

TEREZA TEIXEIRA DE SOUZA

**SUPERCONDUTIVIDADE: UMA PROPOSTA NO PROCESSO DE ENSINO-
APRENDIZAGEM DE FÍSICA**

Maringá – PR

Julho – 2022



SUPERCONDUTIVIDADE: UMA PROPOSTA NO PROCESSO DE ENSINO- APRENDIZAGEM DE FÍSICA

TEREZA TEIXEIRA DE SOUZA

Dissertação de Mestrado apresentada ao Programa de Pós-Graduação do Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física – Polo UEM, como parte dos requisitos necessários à obtenção do título de Mestre em Ensino de Física.

Orientador: Prof Dr. Ronaldo Celso Viscovini

MARINGÁ - PR

Julho, 2022

Dados Internacionais de Catalogação-na-Publicação (CIP)
(Biblioteca Central - UEM, Maringá - PR, Brasil)

S729s

Souza, Tereza Teixeira de

Supercondutividade : uma proposta no processo de ensino-aprendizagem de física /
Tereza Teixeira de Souza. -- Maringá, PR, 2022.
137 f.: il., figs., tabs., maps.

Orientador: Prof. Dr. Ronaldo Celso Viscovini.

Dissertação (Mestrado Profissional) - Universidade Estadual de Maringá, Centro de
Ciências Exatas, Departamento de Física, Programa em Mestrado Nacional Profissional
em Ensino de Física (MNPEF), 2022.

1. Supercondutividade. 2. Teoria de aprendizagem significativa. 3. Mapas conceituais.
I. Viscovini, Ronaldo Celso, orient. II. Universidade Estadual de Maringá. Centro de
Ciências Exatas. Departamento de Física. Programa em Mestrado Nacional Profissional
em Ensino de Física (MNPEF). III. Título.

CDD 23.ed. 530.07

SUPERCONDUTIVIDADE: UMA PROPOSTA NO PROCESSO DE ENSINO-APRENDIZAGEM DE FÍSICA

TEREZA TEIXEIRA DE SOUZA

Orientador:

Prof. Dr. Ronaldo Celso Viscovini

Dissertação de Mestrado submetida ao Programa de Pós-Graduação do Mestrado Nacional Profissional de Ensino de Física (MNPEF) da Universidade Estadual de Maringá, como parte dos requisitos necessários à obtenção do título de Mestre em Ensino de Física.

Aprovada por:

Prof. Dr. Ronaldo Celso Viscovini

Prof(a). Dr(a). Adriana da Silva Fontes

Prof. Dr. Miguel Jorge Bernabé Ferreira

Agradecimentos

À Sociedade Brasileira de Física (SBF) que oportunizou a oferta deste Mestrado na UEM – Universidade Estadual de Maringá (Polo 20).

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

A minha família e em especial a minha mãe que sempre me deu apoio, a minha sobrinha, a minha irmã em especial que sempre me incentivou a fazer o mestrado e que infelizmente foi mais uma vítima dessa pandemia.

Ao meu professor orientador que muito colaborou para realização desse projeto.

Aos professores que durante o mestrado contribuíram com seu conhecimento, auxiliando e direcionando a realização desse trabalho.

E a todas as pessoas que direta ou indiretamente contribuíram com a minha dissertação.

RESUMO

SUPERCONDUTIVIDADE: UMA PROPOSTA NO PROCESSO DE ENSINO-APRENDIZAGEM DE FÍSICA

Tereza Teixeira de Souza

Orientador:

Prof. Dr. Ronaldo Celso Viscovini

Dissertação de Mestrado submetida ao Programa de Pós-Graduação do Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física - Polo UEM (MNPEF/UEM), como parte dos requisitos necessários à obtenção do título de Mestre em Ensino de Física.

O presente trabalho teve por objetivo implementar o tema supercondutividade com os alunos do terceiro ano do Ensino Médio, a partir do Material Didático criado (Produto Educacional) com base na teoria de Aprendizagem Significativa de Ausubel (1961; 1980). Tal tema permitiu o contato dos alunos com um assunto atual e que está em constante desenvolvimento no campo da Física Moderna e Contemporânea. A teoria da Aprendizagem Significativa foi escolhida para esta proposta devido a permitir a construção de relações entre os conceitos ensinados com os conhecimentos prévios dos alunos, de modo a romper com uma forma de ensino baseada em mera memorização. A metodologia utiliza o conceito de mapas conceituais que permitem uma melhor explicitação das relações conceituais que estão sendo construídas. Neste intuito, os alunos construíram um mapa conceitual antes e um depois da aula sobre supercondutividade, sendo esses mapas analisados de maneira qualitativa, evidenciando um aumento de conceitos relacionados com o tema gerador, bem como o estabelecimento de uma hierarquia. A avaliação final foi feita por meio de um questionário com diversas perguntas para os alunos. Como resultado, 85,7% dos alunos afirmaram possuir conhecimento prévio sobre o tema da supercondutividade, porém verificou-se que o conhecimento que possuíam não era totalmente correto. Depois de ministradas as aulas, o número de alunos que afirmaram ter conhecimento prévio sobre os efeitos e fenômenos da supercondutividade foi de 42,9%. Ao final do curso, 100% dos alunos se mostraram interessados no tema. Desta forma, o Produto de Educacional se mostrou eficiente para reverter este quadro, esclarecendo conceitos aos alunos.

Palavras-chave: Supercondutividade, Teoria de Aprendizagem Significativa, Mapas conceituais.

ABSTRACT

SUPERCONDUCTIVITY: A PROPOSAL IN PHYSICS TEACHING- LEARNING PROCESS

Tereza Teixeira de Souza

Supervisor:

Prof. Dr. Ronaldo Celso Viscovini

Master's thesis submitted to the Programa de Pós-Graduação do Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física - Polo UEM – UEM (MNPEF/UEM), as part of the requirements for the title of Master's in Physics Teaching.

The present study aimed to implement the theme superconductivity with third-year High School students by creating a Didactic Material (Educational Product), based on Ausubel's theory of Meaningful Learning (1961; 1980). This theme allowed the students to contact a current issue that is constantly being developed in the field of Modern and Contemporary Physics. The theory of Meaningful Learning was chosen for this proposal as it allows the construction of relationships between the concepts taught and the student's prior knowledge in order to break with a form of teaching based on mere memorization. The method used was established with the use of conceptual maps that allow a better explanation of the conceptual relations that are being built. To this end, the students built a concept map before and after the class on superconductivity. These maps were analyzed qualitatively and showed an increase in concepts related to the generating theme, as well as the establishment of a hierarchy. The final evaluation was done with a questionnaire with several questions for the students. As a result, 85.7% of the students stated that they had prior knowledge about the subject of superconductivity, but it was verified that their knowledge was not entirely correct. After the classes were given, the number of students who claimed to have prior knowledge about the effects and phenomena of superconductivity was 42.9%. At the end of the course, 100% of the students were interested in the subject. Thus, the Educational Product proved to be efficient to reverse this situation, clarifying concepts to students.

Keywords: Superconductivity, Meaningful Learning Theory, Concept maps.

LISTA DE ABREVIATURAS / SIGLAS E ACRÔNIMOS

ATD: Análise Textual Discursiva

PCN: Parâmetros Curriculares Nacionais

PE: Produto Educacional

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Relação entre os diferentes tipos de aprendizagem.....	16
Figura 2 – Estrutura do Mapa Conceitual.....	22
Figura 3 – Modelo de Mapa Conceitual sobre Força.	23
Figura 4 – Resistência de um material em função da temperatura. Verifica-se que abaixo de uma dada temperatura crítica (T_c), a resistência deste material é nula.....	32
Figura 5 – Imagem fotográfica da primeira parte da atividade de pesquisa “Palavras-chaves” de um aluno.	43
Figura 6 – Imagem fotográfica da segunda parte da atividade de pesquisa “Palavras-chaves” de um aluno.	44
Figura 7 – Imagem fotográfica do mapa conceitual I feito por um aluno.	46
Figura 8 – Imagem fotográfica do mapa conceitual I feito por um aluno.	47
Figura 9 – Imagem fotográfica dos alunos no pátio se preparando para discutir sobre seus tópicos.....	48
Figura 10 – Imagem fotográfica da atividade de pesquisa feita por um aluno.....	50
Figura 11 – Imagem fotográfica da atividade de pesquisa feita por um aluno.....	51
Figura 12 – Questão do vestibular da Universidade São Francisco de 2015 sobre Supercondutividade.	52
Figura 13 – Exercício proposto pela professora para a avaliação do comportamento de um material magnetizado.....	52
Figura 14 – Mapa conceitual feito por um aluno sobre Supercondutividade.....	54
Figura 15 – Imagem fotográfica do experimento Diamagnetismo.....	55
Figura 16 – Imagem fotográfica do experimento Paramagnetismo.	56
Figura 17 - Imagem fotográfica do experimento Ferromagnetismo.....	58
Figura 18 – Imagem fotográfica do experimento de ferromagnetismo com clips.....	59
Figura 19 – Imagem fotográfica do experimento de ferromagnetismo com as moedas se locomovendo.	60
Figura 20 – Desenho esquemático para um experimento de diamagnetismo utilizando uvas, um pedaço de canudo de plástico e um suporte, além de um ímã (a intensidade depende do tamanho da uva).....	61
Figura 21 – Imagem do gráfico um sobre a percentagem de alunos que conhecem a supercondutividade.....	62
Figura 22 – Imagem do gráfico dois sobre a percentagem de alunos que conhecem efeitos da supercondutividade.....	63
Figura 23 – Imagem do gráfico três sobre a percentagem de alunos que conhecem os efeitos e fenômenos da supercondutividade.....	64
Figura 24 – Imagem do gráfico quatro sobre a percentagem de alunos que conhecem tecnologias supercondutoras.....	64
Figura 25 – Imagem do gráfico cinco sobre a percentagem de alunos que queriam saber mais sobre o assunto.	65
Figura 26 – Imagem do gráfico de avaliação dos recursos instrucionais utilizados.....	68
Figura 27 – Imagem do gráfico de alunos que participaram da aula espontaneamente.	69
Figura 28 – Imagem do gráfico sobre alunos que participaram da aula espontaneamente.	70
Figura 29 – Imagem do gráfico sobre a compreenderam os fenômenos.	70
Figura 30 – Imagem do gráfico sobre avaliação dos alunos perante o curso.....	71
Figura 31 – Imagem do gráfico sobre avaliação dos alunos perante o curso.....	73

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Recorrência de palavras escolhidas pelos alunos enquanto assistiam aos vídeos sobre o tema Supercondutividade e experimentos.	66
Tabela 2 – Dado coletados do questionário de auto avaliação dado na décima terceira aula ..	72

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO.....	11
2. NOÇÕES BÁSICAS SOBRE A TEORIA DA APRENDIZAGEM SIGNIFICATIVA E MAPAS CONCEITUAIS	14
2.1. MAPAS CONCEITUAIS.....	21
3. ENCAMINHAMENTO METODOLÓGICO	25
3.1. PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS	25
3.2. METODOLOGIA DE ANÁLISE DE DADOS: ANÁLISE TEXTUAL DISCURSIVA (ATD)	27
4. APLICAÇÃO DO PRODUTO EDUCACIONAL.....	29
5. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA	31
6. DESENVOLVIMENTO	34
7. PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS PARA APLICAÇÃO DO PRODUTO EDUCACIONAL	38
8. APLICAÇÕES DO PRODUTO EDUCACIONAL.....	41
9. RESULTADOS E ANÁLISES	62
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	76
APÊNDICE A - PRODUTO EDUCACIONAL	78
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	90

Supercondutividade: Uma Proposta no Processo de Ensino-aprendizagem de Física

1. INTRODUÇÃO

O desenvolvimento científico e tecnológico vem ocorrendo de forma rápida desde o século XX, permitindo a criação de uma série de sistemas, aparelhos e dispositivos que estão cada vez mais presentes em nosso cotidiano. (VIEIRA, 2014). Alguns exemplos são a Internet de alta velocidade, os *smartphones* com acesso à Internet e telas *touchscreen*, *smart TVs*, micro-ondas etc. Outros equipamentos que não são de nosso uso diário, mas que tem grande importância, são os equipamentos de Ressonância Magnética Nuclear (RMN), os aceleradores de partículas, os sistemas como *Global Positioning System* (GPS), entre outros (MORAIS; MOREIRA, 2019; VIEIRA, 2014.).

Esses sistemas e dispositivos citados são, muitas vezes, facilmente acessados por cidadãos comuns, que, no entanto, pouco sabem da origem e da teoria por trás de toda essa tecnologia. Isso ocorre porque pouco, ou nada, tem sido trabalhado nas escolas sobre ciência e tecnologia. (RICARDO; FREIRE, 2007). Nas aulas de Física, por exemplo, os conceitos da Física Moderna e Contemporânea, que tem papel fundamental no desenvolvimento tecnológico e científico, por vezes, não são apresentados aos alunos. (SILVA; SOUZA; BERNARDES, 2014).

Apesar de documentos como a Lei de Diretrizes e Bases – LDB/1996 (LDB, 1996), categorizar o Ensino Médio como etapa final da Educação Básica, que tem por objetivo oferecer ao estudante, entre outros, o: “domínio dos princípios científicos e tecnológicos que presidem a produção moderna” (LDB, artigo 36, § 1º, inciso I). E os Parâmetros Curriculares Nacionais (PCN) (BRASIL, 1999), que lança competências para o Ensino de Física, tais como “acompanhar o desenvolvimento tecnológico contemporâneo, por exemplo, estabelecendo contato com os avanços das novas tecnologias [...]” (PCNEM+, 2002, p. 68). As aulas de Física no Ensino Básico têm por vezes se limitado ao ensino da Física Clássica, teorias e conceitos elaborados até o século XIX.

Um tema da Física que vem sendo foco de alguns trabalhos na área do Ensino de Física para ser trabalhado no ensino médio é o tema *Supercondutividade*. (BRANÍCIO, 2001; LOPES, 2014; OSTERMANN; FERREIRA; CAVALCANTI, 1998; VIEIRA, 2014). A descoberta da supercondutividade teve grande importância, pois foi através de pesquisas envolvendo os supercondutores que se tornou possível o desenvolvimento tecnológico de veículos magneticamente levitáveis, equipamentos de ressonância magnética e aceleradores de partículas. A supercondutividade também tem sua importância nos processos de produção de energia elétrica, visto que geradores e motores elétricos podem ter sua eficiência aumentada com a troca dos fios de cobre convencionais por materiais supercondutores. (BRANÍCIO, 2001; COSTA; PAVÃO, 2012).

Além da importância do tema supercondutividade, outros tópicos relacionados a supercondutividade, como o diamagnetismo, paramagnetismo, ferromagnetismo, fluxo magnético, Efeito Meissner, eletromagnetismo, a Lei de Faraday e a Lei de Faraday-Lenz, podem ser abordados, mostrando sua importância para o desenvolvimento de aparelhos utilizados em tarefas simples do nosso cotidiano (COSTA; PAVÃO, 2012). A ideia é, portanto, mostrar que esses conceitos e leis da Física Moderna e Contemporânea são de extrema importância para o desenvolvimento, por exemplo, dos motores elétricos, transformadores de tensão, antenas de transmissão de dados, forno micro-ondas e os cartões magnéticos. Além dos celulares que funcionam através das ondas eletromagnéticas e são fundamentais para as comunicações sem fio presente o tempo todo na vida das pessoas. (SILVA *et. al.*, 2014; VIEIRA, 2014).

O tema supercondutividade é um dos temas da Física Moderna e Contemporânea que mais possui aplicações no cotidiano dos estudantes, de modo que sua inserção nas aulas de Física do Ensino Médio pode ser uma excelente forma de despertar a curiosidade dos alunos e ajudá-los a reconhecer a física como um empreendimento humano e algo próximo a eles. Apresentar esse tópico no ensino médio também permite que os alunos tenham contato com o que se tem pesquisado atualmente na área da Física e suas aplicações, pois muitas vezes a disciplina fica limitada na Física Clássica e os alunos não têm proximidade com as grandes descobertas da Física Moderna e Contemporânea.

Abordar tópicos como esse no ensino médio, quando bem introduzidos, levará

o aluno a atingir as competências pretendidas por órgãos educacionais na disciplina de Física do Ensino Médio. Essas competências presentes em documentos como os PCN, apontam que o aluno deve acompanhar o desenvolvimento tecnológico contemporâneo, tornando-se conhecedor dos avanços das novas tecnologias e dominando os princípios científicos e tecnológicos básicos que presidem a produção moderna. Competências essas que muitas vezes não são alcançadas quando a disciplina de Física fica limitada a Física Clássica.

Assim, abordar tópicos da Física Moderna e Contemporânea no Ensino Médio não é apenas importante, mas imprescindível para o estudante em sua formação enquanto cidadão. E esse tópico não deve ser para eles uma simples informação ou curiosidade, mas deve ter como intuito torná-los plenamente capazes de exercer sua cidadania em uma sociedade altamente tecnológica ao entendê-la e modificá-la.

Abordaremos esses conceitos por meio da teoria da Aprendizagem Significativa de Ausubel, que vem ganhando notoriedade no Ensino de Ciências, sobretudo por permitir que se estabeleçam relações entre os conceitos a serem ensinados e os demais conceitos que já são de conhecimento dos alunos. Deste modo rompe-se com uma forma de ensinar baseada em uma Aprendizagem Mecânica, e de reprodução literal de conceitos.

Nessa perspectiva, o objetivo geral do presente trabalho é elaborar, implementar e avaliar o potencial de um Material Didático sobre supercondutividade, alicerçado na teoria da aprendizagem significativa, com alunos do terceiro ano do Ensino Médio de uma instituição pública de ensino da região Noroeste do estado do Paraná. Para atingir nosso objetivo geral propomos os seguintes objetivos específicos: I. realizar o levantamento dos conhecimentos prévios dos alunos e conceitos subsunçores, de acordo com o que é proposto por Ausubel, e então intervir de acordo com os resultados obtidos; e II. verificar como os alunos do Ensino Médio interagem com temas da Física Moderna e Contemporânea.

Apesar de alguns trabalhos já terem buscado a elaboração de sequências didáticas e materiais didáticos para trabalhar esse tópico em sala de aula, o presente trabalho se diferencia por buscar desenvolver o tema da supercondutividade tendo por base a teoria de aprendizagem significativa de Ausubel e o uso de mapas conceituais.

2. NOÇÕES BÁSICAS SOBRE A TEORIA DA APRENDIZAGEM SIGNIFICATIVA E MAPAS CONCEITUAIS

David Ausubel (1918-2008) foi um psiquiatra norte-americano, professor emérito da Universidade de Columbia. Ausubel dedicou-se a pesquisar a área da Psicologia Educacional, desenvolvendo o conceito de aprendizagem significativa, que, por sua vez, consiste em um método que busca ampliar as formas de aprendizagem para além da execução de comandos. (MOREIRA, 1999).

A área da psicologia educacional busca compreender o modo pelo qual se dá a assimilação de conhecimento enquanto estrutura organizada de raciocínio, abordando aspectos sociais, interpessoais, motivacionais e processos mentais inerentes ao espaço escolar e da prática docente. (AUSUBEL; NOVAK; HANESIAN, 1980; LOPES, 2014).

Destaca-se que são possíveis distinguir três diferentes abordagens de aprendizagem: a Cognitiva, a Afetiva e a Psicomotora. Sendo a primeira relacionada ao núcleo organizado de informações que Ausubel define como estrutura cognitiva. A segunda diz respeito aos sentimentos que podem ser desencadeados a cada experiência, como, por exemplo, prazer, alegria, dor e tristeza. E a última trata das respostas musculares estimuladas por meio da prática. Sendo o foco de Ausubel nos estudos sobre a Aprendizagem Cognitiva, podendo ele ser considerado, inclusive, um representante do Cognitivismo. (MOREIRA, 1999; MOREIRA; BUCHWEITZ, 1982).

“A teoria da aprendizagem significativa é uma teoria com grande potencial para fundamentar a prática educativa, em sala de aula, e que privilegia a aquisição e a retenção do significado que é gerado na escola.” (MENDONÇA, 2012, p. 45). Posto isto, nota-se que Ausubel tem sido amplamente utilizado como referencial teórico no campo do Ensino de Ciências, e em estudos relacionados a prática docente como são, exemplo, os estudos de LOPES (2014), MENDONÇA (2012) e VIEIRA (2014).

Para o autor em questão, aquilo que o aluno já sabe deve ser tornar um ponto de ancoragem para novos conhecimentos, que ao se integrar se modificam entre si. (MOREIRA, 1999). “Se tivesse que reduzir toda psicologia educacional a um único princípio, diria: o fator singular mais importante que influencia a aprendizagem é aquilo que o aprendiz já conhece. Descubra isso e ensine de acordo.” (AUSUBEL; NOVAK; HANESIAN, 1980, p. 137).

O cerne de sua teoria, portanto, está no conceito de Aprendizagem Significativa, que se contrapõe a ideia de Aprendizagem Automática. Sendo que:

A aprendizagem significativa ocorre quando a tarefa de aprendizagem implica relacionar, de forma não arbitrária e substantiva (não literal), uma nova informação a outras com as quais o aluno já esteja familiarizado, e quando o aluno adota uma estratégia correspondente para assim proceder. Aprendizagem automática, por sua vez, ocorre se a tarefa consistir associações arbitrárias, como na associação de pares, quebra-cabeças, labirinto, ou aprendizagem de séries e quando falta ao aluno conhecimento prévio relevante necessário para tornar a tarefa potencialmente significativa, e também se o aluno adota uma estratégia apenas para internalizá-la de uma forma arbitrária, literal. (AUSUBEL; NOVAK; HANESIAN, 1980, p. 23).

Diferentemente da Aprendizagem Significativa, a Aprendizagem Automática, ou Mecânica, consiste mais em um processo de memorização, sem, no entanto, estabelecer as relações necessárias para a construção de estruturas cognitivas. Isto impede a evolução dos saberes que existiam previamente, impossibilitando, assim, o mecanismo exemplificado anteriormente. Aquele que aprende mecanicamente até é capaz de reproduzir o conteúdo aprendido, ao menos temporariamente, mas o conteúdo não possui significado para ele, ou seja, não está relacionado ao que sabia previamente e assim não é possível desenvolvê-lo, apenas repetir de forma literal. (AUSUBEL; NOVAK; HANESIAN, 1980).

Tem-se ainda outras duas abordagens de aprendizagem, que dizem respeito a forma com que se dá a relação entre o sujeito e o objeto do conhecimento, que são chamadas de Aprendizagem por Recepção e Aprendizagem por Descoberta. Na Aprendizagem Receptiva, o contato do aluno é com o conhecimento a ser aprendido em sua forma final, cabendo ao aprendiz internalizá-la. Diferentemente, a Aprendizagem por Descoberta não acontece na interação do aluno com um conteúdo já dado, mas carece ser descoberto antes de ser internalizado. Apesar da confusão comumente observada, uma aprendizagem receptiva não implica necessariamente uma aprendizagem automática, podendo ser significativa quando passa a ter uma relação não arbitrária com o conhecimento já possuído. (AUSUBEL; NOVAK; HANESIAN, 1980).

Assim tem-se diversas possibilidades de associação entre *Aprendizagem Automática X Aprendizagem Significativa* e *Aprendizagem por Recepção X Aprendizagem por Descoberta*. A fim de exemplificar algumas destas situações

apresenta-se o quadro proposto por AUSUBEL; NOVAK e HANESIAN (1980, p. 21) na Figura 1.



Figura 1 – Relação entre os diferentes tipos de aprendizagem.
Reproduzido de: (AUSUBEL; NOVAK; HANESIAN, 1980, p. 21)

Dado o exposto até aqui, é possível ainda subdividir a aprendizagem significativa em três tipos: a *Aprendizagem Representacional*; a *Aprendizagem de Conceitos*; e a *Aprendizagem de Proposições*. (AUSUBEL; NOVAK; HANESIAN, 1980).

A *Aprendizagem Representacional* é considerada a mais simples e a primeira forma de aprendizagem. Ela consiste, basicamente, em associar significado e símbolo, este normalmente na forma de palavra. Assim, é por meio da aprendizagem representacional que novas palavras passam a corresponder a determinados objetos. (AUSUBEL; NOVAK; HANESIAN, 1980).

Já a *Aprendizagem de Conceitos* corresponde a uma forma de aprendizagem intermediária, em que uma unidade genérica é conferida a determinada palavra que passa a representar uma ideia e não um objeto como na aprendizagem representacional. (AUSUBEL; NOVAK; HANESIAN, 1980).

Por fim, “a aprendizagem proposicional diz respeito ao significado de ideias expressas por grupos de palavras combinadas em proposições ou sentenças.” (AUSUBEL; NOVAK; HANESIAN, 1980, p. 40). Assim, é por meio desta que é possível a associação de diferentes conceitos de modo a passar de uma aprendizagem de objetos ou palavras isoladas para compor proposições complexas, que muitas vezes tratam de elementos que não podem ser representados.

Isto posto, observa-se dois movimentos, o primeiro diz respeito ao conteúdo que deve estar de acordo com o já sabido por aquele que está a aprender, a este movimento chamamos de material logicamente significativo; e o segundo que trata da capacidade do aprendiz de desenvolver sua própria estratégia de aprendizagem significativa. O primeiro não implica necessariamente o segundo, de modo que ainda diante de um material significativo é possível que o aluno o aprenda por memorização, se não estiver predisposto a aprender significativamente. Assim, o material só pode ser potencialmente significativo. Isto, todavia, não isenta a escola e o professor de selecionarem o material que esteja de acordo com os conhecimentos prévios, e que estejam de acordo com a etapa do aluno, eis a importância de se planejar o currículo escolar e o método de transmissão. (AUSUBEL; NOVAK; HANESIAN, 1980).

Destaca-se, ainda, algumas noções que são importantes para a aplicação de um método que possibilite uma aprendizagem significativa, são eles: o conhecimento prévio, a estratégia de aprendizado, a forma não arbitrária de internalização ou não literal. Dessa forma, adentra-se um processo dinâmico de associações do conhecimento prévio a novas experiências que, quando propostas de forma não arbitrária, permitem o desenvolvimento e a ampliação daquilo que o aluno já sabe, fazendo com que o aluno aprenda para além de um conhecimento literal de conceitos. (AUSUBEL; NOVAK; HANESIAN, 1980).

Este conhecimento prévio ao qual o novo conhecimento se associa, Ausubel o denomina de *conceito subsunçor*. A este as novas informações se conectam, de modo a torná-lo mais inclusivo. E, assim, amplia-se a possibilidade deste conceito ser subsunçor para outros conceitos a ele subordinados, por isso a aprendizagem é dinâmica. Além disso, aliado aos subsunçores, encontra-se uma pré-disposição do aluno em traçar uma estratégia significativa, que, por sua vez, possa gerar uma Aprendizagem Significativa (MOREIRA, 1999).

Em física, por exemplo, se os conceitos de força e campo já existem na estrutura cognitiva do aluno, eles servirão de subsunçores para novas informações referentes a certos tipos de força e campo como, por exemplo, a força e o campo eletromagnéticos. Entretanto, este processo de “ancoragem” da nova informação resulta em crescimento e modificação do conceito subsunçor. Isso significa que os subsunçores existentes na estrutura cognitiva podem ser abrangentes e bem-desenvolvidos, ou limitados e pouco desenvolvidos, dependendo da frequência com que ocorre aprendizagem significativa em conjunção com dado subsunçor. No exemplo dado, uma ideia intuitiva de força e campo serviria como subsunçor para novas informações referentes a forças e campos gravitacional, eletromagnético e nuclear, porém, na medida em que esses novos conceitos fossem aprendidos de maneira significativa, isso resultaria num crescimento e elaboração dos conceitos subsunçores iniciais, isto é, os conceitos de força e campo ficariam mais elaborados, mais inclusivos e mais capazes de servir de subsunçores para novas informações relativas a forças e campos, ou correlatas. (MOREIRA, 1999, p. 153).

Assim sendo, uma forma de selecionar os materiais e conteúdo de modo a manterem relação entre si, sendo um subsunçor para o outro, é por meio dos mapas conceituais, que desenvolveremos a frente. Deste modo, é preciso estabelecer uma investigação dos temas conhecidos, e a partir deles proceder a evolução dos conhecimentos necessários como subsunçores até o estado em que seja possível chegar-se ao tema proposto. Assim, podemos dizer que a aprendizagem significativa é um processo de organização e interação do material na estrutura cognitiva do ser que aprende. (MOREIRA, 1999).

O subsunçor, também chamado de ideia-âncora, pode adquirir diferentes formas, podendo ser um conceito, um modelo mental, uma imagem, uma experiência, uma proposição etc. É justamente esta estrutura que permite que o processo de aprendizagem significativa seja dinâmico, posto que o conceito aprendido terá a função de âncora para a evolução de outras aprendizagens, tornando-se cada vez mais elaborado e dando cada vez mais possibilidades. (MOREIRA, 1999).

Para suprir a carência de subsunçores, um outro elemento ganha notoriedade: o conceito de organizador prévio. O organizador prévio tem caráter instrucional e tem como características a abstração e a generalidade. Pode assumir diversas formas, como, por exemplo, de um filme ou de um texto, de modo a estabelecer uma ponte entre aquilo que o aluno sabe e o que é necessário para que aconteça a aprendizagem significativa, trata-se, portanto, de preencher um hiato existente. “A função do organizador é oferecer uma armação ideacional para a incorporação estável e retenção do material mais detalhado e diferenciado que se segue no texto a aprender.” (AUSUBEL; NOVAK, HANESIAN, 1980, p. 144).

É preciso ainda compreender dois movimentos do pensamento neste processo de aprendizagem, segundo AUSUBEL; NOVAK e HANESIAN (1980), são eles: diferenciação progressiva e reconciliação integrativa, que se apresentam como mudanças na estrutura cognitiva e que acontecem simultaneamente.

Quando aprendemos de maneira significativa temos que progressivamente diferenciar significados dos novos conhecimentos adquiridos a fim de perceber diferenças entre eles, mas é preciso também proceder a reconciliação integradora. Se apenas diferenciamos cada vez mais os significados, acabaremos por perceber tudo diferente. Se somente integrarmos os significados indefinidamente, terminaremos percebendo tudo igual. (MOREIRA, 2010, p. 7).

