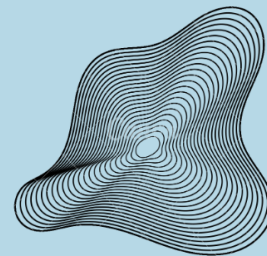
- **A MATÉRIA É CONSTITUÍDA POR ÁTOMOS;**
- **LIGAÇÕES ATÔMICAS;**
- **FORMAÇÃO DE MOLÉCULAS E CORPOS SÓLIDOS;**
- **CORPOS SÓLIDOS: AMORFOS OU CRISTALINOS;**



• **SÓLIDOS AMORFOS**

OS ÁTOMOS PODEM ESTAR ENTRELAÇADOS FIRMEMENTE, MAS TÊM POUCA OU NENHUMA ORDEM NA MANEIRA QUE ESTÃO DISPOSTOS OU ACOMODADOS

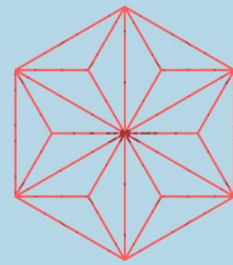
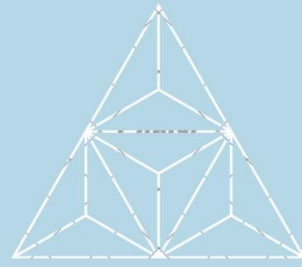
EX: PLÁSTICOS, VIDROS, SABÕES, PARAFINAS, ENTRE OUTROS COMPOSTOS ORGÂNICOS E INORGÂNICOS.



• SÓLIDOS CRISTALINOS

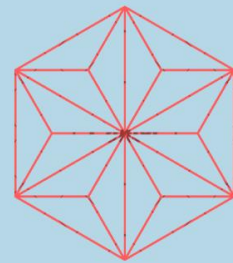
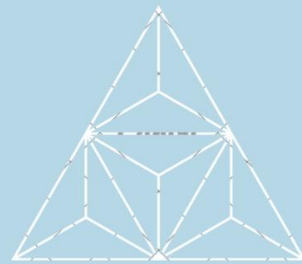
OS ÁTOMOS NOS SÓLIDOS CRISTALINOS ADOTAM UMA ESTRUTURA QUE SE CARACTERIZA POR SUA REGULARIDADE OU PERIODICIDADE.

EX: DIAMANTE, GRÁFITE, ETC.



• CRISTAIS

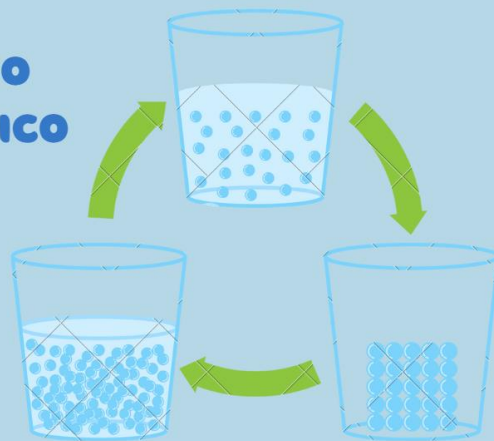
- SUBSTÂNCIA SÓLIDA E INTERNAMENTE ORGANIZADA;
- PROCESSO DE CRISTALIZAÇÃO;
- ORGANIZAÇÃO POR MEIO DO RESFRIAMENTO OU EVAPORAÇÃO;



• ORGANIZAÇÃO? O QUE ISSO SIGNIFICA?



**PROCESSO
ENDOTÉRMICO**



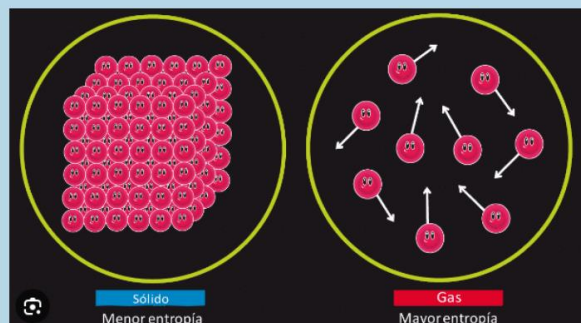
**PROCESSO
EXOTÉRMICO**

À MEDIDA QUE A SUBSTÂNCIA PERDE ENERGIA, AS PARTÍCULAS ORGANIZAM-SE DE ACORDO COM SUAS CARACTERÍSTICAS ELETROSTÁTICAS, FORMANDO UMA ESTRUTURA CRISTALINA. NESSE PROCESSO, OCORRE A FORMAÇÃO DE LIGAÇÕES INTERMOLECULARES OU IÔNICAS, QUE MANTÊM A ESTABILIDADE DA ESTRUTURA. É NELE TAMBÉM QUE O CONCEITO DE ENTROPIA (GRANDEZA FÍSICA) VAI SENDO DEMONSTRADO.