A diferenciação progressiva é este movimento que vai do geral ao específico, neste processo de detalhamento dos conceitos, de sofisticação cognitiva, que simula a tomada de consciência natural do homem. Já a reconciliação integrativa se relaciona a forma de armazenamento do conhecimento, de modo que os conceitos mais desenvolvidos decorrem de conceitos mais simples e mais gerais. Esses movimentos devem também direcionar a prática docente na organização dos conteúdos que vêm a compor o material potencialmente significativo. (MOREIRA, 2010).

Estes dois pressupostos que aqui mencionamos, em outras palavras, são: (1) É menos difícil para os seres humanos compreender os aspectos diferenciados de um todo previamente aprendido, mais inclusivo, do que formular o todo inclusivo a partir de suas partes diferenciadas previamente aprendidas. (2) Num indivíduo, a organização do conteúdo de uma disciplina particular consiste em uma estrutura hierárquica na sua própria mente. As ideias mais inclusivas ocupam uma posição no topo desta estrutura e abrangem proposições, conceitos e dados factuais progressivamente menos inclusivos e mais diferenciados. (AUSUBEL; NOVAK; HANESIAN, 1980, p. 159).

O exemplo proposto por MOREIRA (2010) utiliza o conceito de conservação, em que o promove a diferenciação progressiva do conceito passando do conceito de conservação energética ao de conservação de carga elétrica e, assim, ao conceito de conservação do momento linear. Se predisposto a aprender significativamente, promove também a reconciliação integrativa de modo a transformar o conceito de “conservação” em um subsunçor cada vez mais potente, e que se abre ao maior número de possibilidades, estabelecendo semelhanças e diferenças entre suas diferentes aplicações, resolvendo inconsistências que possam existir entre elas e as ordenando. Isto promove

uma alteração na estrutura cognitiva do aluno em relação ao assunto que fora objeto da aprendizagem significativa.

Se une, ainda, aos conceitos anteriormente expostos o conceito de *organização sequencial*. Esta consiste na valorização da dependência que naturalmente um conceito tem em relação aos demais. Para AUSUBEL; NOVAK e HANESIAN (1980), existe uma sequência natural do conhecimento, e respeitar esta sequência torna mais fácil a organização dos subsunçores que são postos de forma hierárquica. Esta simples compreensão torna a aprendizagem mais eficaz, posto que tendo um ponto de partida opera-se por acréscimo tendo sempre em mente aquilo que o aluno já sabe e do que pode derivar outros assuntos e temas.

Assim, a organização sequencial pressupõe a consolidação de conhecimentos prévios que permitam o avanço para novos conhecimentos, que, por sua vez, sejam mais elaborados. Desta forma, entende-se a importância de aprendizagem total dos assuntos abordados, de modo que a continuidade só deveria acontecer diante de uma compreensão estável e consolidada daquilo que fora anteriormente ensinado, o que só é possível diante de constantes verificações de aprendizagem. Como já dito, para o autor em questão, o princípio fundamental da aprendizagem significativa é descobrir o que o aprendiz conhece e ensinar a partir disto. (AUSUBEL; NOVAK; HANESIAN, 1980).

Portanto, a avaliação se torna imprescindível para a Aprendizagem Significativa, pois além de permitir conhecer o que o aluno sabe, e se está consolidado o conteúdo ensinado, permite que se tome medidas para melhorar o ensino e corrigir eventuais pontos que não tenham passado pelos processos anteriormente citados. Além disso, é possível identificar a efetividade da sequência adotada, bem como das disposições curriculares, refazendo alguns rumos que possam se desviar dos objetivos anteriormente definidos. (AUSUBEL; NOVAK; HANESIAN, 1980).

Retomando as estruturas e processo aqui descrito, MOREIRA (1999) identifica quatro funções principais que o professor assume:

1. Identificar a estrutura conceitual e organizá-la hierarquicamente;
2. Identificar os subsunçores que são necessários e que o aprendiz já deve possuir em sua estrutura cognitiva;

3. Diagnosticar se de fato o aluno já possui estes subsunçores, e caso não possua, deve-se operar por meio de organizadores prévios, nos termos que já foram expostos;
4. “Ensinar utilizando recursos e princípios que facilitem a aquisição da estrutura conceitual da matéria de ensino de uma maneira significativa.” (MOREIRA, 1999, p. 163).

2.1. MAPAS CONCEITUAIS

Tendo exposto os principais elementos de uma teoria da aprendizagem significativa, faz-se necessário investigar os chamados *mapas conceituais*. Estes mapas têm como função relacionar conceitos ou palavras que os representem, em uma espécie de diagrama. Apesar de não estar explícito nos escritos de Ausubel, ela é composta por Joseph Novak, tendo sido ele parceiro de pesquisas de David Ausubel, daí sua forte relação com a teoria da aprendizagem significativa.

O conceito de *mapa conceitual* é desenvolvido na década de 1970, e consiste em uma representação gráfica bidimensional que indica as relações entre conceitos, na forma de proposições. As proposições, por sua vez, são conceitos conectados por palavras de ligação, de modo a comporem a estrutura: Conceito 1 – Palavra de ligação – Conceito 2. (NOVAK; GOWIN; OTERO, 1988).

Este mapa, todavia, desenvolve-se de modo a compor-se por proposições diferentes que se ligam entre si. Dessa forma, como definição propomos: “Un mapa conceptual es un recurso esquemático para representar un conjunto de significados conceptuales incluidos en una estructura de proposiciones.” (NOVAK; GOWIN; OTERO, 1988, p. 33)¹.

A vantagem oferecida por um mapa conceitual diz respeito ao fato de concentrar a atenção e os esforços em um número reduzido de conceitos, mas que são de fato importantes. Assim, forma-se uma espécie de atalho para a construção da aprendizagem, favorecendo alunos e professores. (NOVAK; GOWIN; OTERO, 1988).

¹ Um mapa conceitual é um recurso esquemático para representar um conjunto de significados conceituais incluídos em uma estrutura de proposições. (Tradução da autora).

A estrutura de um mapa conceitual tem como intuito apresentar uma hierarquia de conceitos, como ilustrado na Figura 2. Seguindo esta estrutura, teríamos no topo de nosso mapa os conceitos mais gerais e que incluem em si outros conceitos, e a cada estágio abaixo os conceitos se tornam menos inclusivos, até o último estágio onde se encontram os conceitos específicos e os exemplos. Assim, nos mapas conceituais, temos uma hierarquização dos conceitos que são expressos visualmente pelo lugar que ocupam. Ainda, para expressar essa relação hierárquica, é possível a utilização de figuras geométricas diferentes para cada tipo de conceito, conforme demonstrado no exemplo na Figura 3.

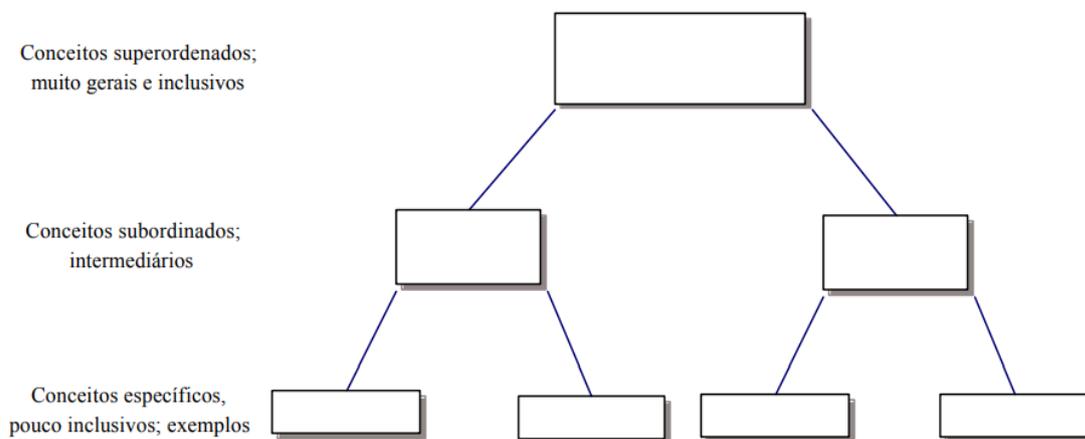


Figura 2 – Estrutura do Mapa Conceitual.
Reproduzido de: (MOREIRA, 2006, p. 11).

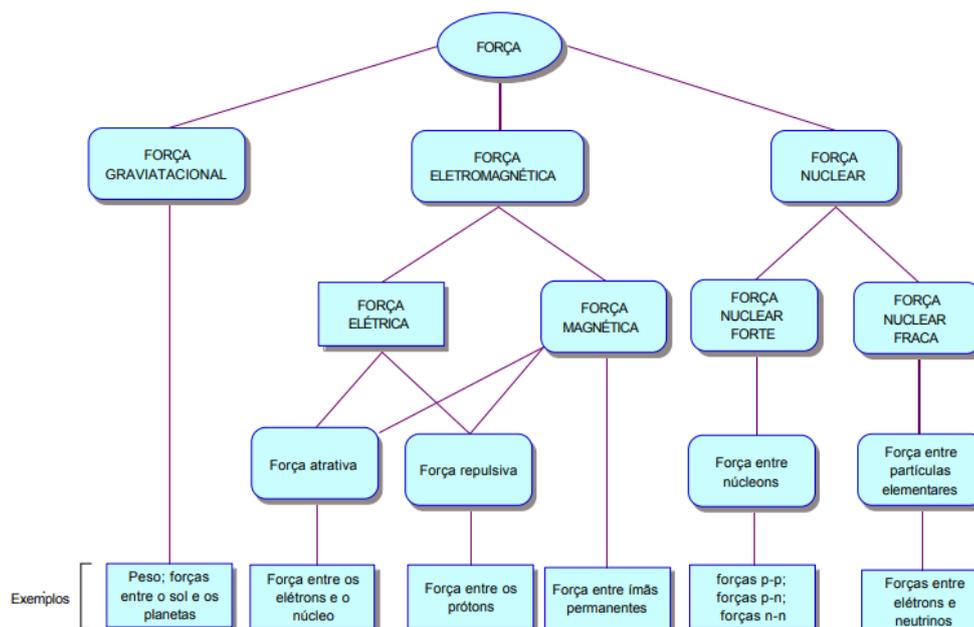


Figura 3 – Modelo de Mapa Conceitual sobre Força.

Reproduzido de: (MOREIRA, 2006, p. 12).

Vale destacar ainda que é possível rearranjar de diferentes maneiras cada mapa, começando por conceitos subordinados, por exemplo. Na visão de NOVAK; GOWIN e OTERO (1988), isto se justifica pela própria forma com que se dá as conexões de neurônios, que acontece de forma cruzada, implicando na possibilidade de caminhos diferentes para se chegar ao ponto em que se almeja. Isto favorece o processo criativo que é aplicado na construção dos mapas.

Nesse sentido, entende-se que o processo de construir e reconstruir mapas, tanto por professores quanto por alunos, possa servir como uma forma de exercício para desenvolvimento da Aprendizagem Significativa, uma vez que torna necessário o estabelecimento de relações entre os conceitos para sua construção. Deve-se buscar criar o hábito de produzir mapas, tornando, assim, natural a composição das relações entre conceitos mais e menos inclusivos. (NOVAK; GOWIN; OTERO, 1988).

Além disso, o mapa permite visualizar de forma clara algum tipo de associação errônea que o aluno possa ter elaborado, facilitando, inclusive, o processo avaliativo que pode ser conduzido por meio da composição de mapas, e ilustrando que as relações que fazem a aprendizagem efetivamente significativa estão acontecendo ou não. A partir de tal análise, é possível operar uma reordenação de conceitos, ou uma tentativa de fazer com que as ligações entre eles aconteçam. Conclui-se que um mapa pode ter a função de avaliar se a diferenciação progressiva e a reconciliação integrativa

acontecem, e caso não aconteçam, buscar meios para que se efetivem. (NOVAK; GOWIN; OTERO, 1988).

Apesar de ser possível uma avaliação quantitativa, a ênfase do mapa se encontra na avaliação qualitativa.

A análise de mapas conceituais é essencialmente qualitativa. O professor, ao invés de preocupar-se em atribuir um escore ao mapa traçado pelo aluno, deve procurar interpretar a informação dada pelo aluno no mapa a fim de obter evidências de aprendizagem significativa. Explicações do aluno, orais ou escritas, em relação a seu mapa facilitam muito a tarefa do professor nesse sentido. (MOREIRA, 2012, p. 8).

Destaca-se, por fim, o fato de que por sua relativa simplicidade, poder ser adaptado a diversas realidades, etapas e áreas. Há relatos de uso de mapas conceituais da Literatura à Física. (MOREIRA, 2012), o que nos permite com tranquilidade afirmar ser possível sua utilização no Ensino de Física, além de tantos outros usos.

3. ENCAMINHAMENTO METODOLÓGICO

Esta metodologia trabalhou com o tema da supercondutividade a partir do produto educacional desenvolvido, tendo por base a teoria de aprendizagem significativa de Ausubel. Em um primeiro momento, portanto, foi feita uma pesquisa bibliográfica, sendo seu objetivo exploratório, no intuito de conhecer as etapas da abordagem desenvolvida por Ausubel, bem como, dentro desta abordagem, o uso de mapas conceituais como desenvolvido por NOVAK; GOWIN; OTERO (1988). Posteriormente, passamos a etapa de pesquisa aplicada, a qual, em interação com os alunos, aplica-se o método estudado em etapa anterior, estando alicerçada nos pressupostos da pesquisa qualitativa.

3.1. PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

A teoria da aprendizagem significativa se desenvolve em princípios como os expostos por MOREIRA (2011):

- O conhecimento prévio é a variável que mais influencia a aprendizagem;
- A aprendizagem significativa depende da intencionalidade do aprendiz;
- Os materiais e as estratégias de ensino devem ser potencialmente significativos;
- São as situações que atribui sentido aos conceitos;
- A primeira ação cognitiva para resolver uma situação-problema é a construção de um modelo mental na memória de trabalho;
- O professor é o organizador do ensino, provedor de situações potencialmente significativas e mediador da captação de significados;
- A avaliação deve buscar evidências de aprendizagem significativa; esta é progressiva;
- Um episódio educativo envolve uma relação triádica entre aluno, docente e materiais educativos dentro de um contexto;
- A aprendizagem deve ser significativa e crítica.

Tendo por norte tais princípios esta metodologia será dividida em três etapas, desenvolvidas com os alunos do terceiro ano do Ensino Médio da Escola Estadual Flauzina Dias Viégas – EFM, localizada na cidade de Paranavá-PR. Na primeira etapa, que tem

duração de duas aulas, propôs-se aos alunos a elaboração de mapas conceituais, em que, primeiramente, os alunos são instruídos a como utilizar essa ferramenta. Os mapas conceituais foram introduzidos, sendo esclarecida a sua finalidade como avaliação diagnóstica e como avaliação da evolução em suas estruturas mentais. Pretende-se amplamente discutir as propriedades dos conceitos, das frases de ligação, das proposições e dos níveis hierárquicos nos mapas conceituais. Após esse momento, os alunos devem escolher um tema para a elaboração de um mapa conceitual, que foi selecionado pelo professor na lousa com a participação de todos os alunos, isso serviu de exemplo para a montagem e o entendimento de mapa conceitual.

Após definição do tema para a elaboração de um mapa, utilizou-se a proposta de MOREIRA (2012) como base para a elaboração da intervenção inicial, seguindo os passos:

- I. Identificar os principais conceitos relacionados ao tem escolhido, listando-os;
- II. Hierarquizar, com a ajuda dos alunos, os conceitos identificados, dos mais amplos aos mais específicos;
- III. Pôr os conceitos mais gerais na parte superior relacionando-os com os demais segundo a hierarquia definida;
- IV. Exemplificar as relações possíveis com diferentes formas de conectar os conceitos;
- V. Continuar o desenvolvimento do mapa, com a intervenção dos alunos, que auxiliam na formulação das relações e seus intercruzamentos.

Ao final desse primeiro mapa feito com toda a classe, a proposta é de dividir a sala em pequenos grupos para que desenvolvam mapas de temas livres conforme a experiência anterior. Tais mapas foram apresentados em aulas seguintes, podendo inclusive utilizar softwares para reelaborarem os mapas desenvolvidos.

Na apresentação dos mapas o que deve ser considerado são as hierarquizações e as relações estabelecidas entre os conceitos. Lembrando que um mapa sobre o mesmo tema pode ser desenvolvido de diversas formas. Deste modo, mais do que a avaliação do trabalho em si, é preciso analisar se o aluno conseguiu desenvolver as associações necessárias dentro do tema por eles escolhidos.

Na segunda etapa, inicialmente os conhecimentos prévios dos alunos sobre o tema supercondutividade foram levantados na forma de um diálogo com a sala em que se fará questionamentos acerca do assunto. A partir disso, propôs-se aos alunos a construção de um

mapa conceitual de forma individual sobre o tema a partir de seus conhecimentos prévios. Após esta etapa inicial, que possibilitou a obtenção dos conhecimentos prévios dos alunos e os principais conceitos subsunçores, realizou-se uma intervenção de acordo com os resultados obtidos. Dessa forma, trabalhou-se o tema supercondutividade a partir do produto educacional elaborado, com a leitura do texto sobre supercondutividade e os demais conceitos envolvidos, utilizando também vídeos e textos explicativos que busquem demonstrar as tecnologias atuais que utilizam supercondutores ou equipamentos que auxiliem em diagnósticos médicos como a Ressonância Magnética Nuclear, trens magneticamente levitáveis, entre outras aplicações, trazendo o tema supercondutividade para o cotidiano dos alunos.

Na terceira e última etapa, os alunos foram orientados a fazer um segundo mapa conceitual sobre o tema supercondutividade a fim de avaliar as contribuições que a discussão realizada sobre o tema supercondutividade alcançou.

3.2. METODOLOGIA DE ANÁLISE DE DADOS: ANÁLISE TEXTUAL DISCURSIVA (ATD)

Os mapas conceituais desenvolvidos pelos alunos são analisados a partir da Análise Textual Discursiva (ATD). Esta metodologia tem sido usada amplamente em pesquisas de natureza qualitativa e tem características de duas clássicas formas de análise na pesquisa qualitativa: a Análise de Conteúdo e a Análise de Discurso. (MORAES; GALIAZZI, 2006). A ATD é composta de três elementos principais que formam um ciclo: a desmontagem dos textos (*unitarização*); o estabelecimento de relações (*categorização*); e a captação do novo emergente. (MORAES, 2003).

A fragmentação dos dados obtidos começa a partir de uma leitura cuidadosa e aprofundada pelo pesquisador. Os dados são analisados em seus detalhes e, então, são fragmentados em unidades constituintes referentes aos fenômenos estudados. Essas unidades estão intimamente relacionadas com as capacidades e forma interpretativa dos pesquisadores, já que pessoas diferentes fazem leituras diferentes de um mesmo dado. (MORAES; GALIAZZI, 2006).

No segundo elemento da ATD, chamado de *categorização*, envolve um processo em que se compara as unidades determinadas na etapa anterior. Os conjuntos de unidades que apresentam significação próxima são as categorias, podendo ser determinadas por duas diferentes metodologias. A primeira delas é o método dedutivo, que implica construir categorias antes de analisar os dados obtidos com a pesquisa, sendo as categorias deduzidas a

partir das teorias que norteiam a pesquisa. O outro método para categorização é o método indutivo, pelo qual as categorias são construídas a partir das informações contidas nos dados obtidos, isto é, realiza-se uma comparação e contratação constante entre as unidades e os conjuntos de elementos semelhantes são organizados com base nos conhecimentos do pesquisador. (MORAES; GALIAZZI, 2006).

Por fim, na captação do novo emergente, terceiro elemento da ATD, expressa-se as compreensões atingidas, elaborando uma discussão a partir das categorias e subcategorias resultantes da análise. Essas discussões na forma de textos são chamadas de *metatextos* e são constituídas de descrição e interpretação dos dados investigados. Os *metatextos* podem ser mais descritivos ou interpretativos, dependendo da metodologia utilizada e dos diferentes objetivos de análise. (MORAES, 2003; MORAES; GALIAZZI, 2006).

Diante do que foi exposto em relação à ATD, os mapas conceituais são analisados por meio dessa abordagem. Assim, os mapas construídos pelos alunos são organizados em categorias utilizando o método indutivo para que seja possível identificar quais se aproximam mais ou menos do que é considerado correto para o tema proposto; quais mapas apresentam conceitos errados; e, assim, possibilitando trabalhar a partir dos conhecimentos prévios dos alunos. A ATD foi escolhida para análise dos dados uma vez que se apresenta como mais do que um conjunto de procedimentos definidos, sendo uma metodologia aberta, a qual permite ao professor-pesquisador um pensamento investigativo e criativo, baseado, por exemplo, na sua vivência em sala de aula. Essa abordagem se apresenta promissora para análise dos mapas conceituais que foram desenvolvidos pelos alunos, de forma que, a partir dela, possibilitou-se avaliar a evolução das estruturas mentais dos alunos acerca do tema supercondutividade.

4. APLICAÇÃO DO PRODUTO EDUCACIONAL

Ao se abordar os conteúdos relacionados com a eletricidade e magnetismo e os conteúdos prévios em sala de aula, é perceptível a dificuldade dos alunos de compreenderem seus conceitos por acharem os assuntos distantes de sua realidade, além de não terem o costume de relacionar conteúdos aprendidos a exemplos práticos. Os discentes têm costumes de ver os conteúdos dados em sala de aulas como conteúdos a parte e inatingíveis, que não relacionam com os demais assuntos.

Dessa forma, verifica-se a necessidade de o docente estimular os alunos a importância de relacionar conteúdos pré-existentes com novos e ver suas aplicações em seu cotidiano. Baseado nesta ideia, o Produto Educacional, elaborado para esse trabalho, propôs-se ao desafio de apresentar em sala de aula um assunto que não é do dia a dia do aluno, a Supercondutividade. A metodologia deste trabalho foi baseada no tema da supercondutividade a partir do Produto Educacional desenvolvido, tendo por base a teoria de Aprendizagem Significativa de Ausubel. (AUSUBEL; FITZGERALD, 1961). Em primeiro momento, portanto, trata-se de pesquisa bibliográfica, sendo seu objetivo exploratório, no intuito de conhecer as etapas da abordagem desenvolvida por Ausubel, bem como dentro desta abordagem o uso de mapas conceituais como desenvolvido por NOVAK; GOWIN; OTERO, 1988.

O conteúdo a ser exposto se redigiu enquanto um relatório do estágio do Mestrado Profissional em Física, realizado no Colégio Estadual Cívico-Militar Flauzina Dias Viegas de Paranaíba/PR. Neste relatório, encontram-se informações sobre as atividades do estágio, bem como a análise das aplicações e a forma de sua execução.

O estágio foi uma forma de aplicação para alunos do terceiro ano do Ensino Médio. O Produto Educacional tem como objetivo uma nova proposta no processo de ensino-aprendizagem de Física sobre o tema Supercondutividade. O estudo de caso foi conduzido com uma turma com cerca de 30 alunos. Durante o desenvolver das atividades, a candidata foi submetida a um processo de grande troca de experiências por meio de uma interação entre educador e educandos. Foi possível colocar em prática a teoria de aprendizagem de Ausubel, a qual defende que uma nova informação se relaciona com um aspecto relevante da estrutura de conhecimento do indivíduo agregando experiência e conhecimento, tanto a mestranda como a seus alunos. A Teoria de Aprendizagem para o Produto Educacional foi escolhida por incentivar os alunos a relembrem conceitos pré-existentes e reforçar que a aprendizagem é um processo contínuo, em que conteúdos e entendimentos se somam.

Ao longo deste relatório, são debatidos alguns aspectos como o local onde foi executado o estágio, programação das atividades, resultados das atividades desenvolvida e objetivos.

A metodologia foi dividida em três etapas: a primeira, há a apresentação do conhecimento básico e elaboração de mapas conceituais; na segunda etapa, há uma discussão sobre o tema relembrando assuntos anteriores e o conteúdo atual, sendo proposto aos alunos a construção de um mapa conceitual de forma individual; e por fim, os alunos foram orientados a fazer um segundo mapa conceitual, sobre o tema supercondutividade a fim de avaliar as contribuições e discussões realizada durante as aulas. (NOVAK; GOWIN; OTERO, 1988).

5. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

A Supercondutividade é um fenômeno pelo qual a carga se move através de um material sem resistência. Em teoria, isso permite que a energia elétrica seja transferida entre dois pontos com perfeita eficiência, com perda mínima de calor. Em um mundo ideal, todos nós teríamos materiais supercondutores conectados em nossos eletrônicos e redes elétricas, economizando enormes quantidades de energia e nos permitindo amontoar circuitos em espaços confinados. A maioria dos materiais supercondutores só tem essa função útil em temperaturas um pouco acima do zero absoluto, onde os átomos mal se movem.

Esses supercondutores frios normalmente funcionam permitindo que os elétrons superem sua repulsão usual entre si e se aconcheguem mais próximos para formar o que é conhecido como pares de Cooper. Neste estado de baixa energia, a identidade de cada elétron individual torna-se menos certa. Isso permite que eles deslizem pela multidão de átomos com facilidade. Embora a maioria dos materiais supercondutores sejam metais, existem exceções incomuns. Alguns exigem que elementos extras sejam adicionados para "dopar" o material e funcionam de maneiras sutilmente diferentes que desafiam as teorias existentes.

Este fenômeno passa a ser observado quando o material é submetido a uma certa temperatura crítica (T_C), sendo que abaixo desta temperatura, a resistência apresentada pelo material é nula. Uma vez aplicada uma corrente elétrica sobre um supercondutor, esta irá fluir indefinidamente por todo o material, apresentando mínimas perdas de energia e praticamente nenhum aquecimento durante o fluxo de carga (Figura 4).

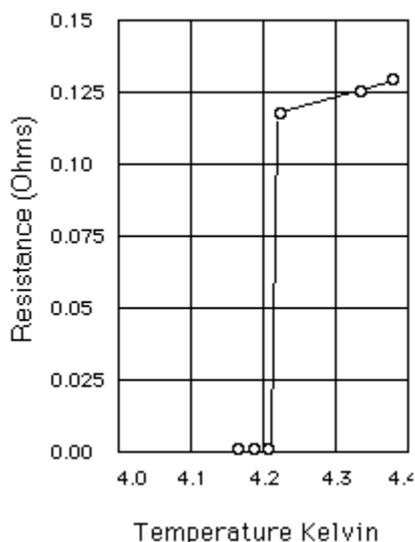


Figura 4 – Resistência de um material em função da temperatura. Verifica-se que abaixo de uma dada temperatura crítica (T_c), a resistência deste material é nula.

Fonte: adaptado de T.c. NOBEL; LINDENFELD, 1996.

Com base nas propriedades intrínseca dos diferentes tipos de materiais, em resposta à estímulos magnéticos, estes podem ser classificados em três como: Diamagnetismo, Paramagnetismo e Ferromagnetismo. A principal diferença entre as propriedades dos tipos de materiais é que o *Diamagnetismo* se refere a um tipo de magnetismo que se forma em oposição a um campo magnético externo e desaparece quando o campo externo é removido; o *Paramagnetismo* se caracteriza por um tipo de magnetismo que se forma ao longo da direção de um campo magnético externo e desaparece quando o campo magnético externo é removido; e o *Ferromagnetismo* é o magnetismo em materiais que se forma ao longo da direção do campo magnético externo e pode permanecer quando o campo magnético externo é removido.

Na Mecânica Quântica, os elétrons têm momentos angulares, referindo-se, aqui, como uma propriedade da Mecânica Quântica, mas que pode ser considerado análogo ao momento angular na Física Clássica, onde os objetos têm momento angular se estiverem em movimento rotacional. Os elétrons exibem dois tipos de momentos angulares: *momentos angulares de spin* e *momentos angulares orbitais*. O momento angular de spin é uma propriedade intrínseca dos elétrons, como sua carga ou massa; já o momento angular orbital é uma propriedade que os elétrons têm quando estão em átomos. Existe um momento magnético associado a cada um desses momentos angulares. O momento magnético é uma propriedade que faz com que os elétrons experimentem uma força quando são colocados em um campo magnético.

O momento magnético μS devido ao momento angular de rotação (S) é dado por:

$$\mu S = -\frac{e}{m} S \quad \text{Eq. (1)}$$

onde e e m são a carga e a massa do elétron, respectivamente.

De forma similar, o momento magnético (μL) devido ao momento angular orbital (L) é dado por:

$$\mu L = -\frac{e}{m} L \quad \text{Eq. (2)}$$

Para o caso de campos magnéticos fracos, a magnetização induzida e um material por um campo magnético aplicado é dado por: $\mathbf{M} = \chi \mathbf{B}$ onde \mathbf{M} é o vetor magnetização induzido, \mathbf{B} é o vetor magnético no meio e χ é a susceptibilidade magnética. Esta susceptibilidade se comporta de diferentes maneiras, a depender do tipo de material estudado:

Material paramagnético $\Rightarrow \chi > 0$

Material diamagnético $\Rightarrow \chi < 0$

Material ferromagnético $\Rightarrow \chi = \frac{C\rho}{T-T_c}$

(onde C é uma constante magnética característica do material, e ρ sua densidade).

Desta forma, interpreta-se por estas fórmulas que alguns materiais podem aumentar ou diminuir a intensidade de um campo magnético externo se comparado com o campo magnético do seu interior.