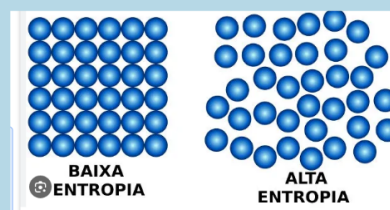


O QUE É ENTROPIA?

É UMA MEDIDA DO NÚMERO DE MANEIRAS QUE OS COMPONENTES DE UM SISTEMA PODEM SER ORGANIZADOS.

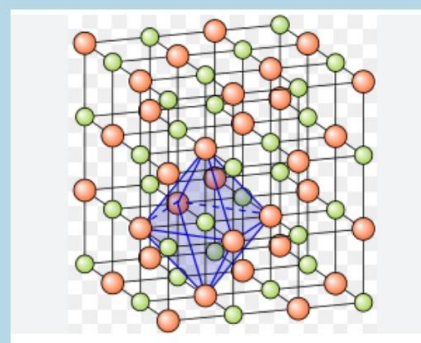


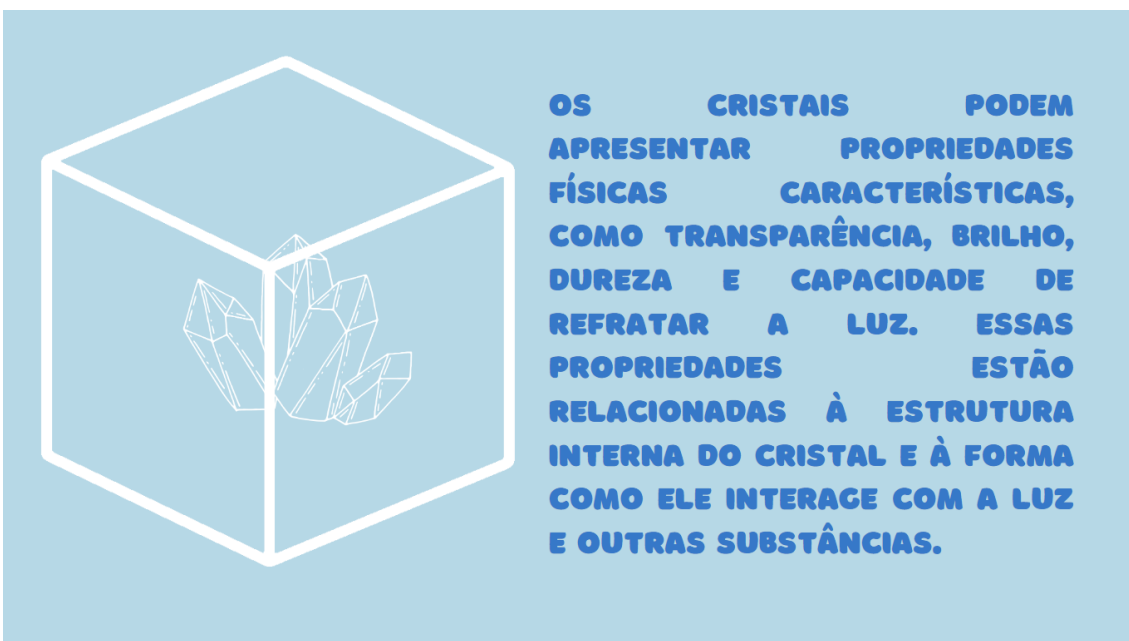
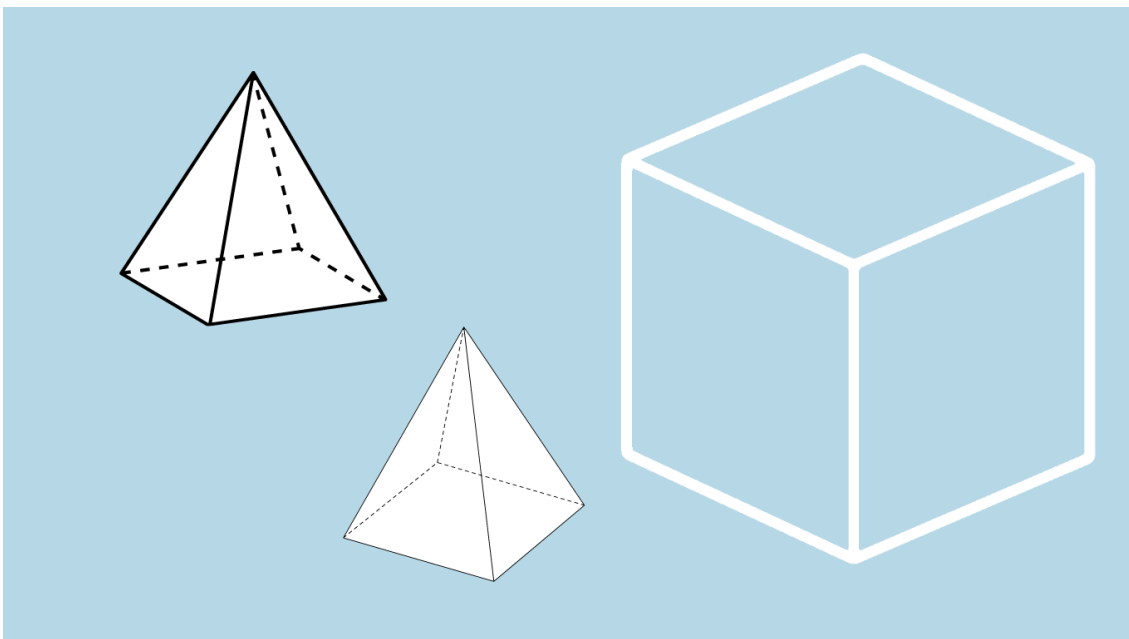
EMBORA COMUMENTE LIGADA À DESORDEM, A ENTROPIA TAMBÉM PODE CAUSAR A ORDEM, FAZENDO OS OBJETOS SE ORGANIZAREM COMO É O CASO DE UM CRISTAL. NO SEU PROCESSO DE FORMAÇÃO, PARECE QUE O CRISTAL DIMINUI A ENTROPIA, POIS ELE É ORGANIZADO. PARA DIMINUIR A ENTROPIA, ELE CEDE ENERGIA PARA O MEIO, A EXEMPLO, A ÁGUA QUANDO VIRA GELO, PERDE ENERGIA, POIS O LÍQUIDO CEDE ENERGIA PARA O AMBIENTE AUMENTANDO A ENTROPIA DO AMBIENTE E REDUZINDO A SUA ENTROPIA (SE ORGANIZANDO).