6. DESENVOLVIMENTO

O desenvolvimento do Produto Educacional foi realizado através de nove etapas. Estas etapas foram subdivididas em atividades, como apresentado no quadro a seguir:

Quadro 1 – Descrição das atividades por aulas.

nº	Atividade	Descrição	Tempo (aulas)
1	Questionário investigativo para verificar o conhecimento prévio dos alunos sobre o tema <i>Supercondutividade</i> .	Aplicou-se questionário sobre tema de Supercondutividade.	1
2	Apresentação de Vídeos de Experimentos sobre <i>Levitação Magnética</i> ; e Atividade 1: Palavras-Chave.	Apresentou-se um vídeo de 23min relacionado ao tema de Supercondutividade; e um vídeo de 10 min. Ilustrando o tema Levitação Magnética. A partir disso, pediu-se aos alunos que anotassem as palavras-chaves ou palavras que achassem relevantes durante a apresentação dos vídeos e a realização dos experimentos (Atividade 1).	2
3	Atividade 2 (com o auxílio do professor).	Realizou-se, em sala com o auxílio do professor, uma pesquisa (Atividade 2) que em pesquisas, na Internet, pelas palavras e dúvidas conceituais das Palavras-Chave (Atividade 1) que achassem importantes.	1
4	<i>Mapa Conceitual 1.</i>	Apresentou-se aos alunos o que é um mapa conceitual por meio de slides. A partir disto, solicitou-se a realização de um mapa conceitual utilizando as Palavras-Chave identificadas na Atividade 1.	1
5	Estudo do Texto: <i>Supercondutividade o que é isso?</i>	Solicitou-se a leitura do texto “Supercondutividade o que é isso?”, dividindo a turma em grupos, de forma que respeitasse as normas de protocolo de segurança da pandemia COVID-19, para discutir os tópicos do texto com posterior apresentação.	2
6	Aula expositiva com Apresentação em Slides.	Expôs-se o tema, por meio de slides, sobre supercondutividade apresentando subtópicos como: a. Onde e como se aplica a supercondutividade; b. Semicondutores; c. Força magnética; d. Indução magnética; e. Imãs. Aplicou-se uma atividade com questões subjetivas sobre o tema Supercondutividade, após breve apresentação de slides com consulta as anotações.	2
7	<i>Mapa Conceitual 2.</i>	Solicitou-se, novamente, a elaboração de um Mapa Conceitual após finalizar o tema Supercondutividade, o qual foi utilizado como uma atividade avaliativa.	1
8	Experimento com os imãs.	Realizou-se um experimento sobre <i>Diamagnetismo, Paramagnetismo e Ferromagnetismo</i> .	1
9	Aplicar Questionário; Avaliação dos Recursos Instrucionais e Questionário; e Autoavaliação Estudantil.	Aplicou-se um questionário de forma individual para que cada aluno pudesse avaliar e refletir seu aprendizado sobre o tema abordado.	2

As atividades por sua vez, foram desenvolvidas de acordo com a seguinte Sequência Didática:

Quadro 2 – Sequência Didática.

<p>Atividade 1</p> <p>Item: Questionário investigativo sobre Supercondutividade.</p> <p>Objetivo: Identificar quais os conhecimentos prévios dos estudantes sobre Supercondutividade.</p> <p>Duração: 1 aula</p> <p>Material: Google formulário.</p>
<p>Atividade 2</p> <p>Item 1: Vídeo sobre o tema de supercondutividade (23 min);</p> <p>Objetivo do Item 1: O vídeo explica de forma breve e visual sobre o fenômeno da Supercondutividade e suas aplicações, introduzindo assim melhor os alunos ao tema;</p> <p>Item 2: Vídeo do fenômeno de levitação magnética</p> <p>Objetivo do Item 2: A apresentação do vídeo tem como objetivo ilustrar aos estudantes como ocorre o fenômeno da levitação magnética em um exemplo prático.</p> <p>Item 3: Atividade 1 – Anotação de Palavras-Chave, as quais devem ser anotadas pelos alunos enquanto o vídeo é apresentado.</p> <p>Função do Item 3: Esta anotação tem a função de colaborar para a geração de organizadores prévios gerais.</p> <p>Duração: 2 aulas.</p> <p>Materiais: Projetor Digital e Computador para os vídeos.</p>
<p>Atividade 3</p> <p>Item: Vídeo do experimento Paramagnetismo.</p> <p>Objetivo: Mostrar o resultado da interação entre o campo magnético de um ímã com o campo magnético de outro ímã.</p> <p>Duração: 1 aula.</p> <p>Materiais: Projetor Digital e Computador para os vídeos; Folhas A4 para a Atividade 1 – Palavras-Chave.</p>
<p>Atividade 4</p> <p>Item: Atividade 2 – Significando Palavras-Chave com pesquisa na internet sobre as Palavras-Chave do tema Supercondutividade.</p> <p>Objetivo: Incentivar os estudantes a pesquisarem na internet as palavras anotadas enquanto assistiam aos vídeos sobre Supercondutividade, bem como outras palavras que obtiveram dúvidas durante a aula. O objetivo desta atividade é oferecer aos estudantes os pré-requisitos sobre o fenômeno de supercondutividade, bem como introduzir os conceitos das teorias sobre o assunto e as aplicações dos supercondutores e seus diferentes tipos.</p> <p>Obs.: Caso não seja possível acessar a internet em aula, cabe ao professor determinar a melhor maneira de pesquisa. Como exemplo na falta de acesso à internet pelos alunos, o professor pode ficar responsável pela pesquisa em casa, e salvar as 10 primeiras palavras em mídia física externa como <i>pen-drive</i> e assim disponibilizar aos alunos nos computadores do laboratório de informática.</p> <p>Duração: 1 aula.</p> <p>Materiais: Dispositivos eletrônicos do laboratório de informática; Folhas A4 para a Atividade 2 – Significando Palavras-Chave.</p>
<p>Atividade 5</p> <p>Item: Mapa Conceitual.</p> <p>Objetivo: Permitir que os alunos expressassem os conhecimentos obtidos sobre Supercondutividade até o momento.</p> <p>Duração: 1 aula.</p> <p>Materiais: Projetor Digital e Computador para apresentação da aula expositiva sobre mapas conceituais;</p> <p>Folhas A4 para a produção do Mapa Conceitual 1.</p>
<p>Atividade 6</p> <p>Item: Divisão da turma em grupos de acordo com os tópicos apresentados no texto para</p>

<p>apresentação.</p> <p>Objetivo: Para esta atividade, os estudantes deverão ser divididos em grupos, compartilhando assim o conhecimento e dúvidas obtidas. Cada participante do grupo deverá apresentar o que entendeu de cada tópico com clareza.</p> <p>Duração: 1 aula.</p> <p>Material: Folhas A4 para o texto “Supercondutividade o que é isso?”</p>
<p>Atividade 7</p> <p>Item: Leitura do texto em sala de aula, salientando os principais conceitos e sanando as possíveis dúvidas.</p> <p>Objetivo: Estimular a leitura do texto por parte dos alunos.</p> <p>Duração: 1 aula.</p> <p>Material: Texto: Supercondutividade.</p>
<p>Atividade 8</p> <p>Item 1: Aula expositiva com apresentação de slides sobre Supercondutividade (40 min).</p> <p>Objetivo do Item 1: Realizar explicações decorrentes do fenômeno da supercondutividade, bem como apresentar conceitos, teorias e suas aplicações.</p> <p>Item 2: Aplicação das questões subjetivas sobre a “Supercondutividade” após a aula anterior. O texto fonte poderá ser utilizado como fonte de consulta para a execução desta atividade.</p> <p>Objetivo do Item 2: Realizar um teste de conhecimento obtido por cada aluno, verificando o aprendizado referente conceitos essenciais em cada questão, comparando à atividade disponibilizada para consulta.</p> <p>Duração: 2 aulas.</p> <p>Materiais: Projetor Digital e Computador à apresentação da aula expositiva.</p>
<p>Atividade 9</p> <p>Item: Mapa Conceitual.</p> <p>Objetivo: Permitir que o aluno pudesse expressar seu conhecimento obtido ao final da sequência didática sobre o tema Supercondutividade.</p> <p>Duração: 1 aula.</p> <p>Material: Cartolina para a produção do Mapa Conceitual 2.</p>
<p>Atividade 10</p> <p>Item 1: Experimento sobre Diamagnetismo da água.</p> <p>Objetivo do Item 1: Apresentação do experimento teve como objetivo ilustrar aos estudantes como ocorre o fenômeno do diamagnetismo em um exemplo prático. Com duração de 20 min.</p> <p>Item 2: Experimento sobre o Paramagnetismo.</p> <p>Objetivo do Item 2: Apresentação experimento teve como objetivo ilustrar aos estudantes como ocorre o fenômeno do paramagnetismo em um exemplo prático. Com duração de 15 min.</p> <p>Item 3: Experimento sobre o Ferromagnetismo.</p> <p>Objetivo do Item 3: A apresentação experimento teve como objetivo ilustrar aos estudantes como ocorre o fenômeno do ferromagnetismo em um exemplo prático. Com duração de 15 min.</p> <p>Duração: 1 aula.</p> <p>Materiais: Imã; Tesoura; Colher de alumínio; Dois balões de fundo chato com água; Fio de náilon; Dinamômetro; Clips; Moedas de cobre e Níquel.</p>
<p>Atividade 11</p> <p>Item 1: Questionário Avaliação dos Recursos Instrucionais.</p> <p>Objetivo do Item 1: Quantificar os efeitos dos recursos instrucionais empregados durante a aplicação da sequência didática em conjunto com os estudantes em seu interesse, participação, compreensão e realização das atividades propostas.</p> <p>Item 2: Questionário Autoavaliação Estudantil.</p> <p>Objetivo do Item 2: Permitir que cada estudante fosse capaz de realizar uma autoavaliação sobre seu desempenho durante a realização desta sequência didática.</p> <p>Duração: 1 aula.</p>

Materiais: Folha sulfite para os Questionários da Avaliação dos Recursos Instrucionais e Questionário da Autoavaliação Estudantil.

7. PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS PARA APLICAÇÃO DO PRODUTO EDUCACIONAL

A teoria da Aprendizagem Significativa se desenvolve em princípios como expostos por MOREIRA (2011):

- O conhecimento prévio é a variável que mais influencia a aprendizagem; A aprendizagem significativa depende da intencionalidade do aprendiz;
- Os materiais e as estratégias de ensino devem ser potencialmente significativos;
- São as situações que dão sentido aos conceitos;
- A primeira ação cognitiva para resolver uma situação-problema é a construção de um modelo mental na memória de trabalho;
- O professor é o organizador do ensino, provedor de situações potencialmente significativas e mediador da captação de significados;
- A aprendizagem “deve ser significativa e crítica”.

Tendo por norte tais princípios esta metodologia será dividida em três etapas, a serem desenvolvidas com os alunos do terceiro ano do ensino médio do Colégio Estadual Cívico-Militar Flauzina Dias Viegas – EFM, localizado na cidade de Paranavaí/PR:

Primeira etapa: terá duração de duas aulas, onde será proposto aos alunos a elaboração de mapas conceituais, em que primeiramente eles serão orientados a como utilizar essa ferramenta. Os mapas conceituais terão como finalidade a avaliação diagnóstica da evolução em suas estruturas mentais. Serão amplamente discutidas as propriedades dos conceitos, das frases de ligação, das proposições e dos níveis hierárquicos nos mapas conceituais. Após esse momento, os alunos deverão escolher um tema para a elaboração de um mapa conceitual, que será feito pelo professor na lousa com a participação de todos os alunos, isso servirá de exemplo para a montagem e o entendimento de mapa conceitual.

Após definição do tema para a elaboração de um mapa, será utilizada a proposta de MOREIRA (2012) como base para a elaboração da intervenção inicial, seguindo os passos:

- I. Identificar os principais conceitos relacionados ao tema escolhido e listando-os;
- II. Hierarquizar, com a ajuda dos alunos, os conceitos identificados, dos mais amplos aos mais específicos;
- III. Pôr os conceitos mais gerais na parte superior relacionando-os com os demais segundo a hierarquia definida;
- IV. Exemplificar as relações possíveis com diferentes formas de conectar os conceitos;
- V. Continuar o desenvolvimento do mapa, com a intervenção dos alunos, que auxiliam na formulação das relações e seus intercruzamentos.

Ao final deste primeiro mapa feito com toda a classe, a proposta é de dividir a sala em pequenos grupos para que desenvolvam mapas de temas livres conforme a experiência anterior. Tais mapas serão apresentados em aulas seguintes, podendo ser inclusive utilizados softwares para reelaborarem os mapas desenvolvidos.

Na apresentação dos mapas o que deve ser considerado são as hierarquizações e as relações estabelecidas entre os conceitos. Lembrando que um mapa sobre o mesmo tema pode ser desenvolvido de diversas formas. Deste modo, mais do que certo ou errado, é preciso analisar se o aluno conseguiu desenvolver as associações necessárias dentro do tema por eles escolhidos.

Segunda etapa: inicialmente, os conhecimentos prévios dos alunos sobre o tema supercondutividade serão levantados na forma de um diálogo com a sala em que farão questionamentos acerca do assunto. Então, será sugerida aos alunos a construção de um mapa conceitual de forma individual sobre o tema a partir de seus conhecimentos prévios. Após esta etapa inicial, que possibilitará a obtenção dos conhecimentos prévios dos alunos e os principais conceitos subsunçores, será feita intervenção de acordo com os resultados obtidos. Em seguida, será abordado o tema supercondutividade a partir do Produto Educacional elaborado, com a leitura do texto sobre supercondutividade e os demais conceitos envolvidos. Serão utilizados vídeos e textos explicativos, que busquem mostrar as tecnologias atuais que utilizam os supercondutores ou equipamentos que auxiliem em diagnósticos médicos, como a

Ressonância Magnética Nuclear, trens magneticamente levitáveis, entre outras aplicações. Tem-se como objetivo assim trazer o tema supercondutividade para o cotidiano dos alunos.

Terceira etapa: os alunos serão orientados a fazer um segundo mapa conceitual sobre o tema supercondutividade a fim de avaliar as contribuições e discussões realizadas sobre o tema.

8. APLICAÇÕES DO PRODUTO EDUCACIONAL

As aulas de aplicação do Produto Educacional do mestrado foram ministradas em uma turma de terceiro ano do ensino médio do Colégio estadual Cívico-Militar Flauzina Dias Viegas da cidade de Paranaíba do estado do Paraná.

A primeira aula foi baseada em uma conversa com os alunos para apresentar o tema que seria estudado e destinado aos alunos para responder um questionário sobre seus conhecimentos pré-existentes sobre o conteúdo. Foi possível constatar que essa primeira aula foi um despertar dos alunos, pois eles ficaram interessados em que fariam nas próximas aulas. Quanto ao questionário, verificou-se que nenhum aluno possuía conhecimento prévio sobre o tema, o que é de se esperar, uma vez que o conteúdo de supercondutividade não é comentado de forma tão clara no nosso cotidiano. Com esta aula, foi possível analisar o nível de conhecimento prévio que os alunos possuíam, bem como iniciar a apresentação do tema, atingindo, assim, o primeiro objetivo do Produto Educacional que é o de realizar a contextualização inicial dos alunos sobre o tema de supercondutividade.

Na segunda e terceira aula, foram apresentados dois vídeos que abordavam o tema “Supercondutividade e suas aplicações”. Os alunos disseram que ficaram fascinados com as aplicações. Foi perceptível o primeiro contato dos alunos com o conteúdo pelas reações que tiveram enquanto assistiam ao vídeo. Os alunos puderam perceber que a física possui diversos conceitos relacionados a supercondutividade que os acompanham no dia a dia. Para essas duas aulas, foi proposto uma atividade em que os alunos anotavam em uma folha A4, dada no início da aula, palavras que achavam importantes, interessantes ou queriam saber sobre seu significado. Nessa parte, foi muito interessante a troca que os alunos tiveram entre si, comparando as palavras anotadas se eram as mesmas. Com estas aulas, foi possível mostrar aos alunos que a física da supercondutividade está mais próxima deles do que eles imaginam, desta forma, foi atingido o objetivo de motivar os alunos ao estudo do tema, o qual é um assunto do cotidiano.

Na quarta aula, a sala foi dividida em duas equipes, foi entregue outra folha A4, mas dessa vez com palavras já pré-estabelecidas para que eles pudessem pesquisar. A divisão dos grupos ocorreu para que fosse possível levá-los para o laboratório já que, pelas normas de segurança por conta da pandemia COVID-19,

teve que ser respeitado 30% da capacidade de lotação total do local. Um grupo foi levado ao laboratório de informática e foram auxiliados pela professora para a pesquisa, enquanto o segundo grupo ficou em sala com um monitor militar com a tarefa de escolher as outras duas palavras para a atividade de pesquisa, entre as palavras que eles anotaram enquanto assistiam ao vídeo. Após o primeiro grupo fazer a pesquisa, foram levados a sala de aula e ficaram com a tarefa de revisar o que tinham pesquisado, enquanto o monitor militar cuidava desse grupo. Já o segundo foi levado ao laboratório de informática para que tivessem também a oportunidade de pesquisar as palavras com auxílio da professora.

Durante a pesquisa de ambos os grupos, os alunos se apresentaram satisfeitos com suas ideias, passando a pesquisarem sobre o assunto ao invés de buscarem por explicação vinda diretamente da professora. Os alunos conversavam entre si para ver se achavam significados parecidos, sendo uma atividade proveitosa em que os agradou. Ao final da aula, os alunos realizaram debates entre si, comentando sobre os assuntos estudados. As atividades foram feitas com sucesso como pode-se observar nas Figuras 5 e 6.

MNPEF Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física	U E MNPEF Universidade Estadual de Maringá Centro de Ciências Exatas Departamento de Física Programa de Pós-Graduação do Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física	 SOCIEDADE BRASILEIRA DE FÍSICA
--	--	---

Nome: _____ Data: 28/09/21 Turma: 33

Prezado aluno, pesquise na internet o significado das palavras abaixo:

Palavra 01: Supercondutividade

A supercondutividade é uma propriedade física de materiais típicos intrínsecos de certos materiais que quando resfriados a temperaturas extremamente baixas, tendem a conduzir correntes elétricas sem resistência e perdas, e mesmo campos de fluxo magnético são expulsos do metal.

Palavra 02: Resistência Elétrica Nula

Dizemos que a resistência elétrica de condutores é nula se que significa dizer que existe uma alta mobilidade de portadores de carga.

Palavra 03: Efeito Meissner

É a expulsão de um campo magnético de um supercondutor.

Palavra 04: Supercondutores Tipo I

São formados principalmente pelos metais e algumas ligas metálicas e, em geral, são condutores de alta condutividade a temperatura ambiente.

Figura 5 – Imagem fotográfica da primeira parte da atividade de pesquisa “Palavras-chaves” de um aluno.

Fonte: autoria própria.

Palavra 05:

Supercondutores Tipo II

É formado por ligas magnéticas e outros compostos. Em geral as temperaturas críticas (T_c) associadas a eles são muito mais altas que as dos supercondutores do tipo I, como é o caso das cerâmicas baseadas em óxidos de cobre.

Palavra 06:

Teoria BCS

Ela afirma principalmente que os elétrons em um material quando no estado supercondutor se agrupam em pares chamados pares de Cooper.

Palavra 07:

Aplicações dos Supercondutores

Reatância, diamagnetismo, Trem maglev e outros.

Se além destas palavras já listadas você também foi capaz de identificar outras, pesquise na internet o significado das palavras consideradas relevantes por você nas atividades anteriores (vídeo e experimento). Procure quantas palavras julgar necessário.

Palavra 08: Cerâmicas Supercondutoras → A expectativa de pesquisadores é de que em pouco tempo os condutores em cerâmica possam se tornar supercondutores em temperatura ambiente.

Palavra 09: Trem maglev → um veículo semelhante a um trem que transita numa linha elevada para o chão e propulsionado pelas forças atrativas e repulsivas de magnetismo através do uso de supercondutores.

Figura 6 – Imagem fotográfica da segunda parte da atividade de pesquisa “Palavras-chaves” de um aluno.

Fonte: autoria própria.

Com esta aula, foi atingido o objetivo da prática de pesquisas realizadas pelos próprios alunos a fim de obterem informações sobre conceitos físicos indicados pela professora.

A quinta aula se iniciou com uma explicação sobre o que era um mapa conceitual, sendo apresentado um passo a passo de como construí-lo de acordo com o modelo desenvolvido por NOVAK; GOWIN; OTERO (1988). Logo após, foi passado exemplos de mapas conceituais e foi orientado para que eles fizessem um mapa com auxílio do que viram no vídeo e nas palavras que pesquisaram na aula

anterior. Foi notório que no início os alunos tiveram dificuldades para fazer a atividade, por conta de não estarem acostumados a conceituar, ligar conteúdos e formar uma rede de conhecimento que se interliga. Entretanto, após poucos minutos de empenho e contextualização, os alunos começaram a avançar com as atividades propostas.

Após os términos dos mapas conceituais, eles ficaram comparando seus mapas, perguntando para a professora se estavam bons (buscando aprovação, pois eles se esforçaram verdadeiramente para fazer a atividade). Ao término deste momento, os alunos ainda perguntaram se teria mais atividades como esta, quando tiveram uma resposta afirmativa sugeriram que o próximo mapa fosse feito em uma folha de cartolina e com canetas coloridas para que eles pudessem caprichar mais e fazer um mapa maior e com mais conceitos. A construção do mapa ocorreu de forma produtiva, com os alunos comparando entre si como estavam seus modelos e foram vendo que cada mapa tinha uma construção diferente, conforme demonstrados nas Figuras 7 e 8. Conseguiu-se com esta aula que os alunos fossem capazes de organizar um fluxo de ideias na forma de um Mapa Conceitual, assim definindo de forma hierárquica e interligada os conteúdos abordados.

MAPA CONCEITUAL 01
 Prezado aluno, peço a sua atenção para a elaboração de um Mapa Conceitual sobre os conceitos estudados em classe. Este mapa tem objetivo de verificar seus conhecimentos sobre a Supercondutividade. Faça o mapa conceitual com bastante atenção. Ele deve refletir o seu conhecimento.

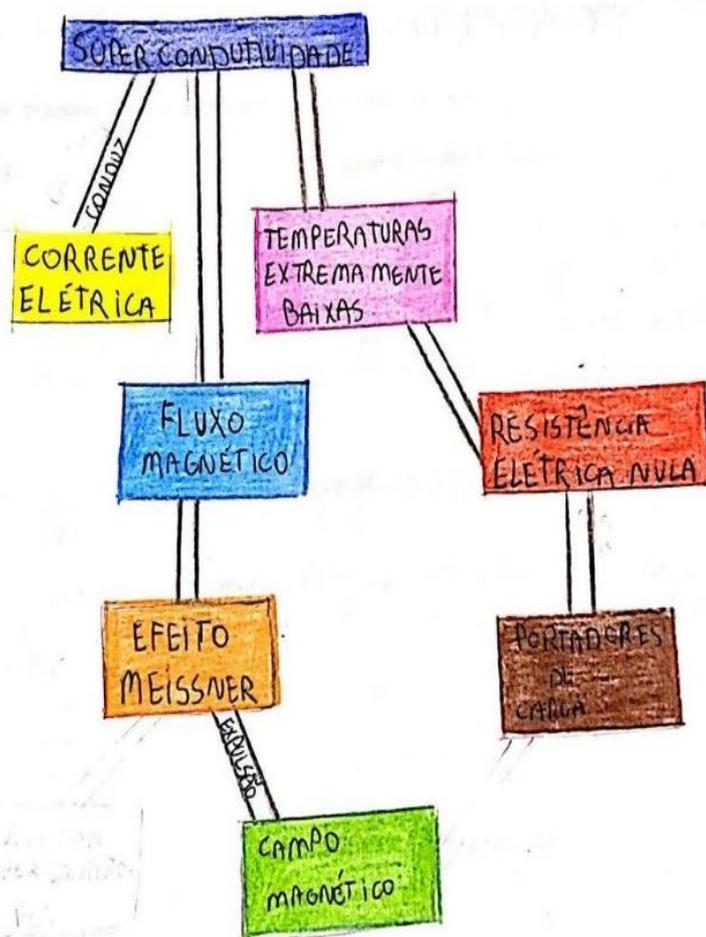


Figura 7 – Imagem fotográfica do mapa conceitual I feito por um aluno.
 Fonte: autoria própria.

MAPA CONCEITUAL 01
 Prezado aluno, peço a sua atenção para a elaboração de um Mapa Conceitual sobre os conceitos estudados em classe. Este mapa tem objetivo de verificar seus conhecimentos sobre a Supercondutividade. Faça o mapa conceitual com bastante atenção. Ele deve refletir o seu conhecimento.

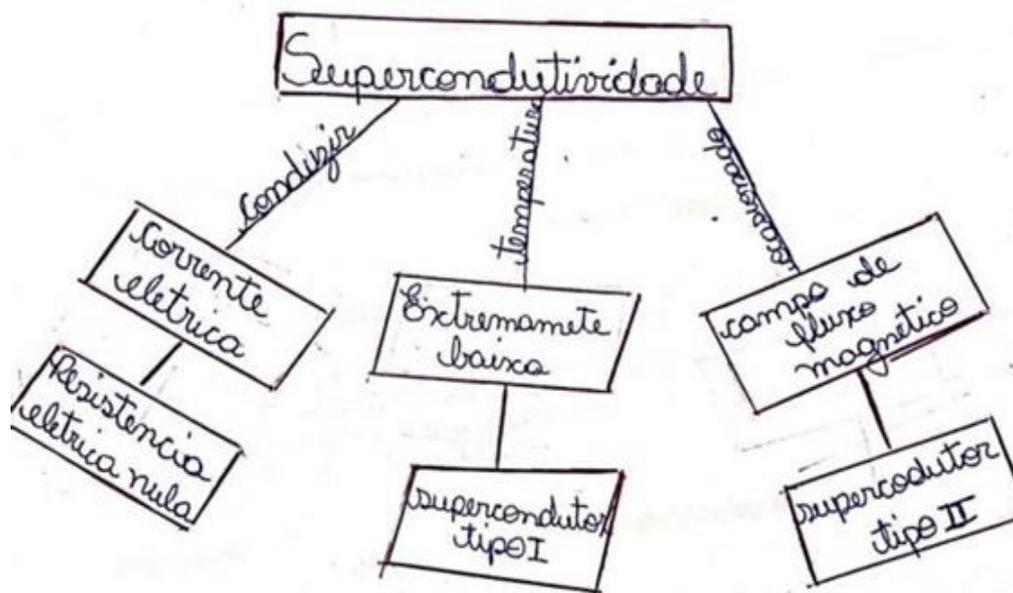


Figura 8 – Imagem fotográfica do mapa conceitual I feito por um aluno.

Fonte: autoria própria.

A sexta e a sétima aulas foram feitas com a leitura e discussão do texto “Supercondutividade o que é isso?”, onde a professora realizou a leitura do texto e, em seguida, deu um tempo para que os alunos lessem depois sozinhos para reforçar a aprendizagem. Após as leituras, a turma foi dividida em cinco grupos, levados ao pátio (um local mais amplo) e dividido um tema para cada grupo (*Diamagnetismo*; *Paramagnetismo*; *Ferrimagnetismo*; *Ferromagnetismo*; e *Antiferromagnetismo*) para que pudessem explicar uns aos outros os temas. Essa atividade ocorreu de forma tranquila e houve grande participação dos alunos, já que um grupo fazia perguntas para o outro. Na Figura 9, pode-se observar os momentos em que os alunos estavam se preparando para discutir seus tópicos do texto.



Figura 9 – Imagem fotográfica dos alunos no pátio se preparando para discutir sobre seus tópicos.

Fonte: autoria própria.

Na oitava e nona aula foram apresentado o conteúdo com uma aula expositiva onde trazia conceitos sobre:

- Diamagnetismo;
- Paramagnetismo;
- Ferrimagnetismo;
- Ferromagnetismo;
- Antiferromagnetismo;
- Quando a supercondutividade foi descoberta
- Quem descobriu a Supercondutividade;
- Teoria BCS;
- Efeito Meissner;
- Semicondutores;
- Força e indução eletromagnética;
- Imãs;
- Supercondutividade no dia a dia.

Se comparado com as aulas anteriores, ficou claro ao discente que esta última aula foi a que os alunos menos gostaram. Isto se deve ao fato de que os temas abordados não são explorados em seus cotidianos. Porém, é preciso a ministração de mais aulas com reforço do conteúdo, para que os alunos copiem as anotações e tenham mais tempo para absorver estes conceitos. Embora a maioria dos alunos se apresentaram mais desgostosos, uma parte dos alunos comentou que o assunto ficava cada vez mais interessante, outros falaram que o assunto era difícil, mas que as atividades em que eles eram os agentes principais deixavam mais fácil o entendimento, e foi notório que as observações deles fazem todo sentido.

Após a aula, foi dado um momento para que os alunos pudessem tirar suas dúvidas sobre o conteúdo, falassem sobre o que acharam dos efeitos da supercondutividade e discutissem, para que fosse iniciada uma atividade com sete perguntas sobre os temas apresentados a fim de possibilitar uma avaliação do quanto os alunos absorveram do conteúdo. Desta forma, cada aluno respondeu às perguntas usando suas próprias palavras, como é possível verificar pelas Figuras 10 e 11. Depois que responderem a atividade, a professora fez uma correção geral com a turma, onde ela perguntava qual foi a resposta deles para cada alternativa e discutia se elas estavam corretas, parcialmente corretas ou erradas.

MNPEF
Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física

UE
MNPEF

Universidade Estadual de Maringá
Centro de Ciências Exatas
Departamento de Física
Programa de Pós-Graduação do Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física

SBF
SOCIEDADE BRASILEIRA DE FÍSICA

Nome: _____ Data: _____ Turma: 202

Prezado Aluno,
Esta atividade tem a finalidade de identificar o seu aprendizado sobre o tema da Supercondutividade. Seja cauteloso em responder as questões abaixo, sendo claro e objetivo em suas respostas.

1) Quais os conceitos mais importantes sobre a supercondutividade em sua opinião?
São os elétrons, como: diamagnetismo, paramagnetismo, Meissner Teoria BCS, ferromagnetismo, ferrimagnetismo, anti ferromagnetismo.

2) Explique mais sobre paramagnetismo?
Possui dipolos magnéticos, sem a presença de um campo magnético, orientado de maneira aleatória, causando o resultante zero.

3) O que é diamagnetismo?
É um efeito onde em temperaturas extremamente baixas, um material é repelido por um campo magnético externo.

4) Como podemos definir o Efeito Meissner?
É o efeito que explica a expulsão de um campo magnético de um supercondutor.

5) Explique o que é a Teoria BCS?
É a teoria que afirma que os elétrons, quando num estado supercondutor se juntam em pares formando os famosos pares de Cooper.

6) Qual diferença de ferrimagnetismo e ferromagnetismo?
No ferromagnetismo temos momentos dos átomos alinhados, já no ferrimagnetismo não.

7) É possível dizer que os avanços na compreensão da supercondutividade pode estar relacionada à uma provável revolução tecnológica? Por quê?
Sim, podemos ver isso no trem maglev que foi trazido pela a professora.

Figura 10 – Imagem fotográfica da atividade de pesquisa feita por um aluno.
Fonte: autoria própria.