ESTRUTURA INTERNA DO CRISTAL

A ESTRUTURA CRISTALINA FORMADA É ALTAMENTE ORDENADA, O QUE FAZ COM QUE OS CRISTAIS POSSUAM FORMAS GEOMÉTRICAS REGULARES E SIMÉTRICAS, COMO CUBOS, PRISMAS OU PIRÂMIDES. ESSA SIMETRIA É RESULTADO DA REPETIÇÃO DAS UNIDADES BÁSICAS QUE FORMAM O CRISTAL, CHAMADAS DE CÉLULAS UNITÁRIAS.





OS CRISTAIS PODEM APRESENTAR PROPRIEDADES FÍSICAS CARACTERÍSTICAS, COMO TRANSPARÊNCIA, BRILHO, DUREZA E CAPACIDADE DE REFRASTAR A LUZ. ESSAS PROPRIEDADES ESTÃO RELACIONADAS À ESTRUTURA INTERNA DO CRISTAL E À FORMA COMO ELE INTERAGE COM A LUZ E OUTRAS SUBSTÂNCIAS.

ANEXO F**TERMO DE AUTORIZAÇÃO DE USO DE IMAGEM E DEPOIMENTOS**

Eu _____ (nome completo do estudante), RG _____ depois de conhecer e entender os objetivos, procedimentos metodológicos, riscos e benefícios da pesquisa, bem como de estar ciente da necessidade do uso de minha imagem e/ou depoimento, especificados no Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (TCLE), AUTORIZO, através do presente termo, os pesquisadores Beatriz Santos Silva, Cristina Porto Gonçalves e Luizdarcy de Matos Castro do projeto de pesquisa intitulado “Crescimento de cristais: uma UEPS para o ensino de conceitos de Termodinâmica” a realizar as fotos que se façam necessárias e/ou a colher meu depoimento sem quaisquer ônus financeiros a nenhuma das partes. Ao mesmo tempo, libero a utilização destas fotos (seus respectivos negativos) e/ou depoimentos para fins científicos e de estudos (livros, artigos, slides e transparências), em favor dos pesquisadores da pesquisa, acima especificados, obedecendo ao que está previsto nas Leis que resguardam os direitos das crianças e adolescentes (Estatuto da Criança e do Adolescente – ECA, Lei N.º 8.069/ 1990), dos idosos (Estatuto do Idoso, Lei N.º 10.741/2003) e das pessoas com deficiência (Decreto N° 3.298/1999, alterado pelo Decreto N° 5.296/2004).