MNPEF Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física		Universidade Estadual de Maringá Centro de Ciências Exatas Departamento de Física Programa de Pós-Graduação do Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física	
--	---	--	---

Nome: Guilherme Cardosa | Data: 19/10 | Turma: 3ºB

Prezado Aluno,
Esta atividade tem a finalidade de identificar o seu aprendizado sobre o tema da Supercondutividade. Seja cauteloso em responder as questões abaixo, sendo claro e objetivo em suas respostas.

1) Quais os conceitos mais importantes sobre a supercondutividade em sua opinião?

A supercondutividade é uma propriedade de alguns materiais. As substâncias que podem atuar como supercondutoras são aquelas que conduzem a corrente sem que haja perda energética nem se aqueça muito.

2) Explique mais sobre paramagnetismo?

Em muitas substâncias atômicas possuem um momento (dipolo magnético). Sem presença de um campo magnético externo, esses pequenos dipolos se orientam de maneira caótica, de modo que o campo magnético resultante é zero.

3) O que é diamagnetismo?

É um material que suporta a uma desmagnetização negativa, que é repulso por um campo magnético externo.

4) Como podemos definir o Efeito Meissner?

O efeito Meissner é a expulsão de um campo magnético de um supercondutor. Em 1933 os pesquisadores alemães Walter Meissner e Robert Ochsenfeldt descobriram que um material na fase supercondutora repele o campo magnético.

5) Explique o que é a Teoria BCS?

A teoria BCS foi proposta por John Bardeen, Leon Cooper e John Robert Schrieffer, e explica o mecanismo da supercondutividade. Ela afirma principalmente que os elétrons em um material quando na estado supercondutor se agrupam em pares de Cooper.

6) Qual diferença de ferrimagnetismo e ferromagnetismo?

Na ferrimagnetismo, os momentos magnéticos dos átomos de material se orientam de forma anti-paralela, em direção oposta por um momento resultante a zero. É um fenômeno observado por alguns materiais que formam ímãs permanentes, ou são atraídos por ímãs.

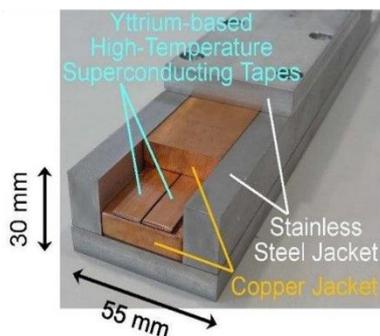
7) É possível dizer que os avanços na compreensão da supercondutividade pode estar relacionada à uma provável revolução tecnológica? Por quê?

As novas pesquisas possibilitam pela criação tecnológica, é possível que a supercondutividade venha contribuir para esse campo.

Figura 11 – Imagem fotográfica da atividade de pesquisa feita por um aluno.

Fonte: autoria própria.

Além desta atividade, nesta aula a professora trouxe um exercício de vestibular para os alunos pudessem ver que o conteúdo está trelado com os futuros processos seletivos que terão que fazer para ingressar em uma universidade. A questão escolhida pode ser observada na Figura 12, sendo referente ao vestibular da Universidade de São Francisco do Caderno Geral do ano de 2015. Além desta questão, a professora elaborou outra questão em que foi possível discutir a característica magnética dos materiais (Figura 13).



Engenheiros do Instituto Nacional de Ciência da Fusão (NIFS), no Japão, obtiveram uma corrente elétrica de 100 mil amperes, o que é, de longe, a mais alta já registrada até hoje. Eles idealizaram uma nova técnica para montar fitas de materiais supercondutores de alta temperatura, feitas à base de ítrio. A equipe está trabalhando no desenvolvimento de uma bobina supercondutora para ser usada em reatores de fusão nuclear. O recorde foi batido com um cabo magnético perfeitamente condutor que impressiona pela pequena dimensão. O cabo supercondutor foi construído com 54 fitas à base de ítrio, cada fita medindo 10 milímetros (mm) de largura e 0,2 mm de espessura. O protótipo, mantido sob uma temperatura de 20 Kelvin conduziu uma corrente elétrica superior a 100 mil amperes. A densidade total de corrente superou os 40 A/mm², um valor que habilita o cabo supercondutor para utilização nos ímãs dos futuros reatores de fusão. Antes disso, porém, dizem os pesquisadores, o feito deverá ajudar a melhorar instrumentos médicos, que já usam ímãs supercondutores, e componentes para usinas geradoras de energia elétrica.

- A) uma temperatura negativa na escala kelvin, apresentando características de supercondutividade.
 B) resistência elétrica infinita a qualquer temperatura, possibilitando a produção de energia térmica em grande quantidade por efeito Joule da corrente elétrica.
 C) resistência elétrica próxima de zero, possibilitando grandes avanços tecnológicos.
 D) pequenos coeficientes de condutibilidade elétrica e altos coeficientes de resistividade elétrica.
 E) a possibilidade de serem percorridos por correntes elétricas na ordem de 10²² A.

Figura 12 – Questão do vestibular da Universidade São Francisco de 2015 sobre Supercondutividade.

Fonte: vestibular da Universidade São Francisco (2015).

Este exercício possui a resposta correta representada pela alternativa (c): “resistência elétrica próxima de zero, possibilitando grandes avanços tecnológicos.”. Verificou-se em sala que a grande maioria dos alunos acertaram esta questão.

- O soluto $\text{FeCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ possui com susceptibilidade magnética (χ) variável em função da concentração.

Para uma concentração de 14,17 kg/m³, tem-se $\chi = 0,379 \times 10^{-6}$.

Já para uma concentração de 12,15 kg/m³, o valor se altera para $\chi = -1,214 \times 10^{-6}$.

Comente o comportamento de $\text{FeCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ em função da concentração.

Figura 13 – Exercício proposto pela professora para a avaliação do comportamento de um material magnetizado.

Fonte: autoria própria.

Para este exercício, o aluno deveria investigar que a susceptibilidade magnética (χ) de $\text{FeCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ varia conforme a concentração. Verifica-se que para 14,17 kg/m³, tem-se $\chi = 0,379 \times 10^{-6}$, o soluto se comporta como um material paramagnético, já para uma concentração de 12,15 kg/m³, o valor se altera para $\chi = -1,214 \times 10^{-6}$, este se comporta como um material diamagnético.

Como o tema de supercondutividade para ser descrito de forma mais analítica depende de ferramentas matemáticas que estão além do Ensino Médio, os exercícios escolhidos, bem como a maneira que este conteúdo foi discutido, foi a nível fenomenológico. Uma análise mais profunda pode ser realizada futuramente com maior rigor matemático através de conhecimento de cálculo. Como pode ser verificado, os vestibulares tratam estes assuntos do ponto de vista teórico, com base na investigação qualitativa da física do comportamento dos materiais.

Na décima aula, foi elaborado outro mapa conceitual (Figura 14), mas dessa vez foi utilizado cartolina e canetas coloridas como foi dado à sugestão pelos próprios alunos. Esse mapa foi feito após finalizar dos conteúdos sobre o tema, os alunos fizeram da atividade algo lúdico e competiram entre si para ver qual mapa conceitual ficava mais bonito e correto, foi observável que eles preferiram fazer na cartolina que na folha sulfite.

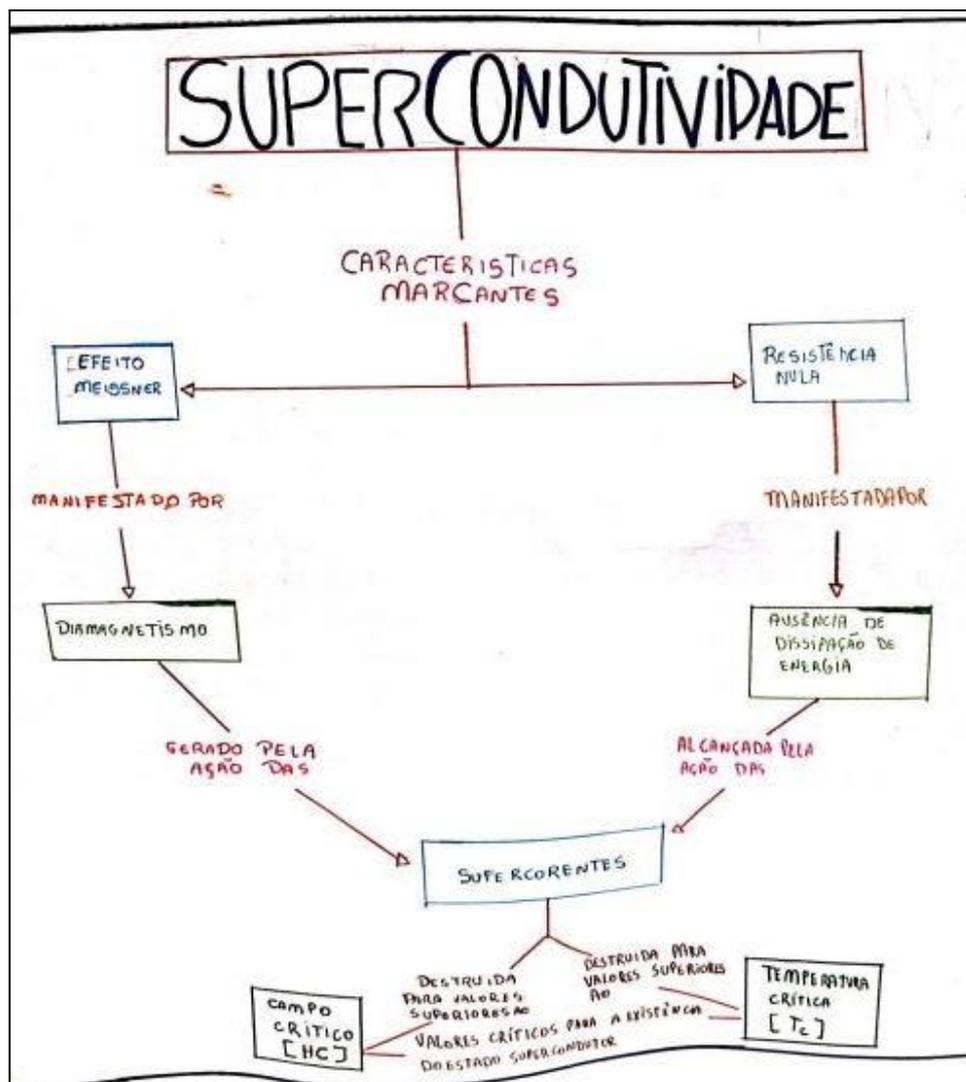


Figura 14 – Mapa conceitual feito por um aluno sobre Supercondutividade.
Fonte: autoria própria.

Na décima primeira aula a professora fez três experimentos:

Diamagnetismo: utilizando dois balões de fundo chato ligados por uma tampa conectora de tecnil para que não vazasse água, ligados ao aparato. Esta configuração pode ser observada na Figura 15, onde foi mostrada a repulsão do campo magnético da água e imã. Nesse experimento, os alunos ficaram impressionados e falaram que acreditavam que a água era inerte ao imã.

Paramagnetismo: utilizando uma tesoura, uma colher de alumínio, como está na Figura 16. Com este experimento, mostrou-se a atração dos materiais e do imã. Nesse experimento, os alunos não ficaram tão impressionados, porém comentaram que acreditavam desde o início que iria ter atração porque lembravam o

conteúdo estudado.

Ferromagnetismo: utilizando clips e moedas, como está na Figura 17, foi mostrado à atração dos materiais e do imã, primeiramente com um conjunto de clips (Figura 15). Durante a execução, um aluno deu à sugestão de tentar locomover as moedas com o imã embaixo da mesa. A professora acatou a sugestão e os alunos se divertiram, até apelidaram de “dança das moedas” (Figura 18) para a locomoção delas. Nesse experimento, foi permitido que os próprios alunos manuseassem o imã perante os materiais, o que gerou risadas por acharem o experimento extremamente interessante, acarretando uma aprendizagem de forma compreensível.

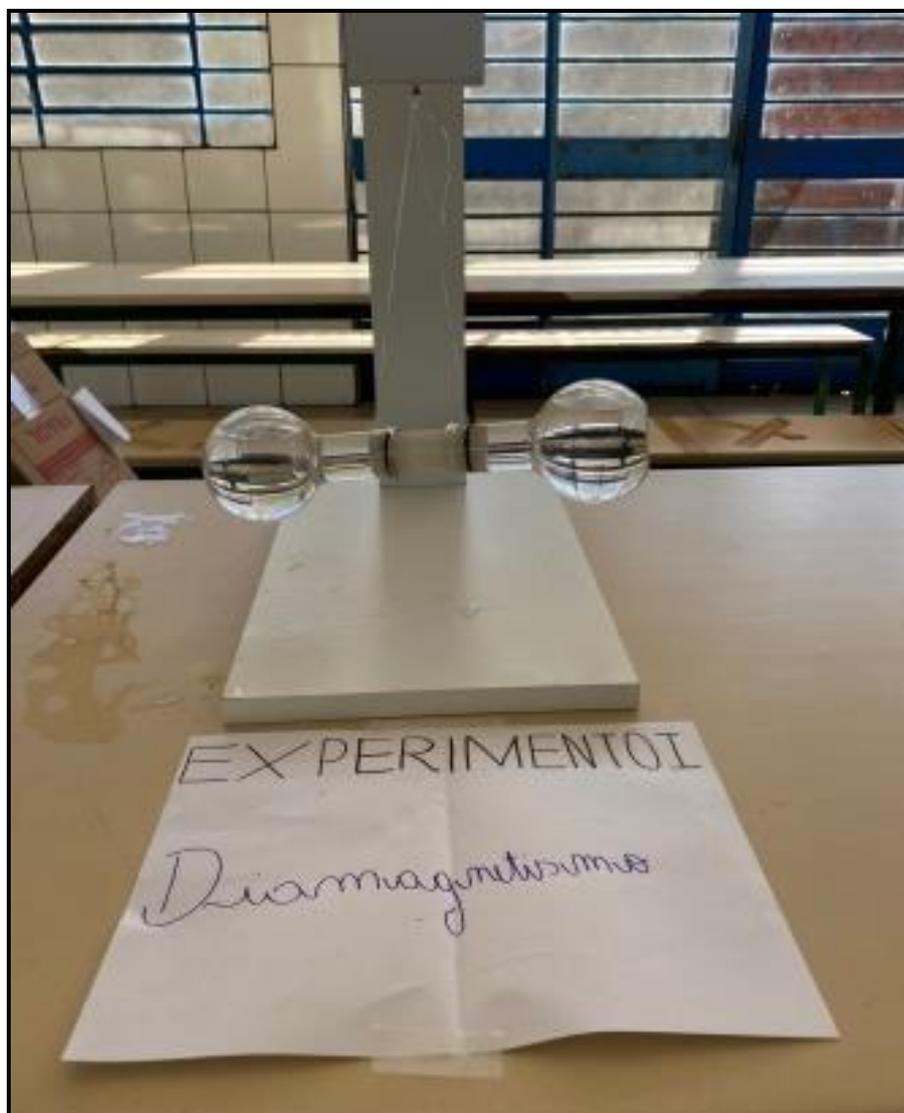


Figura 15 – Imagem fotográfica do experimento Diamagnetismo.
Fonte: autoria própria.

Neste experimento, um ímã cria um campo magnético e as moléculas de água são dipolos elétricos. Campos elétricos e magnéticos, embora sejam aspectos da mesma força fundamental, não são a mesma coisa. O balão carregado cria um campo elétrico que atrai qualquer coisa que seja eletricamente polarizável, sendo a água altamente polarizável. Um ímã cria um campo magnético que atrai coisas que são magneticamente polarizáveis, como o ferro. Na verdade, afeta cargas elétricas com uma força perpendicular ao campo, mas a água tem quantidades iguais de mais e menos, de modo que o efeito se cancela. A água é realmente muito ligeiramente repelida por ímãs - pois é um pouco menos polarizável que o ar ou o vácuo (Diamagnetismo). Não é suficiente para que seja possível ver a curva do fluxo, mas se você colocar um ímã muito forte logo abaixo da superfície de um pouco de água e refletir uma fonte de luz, então você poderá ver um ponto mais claro no reflexo da focagem da luz pela superfície da água muito ligeiramente curvada.

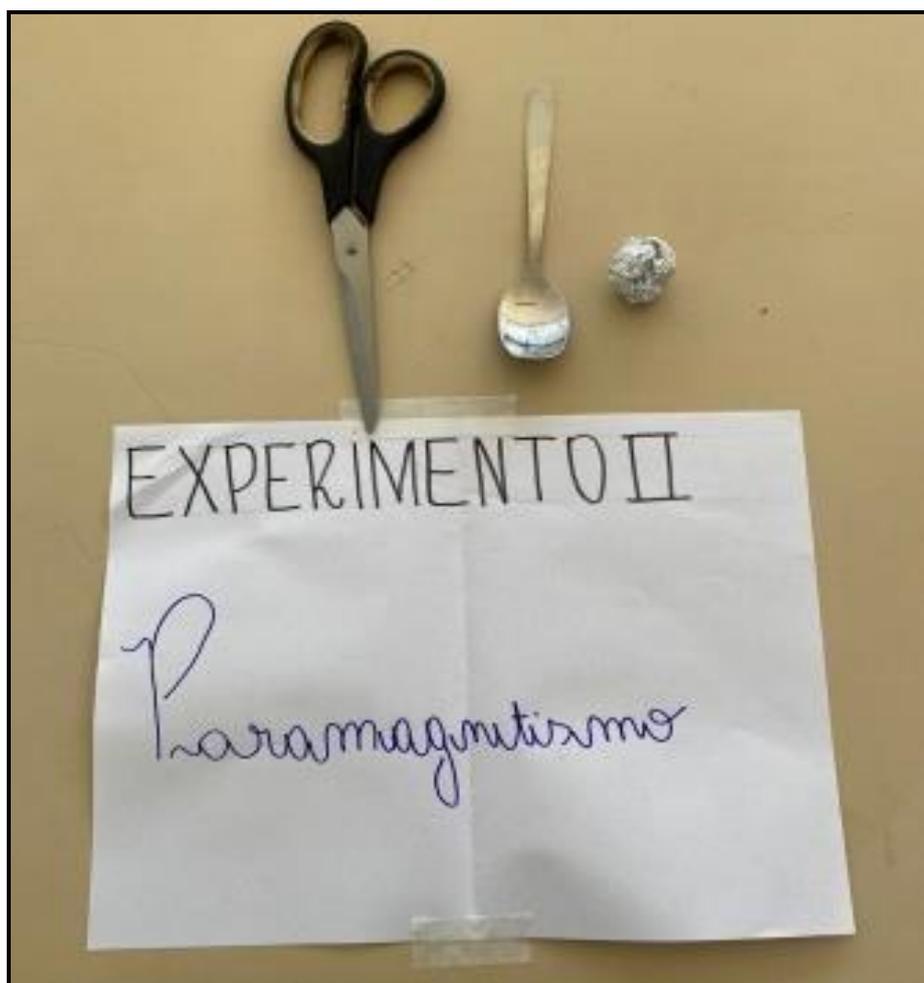


Figura 16 – Imagem fotográfica do experimento Paramagnetismo.
Fonte: autoria própria.

Materiais paramagnéticos são atraídos por ímãs porque possuem elétrons desemparelhados associados aos átomos em sua estrutura. Quando o elétron de um átomo gira em seu eixo, ele envia ondas eletromagnéticas. Por exemplo, quando você olha para algo branco através de um microscópio e não vê nenhum anel circular brilhante de luz, isso significa que não há elétrons desemparelhados emitindo energia visível. Mas alguns elétrons giram na direção oposta que outros, então é possível que um átomo tenha uma ou duas moléculas onde todas elas giram em uníssono enquanto emitem ondas eletromagnéticas que são absorvidas por outros objetos próximos. Se esses elétrons giratórios transportarem mais energia do que precisam para suas próprias funcionalidades, sobrarão algum excesso (uma "emissão").

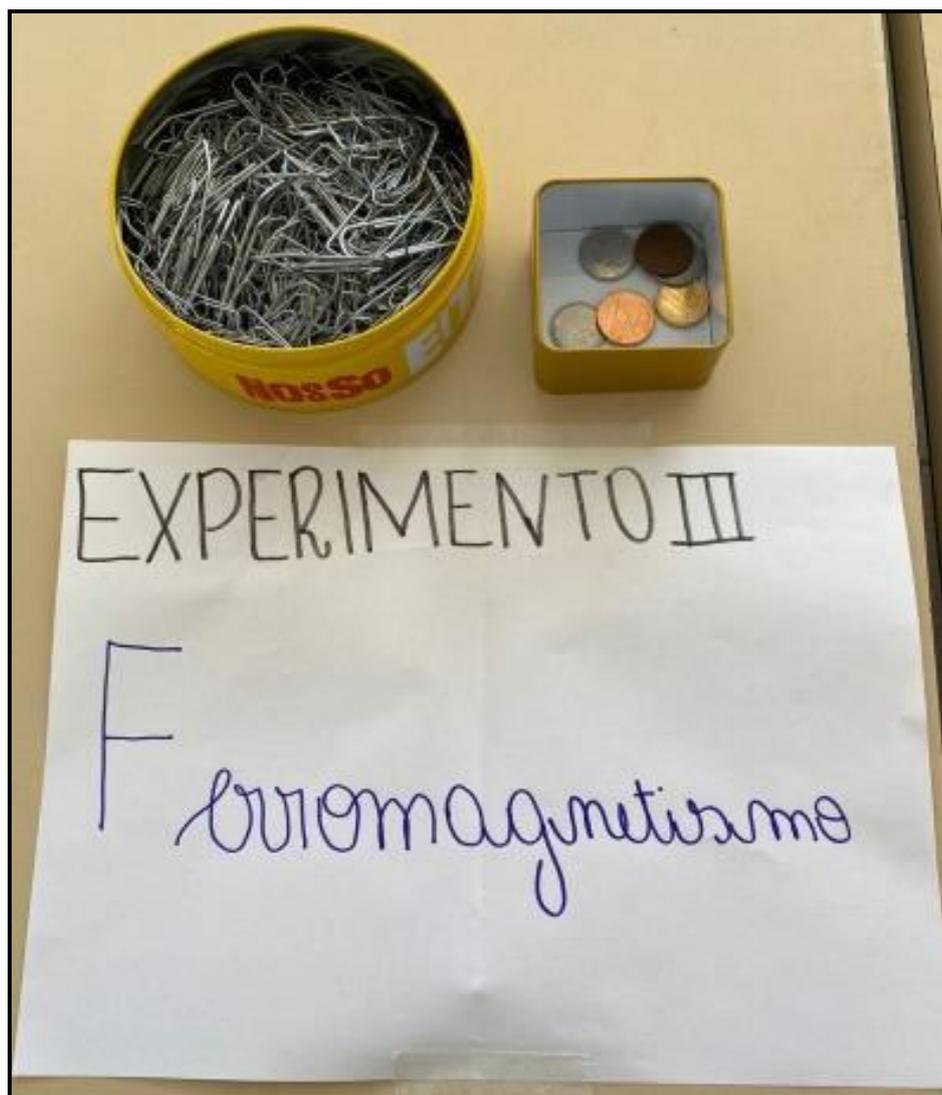


Figura 17 - Imagem fotográfica do experimento Ferromagnetismo.
Fonte: autoria própria.



Figura 18 – Imagem fotográfica do experimento de ferromagnetismo com clips.
Fonte: autoria própria.



Figura 19 – Imagem fotográfica do experimento de ferromagnetismo com as moedas se locomovendo.

Fonte: autoria própria.

Os cliques de papel e as moedas não são naturalmente magnéticos, portanto, por conta própria, eles não se unirão para formar uma corrente. No entanto, usando um ímã, estes materiais podem ficar temporariamente magnetizados. O aço em um clipe de papel pode ser facilmente magnetizado, mas perderá esse magnetismo rapidamente; o mesmo ocorre para a moeda. Materiais que podem ser magnetizados temporariamente, mas perdem rapidamente o magnetismo são conhecidos como ímãs temporários. Neste experimento, a força magnética do ímã é transferida através dos cliques de papel de metal ou para a moeda. Quando estes ficarem magnetizados, você pode colocá-los juntos para formar uma corrente (Figura 18 e 19). Além disso, uma vez que o ímã é removido, os cliques e a moeda ficarão temporariamente magnetizados e ainda grudados.

Esta aula contou com muitos comentários positivos por parte dos alunos e foi a que houve maior participação da sala. Os alunos até mesmo sugeriram que deveria ter mais aulas com essa dinâmica (aluno e experimento).

Na décima segunda e décima terceira aula, aplicou-se um questionário de forma individual para que cada aluno pudesse avaliar e refletir seu aprendizado sobre o tema abordado. Essa aula foi mais calma e silenciosa, foi uma aula para que eles relembassem todas as aulas dadas até aquele dia. No final, os alunos

agradeceram por ter sido a turma escolhida para a aplicação, algo que deixou a professora satisfeita. Ao final desta aula, foi fechado um ciclo em que foi atingido o objetivo de apresentar aos alunos de ensino médio, conceitos gerais de supercondutividade, bem como suas aplicações no dia a dia.

Sugestão de Experimento:

O sistema elaborado com um balão de vidro pode ser feito com um pedaço de canudinho de plástico contendo uma uva em cada uma de suas extremidades (Figura 20), apoiado no centro do canudinho em um palito de fósforo ou algo que dê sustentação de um eixo, dependendo do tamanho da uva. Sua composição é maioria água.

Coube ao professor utilizar o experimento para explicar a teoria. Para este experimento, foram realizadas coletas de dados e perguntas sobre os conceitos envolvidos, como por exemplo, qual é o campo magnético do imã utilizado.

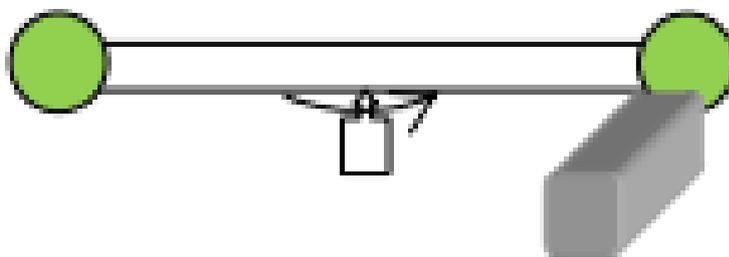


Figura 20 – Desenho esquemático para um experimento de diamagnetismo utilizando uvas, um pedaço de canudo de plástico e um suporte, além de um imã (a intensidade depende do tamanho da uva).

Fonte: experimento proposto por Helio Takai no DFI/UEM, 2011.

A avaliação se houve aprendizagem ou não por partes dos alunos coube ao professor.

9. RESULTADOS E ANÁLISES

Na primeira aula, houve a aplicação do questionário sobre supercondutividade para que fosse possível saber os conhecimentos prévios dos alunos sobre o tema. O questionário foi fornecido via plataforma Classroom a partir de formulários (Google Forms), contendo cinco perguntas. Neste questionário, ficou claro a importância da aplicação do Produto Educacional já que os alunos têm uma falsa impressão de saber dos conteúdos por já terem escutado superficialmente sobre eles, mas quando pedido mais a fundo sobre o tema as respostas são errôneas ou incompletas.

Na primeira questão, foi abordado sobre eles já terem um conhecimento pré-estabelecido sobre o assunto, e pode-se observar que a grande maioria respondeu que sim na Figura 21.

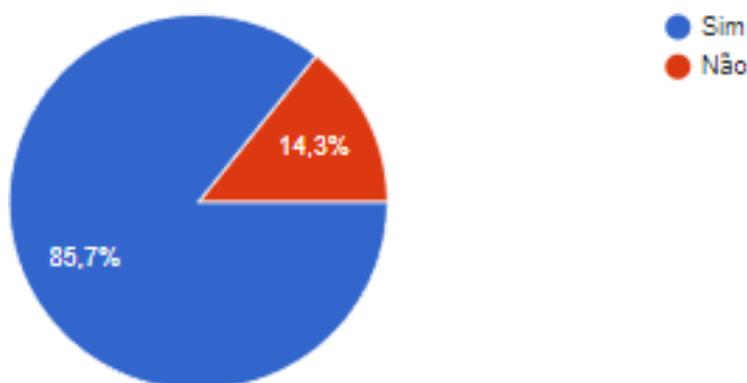


Figura 21 – Imagem do gráfico um sobre a porcentagem de alunos que conhecem a supercondutividade.

Fonte: autoria própria.

Porém, foi possível ver que suas respostas perante o que verdadeiramente é o assunto não estão totalmente corretas, já que as explicações sobre o assunto foram superficiais ou explicando apenas uma parte. Abaixo algumas das respostas dadas:

- “É quando algum objeto magnético fica abaixo de temperaturas e começa a levitar” – Aluno A;
- “Acredito que a supercondutividade seja aparelhos eletrônicos tipo o micro-ondas” – aluno B;
- “São matérias que conduzem a eletricidade, sem oferecer nenhum

tipo de resistência, assim que eles atingem uma temperatura muito baixa” – aluno C.

Estas respostas mostram claramente que eles não têm um profundo conhecimento pré-existente, deixando assim claro a necessidade de aprenderem o conteúdo.

A segunda pergunta tinha como objetivo saber se os alunos já conheceram algum material supercondutor a fim de observar se eles já presenciaram algum efeito da supercondutividade. Com base nas respostas, foi possível ver que as maiorias dos alunos acreditavam que conhecem materiais supercondutores, como o gráfico na Figura 22 demonstra.

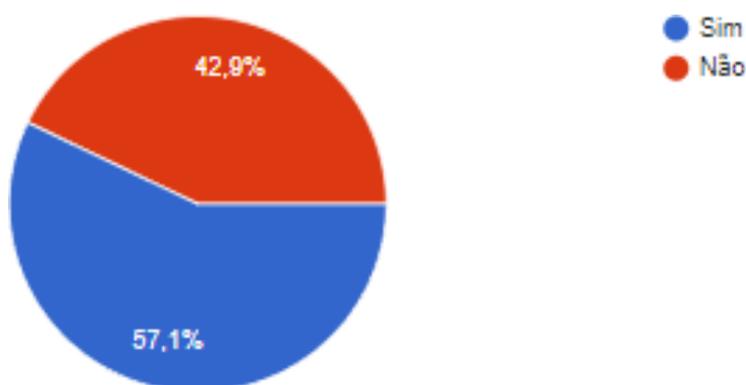


Figura 22 – Imagem do gráfico dois sobre a porcentagem de alunos que conhecem efeitos da supercondutividade.