Vitória da Conquista- BA, ____ de _____ de 20____

Participante da Pesquisa ou Responsável

Pesquisador

ANEXO G

Colégio Método / Vitória da Conquista- BA

MNPEF – Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física

UESB – Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia

Mestranda: Beatriz Santos Silva

TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO

Prezado aluno(a), você está sendo convidado(a) como voluntário(a) a participar da pesquisa “Crescimento de cristais: uma UEPS para o ensino de conceitos de Termodinâmica”, que tem como objetivo produzir uma Unidade de Ensino Potencialmente Significativa que possa ser utilizada como apoio didático no Ensino de Conceitos Termodinâmicos envolvendo a Formação dos Cristais e a Pseudociência e o Misticismo por trás destes. O motivo que nos leva a estudar esse assunto é que a Física como ciência que estuda os fenômenos naturais, deve contribuir com a mudança da percepção do aluno, para que ele seja capaz de entender que este conhecimento é fundamental, e como forma de estabelecer relações com situações do seu cotidiano, deste modo a elaboração desta pesquisa foi motivada pelas dificuldades apresentadas na aprendizagem de conteúdos de Física dentro da disciplina de Ciências no ensino fundamental, mas especificamente, os conceitos termodinâmicos, e pela necessidade de encontrar caminhos que permitam construir uma aprendizagem significativa Para este estudo adotaremos o(s) seguinte(s) procedimento(s): aplicação de uma sequência didática, que será desenvolvida em oito passos, com encontros semanais realizados no próprio ambiente escolar nas aulas de Física. Durante a discussão do conteúdo serão utilizados recursos diversos, tais como aulas expositivas, vídeos, exercícios, simulações e experimentos. Para participar deste estudo, o responsável por você deverá autorizar e assinar este termo, caso seja menor de 18 anos. Você não terá nenhum custo, nem receberá qualquer vantagem financeira. Você será esclarecido(a) em todas as formas que desejar e estará livre para participar ou recusar-se. O responsável por você poderá retirar o consentimento ou interromper a sua participação a qualquer momento. A sua participação é voluntária e a recusa em participar não causará qualquer punição ou modificação na forma em que é atendido(a) pelo pesquisador que irá tratar a sua identidade com padrões profissionais de sigilo. Você não será identificado em nenhuma publicação. Este estudo apresenta risco 115 mínimo. Apesar disso, você tem assegurado o direito a compensação

ou indenização no caso de quaisquer danos eventualmente produzidos pela pesquisa. Os benefícios deste estudo são que essas sequências de ensino fundamentadas teoricamente, voltadas para aprendizagem significativa, não mecânica, podem ser usadas na pesquisa aplicada em ensino, voltada diretamente para sala de aula. Os resultados estarão à sua disposição quando finalizados. Seu nome ou o material que indique sua participação não será liberado sem a permissão do responsável por você. Os dados e instrumentos utilizados na pesquisa ficarão arquivados com o pesquisador responsável por um período de 5 anos, e após esse tempo serão destruídos. Este termo de consentimento encontra-se impresso em duas vias, sendo que uma cópia será arquivada pelo pesquisador responsável, e a outra será fornecida a você.

Eu, _____ (nome completo do(a) estudante), RG _____ fui informado(a) dos objetivos do presente estudo de maneira clara e detalhada e esclareci minhas dúvidas. Sei que a qualquer momento poderei solicitar novas informações, e o meu responsável poderá modificar a decisão de participar se assim o desejar. Tendo o consentimento do meu responsável já assinado, declaro que concordo em participar desse estudo. Recebi uma cópia deste termo assentimento e me foi dada a oportunidade de ler e esclarecer as minhas dúvidas.

Vitória da Conquista- BA, ____ de _____ de 20__.

Assinatura da pesquisadora

Participante da Pesquisa ou Responsável