Fonte: autoria própria.

Os exemplos foram de materiais supercondutores até materiais que não são como pode ser visto abaixo de acordo com algumas respostas dos alunos:

- “Chumbo, mercúrio e ferro” – Aluno A;
- “Micro-ondas” – Aluno B;
- “Trem Maglev” – Aluno C.

Aos alunos que colocaram materiais que eram supercondutores, quando foi perguntado por que eram supercondutores eles não sabiam explicar, demonstrando novamente a importância da aplicação do Produto Educacional com esses alunos, já que eles não têm nenhum conhecimento aprofundado pelo conteúdo.

A terceira pergunta dada foi mais direta para o assunto retratado no Mestrado que são os efeitos e fenômenos da supercondutividade. Com essa pergunta, foi possível ver que a maioria não conhecia (Figura 23), e os que colocaram obter certo conhecimento quando foram explicar o assunto não explicaram corretamente. Assim, mostrando que os alunos até já possam ter escutado sobre supercondutividade, mas que a eles nunca foi abordado ou explicado o porquê de ela ocorrer.

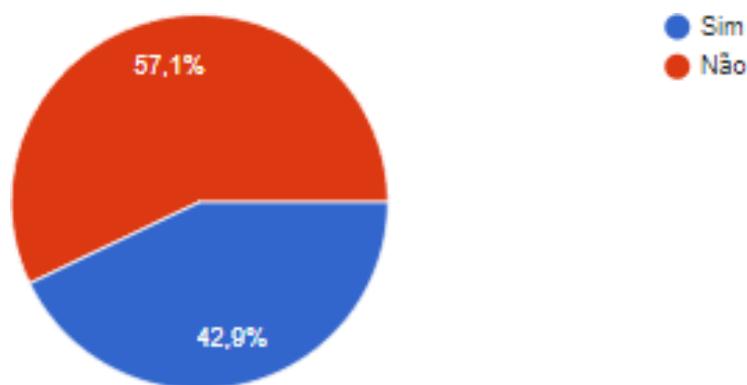


Figura 23 – Imagem do gráfico três sobre a porcentagem de alunos que conhecem os efeitos e fenômenos da supercondutividade.

Fonte: autoria própria.

A quarta pergunta foi focada em saber se eles conheciam alguma tecnologia que envolvesse supercondutores. A maior parte dos alunos disse que conheciam, como podemos ver no gráfico da Figura 24.

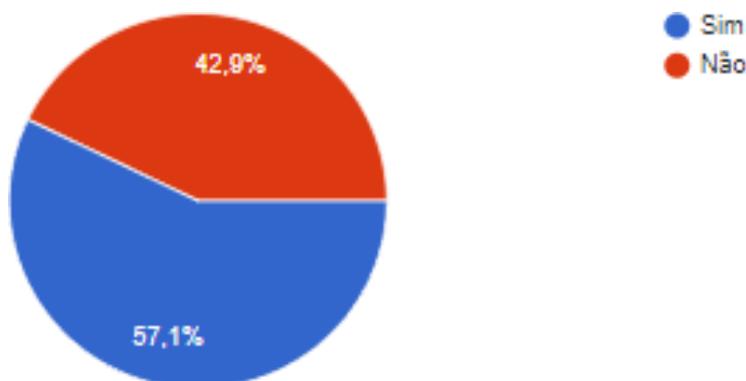


Figura 24 – Imagem do gráfico quatro sobre a porcentagem de alunos que conhecem tecnologias supercondutoras.

Fonte: autoria própria.

A resposta sobre qual era a tecnologia conhecida pelos alunos dividiu-se em aparelhos magnéticos e trem Maglev. Quando questionados de onde que eles tiveram esse conhecimento, falaram que foi de um filme, mas eles assumiram que não sabiam a relação e nem o porquê de eles serem considerados tecnologias supercondutoras, dessa forma a aplicação do Produto Educacional iria preencher essas lacunas no conhecimento deles sobre o conteúdo.

Por fim, a questão cinco trazia uma pergunta simples, para ver se eles queriam saber mais sobre o assunto, para que fosse possível medir o nível de participação dos alunos sobre o tema que seria abordado (Figura 25), sendo que todos os alunos demonstraram interesse.



Figura 25 – Imagem do gráfico cinco sobre a percentagem de alunos que queriam saber mais sobre o assunto.

Fonte: autoria própria.

O questionário deixou claro que o conhecimento sobre o assunto da supercondutividade pode existir, mas ele não é de maneira completa, é um conhecimento cheio de lacunas e falta de explicações, e não é de maneira totalmente assertiva. Desta forma, após sua aplicação, foi possível ver os rumos que as demais aulas deviam tomar e a necessidade de sua aplicação – necessidade essa que ficou mais que estampada pela falta de argumentação dos alunos quando tinham qualquer conhecimento sobre o assunto, mostrando que eles apenas repetiam algo sem ter nenhum embasamento teórico.

A segunda aula se iniciou com apresentação de vídeos sobre o conteúdo: um deles apresenta sobre a supercondutividade no dia a dia, e o outro demonstrava um experimento sobre levitação magnética. Antes de iniciar o vídeo, foi entregue

uma folha A4 a cada aluno para que eles pudessem anotar palavras que pela primeira vez os alunos tivessem contato, palavras que achavam importante ou interessante, para que depois pesquisassem mais sobre elas. Foi possível observar que houve uma pluralidade de palavras selecionadas pelos alunos, porém podemos ver a recorrência de alguns termos na Tabela 1. Essa atividade fez com que os alunos tivessem que duplicar a atenção aos vídeos apresentados, pois além de vê-los, eles ainda tinham que compreender para saber quais palavras não eram comuns a seus vocabulários.

Tabela 1 – Recorrência de palavras escolhidas pelos alunos enquanto assistiam aos vídeos sobre o tema Supercondutividade e experimentos.

Palavras-chaves alunos	Recorrência da palavra
Cerâmicas supercondutoras	20
Efeito Meissner	20
Resistência elétrica nula	16
Teoria BCS	18
Trem Maglev	18
Ferro Magnetismo	17
Ferromagnéticos	18
Supercondutores tipo I	14
Aplicação dos supercondutores	17
Outras palavras	10

Fonte: autoria própria.

Mapas conceituais, dados como atividades, foram aplicados e confeccionados na quinta e décima aula. Podemos ver que após a explicação do conteúdo e os momentos de retirada de dúvidas os alunos evoluíram muito seus conhecimentos. A prova disso é que nos primeiros mapas, previamente mostrados nas Figuras 7 e 8, faltavam palavras conectoras entre os conceitos; já no segundo, conforme elucidado na Figura 13, além das palavras conectoras, os alunos conseguiram explicar de forma mais clara o assunto supercondutividade. Esse fator mostra como a aplicação das aulas anteriores foi importante e deixou claro que o seguimento das aulas foi feito de acordo com a teoria de Aprendizagem Significativa de Ausubel, ou seja, conectando conhecimentos anteriores com os novos adquiridos durante a aplicação do Produto Educacional.

Na oitava e nona aula, aplicou-se um questionário de sete perguntas, previamente mostrado nas Figuras 10 e 11, sendo possível observar o quanto os alunos absorveram do assunto visto que, na correção em sala de aula, a percentagem de acerto da turma foi superior a 60%. Essa quantidade de acertos nos mostra como a construção do conhecimento estava sendo feita durante cada aula, e como a abordagem do Produto Educacional, até aquele momento, estava sendo efetiva e bem aceita pela turma. Além disso, foi exposto um exercício de vestibular em que o professor fez uma resolução comentada com os alunos, onde se percebeu que eles sabiam os caminhos a seguir para sua resolução. Desta forma, podemos analisar que o projeto possibilitou para os alunos um conhecimento para ser utilizado em possíveis vestibulares e no Exame Nacional do Ensino Médio (ENEM).

Analisando a décima primeira aula, pode-se observar que todo trabalho feito tinha sido efetivo, já que os alunos participaram das aulas apresentando conceitos físicos que explicavam sobre as experimentações. No diamagnetismo, os alunos discutiram bastante o fato do campo magnético da água e do ímã se repelirem, mostrando que os conceitos sobre eletromagnetismos trazidos na disciplina tinham sido aprendidos corretamente, pois argumentaram o fato de quando a água ser exposta a um campo magnético de alto valor suas moléculas se movimentam em direção contrária formando uma fraca força de repulsão que seria o motivo da vidraria se mexer.

Já no experimento do paramagnetismo, os alunos comentaram muito sobre o alinhamento dos elétrons desemparelhados dos materiais utilizados quando expostos ao campo magnético do ímã. Enquanto no ferromagnetismo, o processo de ensino aprendizagem foi construído de forma tão efetiva que os alunos deram sugestão para o experimento por saberem relacionar o que aprenderam na oitava e nona aula com o que estavam vendo ocorrer.

Até o momento, foi extremamente perceptível a evolução do conhecimento sobre supercondutividade dos alunos. No primeiro questionário, eles diziam entender sobre a Supercondutividade de forma errônea e/ou superficial, sem embasamento teórico nenhum sobre o tema, mas com o decorrer da aplicação, eles realmente aprenderam os conceitos desse fenômeno, construindo um conhecimento completo e aplicável ao saberem explicar os acontecimentos da supercondutividade e não apenas replicar palavras que já escutaram. Avaliando esse processo, pode-se

perceber a importância da proposta do Produto Educacional e como ele auxiliou os alunos, mas para confirmação total do que foi exposto acima, além da avaliação do professor através das atividades, também era de importância saber o que os alunos achavam e avaliavam do seu processo de ensino aprendizagem.

Na décima segunda e décima terceira aula, aplicou-se novos questionários para que os alunos pudessem avaliar os recursos instrucionais utilizados na aplicação do Produto Educacional e permitir a eles uma autoavaliação durante todas as aulas. Esses questionários tinham como objetivo um auxílio de avaliação do quanto as atividades, conteúdos e materiais foram realmente eficazes, além do quanto o conteúdo atingiu a turma com certa eficiência.

O primeiro questionário aplicado foi o de recursos instrucionais, que continha cinco perguntas para os alunos avaliassem o conteúdo - sendo 1 (péssimo), 5 (ótimo). Além dessas perguntas quantitativas, pediu-se também aos alunos questões, sugestões, críticas e/ou elogios, além de perguntar a eles se conseguem relacionar o que foi apresentado com suas rotinas. A primeira pergunta avaliativa era “Os recursos instrucionais utilizados despertaram meu interesse para o fenômeno da Supercondutividade?”, segundo os dados coletados, que estão no gráfico na Figura 26:

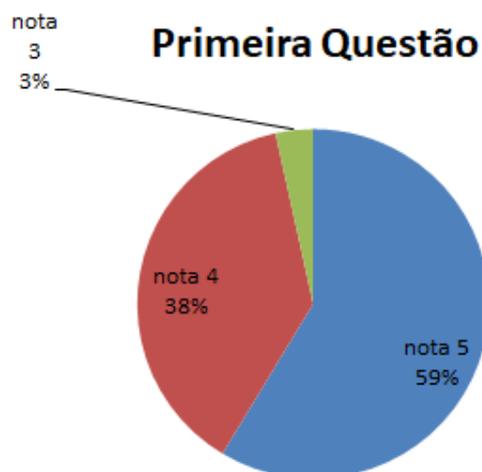


Figura 26 – Imagem do gráfico de avaliação dos recursos instrucionais utilizados.
Fonte: autoria própria.

Avaliando o gráfico, podemos ver que tivemos mais da metade da turma dando nota 5, despertando interesse para o fenômeno Supercondutividade, de forma

mais exata 59% da turma. Desta forma, é possível concluir que, segundo os alunos, foi atingido a intenção de fazer com que eles se interessassem pelo conteúdo, confirmando o que foi dito anteriormente nesse relatório pela análise do professor em como a turma foi colaborativa e realizou todas as atividades com seriedade

A segunda pergunta avaliada era “Os Recursos Instrucionais utilizados contribuíram para que eu participasse da aula fazendo, espontaneamente, perguntas ou comentários sobre o fenômeno Supercondutividade?”. Segundo os dados coletados no gráfico, representado pela Figura 27:

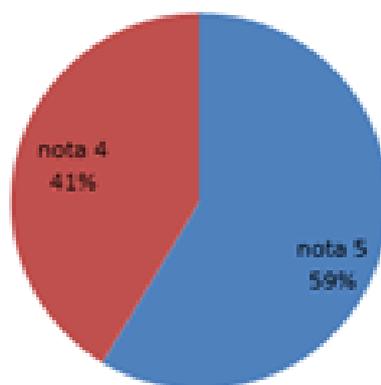


Figura 27 – Imagem do gráfico de alunos que participaram da aula espontaneamente.
Fonte: autoria própria.

Avaliando o gráfico, podemos ver que tivemos mais da metade da turma deu nota 5, de forma mais exata 59% da turma. Assim, os alunos deixaram claro que os recursos contribuíram para que participassem de forma mais ativa das aulas. Isso também foi visto durante a aula que os alunos tiveram que se dividir em grupos para debater sobre os temas pré-estabelecidos, pois se observou uma discussão ativa do conteúdo ao mostrar seus aprendizados e tirarem dúvidas. Sendo assim, é possível concluir que foi atingido a intenção de fazer com que os alunos entendessem o conteúdo.

A terceira pergunta avaliada era “Os Recursos Instrucionais utilizados aumentaram minha disposição em realizar as atividades propostas?” segundo os dados coletados na Figura 28:

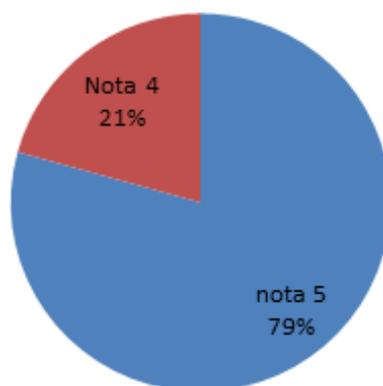


Figura 28 – Imagem do gráfico sobre alunos que participaram da aula espontaneamente.
Fonte: autoria própria.

Avaliando o gráfico, podemos ver que tivemos mais da metade da turma deu nota 5, de forma mais exata 79% da turma, mostrando que para eles os recursos contribuíram para que tivessem mais interesse na aula. E isso pode ser confirmado com o interesse que os alunos demonstraram perante a construção do primeiro mapa conceitual dado até sugestão para o segundo, e o interesse dos mesmos durante os experimentos pedindo até para participar do experimento.

A quarta pergunta avaliada era “Os Recursos Instrucionais utilizados contribuíram para que eu visualizasse o fenômeno e assim compreendesse melhor as Propriedades, Conceitos e Teorias associadas à Supercondutividade?”. Segundo os dados coletados no gráfico (Figura 29):

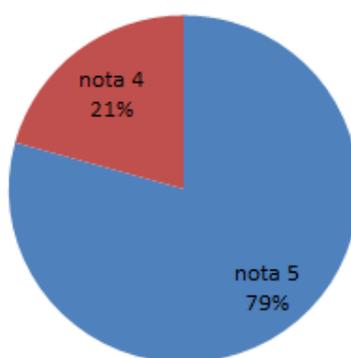


Figura 29 – Imagem do gráfico sobre a compreenderam os fenômenos.
Fonte: autoria própria.

Avaliando o gráfico, podemos ver que tivemos mais da metade da turma deu nota 5, de forma mais exata 79% da turma. Assim, os próprios alunos disseram que os recursos contribuíram para que tivessem um aprendizado mais completo,

podendo compreender melhor os conceitos, teorias e propriedades do conteúdo. E isso foi comprovado pela atividade com sete questões, pois eles acertaram mais de 60% das questões e, para isso ter acontecido, os recursos instrucionais utilizados contribuíram para que eles visualizassem o fenômeno e compreendessem melhor o conteúdo.

A quinta pergunta avaliada era “Classifique o curso de Supercondutividade”, segundo os dados coletados no gráfico na Figura 30:

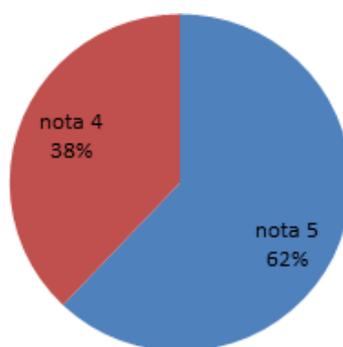


Figura 30 – Imagem do gráfico sobre avaliação dos alunos perante o curso.
Fonte: autoria própria.

Avaliando o gráfico, podemos ver que tivemos 62% da turma dizendo que os recursos foram bons. Levando em conta também a análise das notas que os alunos deram nas questões anteriores, podemos dizer que os alunos acreditam que os recursos instrucionais foram essenciais para que o ensino aprendizagem sobre o assunto Supercondutividade fosse eficaz; e a partir da avaliação do professor já citadas acima, pode-se dizer que a aplicação do projeto de mestrado foi eficaz.

A sexta pergunta foi “Os Recursos Instrucionais utilizados contribuíram para que eu relacionasse o fenômeno da supercondutividade com alguma aplicação tecnológica?”, onde se obteve 100% das respostas dizendo sim e citando as mais variadas contribuições como Trem Maglev, revolução energética, cerâmicas supercondutoras, diamagnetismo e outros. Essa pergunta mostra que a principal intenção do Produto Educacional era fazer com que os alunos conseguissem relacionar o conteúdo Supercondutividade e o cotidiano.

A sétima, e última, era para que os alunos tivessem um espaço para fornecer feedbacks e todos os comentários ali contidos falavam em como foi fascinante,

enriquecedor e interessante conhecer mais sobre o assunto e como os demais assuntos de física poderiam ser tratados da mesma maneira.

O formulário de autoavaliação contou com treze perguntas para eles avaliarem de 1 a 5 (sendo 1 nunca, 2 poucas vezes, 3 às vezes, 4 muitas vezes e 5 sempre) e uma discursiva para que eles pudessem avaliar seu desempenho geral no trabalho. As perguntas de autoavaliação para dar nota de 1 a 5 eram as seguintes:

- Primeira “Sou pontual e evito faltar às aulas.”;
- Segunda “Tenho comportamento adequado a uma sala de aula.”;
- Terceira “Respeito os meus colegas no seu espaço de aula.”;
- Quarta “Estou atento e concentrado durante as aulas da disciplina.”;
- Quinta “Esclareço as dúvidas que tenho em devido tempo.”;
- Sexta “Sou portador do material necessário à aula.”;
- Sétima “Faço registro dos assuntos que considero relevantes para a minha aprendizagem em meu caderno.”;
- Oitava “Estou empenhado na execução das tarefas propostas.”;
- Nona “Sou metódico e rigoroso na execução das tarefas propostas.”;
- Décima “Distribuo meu tempo adequadamente para a execução das tarefas propostas.”;

Analisando as respostas dos alunos perante as perguntas de acordo com a Tabela 2:

Tabela 2 – Dado coletados do questionário de auto avaliação dado na décima terceira aula

	NOTA 5 (%)	NOTA 4 (%)	NOTA 3 (%)	NOTA 2 (%)	NOTA 1 (%)
Questão 1	55	35	10	0	0
Questão 2	65	25	10	0	0
Questão 3	45	27	28	0	0
Questão 4	80	13	7	0	0
Questão 5	70	18	12	0	0
Questão 6	52	37	11	0	0
Questão 7	49	22	29	0	0
Questão 8	51	29	20	0	0
Questão 9	67	21	12	0	0
Questão 10	50	32	17	1	0

Fonte: autoria própria.

Estas informações também podem ser verificadas na forma gráfica pela Figura 31:

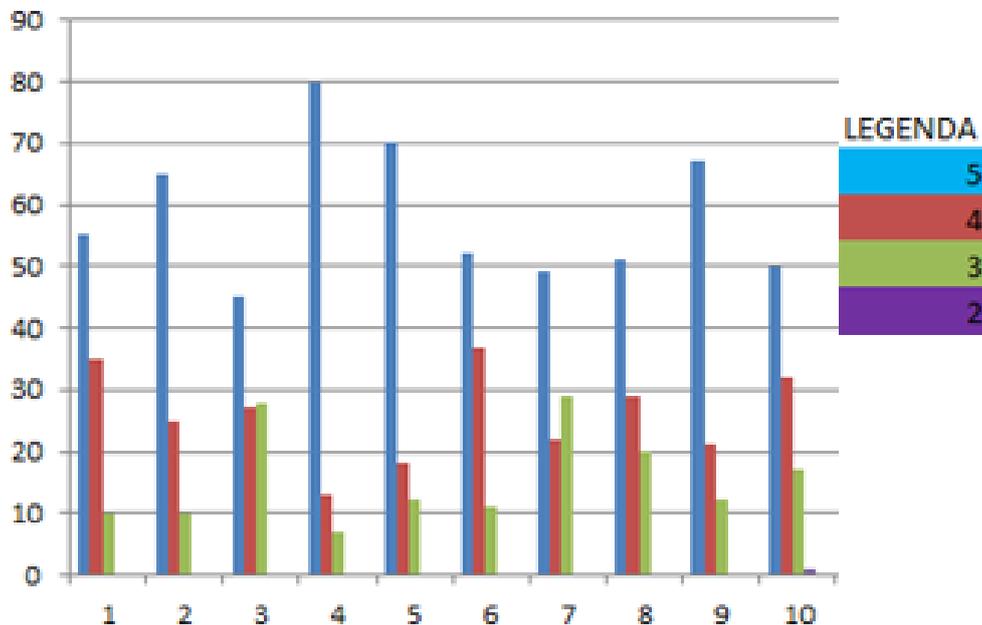


Figura 31 – Imagem do gráfico sobre avaliação dos alunos perante o curso.

Fonte: autoria própria.

A partir desses dados, podemos ver que as autoavaliações dos alunos mostraram que o perfil da turma é de alunos interessados e comprometidos com o processo de aprendizagem, algo já deixado claro com a evolução deles com a realização das atividades.

A questão quatorze teve respostas dizendo que eles faziam uma autoavaliação produtiva deles mesmos, pelo fato de ter participado de todas as atividades propostas pela professora e estavam sempre interessados. Para essa conclusão, podemos ver algumas respostas selecionadas:

- “Avalio que meu desempenho geral durante o trabalho foi muito bom, sempre estava prestando atenção e procurando mais sobre o assunto” – Aluno A;
- “Meu desempenho geral durante o trabalho foi bom, entendi muito o assunto” – Aluno B;
- “Meu desempenho foi muito bom, eu até mostrei para mais amigos sobre o assunto do tanto que eu gostei” – Aluno C.

Fazendo uma análise sobre a aplicação, pode-se dizer que ela ocorreu de

forma tranquila e que atingiu todos os objetivos para sua existência. Na aplicação, foi cumprido com qualidade já que a aplicações para os alunos do terceiro ano com as teorias de aprendizagem de Ausubel aconteceu, e de forma satisfatória. Feito também o levantamento conhecimentos e conceitos subsunçores, tornando o aluno mais próximo da física com o desenvolvimento do seu senso de curiosidade, já que eles já sabiam falar onde a supercondutividade estava em seu cotidiano, despertar uma autonomia crítica dos alunos e desenvolver um domínio dos princípios científicos e tecnológicos que foi claramente demonstrado durante o experimento.

Primeiramente, podemos dizer a teoria de aprendizagem utilizada foi de extrema importância para a qualidade da aplicação, já que ela fez com que os alunos entendessem a importância de saber relacionar conhecimentos pré-existentes com novos conhecimentos, além de que ela também possibilitou novas atividades para serem aplicadas, a exemplo dos mapas conceituais que foram muito aceito entre os estudantes e elogiados.

Outro ponto foi que podemos ver a importância da aplicação do Produto Educacional com eles, já que ele trouxe conceitos que são cobrados no ENEM e em vestibulares, trazendo mais próximo a eles os processos avaliativos que terão que fazer para adentrar em uma universidade.

Analisando após a aplicação, foi possível observar que mesmo com os resultados sendo significativos, algo que poderia ter auxiliado no processo de ensino aprendizagem mais efetivos e que despertasse maior interesse aos alunos seria que em cada aula caberia a utilização de vídeos de experimentos simples relacionados com o assunto ou o uso de softwares. Assim, a parte visual dos fenômenos seria construída aula por aula, e não apenas na aula de experimentação.

De forma resumida, os principais resultados obtidos com esta pesquisa foram:

- Desenvolver no aluno o senso de curiosidade sobre os fenômenos presentes no cotidiano;
- Possibilitar ao aluno uma nova forma de pensar a Física;
- Despertar a autonomia crítica do aluno, quanto as tecnologias que o cercam;
- Desenvolver no aluno a competência de domínio dos princípios científicos e

tecnológicos básicos que presidem a produção moderna.

Por fim, pode-se dizer que a aplicação do Produto Educacional foi válida, por conta das análises já citadas acima baseadas na avaliação das atividades que os alunos desenvolveram em sala de aula, a evolução de suas aprendizagens e com a opinião deles nos questionários aplicados, dentro daquilo que foi proposto: o processo de ensino-aprendizagem de física do tema Supercondutividade.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AUSUBEL, D. P.; NOVAK, J. D.; HANESIAN, H. **Psicologia educacional**. Interamericana, 1980.

BRANÍCIO, P. S. Introdução à supercondutividade, suas aplicações e a mini-revolução provocada pela redescoberta do MGB2: uma abordagem didática. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v. 23, p. 381-390, 2001.

BRASIL. **Lei de Diretrizes e Bases**. Artigo 36, § 1º, inciso I - Lei de Diretrizes e Bases. Brasília 1996.

BRASIL. **Parâmetros Curriculares Nacionais-Ensino Médio: Parte III: Ciências da Natureza, Matemática e suas Tecnologias**. Secretaria de Educação Média e Tecnológica. Brasília: MEC/SEMTEC 1999.

BRASIL. **PCN+ Ensino Médio: Orientações Educacionais Complementares aos Parâmetros Curriculares Nacionais: Ciências da Natureza, Matemática e suas Tecnologias**. Secretaria de Educação Média e Tecnológica Brasília: MEC/SEMTEC 2002.

COSTA, M. B. S.; PAVÃO, A. C. Supercondutividade: um século de desafios e superação. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v. 34, p. 2602-2615, 2012.

LOPES, R. R. S. **Conceitos de eletricidade e suas aplicações tecnológicas: Uma unidade de ensino potencialmente significativa**. (Mestrado em Ensino de Física). Centro de Ciências exatas, Universidade Federal do Espírito Santo, Vitória, 2014.

MENDONÇA, C. A. S. **O uso do mapa conceitual progressivo como recurso facilitador da aprendizagem significativa em Ciências Naturais e Biologia**. (Doutorado em Didáticas Específicas). Universidad de Burgos, 2012.

MORAES, R. Uma tempestade de luz: a compreensão possibilitada pela análise textual discursiva. **Ciência & Educação (Bauru)**, v. 9, p. 191-211, 2003.

MORAES, R.; GALIAZZI, M. D. C. Análise textual discursiva: processo reconstrutivo de múltiplas faces. **Ciência & Educação (Bauru)**, v. 12, p. 117-128, 2006.

MORAIS, C.; MOREIRA, A. Supercondutividade: aplicação em veículos de levitação magnética. **Revista Tecnologia**, v. 40, 2019.

MOREIRA, M. A. Mapas conceituais e aprendizagem significativa (concept maps and meaningful learning). **Revista Chilena de Educação Científica**, v.4, n.2, p.38-44, 2012.

MOREIRA, M. A.; BUCHWEITZ, B. MASINI, E.F.S. **Aprendizagem significativa: a teoria de David Ausubel**. São Paulo: Livraria da física, 1982.

MOREIRA, M. A. **Teorias de aprendizagem**. Editora: Pedagógica e Universitária São Paulo, 1999.

MOREIRA, M. A. **Potentially meaningful teaching units-PMTU**. Porto Alegre: Instituto de Física da UFRGS, 2011.

NOVAK, J. D.; GOWIN, D. B.; OTERO, J. **Aprendiendo a aprender**. Barcelona: Martínez roca, 1988.

OSTERMANN, F.; FERREIRA, L. M.; CAVALCANTI, C. J. D. H. Tópicos de física contemporânea no ensino médio: um texto para professores sobre supercondutividade. **Revista brasileira de ensino de física**. Vol. 20, n. 3, p. 270-2884, 1998.

RICARDO, E. C.; FREIRE, J. C. A. A concepção dos alunos sobre a física do ensino médio: um estudo exploratório. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v. 29, n. 2, p. 251-266, 2007.

SILVA, A. d. **Objetos de aprendizagem: uma alternativa para o ensino de conceitos de eletrostática no ensino médio**. 2014. Dissertação (Mestrado em Ensino de Ciências Naturais). Universidade Federal de Mato Grosso, Cuiabá, 2014

SILVA, S. A. D.; SOUZA, G. B. D.; BERNARDES, L. A. B. **O uso de Mapas Conceituais no Ensino de Física Moderna e Contemporânea**. In: 12º Conversando sobre extensão. Anais do 12º CONEX, 2014.

VIEIRA, D. M. **Supercondutividade: Uma proposta de inserção no ensino médio**. 2014. (Mestrado Profissional em Física). Centro de Ciência Exatas, Universidade Federal do Espírito Santo, Espírito Santo.

APÊNDICE A - PRODUTO EDUCACIONAL



**PRODUTO EDUCACIONAL - Material Didático-Pedagógico
SUPERCONDUTIVIDADE: UM PROCESSO DE ENSINO APRENDIZAGEM EM
FÍSICA**

Tereza Teixeira de Souza

Produto Educacional da Dissertação de Mestrado apresentado ao Programa de Pós-Graduação do Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física – Polo UEM, como parte dos requisitos necessários à obtenção do título de Mestre em Ensino de Física.

Orientador: Prof. Dr. Ronaldo Celso Viscovini

Maringá - PR
Julho, 2022

Este material estará disponível para *download* na página do MNPEF/DFI/UEM (<http://www.dfi.uem.br/dfimestrado/?q=node/60>) e pode ser adaptado de acordo com a realidade de cada série pelo docente interessado.

Maringá, julho de 2022.

Nome do aluno: Tereza Teixeira de Souza

Supercondutividade

O aquecimento indesejável de aparelhos eletroeletrônico, como celulares e computadores, está associado ao Efeito Joule, que tem sua origem na propriedade física chamada Resistência elétrica (dificuldade que o material apresenta para a passagem de corrente elétrica). O efeito Joule é sempre indesejável quando a função do dispositivo não é aquecer, uma vez que se fazem necessários sistemas de resfriamento para manter os aparelhos funcionando, fazendo com que os aparelhos se tornem maiores, sejam mais pesados, apresentem maior custo e consumam mais energia elétrica.

Assim o ideal para resolver este problema é que existissem materiais de resistência elétrica nula ($R = 0 \Omega$). Nesse contexto, surge a supercondutividade, propriedade que o material condutor adquire ao ser submetido a temperaturas próximas ao zero absoluto, sendo uma delas a resistência nula. Essa propriedade foi observada primeiramente pelo físico Heike Kamerlingh Onnes (1911), quem comprovou a existência do estado de supercondutividade da matéria. Para isso ele realizou um experimento com o mercúrio, que apresentou resistência nula a 4,2 K (aproximadamente 269 °C). Assim materiais denominados supercondutores podem ser percorridos por corrente elétrica, sem apresentar aquecimento e perda de energia elétrica por Efeito Joule. No entanto, valores de corrente maiores do que determinado valor, chamado de corrente elétrica crítica, suprimem a supercondutividade desses materiais. Essa descoberta foi tão relevante para a ciência que levou a premiação do Onnes com o prêmio Nobel de Física em 1913.

Todo supercondutor poderia ser considerado um condutor elétrico perfeito, porém, no em 1933, os físicos Walther Meissner e Robert Ochsenfeld descobriram outra propriedade dos supercondutores, o chamado efeito Meissner. Esse efeito tem como característica a expulsão do fluxo magnético do interior de um material supercondutor, tornando-o nulo, independente do histórico de magnetização, isso o diferencia de um condutor perfeito, com fluxo magnético constantemente nulo em seu interior. No entanto, o efeito Meissner só ocorre quando o material está no estado de supercondutividade e é exposto a um campo magnético externo, o que apenas acontece quando se atinge um valor de temperatura crítica (T_c).

No efeito Meissner, as linhas de indução são expulsas de forma espontânea do interior da amostra supercondutora, tais características são atribuídas a um diamagnetismo perfeito. De forma que, quando o sistema

está abaixo da temperatura crítica, ocorre a expulsão do campo magnético. Após o descobrimento do efeito Meissner, as propriedades magnéticas de um supercondutor não podiam ser interpretadas como a de um simples condutor que apresenta resistência zero. Então a supercondutividade passou a ser entendida como um novo estado da matéria, chamado de estado supercondutor, assim como o estado, sólido, líquido ou gasoso. Por esse motivo usa-se os termos ‘estado

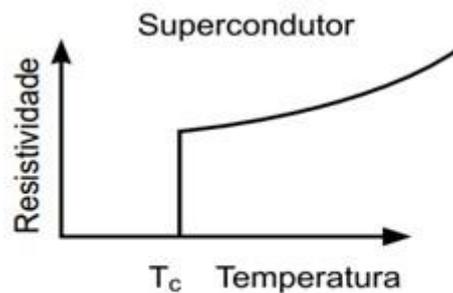


Figura 1 – Comportamento da resistividade nula (supercondutividade) na temperatura crítica (T_c)

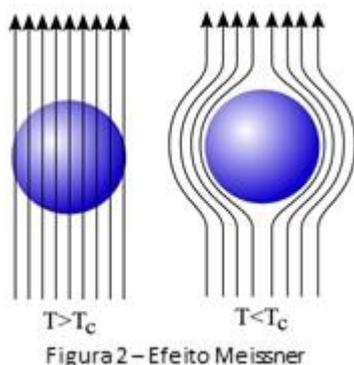


Figura 2 – Efeito Meissner

normal' e 'estado supercondutor'.

Aplicações dos Semicondutores

Apesar da temperatura crítica necessária para alcançar o estado de supercondutividade limitar sua aplicação, já existem aplicações industriais para os supercondutores. Uma das aplicações é no transporte alternativo, nos chamados trem bala, em que o campo magnético externo exerce uma força capaz de levantar o trem a uma altura em que o atrito seja causado apenas pelo ar, reduzindo as perdas de energia e aumentando a velocidade. A supercondutividade pode também ser aplicada nos processos de produção de energia elétrica, pois geradores e motores elétricos podem ter sua eficiência aumentada com a troca dos fios de cobre convencionais por materiais supercondutores. Outra aplicação comercial da supercondutividade é a obtenção de ímãs ultra potentes para pesquisas científicas e diagnósticos médicos. Esses superímãs são fabricados com uma liga de germânio e nióbio (Nb_3Ge) que é supercondutora a 23 K. Na medicina, a técnica que utiliza este superímã é chamada imagem de ressonância magnética (IRM).



Figura 3 – Aplicações da supercondutividade- Trem bala



Figura 4 – Aplicações da supercondutividade- Diagnóstico por imagem-Ressonância magnética

Diamagnetismo

A propriedade de diamagnetismo mencionada acima se refere ao comportamento de materiais que sofrem repulsão na presença de campos magnéticos, ao contrário dos materiais chamados paramagnéticos e ferromagnéticos que são atraídos por campos magnéticos. Todas as substâncias são sensíveis à presença de um campo magnético, mas normalmente, seus efeitos são tão pequenos

que são observados apenas com o ajuda de equipamentos muito sensíveis a esses sinais.

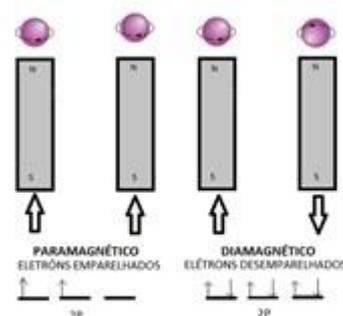


Figura 5 – Emparelhamento de elétrons em materiais paramagnéticos e diamagnéticos

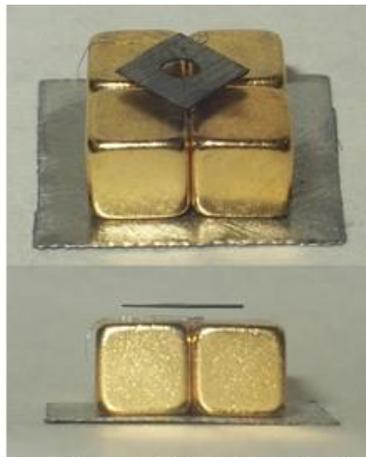


Figura 6 – Levitação de ímã sobre material supercondutor

O magnetismo de forma geral é um efeito genuinamente quântico, uma vez que está associado à contribuição magnética referente ao movimento orbital dos elétrons em torno do seu núcleo e, por isso, está profundamente ligado à tendência natural de oposição à entrada de campo magnético em um circuito fechado. Essa resposta magnética é encontrada em alguns sólidos simples formados por íons que apresentam as camadas eletrônicas preenchidas, que é o caso dos halogenetos alcalinos e elementos pertencentes a família dos gases nobres, para os quais os momentos angulares orbital e de spin são iguais a zero no estado fundamental. Materiais como o cobre, a prata, o ouro e a alumina também são diamagnéticos a temperatura ambiente.

No efeito diamagnético, quando um campo magnético atua sobre um átomo induz um dipolo magnético para todo o átomo, isso porque influencia o momento magnético gerados pelos elétrons orbitantes. Esses dipolos opõem-se ao campo magnético, levando a magnetização negativa. Se esse campo magnético externo aplicado é não uniforme, o material diamagnético sofre repulsão da região em que o campo magnético é mais intenso para a região em que o campo magnético é menos intenso. Supercondutores perdem sua propriedade quando outros efeitos magnéticos, tal como paramagnetismo e ferromagnetismo, tornam-se ativos e permitem que o campo adentre a matéria. Devido ao valor da susceptibilidade magnética ser menor que zero, o material é repellido, porém, o efeito é muito fraco e somente pode ser percebido em campos magnéticos intensos, maiores que o campo magnético da terra.

Assim, como mencionado os supercondutores são materiais diamagnéticos perfeitos e repelem todos os campos magnéticos devido ao Efeito Meissner. Esse efeito é a causa da levitação magnética de um ímã quando o mesmo é colocado sobre um material supercondutor. A explicação para o fenômeno está na repulsão total dos campos magnéticos externos pelos supercondutores, sendo que isso ocorre apenas quando o campo magnético aplicado não é tão intenso.

Apesar de todos os materiais apresentarem algum diamagnetismo, geralmente este é muito fraco para fazer com que levitem magneticamente. A levitação magnética só é possível se as propriedades diamagnéticas de um material são mais fortes do que as propriedades ferromagnéticas e paramagnéticas. Para levantar-se magneticamente, a força magnética total de um objeto além de ser repulsiva, deve ser mais forte que a força da gravidade. Em relação à altura que um material diamagnético levita, essa pode ser determinada pelo campo magnético externo e pelas próprias propriedades diamagnéticas contidas no material. O grafite é dos materiais que tem propriedades diamagnéticas mais intensas (para saber mais leia o texto complementar).

Paramagnetismo

O paramagnetismo é a tendência que os dipolos magnéticos atômicos têm de se alinharem paralelamente a um campo magnético externo. Esse comportamento ocorre em substâncias que tem átomos com momento de dipolo magnético permanente. Esses átomos apresentam camadas eletrônicas incompletas, o que gera momentos magnéticos atômicos não-nulos, resultado do spin e do movimento orbital de seus elétrons. Alguns átomos, moléculas ou defeitos na rede cristalina que apresentam número ímpar de elétrons e, portanto, são paramagnéticas, são o, sódio, o óxido nítrico gasoso (NO) e radicais orgânicos livres. As propriedades paramagnéticas também podem ser encontradas em elementos de transição, terras raras e actínídeos, além de alguns metais.

O momento de dipolo magnético total que é gerado no paramagnetismo, na maioria das vezes, é significativamente maior que o momento diamagnético. Portanto, embora fraca, a resposta paramagnética é dominante em relação a resposta diamagnética, quando ambas ocorrem na mesma substância. Diferentes dos materiais diamagnéticos que são repelidos por ímãs, os materiais paramagnéticos tendem a ser atraídos pelo sistema que produz o campo magnético externo (ímã ou bobina com corrente), como se fossem ímãs muito fracos. No entanto quando o campo aplicado é removido, os momentos magnéticos atômicos se desalinham pela agitação térmica e nenhum efeito do campo magnético é retido.

Dois mecanismos são possíveis para a contribuição paramagnética de uma substância, um por causa dos elétrons desemparelhados e localizados em sítios de uma rede cristalina, que podem passar de diamagnéticos para paramagnéticos em baixas temperaturas e é conhecido como paramagnetismo de Curie, e o outro conhecido como paramagnetismo de Pauli, que ocorre devido ao momento magnético relacionado ao momento angular de spin dos elétrons deslocalizados de um metal.

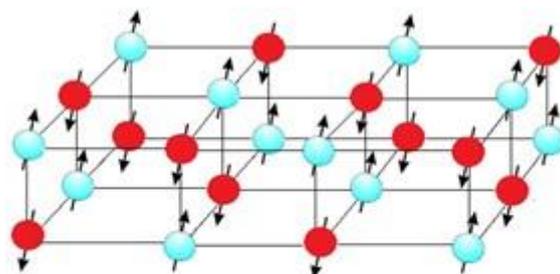


Figura 7 – Anti-alinhamento dos dipolos magnéticos: Antiferromagnetismo

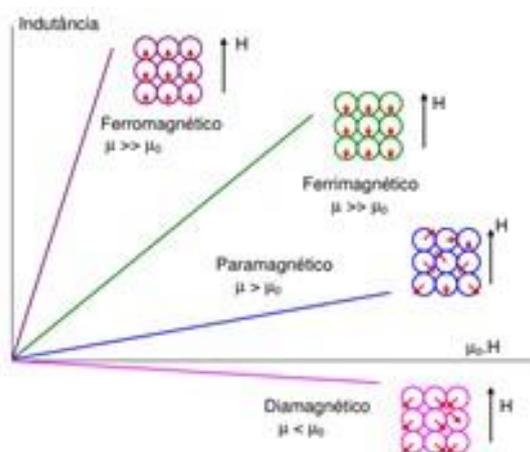


Figura 8 – Comportamento dos momentos magnéticos dos diferentes materiais

Se a concentração de átomos magnéticos em um determinado material é alta, seus momentos magnéticos atômicos podem interagir entre si. Isso poderá gerar um alinhamento ou anti-alinhamento espontâneo entre estes momentos e a substância começará a ter uma resposta magnética forte. Este alinhamento/anti-alinhamento dos dipolos magnéticos atômicos forte pode ser descrito por uma permeabilidade magnética (μ) relativa maior do que uma unidade ($\mu \gg \mu_0$). O fenômeno de alinhar ou anti-alinhar-se é chamado ferromagnetismo e antiferromagnetismo, respectivamente.

Ferromagnetismo

As substâncias ferromagnéticas possuem um momento magnético espontâneo, ou seja, existe mesmo que nenhum campo magnético seja aplicado. Nessas substâncias, os momentos magnéticos atômicos alinham-se paralelamente entre si, gerando um forte momento de dipolo em escala macroscópica. Ou seja, há uma interação entre os spins cuja tendência natural faz com que eles se alinhem em uma direção específica. Essa magnetização é muito mais forte que as encontradas em substâncias diamagnéticas e paramagnéticas e sob certas condições, tais substâncias comportam-se como ímãs permanentes, de forma que mesmo removendo o campo magnético externo a magnetização permanece. O

ferromagnetismo é o mecanismo pelo qual materiais como o ferro formam ímãs. O ferromagnetismo também é encontrado em ligas de ferro, níquel e cobalto com outros elementos, além de alguns compostos de metais de terras raras e minerais como a magnetita. À medida que temperatura aumenta, torna-se cada vez mais difícil magnetizar uma substância ferromagnética. Para cada substância ferromagnética há uma temperatura específica em que acima desta a substância perde sua propriedade ferromagnética. Essa temperatura é chamada ponto Curie, em homenagem a Pierre Curie. Para o ferro puro, por exemplo, o ponto Curie é 770 °C.

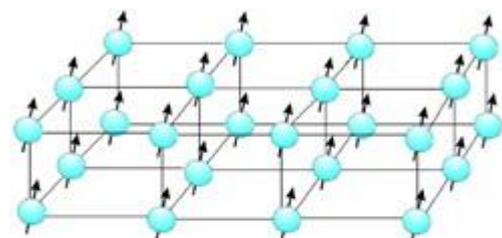


Figura 10 – Alinhamento dos momentos magnéticos em material ferromagnético

A propriedade ferromagnética faz com que os materiais tenham os seus momentos magnéticos atômicos alinhados em uma direção preferencial na presença de um campo magnético externo. Quando esses momentos magnéticos estão alinhados na mesma direção, mas em sentidos contrários e aos pares, o momento magnético resultante total será nulo e a essa propriedade dá-se o nome de antiferromagnetismo. Dessa forma, materiais antiferromagnéticos são compostos por átomos que possuem momentos de spins permanentes e esses momentos são caracterizados por interagirem negativamente e fortemente entre si. Há uma distribuição igual de spins “up” e “down” ao longo de todo do material e conseqüentemente não há momento efetivo ou magnetização espontânea no sistema. Quando submetidos à temperatura acima de sua temperatura crítica T_N (Temperatura de Néel) esses materiais apresentam comportamento paramagnético. Assim, sua susceptibilidade (que é pequena e positiva) também se comporta como de um sistema paramagnético. Os materiais antiferromagnéticos são geralmente cerâmicas produzidas por meio dos metais de transição. Alguns exemplos são: MnO (Óxido de Manganês), MnF_2 (Fluoreto de Manganês), FeO (Óxido de Ferro), NiO (Óxido de Níquel) e CoO (Óxido de Cobalto).

Outra propriedade semelhante ao ferromagnetismo, é o ferrimagnetismo, em que também ocorre um acoplamento entre momentos de dipolos magnéticos atômicos de direções opostas, mas que levam a um cancelamento incompleto da magnetização do material. Isso ocorre

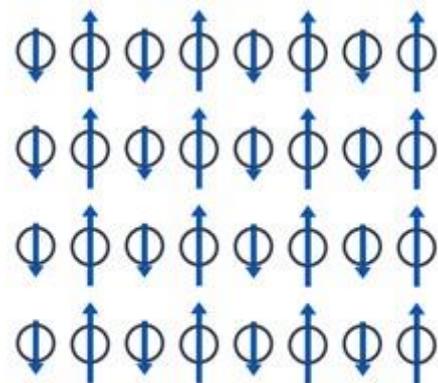


Figura 12 – Acoplamento entre momentos de dipolos magnéticos atômicos de direções opostas no ferrimagnetismo

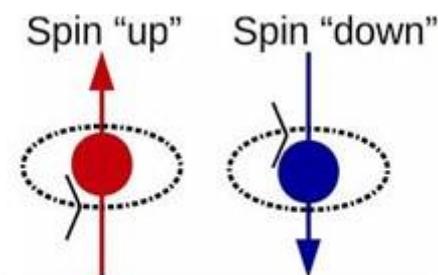


Figura 11 – Comportamento dos momentos de spin em materiais antiferromagnéticos

porque diferentes íons têm diferentes momentos magnéticos. Ao aplicar-se um campo magnético, por exemplo, os dipolos de ferro A podem alinhar-se ao campo, enquanto os dipolos de ferro B opõem-se ao campo e como às resistências dos dipolos não são iguais, o resultado é uma magnetização diferente de zero. Portanto, os materiais ferrimagnéticos, também chamados de ferrites, exibem comportamento magnético intermediário entre o observado para materiais ferromagnéticos e o observado para materiais antiferromagnéticos. As ferrites são parecidas com os materiais ferromagnéticos no que se refere a elevada permeabilidade magnética. No entanto, diferente do que é observado em materiais ferromagnéticos, as ferrites não retêm a magnetização após o campo magnético ser eliminado.

Eletromagnetismo

O eletromagnetismo é a área da física que tem como foco a relação entre a eletricidade e o magnetismo. Até o início do século XIX acreditava-se que não havia relação entre fenômenos elétricos e magnéticos. Porém, em 1820, o físico dinamarquês Hans Christian Oersted observou que uma corrente elétrica é capaz de alterar a direção de uma agulha magnética de uma bússola. Se havia corrente elétrica no fio, Oersted verificou que a agulha magnética se movia, orientando-se perpendicularmente ao fio, o que indica a geração de um campo magnético gerado pela corrente. Quando a corrente elétrica era interrompida, a agulha retornava a sua posição inicial, ao longo da direção norte-sul. A este campo magnético de origem elétrica deu-se o nome de Campo Eletromagnético. Essa foi a primeira vez que o aparecimento de um campo magnético juntamente com uma corrente elétrica foi observado.



Figura 13 – Experimento de Oersted

Os três principais fenômenos eletromagnéticos que regem todas as aplicações tecnológicas do eletromagnetismo são: (I) Quando uma corrente elétrica passa por um condutor produz um campo magnético ao redor do condutor; (II) Um campo magnético induz ação de uma força magnética sobre um condutor, quando este é percorrido por corrente elétrica; (III) Se um condutor fechado é colocado em um campo magnético, e sua superfície é atravessada por um fluxo magnético, aparecerá no condutor uma corrente elétrica, caso o fluxo magnético varie, a esse fenômeno dá-se o nome de indução eletromagnética. Uma experiência simples que pode ser feita para observar um fenômeno eletromagnético é verificar que quando um bonde passa, mesmo distante de uma agulha imantada, isso faz a agulha oscilar. Esse fenômeno ocorre porque a corrente que passa através do fio “trolley”, produz um campo magnético que atinge a agulha (“trolley” é o fio no qual desliza a “alavanca” do bonde).

Lei de Faraday – Indução eletromagnética

Após a descoberta feita por Oersted que mostrou que a corrente elétrica produz campo magnético, os físicos começaram a se questionar se seria possível ocorrer o fenômeno inverso, ou seja, que o campo magnético criasse corrente elétrica. Foi então que em 1831 o inglês Michael Faraday realizou uma experiência que mostrou isso era possível. Faraday colocou uma espira conectada a um galvanômetro (equipamento que faz a medição de corrente elétrica de baixas intensidades), e como não havia nenhuma fonte para criar força eletromotriz esperava-se que o galvanômetro não detectasse nenhuma corrente elétrica no condutor. No entanto, ao movimentar um dos polos do ímã, aproximando ou afastando-o da espira, verificou-se que o surgimento de corrente elétrica no condutor, identificada pelo galvanômetro. Quando o ímã é colocado em repouso em relação à espira, o galvanômetro mostra a inexistência de corrente elétrica.

Faraday percebeu ainda que quando se aproxima o polo norte do ímã da espira, o ponteiro do galvanômetro move-se em um sentido, e quando o polo norte se afasta da espira, o ponteiro move-se no sentido contrário. Quanto maior a velocidade dessa aproximação/afastamento entre ímã e espira, maior corrente elétrica é produzida. Esse fenômeno recebeu o nome de indução eletromagnética, e a força eletromotriz e a corrente gerada são chamadas de força eletromotriz induzida (fem) e corrente elétrica induzida.

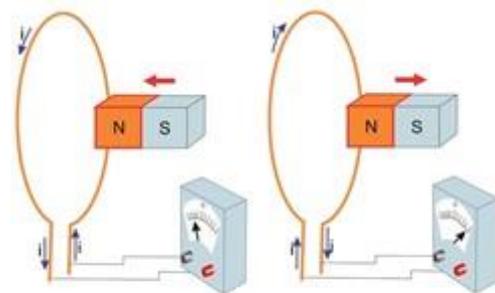


Figura 14 – Experimento de Faraday

A partir disso, surgiu também a ideia de Fluxo Magnético, que está relacionado com a quantidade das linhas de campo magnético que atravessam a área de uma superfície. Quando se aumenta o número de linhas que atravessam essa superfície, por exemplo pela aproximação de uma espira ao polo norte de um ímã, há o aumento do fluxo magnético. Da mesma forma, quando se afasta a espira do polo norte do ímã, há a diminuição do número de linhas do campo magnético e, portanto, a diminuição do fluxo magnético.

Dessa forma, a lei de Faraday pode ser resumida em: (I) Quanto maior a variação do fluxo magnético, mais intensa é a força eletromotriz induzida e (II) Quanto mais rápida é a variação do fluxo magnético, maior é a intensidade da fem induzida e maior a intensidade da corrente elétrica induzida. Assim a força eletromotriz gerada pelo campo magnético, é dependente do fluxo magnético e do tempo, o que matematicamente pode ser representado por:

$$\varepsilon = \frac{\Delta\phi}{\Delta T}$$

Em que ε simboliza a força eletromotriz induzida, $\Delta\phi$ a variação do fluxo magnético e Δt o intervalo de tempo. No Sistema Internacional, a unidade de fem é o volt (V).

Lei de Faraday-Lenz

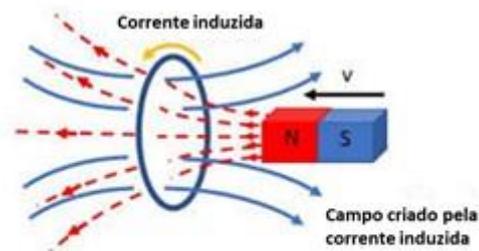


Figura 15 – Aumento do fluxo magnético cria no condutor uma corrente induzida

Após explicado o surgimento da corrente induzida faltava explicar como se obtém o sentido dessa corrente. Quem elaborou a explicação mais simples para isso foi o físico russo Heinrich Friedrich Lenz que afirmou que “A força eletromotriz induzida num condutor é num sentido tal que se opõe à variação que a induziu”.

Quando se aproxima um ímã na forma de barra de uma espira circular fixa, de modo que o eixo do ímã se mantenha perpendicular ao plano da espira. À medida que o ímã se aproxima uma corrente induzida é gerada. De acordo com a lei de Lenz, a corrente induzida na espira deve contrariar essa aproximação. Portanto, a espira exerce sobre o ímã uma força que se opõe ao movimento do ímã. Mas se a espira repele o ímã, isso significa que a face que está voltada para o ímã deve ter a mesma polaridade da extremidade do ímã que se aproxima: nesse caso, é um polo norte. Mas para que essa face seja um polo norte, a corrente deve ter sentido indicado na figura (anti-horário para o observador).

Agora se o polo norte do ímã se afasta da espira circular. O número de linhas do campo magnético que atravessa a área da espira é reduzido, levando a diminuição do fluxo magnético. A corrente elétrica induzida sempre é gerada em um sentido que se opõe a essa variação. Nesse caso, aparece entre a espira e o ímã uma força de atração com a face da espira voltada para o ímã agindo como polo magnético sul. Desse modo, a corrente elétrica induzida apresenta sentido horário. Na imagem ao lado o campo magnético do ímã está escrito em azul (B) e o campo magnético induzido nas bobinas (conjunto de espiras) está escrito em vermelho. ΔB , indica o sentido da variação do campo magnético dependente de cada situação. Assim, quando o polo norte do ímã se aproxima da espira, a corrente induzida apresenta sentido anti-horário. Enquanto isso, ao aproximar da espira o polo sul do ímã, o sentido da corrente é horário. Da mesma forma, ao afastar o polo norte do ímã da espira, o sentido da corrente induzida é horário e afastando da espira o polo sul do ímã, a corrente apresenta sentido anti-horário.

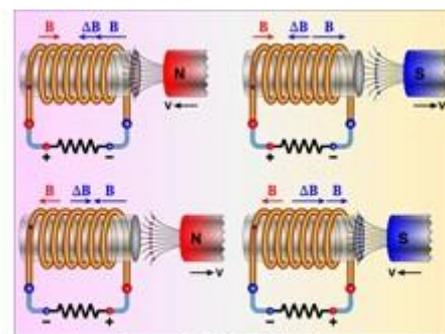


Figura 16 – Lei de Lenz

Algumas aplicações da indução eletromagnética

Após a consolidação da teoria do eletromagnetismo, vários inventos usando essa teoria foram criados. Alguns desses inventos são o gerador de corrente alternada, criado por Nikola Tesla, e a lâmpada elétrica, inventada por Thomas Alva Edison. Outras teorias também foram elaboradas a partir da teoria do eletromagnetismo. Por



Figura 18 – Antena de transmissão de dados, uma das aplicações da indução eletromagnética

exemplo, o cientista Albert Einstein, buscando interpretar as relações entre o magnetismo e a eletricidade, formulou a teoria da relatividade.

A partir do século XX, as explicações da teoria do eletromagnetismo se tornaram ainda mais elaboradas, o que deu origem a teoria quântica eletromagnética, também conhecida como eletrodinâmica quântica.

O eletromagnetismo foi de extrema importância para o avanço tecnológico e da

sociedade tal qual a conhecemos atualmente. O eletromagnetismo permitiu a criação de equipamentos hoje indispensáveis para nós. Entre esses equipamentos estão os motores elétricos, transformadores de tensão, antenas de transmissão de dados, forno micro-ondas e os cartões magnéticos.

Os celulares, funcionam através das ondas eletromagnéticas, que são fundamentais para as comunicações sem fio. Dessa forma, a importância desta teoria está presente em todos os equipamentos elétricos e eletrônicos os quais usamos diariamente e que não existiriam sem o estudo do eletromagnetismo.

Entre uma das mais importantes aplicações envolvendo o eletromagnetismo estão os geradores eletromagnéticos. O princípio de um gerador eletromagnético está no movimento giratório que a espira realiza ao ser submetida a um campo magnético. Devido a esse movimento o fluxo através da espira varia, ocasionando uma corrente induzida que neste caso é uma corrente alternada, tendo seu valor variável e seu sentido invertido periodicamente



Figura 19 – Aplicações da indução eletromagnética

(desde que a velocidade da espira seja constante).

Para que a corrente tenha o mesmo sentido pode-se substituir os dois anéis por um anel dividido em duas partes, chamado comutador, o qual pode ser constituído de materiais como o cobre e o carvão. Dessa forma obtém-se uma corrente pulsante, sempre no mesmo sentido.

Já um gerador de corrente contínua é formado por muitas espiras, as quais giram na mesma velocidade angular, porém cada uma orientada em ângulo diferente.

O comutador é dividido em um número maior de partes, o que faz as correntes geradas pelas várias espiras variarem de tal forma que a corrente resultante é praticamente constante.

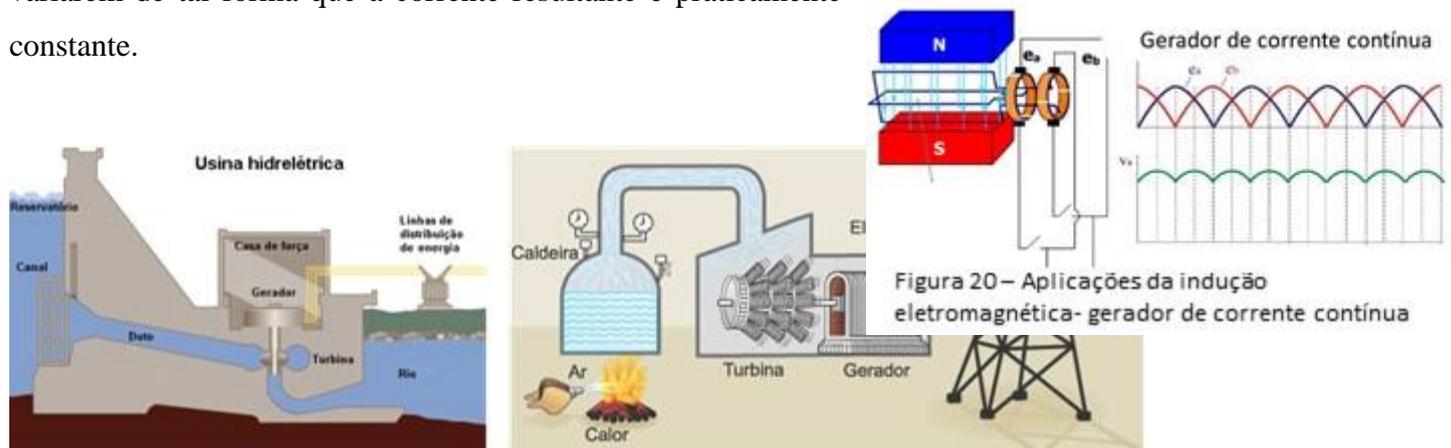
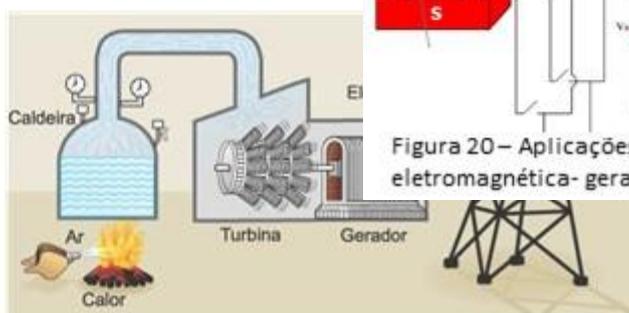
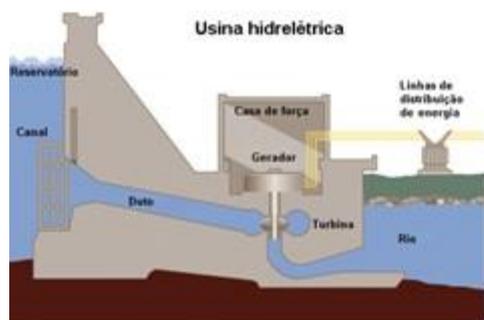


Figura 21 – Aplicações da indução eletromagnética- usinas hidrelétrica e termelétrica



Esses geradores são aplicados na geração de energia, por isso são tão importantes. Para movimentar os geradores há vários processos. As grandes usinas hidrelétricas usam as quedas de água para movimentar turbinas (pás semelhantes à de ventilador), que vão movimentar os geradores e produzir energia elétrica, enquanto as usinas termoelétricas utilizam o vapor de água para movimentar as turbinas e conseqüentemente os geradores. As usinas eólicas usam os ventos para a mesma finalidade.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BRANICIO, P. S. Introdução à supercondutividade, suas aplicações e a mini-revolução provocada pela redescoberta do MGB2: uma abordagem didática. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v. 23, n. 4, p. 381-390, 2001.

FERREIRA, G. A. L.; MÓL, G. S.; SILVA, R. R. Criogenia e Supercondutividade. **Química Nova Na Escola**, n. 3, 1996.

COSTA, M. B.S.; PAVAO, A. C. Superconductivity: a century of challenges and overcoming. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v. 34, n. 2, p. 2602-2615, 2012.

DE MORAIS, C. F.; MOREIRA, Antônio P. A. Supercondutividade: aplicação em veículos de levitação magnética. **Revista Tecnologia**, v. 40, n. 2, 2019.

OSTERMANN, F.; FERREIRA, L. M.; CAVALCANTI, C. J. H. Tópicos de física contemporânea no ensino médio: um texto para professores sobre supercondutividade. **Revista brasileira de ensino de física**. v. 20, n. 3, p. 270-2884, 1998.

JACKSON, R. John Tyndall and the Early History of Diamagnetism. **Annals of Science**. v.72, n. 4, p. 435-489, 2015.

HOLANDA, L. M. *et al.* Comportamento magnético de materiais por meio da mecânica estatística. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v. 42, e20190196, 2020.

RODRÍGUEZ, G. J. B. O Porquê de Estudarmos os Materiais Magnéticos. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v. 20, n. 4, p. 315-320, 1998

FIGUEIREDO, W. Magnetização nos materiais ferromagnéticos. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, v. 4, n. 2, p. 91-97, 1987.

GONCALVES, S. A. R.; ZUCOLOTTI, B. Uma ferramenta para simulação de sistemas superparamagnéticos. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v. 42, e20200313, 2020.

NUSSENZVEIG, H. M.. **Curso de física básica: Eletromagnetismo**. v. 3, Editora Blucher, 2015.

DIAS, P. M. C.; MORAIS, R. F. Os fundamentos mecânicos do eletromagnetismo. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v. 36, n. 3, p. 1-14, 2014.

SAMPAIO, J.L; Calçada, C.S. **Física**. SP: Atual Editora, 2005.

PIVETTA, M. S. Supercondutor a Temperatura Ambiente. **Revista FAPESP**, 2001. Disponível em:

<https://revistapesquisa.fapesp.br/supercondutor-a-temperatura-ambiente/>. Acesso: 31 de janeiro de 2021.

Supercondutividade

Propriedades

Nota-se no cotidiano que os aparelhos eletroeletrônicos em geral aquecem ao funcionarem, muitos deles transformam parte da energia elétrica em energia térmica. Este fenômeno é chamado de Efeito Joule, tendo sua origem numa propriedade física chamada de Resistência Elétrica, que é a capacidade do condutor em dificultar a passagem da corrente elétrica. O Efeito Joule é sempre indesejável quando a função do aparelho não é aquecer.

Por exemplo, quando um computador é ligado, percebe-se após alguns minutos que ele está quente, sendo necessário sistemas de resfriamento para mantê-lo funcionando, como ventoinhas e dissipadores de calor, fazendo-o gastar mais energia elétrica, ficar maior, mais pesado e mais caro. Fios de transmissão de energia também sofrem esse efeito indesejado, perdendo parte da energia elétrica produzida pelas usinas nas linhas de transmissão. Portanto, o aquecimento nos condutores é algo muito ruim, produzindo perdas de energia. O efeito Joule e a Resistência Elétrica são conhecidas a mais de 200 anos, mas será que a ciência descobriu algum material sem resistência elétrica?

Surge então a supercondutividade, um novo estado da matéria, que apresenta propriedades muito particulares. Uma delas é resistência elétrica nula ($R = 0 \Omega$) no material supercondutor, observação feita pela primeira vez pelo físico Heike Kamerlingh Onnes, em 1911, numa peça de mercúrio à 4,2 K ($\approx -269^\circ\text{C}$). Assim, todo supercondutor pode ser percorrido por corrente elétrica, sem apresentar nenhum aquecimento e perda de energia elétrica por Efeito Joule. Mas valores de corrente elétrica acima de certo limite suprimem a supercondutividade, este valor é chamado de corrente elétrica crítica. Graças a sua descoberta, em 1913, Onnes é agraciado com o prêmio Nobel de Física.

Outra propriedade marcante da supercondutividade, descoberto pelos físicos Walther Meissner e Robert Ochsenfeld, em 1933 é o Efeito Meissner: ocorrência em que o supercondutor sempre irá expulsar de seu interior um campo magnético externo, conforme figura ao lado. No entanto, esse fenômeno apenas acontece quando o campo magnético externo está abaixo de certo limite, denominado campo magnético crítico. Vale ressaltar que acima desse campo magnético crítico a supercondutividade desaparece.

Novo Estado da Matéria

A supercondutividade é considerada um estado da matéria, da mesma forma como os estados sólido, líquido e vapor. Uma mudança de estado ocorre quando algumas propriedades da substância mudam, tais como, num cubo de gelo que derrete, a forma de agregação das moléculas de água muda, acompanhada de uma mudança de densidade e da presença de calor latente durante a fusão. A supercondutividade tem um aspecto semelhante, por exemplo, o metal mercúrio, quando resfriado num campo magnético suficientemente fraco para temperaturas iguais ou menores a sua temperatura crítica - 4,2 K - apresentará calor latente, dando a supercondutividade o status de um estado da matéria.

A partir da descoberta feita por Onnes, iniciou-se uma busca por materiais supercondutores. Primeiramente procurou-se a supercondutividade em metais e ligas metálicas. Destacam-se alguns na tabela 1.

Metal/Liga Metálica	Temperatura Crítica (T_c)
Alumínio (Al)	1,17 K
Mercúrio (Hg)	4,2 K
Magnésio-Boro2 (MgB_2)	39 K

Tabela 1. Metais/Ligas Metálicas e suas respectivas Temperaturas Críticas

Em seguida, surgiram as cerâmicas supercondutoras de alta temperatura crítica, sendo formadas principalmente por óxidos de cobre. Destacam-se alguns na tabela 2. Ironicamente, os melhores condutores conhecidos, o Ouro (Au), a Prata (Ag) e o Cobre (Cu) não se tornam supercondutores em nenhuma temperatura. Uma vantagem dos supercondutores de temperatura crítica superiores a 77 K (-196°C) é que está é a temperatura de liquefação do Nitrogênio (N_2), muito abundante em nossa atmosfera e de fácil obtenção, facilitando o resfriamento das cerâmicas.



Trem Maglev - Japão



Efeito Meissner
H: Campo Magnético Externo
B: Resposta Magnética do Supercondutor

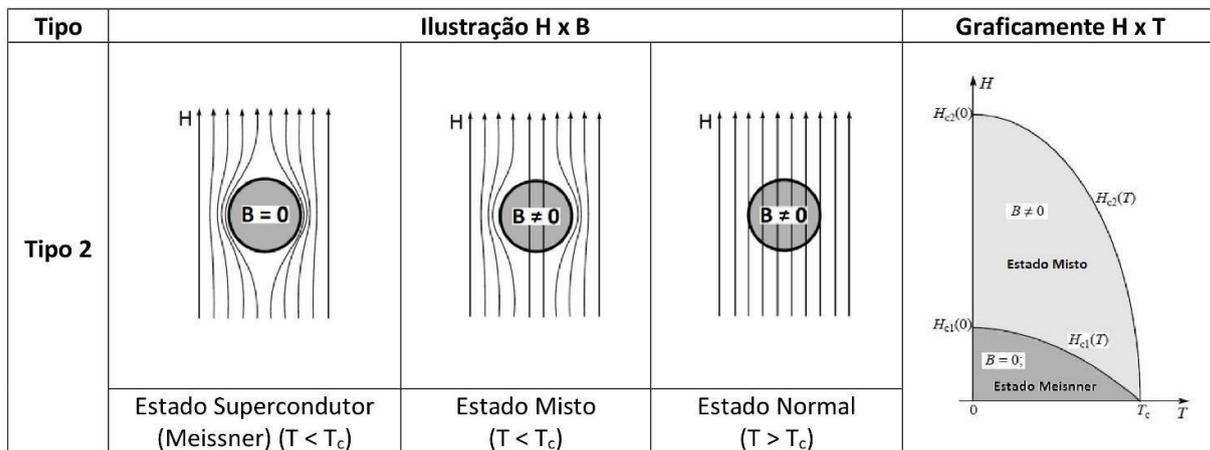
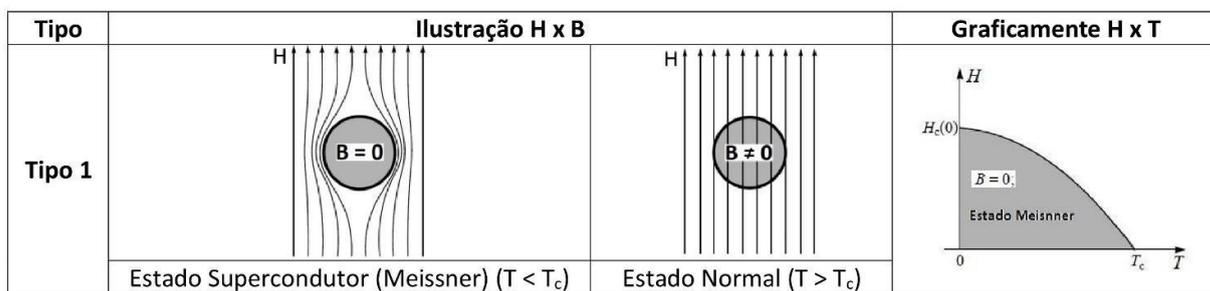
Cerâmicas Supercondutoras (Óxidos de Cobre)	Temperatura Crítica (T_c)
YBa ₂ Cu ₃ O ₇₊	93 K
Bi ₂ Sr ₂ Ca ₂ Cu ₃ O ₁₀	115 K
Hg _{0,8} Tl _{0,2} Ba ₂ Ca ₂ Cu ₃ O _{8,33}	138 K

Tabela 2. Cerâmicas Supercondutoras e suas respectivas Temperaturas Críticas

Tipos de Supercondutores

O efeito Meissner é uma característica comum a todos os supercondutores, mas a forma como ele surge permite classificar os materiais supercondutores em TIPO 1 e TIPO 2. Os supercondutores do Tipo 1 ao sofrerem a transição de fase sob um campo magnético de valor menor que o crítico, não permitem que ocorra nenhuma penetração de campo no interior da amostra. Os metais são supercondutores do Tipo 1.

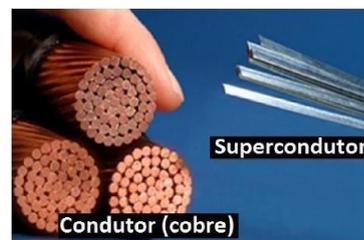
Os supercondutores do Tipo 2 possuem dois campos magnéticos críticos diferentes: o Estado Meissner, que ocorre para um valor de campo magnético crítico (B_{c1}), em geral muito pequeno e sem penetração de fluxo magnético na amostra; e o Estado Misto, que ocorre para valores de campo magnéticos maiores, no qual o fluxo magnético penetra parcialmente. Vale ressaltar que no segundo Estado, o campo magnético crítico (B_{c2}) é em geral muito maior que no Estado Meissner, permitindo ampla aplicação tecnológica dos supercondutores desse tipo. Os metais Vanádio, Tecnécio, Nióbio, algumas ligas metálicas e as cerâmicas são supercondutores do Tipo 2. Ver quadros abaixo.



H: Campo Magnético Externo / B: Resposta Magnética do Supercondutor

Aplicações dos Supercondutores

A supercondutividade acontece a baixas temperaturas, mas já existem aplicações industriais para os supercondutores. Uma das primeiras aplicações está no transporte de energia por fios sem resistência elétrica. No entanto, o difícil processo de fabricação e o preço de refrigeração torna a tecnologia muito cara para aplicações em longo alcance, limitando o uso a aplicações experimentais e de curtas distâncias. Os processos de produção de energia elétrica também são beneficiados pelos supercondutores, pois geradores e motores elétricos podem ter sua eficiência aumentada e seu tamanho reduzido graças à troca dos fios de cobre por seu equivalente supercondutor.



Fitas supercondutoras equivalentes ao fio de cobre



Equipamento de RMN

Supercondutores quando usados em bobinas podem produzir campos magnéticos poderosos. Este princípio é usado em equipamentos de ressonância magnética nuclear (RMN), que funcionam pelo princípio de ressonância magnética dos átomos de hidrogênio nas moléculas de água do corpo e aceleradores de partículas, como o LHC (Large Hadrons Colider), instalado entre a França e Suíça, desenvolvido para realizar a colisão entre prótons. Dos vestígios desse choque, pode-se descobrir como a matéria surgiu e se comporta no Universo.

O

Efeito Meissner nos supercondutores pode ser usado para provocar a levitação magnética entre um supercondutor e um ímã colocado sobre ele. Este efeito pode ser usado para evitar o atrito mecânico das rodas do trem com o trilho, surge então, os trens magneticamente levitados (MAGLEV). O Japão já possui linhas de transporte em fase de testes e o Brasil desenvolve um projeto similar para transporte urbano, denominado MagLev Cobra, pesquisado e desenvolvido no Laboratório de Aplicações de Supercondutores – LASUP da UFRJ.

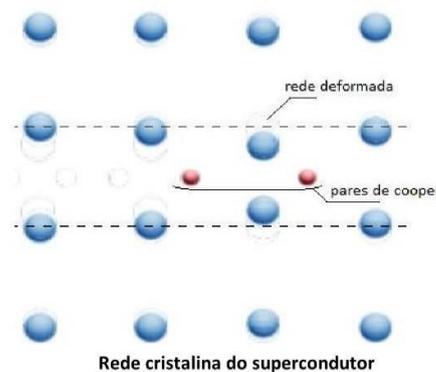


Trem MagLev Cobra - Brasil

Os supercondutores podem ser aplicados em dispositivos eletrônicos através das Junções Josephson, que são formadas de dois supercondutores separados por uma fina camada de material isolante. As junções podem ser colocadas em anéis supercondutores para detecção de campos magnéticos muito fracos, sendo nomeados de Squid. Uma outra aplicação das Junções Josephson está na eletrônica digital, onde microprocessadores simples baseados nas junções, já foram testados atingindo velocidades de chaveamento até 100 vezes maior que outros processadores semicondutores semelhantes, ou seja, a supercondutividade pode permitir que sejam construídos processadores até 100 vezes mais rápidos que os atuais.

Teorias por traz da Supercondutividade

A única teoria capaz de explicar satisfatoriamente e ser compatível com as observações experimentais nos supercondutores é chamada de Teoria BCS, proposta em 1957, explicando adequadamente o fenômeno apenas para supercondutores metálicos, recebendo o nome de seus idealizadores: John Bardeen, Leon Cooper e Robert Schrieffer, ganhadores do Premio Nobel de 1972. A teoria BCS prevê o aparecimento de pares de elétrons (Pares de Cooper) em movimento nos supercondutores. Essa formação de pares só é possível pelo acoplamento do par com a deformação da rede cristalina do material, denominada fônon. Um fônon é uma deformação mecânica que se propaga na rede cristalina do sólido como uma onda.



Rede cristalina do supercondutor

Esse acoplamento é explicado quando o primeiro elétron do par passa pela rede deformando os ions positivos e aproximando-os, produzindo então, uma região com maior carga positiva capaz de capturar através da atração coulombiana o segundo elétron do par, ver figura acima. Pode-se fazer uma analogia mecânica deste processo através do “efeito colchão”, com duas esferas sólidas e um colchão. Se uma das esferas se movimenta sobre o colchão, rolando sobre ele, ela deforma sua superfície, quando esta esfera passar próximo da segunda, a deformação produzida será capaz de captura-la e então as esferas passarão a estar em movimento acoplado (em pares). A interação elétron-rede-elétron ou simplesmente elétrons-fônon é o que explica satisfatoriamente a supercondutividade em supercondutores metálicos. No entanto, ainda hoje não existe uma teoria que explique por completo o fenômeno da supercondutividade em todos os supercondutores.

SUPERCONDUTIVIDADE: UMA PROPOSTA NO PROCESSO DE ENSINO-APRENDIZAGEM DE FÍSICA

Quadro 3 – Cronograma de Aplicação

nº	Atividade	Descrição	Tempo (aulas)
1	Questionário investigativo para verificar os conhecimentos que os alunos tinham anteriormente com relação à Supercondutividade	<ul style="list-style-type: none"> • Aplicou-se questionário sobre tema de Supercondutividade. 	1
2	Apresentação de Vídeos de Experimentos sobre Levitação Magnética. Atividade 1 - Palavras Chave	<ul style="list-style-type: none"> • Apresentou-se um vídeo de 23 min relacionado ao tema de Supercondutividade. Um vídeo ilustrando o tema de levitação Magnética (10 min); • Aplicou-se uma Atividade 1 – Palavras-Chave, durante a aula, foi pedido que os alunos anotassem as palavras ou palavras que julgassem relevantes durante a apresentação dos vídeos bem como durante a realização dos experimentos em classe. 	2
3	Atividade 2 – com auxílio do professor.	<ul style="list-style-type: none"> • No laboratório, com ajuda do professor foi realizada uma pesquisa que consiste no uso da internet para que estudantes procurassem pelas palavras e dúvidas conceituais obtidas durante a Atividade 2 – Significando Palavras-Chave que acharam importantes na Atividade 1: Palavras-chave. Para os alunos que estavam assistindo aula de forma online, a professora pediu para que eles pesquisassem as palavras em seus próprios dispositivos eletrônicos. 	1
4	Atividade Mapa Conceitual 1	<ul style="list-style-type: none"> • Foi apresentado aos alunos o que é um mapa conceitual por meio de slides. A partir disto, foi realizado um mapa conceitual utilizando as palavras-chave identificadas na Atividade 1. Posteriormente, foi realizado um segundo mapa conceitual em forma de exercício e teste. 	1
5	Estudo do Texto “Supercondutores”	<ul style="list-style-type: none"> • Leitura sugerida do texto “Supercondutores”. A turma foi dividida em grupos de forma que respeitasse as normas de protocolo de segurança, por causa da pandemia, para discutir os tópicos do texto com posterior apresentação. • A forma de divisão dos grupos aconteceu de forma que os alunos que estavam presencialmente eram um grupo e alunos na forma online outro grupo. 	2
6	Aula expositiva com Apresentação em Slides Aplicação de Exercício	<ul style="list-style-type: none"> • Aula expositiva do tema sobre supercondutividade apresentando subtópicos como: -Onde e como se aplica a supercondutividade; -Semicondutores; -Força magnética; -Indução magnética; -Imãs. • Foi aplicado exercícios sobre Supercondutividade após 	2

		breve apresentação de slides com consulta ao texto.	
7	Atividade Mapa Conceitual 2	Novamente foi solicitada a elaboração de um Mapa Conceitual, após finalizar o tema Supercondutividade o qual foi utilizado como uma atividade avaliativa.	1
8	Experimento com os ímãs	<ul style="list-style-type: none"> Foi realizado um experimento sobre diamagnetismo, paramagnetismo e ferromagnetismo. 	1
9	Aplicar Questionário Avaliação dos Recursos Instrucionais e Questionário Autoavaliação Estudantil	<ul style="list-style-type: none"> Foi aplicado um questionário por meio do google formulários em que foi capaz avaliar os recursos usados na sequência didática. Aplicou-se um questionário de forma individual para que cada aluno pudesse avaliar e refletir seu aprendizado sobre o tema abordado. 	2

O Quadro a seguir exemplifica o conjunto de atividades realizadas sobre a supercondutividade numa forma didática e sequencial. Inclui-se neste quadro sugestões de mídia e todos os materiais utilizados para a completa realização das aulas.

Quadro 4 – Detalhamento das Atividades da Sequência Didática Supercondutividade

<p>Atividade 1:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Item: Questionário investigativo sobre Supercondutividade. <ul style="list-style-type: none"> ▪ Objetivo: Identificar quais os conhecimentos prévios dos estudantes sobre Supercondutividade. • Duração: • 1 aula; • Material: Google formulário.
<p>Atividade 2:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Item 1: Vídeo sobre o tema de supercondutividade (23 min); <ul style="list-style-type: none"> ▪ Objetivo: O vídeo explica de forma breve e visual sobre o fenômeno da Supercondutividade e suas aplicações, introduzindo assim melhor os alunos ao tema; • Item 2: Vídeo do fenômeno de levitação magnética <ul style="list-style-type: none"> ▪ Objetivo: A apresentação do vídeo tem como objetivo ilustrar aos estudantes como ocorre o fenômeno da levitação magnética em um exemplo prático. • Item 3: Atividade 1 – Anotação de Palavras-Chave, as quais devem ser anotadas pelos alunos enquanto o vídeo é apresentado; <ul style="list-style-type: none"> ▪ Função: Esta anotação tem a função de colaborar para a geração de organizadores prévios gerais. • Duração: 2 aula • Material: Projetor Digital e Computador para os vídeos;
<p>Atividade 3:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Item 1: Vídeo do experimento Paramagnetismo. <ul style="list-style-type: none"> ▪ Objetivo: Mostrar o resultado da interação entre o campo magnético de um ímã com o campo magnético de outro ímã; • Duração: 1 aula • Material: Projetor Digital e Computador para os vídeos.

Folhas A4 para a Atividade 1 – Palavras-Chave;

Atividade 4:

- **Item:**
Atividade 2 – Significando Palavras-Chave com pesquisa na internet sobre as Palavras-Chave do tema Supercondutividade;
 - **Objetivo:**
Incentivar os estudantes a pesquisarem na internet as palavras anotadas enquanto assistiam os vídeos sobre Supercondutividade, bem como outras palavras que obtiveram dúvidas durante a aula.
O objetivo desta atividade é oferecer aos estudantes os pré-requisitos sobre o fenômeno de supercondutividade, bem como introduzir os conceitos das teorias sobre o assunto e as aplicações dos supercondutores e seus diferentes tipos.
Obs.: Caso não seja possível acessar a internet em aula, cabe ao professor determinar a melhor maneira de pesquisa. Como exemplo na falta de acesso a internet pelos alunos, o professor pode ficar responsável pela pesquisa em casa, e salvar as 10 primeiras páginas em mídia física externa como pen drives e assim disponibilizar aos alunos nos computadores do laboratório de informática.
- **Duração:**
1 Aula
- **Material:**
Dispositivos eletrônicos do laboratório de informática;
Folhas A4 para a Atividade 2 – Significando Palavras-Chave;

Atividade 5:

- **Item:**
Mapa Conceitual 1
 - **Objetivo:**
Permitir que os alunos expressassem os conhecimentos obtidos sobre Supercondutividade até o momento.
- **Duração:**
1 aula;
- **Material:**
Folhas A4 para a produção do Mapa Conceitual 1;

Atividade 6:

- **Item 1:**
Divisão da turma em grupos de acordo com os tópicos apresentados no texto para apresentação;
 - **Objetivo:**
Para esta atividade, os estudantes deverão ser divididos em grupos, compartilhando assim os conhecimentos e dúvidas obtidas. Cada participante do grupo deverá apresentar o que entendeu de cada tópico com clareza.
- **Duração:**
1 aula;
- **Material:**
Folhas A4 para o texto “Supercondutores”;
Plataforma Google Meets.

<p>Atividade 7:</p> <ul style="list-style-type: none">• Item 1: Leitura do texto em sala de aula, salientando os principais conceitos e sanando as possíveis dúvidas<ul style="list-style-type: none">▪ Objetivo: Estimular a leitura do texto por parte dos alunos;• Duração: 1 aula• Material: Já disponibilizado aos alunos.
<p>Atividade 8:</p> <ul style="list-style-type: none">• Item 1: Aula expositiva com apresentação de slides sobre Supercondutividade (40 min);<ul style="list-style-type: none">▪ Objetivo: Realizar explicações decorrentes do fenômeno da supercondutividade, bem como apresentar conceitos, teorias e suas aplicações;• Item 2: Aplicação do Exercício sobre Supercondutividade após a aula anterior. O texto fonte poderá ser utilizado como fonte de consulta para a execução desta atividade.<ul style="list-style-type: none">▪ Objetivo: Realizar um teste dos conhecimentos obtidos por cada aluno verificando o aprendizado dos conceitos essenciais em cada questão comparada a atividade disponibilizada para consulta.• Duração: 2 aulas;• Material: Projetor Digital e Computador a apresentação com Slides.
<p>Atividade 9:</p> <ul style="list-style-type: none">• Item: Mapa Conceitual<ul style="list-style-type: none">▪ Objetivo: Permitir que o aluno possa expressar seus conhecimentos obtidos ao final da sequência didática sobre o tema Supercondutividade;• Duração: 1 aula;• Material: Folhas A4 para a produção do Mapa Conceitual 2. Plataforma Classroom.

Atividade 11:

- **Item 1:**

Experimento sobre Diamagnetismo da água

Objetivo:

A apresentação do experimento teve como objetivo ilustrar aos estudantes como ocorre o fenômeno do diamagnetismo em um exemplo prático. Com duração de 20 min

Item 2:

Experimento sobre o Paramagnetismo.

- **Objetivo:**

A apresentação experimento teve como objetivo ilustrar aos estudantes como ocorre o fenômeno do paramagnetismo em um exemplo prático. Com duração de 15 min

Item 3:

Experimento sobre o Ferromagnetismo.

- **Objetivo:**

A apresentação experimento teve como objetivo ilustrar aos estudantes como ocorre o fenômeno do ferromagnetismo em um exemplo prático. Com duração de 15 min

- **Duração:**

1 aula;

- **Material:**

Imãs.

Tesoura.

Um recipiente fechado com água.

Fio de nylon.

Dinamômetro.

Clips.

Moedas de cobre e Níquel.

Atividade 11:

- **Item 1:**

Questionário Avaliação dos Recursos Instrucionais.

Objetivo:

Quantificar os efeitos dos recursos instrucionais empregados durante a aplicação da sequência didática em conjunto com os estudantes em seu interesse, participação, compreensão e realização das atividades propostas;

Item 2: Questionário Autoavaliação Estudantil.

- **Objetivo:**

Permitir que cada estudante fosse capaz de realizar uma autoavaliação sobre seu desempenho durante a realização desta sequência didática;

- **Duração:**

1 aula;

- **Material:**

- Formulário Google para os Questionários da Avaliação dos Recursos Instrucionais e Questionário da Autoavaliação Estudantil.



Nome _____

Data _____

Turma _____

Prezado Aluno,

Peço a sua colaboração para o preenchimento do questionário abaixo. O objetivo deste questionário é verificar se o aluno já possui algum conhecimento prévio sobre Supercondutividade.

Não se preocupe se não souber nada sobre o assunto, apenas seja sincero ao responder cada questão.

1) Você sabe o que é a Supercondutividade?

() sim () não

Explique com suas palavras: _____

2) Você já teve contato com algum material sobre Supercondutividade? Considere aqui, artigos, livros, internet, programas de tv, etc...

() Sim. Como você ouviu falar? _____

() Não

3) Você sabe como ocorre o fenômeno da Supercondutividade?

() Sim Explique com suas palavras o que você sabe sobre Supercondutividade: _____

() Não

4) Você tem conhecimento de alguma tecnologia envolvendo supercondutores?

() Sim Cite algum exemplo: _____

() Não

5) Você teria curiosidade de conhecer mais sobre a Supercondutividade?

() Sim O que você gostaria de aprender sobre Supercondutividade: _____

**Vídeo 1 "Supercondutividade" e
Vídeo 2 "Levitação Magnética em Pastilha Supercondutora"**

Vídeo 1: "Supercondutividade"

Link de acesso:

Supercondutividade 1: <http://www.youtube.com/watch?v=kknED0CaphE>

Supercondutividade 2: http://www.youtube.com/watch?v=JqD_Ng1DIIs

Supercondutividade 3: <https://www.youtube.com/watch?v=yvZV7bWMhw8>

Vídeo 2: "Levitação Magnética em Pastilha Supercondutora"

Link de acesso:

<http://www.youtube.com/watch?v=rIGHjQKpaB0>

Atividade 2 – Busca dos significados para as Palavras-Chaves (Lab. De Informática)



Nome	Data	Turma
------	------	-------

Prezado aluno, pesquise na internet o significado das palavras abaixo:

Palavra 01: **Supercondutividade**

Palavra 02: **Resistência Elétrica Nula**

Palavra 03:

Efeito Meissner

Palavra 04:

Supercondutores Tipo I

Palavra 05:

Supercondutores Tipo II

Palavra 06:

Teoria BCS

Palavra 07:

Aplicações dos Supercondutores

Se além destas palavras já listadas você também foi capaz de identificar outras, pesquise na internet o significado das palavras consideradas relevantes por você nas atividades anteriores (vídeo e experimento). Procure quantas palavras julgar necessário.

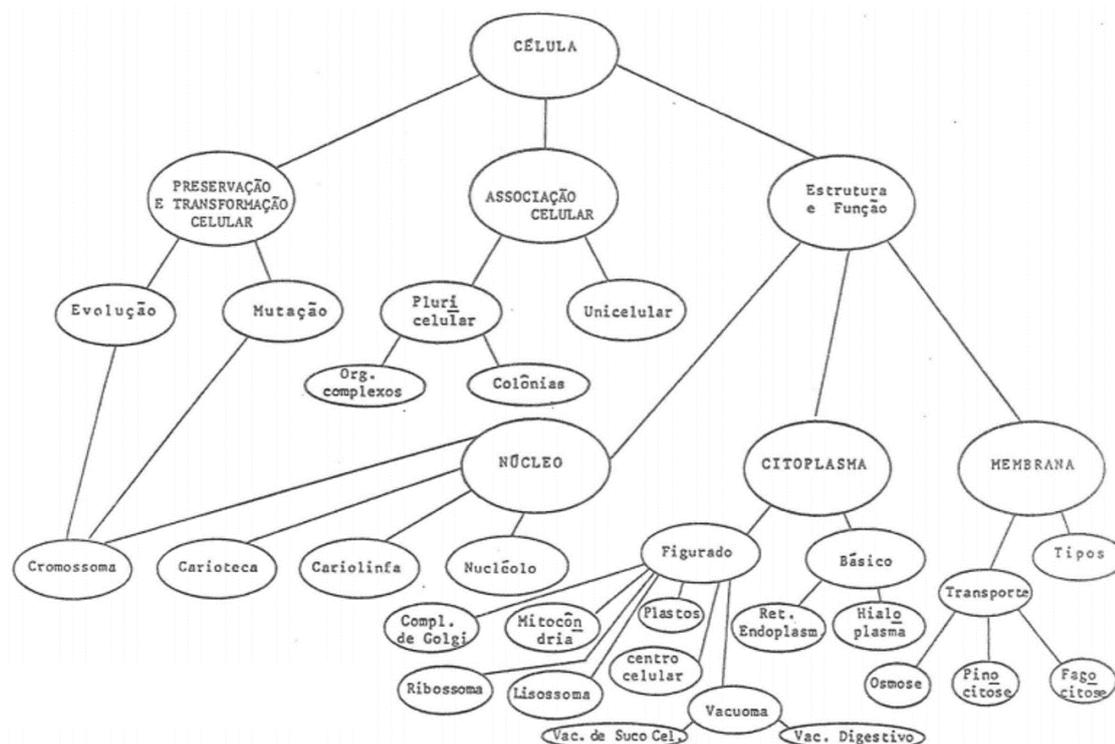
Palavra 08:

Palavra 09:

Mapa Conceitual 1 e Pré-Teste

Elaboração de um mapa conceitual

Um mapa conceitual é muitas vezes recorrido para a organização de ideias. Consiste na elaboração de um diagrama que é representado de forma gráfica, associando diversos conceitos de forma hierárquica e/ou conectando conceitos. Geralmente, são separados por nós representados por caixas ou círculos, que por sua vez são conectados por setas ou linhas.



Exemplo de Mapa Conceitual. Nele, é possível observar os principais componentes de uma célula, e sua relação entre eles.

Fonte: (MOREIRA, 1992)

Será apresentado aos alunos a formulação de um Mapa Conceitual, para que os alunos possam elaborar seus próprios mapas conceituais a partir da Atividade 1.

Nome:

| Data:

| Turma:

MAPA CONCEITUAL 01

Prezado aluno, peço a sua atenção para a elaboração de um **Mapa Conceitual** sobre os conceitos estudados em classe. Este mapa tem objetivo de verificar seus conhecimentos sobre a **Supercondutividade**.

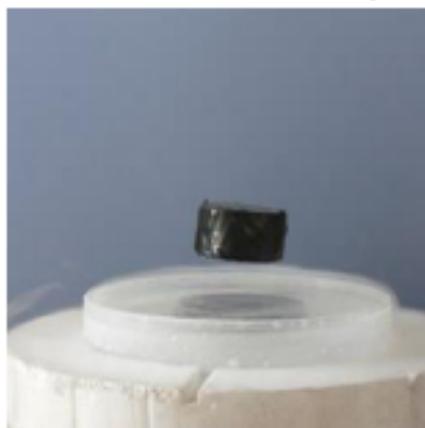
Faça o mapa conceitual com bastante **atenção**. Ele deve refletir o seu conhecimento.

Texto – SUPERCONDUTIVIDADE, O QUE É ISSO?

O seguinte texto deverá ser disponibilizado aos alunos. No texto “Supercondutividade, o que é isso?”, os alunos deverão realizar um resumo sobre o que foi aprendido que deverá ser realizado de forma individual.

SUPERCONDUTIVIDADE, O QUE É ISSO?

Texto feito a partir de recortes de outros textos



O fenômeno da supercondutividade é um fenômeno físico que foi descoberto em 1911 pelo físico holandês Kamerlingh Onnes, o qual recebeu o prêmio Nobel dois anos mais tarde em virtude de seus trabalhos com baixas temperaturas. Ele verificou que certos tipos de substâncias quando em temperaturas muito baixas, muito próximas do zero absoluto, apresentavam resistência elétrica quase nula, ou seja, elétrons livres que fazem a condução

da corrente elétrica podiam transitar livremente na rede cristalina. Esse fenômeno, observado por Onnes, ficou conhecido como supercondutividade e o material que se encontra nesse estado é denominado de supercondutor.

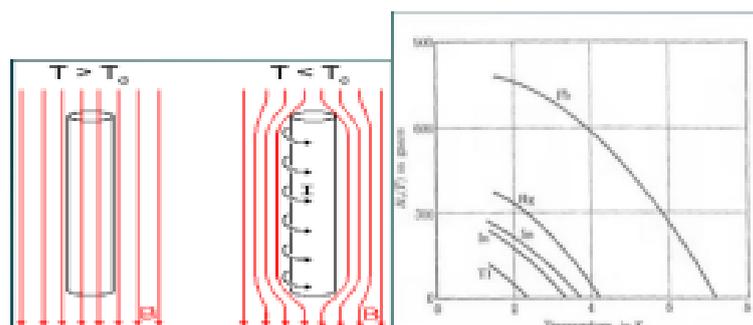
Existe uma temperatura na qual a substância passa a ser supercondutora, a qual é denominada de temperatura de transição e é variável de material para material. No mercúrio esse fenômeno ocorre à temperatura de 4K, já o chumbo à temperatura de 7K. Desde as descobertas realizadas por Onnes, inúmeros cientistas passaram a se preocupar em descobrir novas substâncias que pudessem apresentar o fenômeno da supercondutividade a altas temperaturas, ou seja, eles estavam tentando encontrar temperaturas de transição mais elevadas que as descobertas pelo físico Onnes. Apesar de todos os esforços, eles conseguiram chegar à temperatura de 25K. No ano de 1986 os cientistas tiveram grande surpresa, foi descoberto um novo material: uma cerâmica cuja composição tinha o óxido de cobre, misturados com lantânio ou ítrio e cuja temperatura de transição era 125K. Esse fato causou surpresa por que a cerâmica não é um bom condutor de eletricidade.

Os estudos na área da supercondutividade são muito importantes para inúmeros setores como, por exemplo, o setor de transmissão de energia elétrica. Nas transmissões de energia elétrica que ocorrem atualmente é contabilizada significativa perda de energia por efeito joule, efeito esse que ocorre em virtude da resistência dos cabos que transmitem energia. Nesse sentido, futuramente os materiais supercondutores poderão ser empregados no sistema de transmissão de energia elétrica de modo a tornar as perdas de energia menores.

A teoria de Bardeen, Cooper e Schrieffer (BCS) é a única capaz de explicar a origem microscópica da supercondutividade, porém, seu domínio de validade se restringe aos supercondutores convencionais. A teoria BCS foi desenvolvida em 1957 e seus autores ganharam o prêmio Nobel de 1972 pelo seu desenvolvimento. De acordo com a teoria BCS, o estado supercondutor está separado do estado normal por um gap de energia.

Esse gap seria originado da interação elétron-phonon-elétron. Essa interação indireta entre dois elétrons acontece quando o primeiro elétron interage com a rede cristalina e a deforma. O segundo elétron interage com a rede cristalina deformada e altera seu estado, de modo a diminuir sua energia. Essa interação entre os elétrons é, na verdade, atrativa! O par de elétrons que se interage possui característica central, que é: se um orbital com vetor de onda k e spin up está ocupado, então um orbital com vetor de onda $-k$ e spin down também está ocupado, o mesmo ocorrendo pra estados desocupados. Esse par de elétrons recebe o nome de par de Cooper, e é essencial para a teoria BCS. Porém, a teoria falha ao prever um limite superior para a temperatura de transição de fase supercondutora e ao descartar a possibilidade de coexistência entre supercondutividade e ferromagnetismo, o que mostra que ainda há muito a ser feito nessa área.

A princípio, se pensava que a supercondutividade fosse nada mais que a manifestação de resistividade elétrica nula (condutores ôhmicos perfeitos) ➤ A definição de supercondutividade veio em 1933 quando Meissner descobriu que um supercondutor, abaixo de sua temperatura crítica, repele o campo magnético em seu interior ➤ Além disso, o regime supercondutor é quebrado se o campo B ultrapassar o chamado campo crítico B_c



Existem cinco tipos básicos de magnetismo, de acordo com o comportamento magnético dos materiais em resposta a um campo magnético (dependendo da temperatura). São eles:

- Diamagnetismo
- Paramagnetismo
- Ferromagnetismo
- Ferrimagnetismo
- Antiferromagnetismo

Paramagnetismo

Em muitas substâncias os átomos possuem um momento dipolo magnético. Podemos imaginar seus átomos como pequenos ímãs (dipolos magnéticos). Neste tipo de material, os momentos orbital magnético e momento de spin dos átomos estão orientados de tal forma que cada átomo possui um momento dipolo magnético permanente.

Porém, sem a presença de um campo magnético externo, esses pequenos dipolos se orientam de maneira caótica, de modo que o campo magnético resultante é zero. É devido a fatores como a agitação térmica, a direção dos momentos magnéticos dos átomos possui orientação aleatória. Assim, o momento magnético resultante do átomo é igual a zero.

Porém, se um desses materiais for exposto a um campo magnético externo, seus dipolos magnéticos internos tentarão se alinhar na mesma direção desse campo (norte com norte e sul com sul). Desta forma, o material adquire um momento magnético resultante – ou seja, fica magnetizado.

O grau desse alinhamento depende de dois fatores: a intensidade do campo magnético (quanto maior o campo, mais fácil o alinhamento) e da temperatura (quanto menor a temperatura, mais fácil o alinhamento). Temperaturas mais altas causam maior agitação em nível atômico, o que amplia a aleatoriedade da orientação dos dipolos.

Se o campo magnético externo for removido, o caos retorna imediatamente aos dipolos do material, e não há magnetismo resultante – o material não se torna um ímã permanente, pois o alinhamento dos dipolos atômicos se perde devido à agitação térmica.

Materiais paramagnéticos são atraídos por um ímã, porém de forma extremamente fraca.

A seguir temos algumas das principais características de materiais paramagnéticos:

- Cada átomo no material é um dipolo magnético, que possui um momento magnético resultante.
- Quando colocada em um campo magnético externo, uma substância paramagnética é fracamente atraída e magnetizada na mesma direção do campo
- Em um campo magnético não-uniforme, esses materiais tem a tendência de se moverem da região mais fraca para a região mais forte do campo.
- Ao remover o campo magnético externo, a substância paramagnética perde seu magnetismo.
- Sua susceptibilidade magnética é bem pequena, porém positiva, e diminui com o aumento da temperatura

Exemplos de substâncias paramagnéticas: Alumínio, Platina, Tungstênio, Manganês, Cromo, Rutênio, Nióbio, Oxigênio.

Diamagnetismo

Todos os materiais, quando expostos a um campo magnético, reagem em algum grau a esse campo, gerando, em escala atômica, uma EMF (força eletromotriz) que se opõe a esse campo.

Substâncias diamagnéticas são fracamente magnetizadas quando colocadas em um campo magnético, porém em direção oposta ao campo aplicado.

Em uma substância diamagnética, os momentos orbital magnético e momento de *spin* estão orientados de tal forma que a soma vetorial do momento magnético do átomo é igual a zero.

Quando um material diamagnético é posicionado em um campo magnético, uma força eletromotriz induzida aumenta em cada átomo. Por conta disso, a velocidade dos elétrons que giram em uma direção aumenta, ao passo que elétrons que giram na direção oposta tem a sua velocidade reduzida. Desta forma, o material acaba adquirindo um momento magnético resultante em uma direção oposta à do campo aplicado.

Podemos, assim, listar as seguintes características dos materiais diamagnéticos:

- Um material diamagnético é repelido por um campo magnético externo (são repelidos por um ímã)
- O momento magnético de cada átomo é igual a zero.
- Quando colocada em um campo magnético externo, uma substância diamagnética é fracamente magnetizada, porém na direção oposta à do campo.
- Em um campo magnético não-uniforme, esses materiais tem a tendência de se moverem da região mais forte para a região mais fraca do campo.
- Sua suscetibilidade magnética é negativa.
- Não possuem retentividade magnética – ao retirarmos o campo magnético externo, essas substâncias perdem seu magnetismo.

Exemplos de substâncias diamagnéticas: Cobre, Prata, Ouro, Zinco, Cádmio, Água, Bismuto, Antimônio, Mercúrio, Xenônio.

Ferromagnetismo

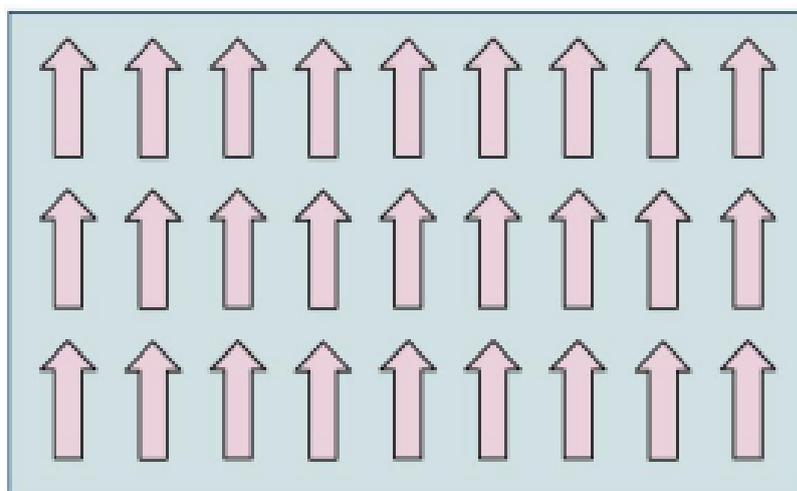
Uma substância ferromagnética é fortemente magnetizada quando inserida em um campo magnético, na mesma direção do campo aplicado. Além disso, esse tipo de substância tende a reter o momento magnético mesmo após a retirada do campo externo aplicado, tornando-se elas próprias ímãs. Materiais ferromagnéticos são atraídos por um **ímã**, de forma muito mais intensa que os materiais paramagnéticos.

O ferromagnetismo é, na verdade, uma manifestação especial do paramagnetismo. Porém, em materiais ferromagnéticos, o momento dipolo magnético dos átomos resultante é altamente influenciado pelo momento magnético de spin.

Nos materiais ferromagnéticos, os átomos também possuem momentos dipolos magnéticos. Porém, nesses materiais os átomos se alinham em domínios magnéticos, que são regiões nas quais os dipolos magnéticos estão 100% alinhados em uma mesma direção. Essas regiões podem ter até décimos de milímetro de tamanho. Porém, esses domínios se orientam em direções aleatórias entre si no material, de modo que o efeito magnético resultante é zero.

Ao aplicarmos um campo magnético, os domínios de um material ferromagnético se alinham na direção do campo aplicado. Se o campo magnético for forte o suficiente, o material alcançará o que chamamos de Saturação Magnética, na qual todos os domínios

estão alinhados na mesma direção. Neste caso, o magnetismo perdurará mesmo quando o campo magnético externo for retirado, e o material terá se transformado em um ímã permanente.



Orientação dos momentos magnéticos em um material Ferromagnético

Para remover esse magnetismo permanente o material deve ser aquecido a uma temperatura suficiente (temperatura Curie) para provocar novamente desordem entre os domínios magnéticos (que continuam a existir), ou então provocar choques físicos fortes no material (por exemplo, martelando-o!).

Listamos a seguir algumas características dos materiais ferromagnéticos.

- Quando colocados em um campo magnético externo, se tornam fortemente magnetizados na mesma direção do campo.
- Não perdem o magnetismo quando o campo magnético externo aplicado é removido, se tornando ímãs permanentes.
- Se tornam paramagnéticas se aquecidas acima do ponto Curie.
- São formadas por um grande número de pequenos domínios magnéticos.
- São atraídos fortemente por campos magnéticos externos
- Sua suscetibilidade magnética é grande, e positiva.

Exemplos de substâncias diamagnéticas: Níquel, Cobalto, Ferro, Neodímio, Samário; Ou seja, os Metais de Transição e as Terras Raras (Lantanídeos).

Ferrimagnetismo

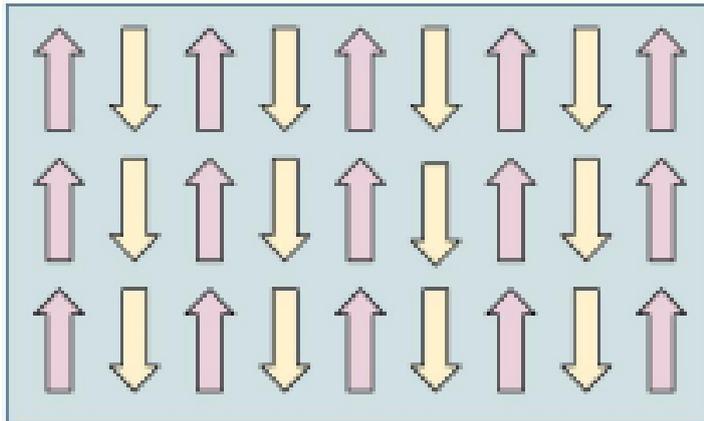
No ferrimagnetismo, os momentos magnéticos dos átomos do material se alinham de forma antiparalela (em direções opostas), porém de forma não igual, com um momento magnético resultante diferente de zero. Ou seja, temos uma orientação magnética antiparalela (acoplamento de troca negativo) entre momentos vizinhos.

Assim, uma magnetização espontânea permanece no material. Isso ocorre, geralmente, quando os conjuntos de átomos consistem em diferentes materiais ou ainda íons, como Fe^{2+} e Fe^{3+} .

O ferrimagnetismo é como uma espécie de combinação de ferromagnetismo com antiferromagnetismo, devido às similaridades entre suas propriedades.

Esse tipo de material encontra muitas utilidades em tecnologia, como na fabricação de discos rígidos de computadores, motores de potência e geradores de energia.

Se um material ferrimagnético for aquecido acima de seu ponto Curie, perderá sua magnetização, se comportando de forma paramagnética.



Orientação antiparalela dos momentos magnéticos em um material Ferrimagnético

A magnetita, exemplo mais antigo conhecido de material magnético, apresenta ferrimagnetismo (e não ferromagnetismo).

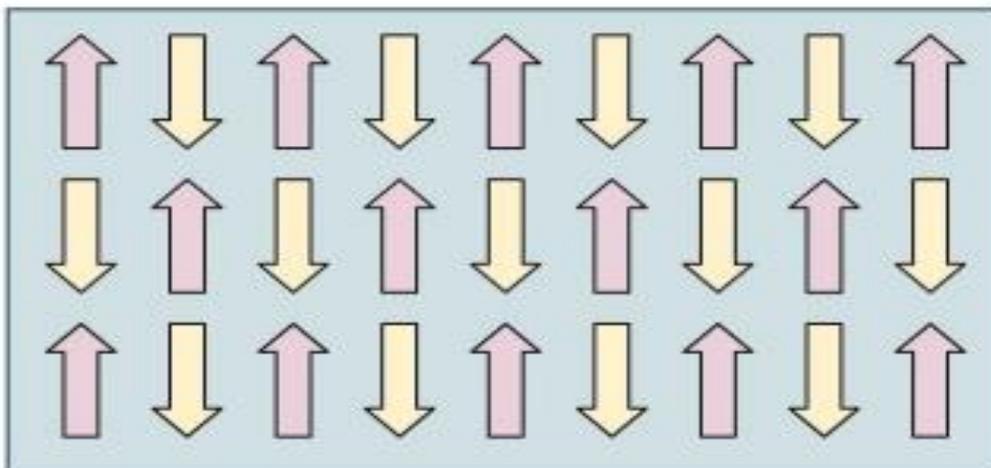
Exemplos de materiais que apresentam ferrimagnetismo são as Ferrites Cerâmicas (óxidos cerâmicos) e algumas pedras como a Granadas de Ferro-Ítrio e a Pirrotita.

Uma ferrite é, no geral, um material cerâmico criado a partir do óxido de um metal de transição, isolante, com uma fórmula química geral do tipo $MO \cdot Fe_2O_3$, no qual M é um íon bivalente especial como Mn^{2+} , Co^{2+} , Ni^{2+} ou Fe^{2+} , entre outros. Por exemplo, uma ferrite de níquel tem a fórmula $NiO \cdot Fe_2O_3$.

Antiferromagnetismo

Materiais antiferromagnéticos são aqueles nos quais os momentos magnéticos dos átomos ou moléculas se alinham em direção oposta. Portanto, os momentos magnéticos são ordenados, mas de forma antiparalela.

Esse alinhamento ordenado de um material antiferromagnético desaparece a partir de uma temperatura chamada de Temperatura Néel, que recebe esse nome por conta do cientista Louis Néel, que descobriu o fenômeno. Acima da temperatura Néel, o material antiferromagnético se torna paramagnético.



Orientaão antiparalela desigual dos momentos magnéticos em um material antiferromagnético

O antiferromagnetismo tem um papel muito importante em um fenômeno quântico chamado de *Magneto-resistência Gigante*, que possui inúmeras aplicaoes, tais como na fabricaao de discos rigidos de computadores, biosensores, sistemas microeletromecânicos (sensores MEMS), RAM magneto-resistiva (MRAM) e outros.

Exemplos de materiais antiferromagnéticos: Hematita, FeMn (Liga de Ferro-Manganês), NiO (óxido de niquel).

Na próxima liao falaremos sobre os tipos de imãs, temporários e permanentes, com destaque para os imãs permanentes.

Referências

- Gebreselasie, D. *Electricity, Magnetism, Optics and Modern Physics* 1a Ediao 2015 Ed. Bookboon
- Crowell, B. *Electricity and Magnetism* 2a Ediao 2002 Ed. Light and Matter
- Buschow, K.H.J.; De Boer, F.R. *Physics of Magnetism and Magnetic Materials* 1a Ediao 2004 Ed. Kluwer Academic Publishers
- Supercondutividade, **FÍSICA UFPR**. Disponível em: <http://fisica.ufpr.br/grad/supercondutividade.pdf> . Acessado 18 de janeiro de 2021.
- Supercondutividade que isso?, **Mundo educaao**. Disponível em: <https://mundoeducacao.uol.com.br/fisica/supercondutividade-que-isso.htm>. Acessado 18 de janeiro de 2021.

Extraído de:

- Gebreselasie, D. *Electricity, Magnetism, Optics and Modern Physics* 1a Ediao 2015 Ed. Bookboon
- Crowell, B. *Electricity and Magnetism* 2a Ediao 2002 Ed. Light and Matter
- Buschow, K.H.J.; De Boer, F.R. *Physics of Magnetism and Magnetic Materials* 1a Ediao 2004 Ed. Kluwer Academic Publishers
- Supercondutividade, **FÍSICA UFPR**. Disponível em: <http://fisica.ufpr.br/grad/supercondutividade.pdf> . Acessado 18 de janeiro de 2021.
- Supercondutividade que isso?, **Mundo educaao**. Disponível em: <https://mundoeducacao.uol.com.br/fisica/supercondutividade-que-isso.htm>. Acessado 18 de janeiro de 2021.

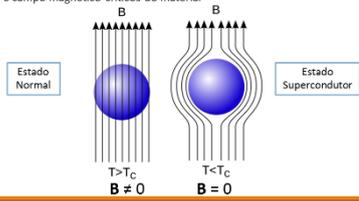
Slides para Aula Expositiva - Supercondutividade



Supercondutividade

Efeito Meissner

Todo supercondutor tem a propriedade de repelir o fluxo magnético do seu interior abaixo da temperatura e campo magnético críticos do material



Estado Normal: $T > T_C$, $B \neq 0$
 Estado Supercondutor: $T < T_C$, $B = 0$

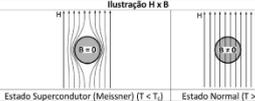
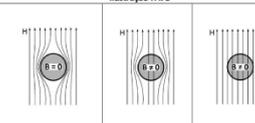
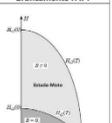
Descoberta

A supercondutividade foi primeiramente verificada por Heike Kamerlingh Onnes em 1911 em Leiden (Holanda). Ele observou que o mercúrio (Hg) era capaz de transportar corrente elétrica sem quase nenhuma resistência elétrica na temperatura de $-268,95^\circ\text{C}$.

Heike Onnes deu o nome de **supercondutividade** a este fenômeno. Em 1913, recebeu o Prêmio Nobel pela descoberta.



Tipos de supercondutores

Tipo	Ilustração H x B	Graficamente H x T
Tipo 1		
Tipo 2		

H: Campo Magnético Externo / B: Resposta Magnética do Supercondutor

Resistência Nula

Os supercondutores transportam corrente elétrica sem perda de energia por calor (Efeito Joule).

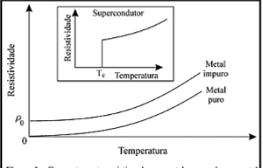


Figura 1 - Comportamento resistivo de um metal puro e de um metal contendo impurezas e ou falhas na estrutura cristalina. O detalhe gráfico ilustra melhor o comportamento distinto de um supercondutor, em que a resistividade se anula abaixo da T_c .

Teoria BCS

A Teoria BCS: para supercondutores do Tipo I.

Foi elaborada em 1957 por John Bardeen, Leon Cooper e Robert Schrieffer (ganhadores do Prêmio Nobel de 1972).

Esta teoria prevê a formação de pares de superelétrons (pares de Cooper) que interagem com a rede cristalina do material produzindo um movimento ordenado e sem choque entre os pares e a rede cristalina. Isto ainda não foi verificado para supercondutores do Tipo II.

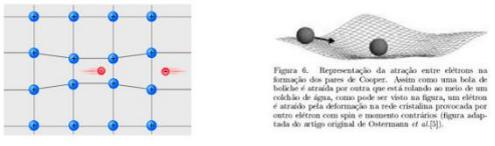
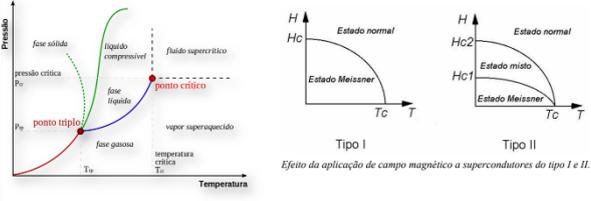


Figura 6. Representação da atração entre elétrons na formação dos pares de Cooper. Assim como uma bola de boliche é atraída por outra que está rolando ao lado de um colchão de água, assim pode ser visto na figura, um elétron é atraído pela deformação na rede cristalina provocada por outro elétron como aqui o momento constituinte (figura adaptada do artigo original de Ostermann et al.[5]).

Novo Estado Físico



Efeito da aplicação de campo magnético a supercondutores do tipo I e II.

Aplicações

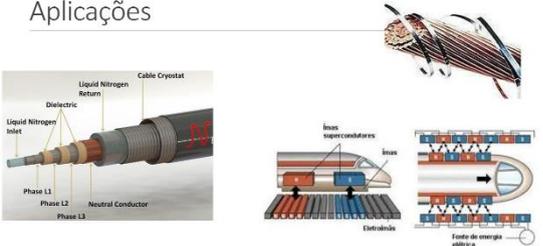


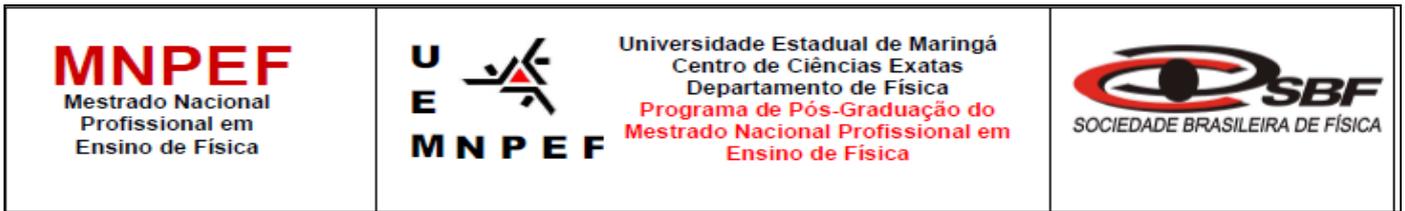
Diagrama de um sistema de transporte de energia elétrica por supercondutores, mostrando o líquido nitrogênio, o supercondutor, o dielétrico e o condutor neutro.

Diagrama de uma fita supercondutora (HTS) com suas camadas: Phase L1, Phase L2, e Neutral Conductor.

Equipamentos de Resseonância Magnética Nuclear (RMN)

Ressonância Magnética	Componentes de um sistema de RMN
Magneto Principal	1.2. Magneto Principal
Magneto Resistivo	
Magneto Permanente	
Magneto Supercondutor	
Imagens	

Atividade sobre Supercondutividade



Nome	Data	Turma
------	------	-------

Prezado Aluno,

Esta atividade tem a finalidade de identificar o seu aprendizado sobre o tema da Supercondutividade. Seja cauteloso em responder as questões abaixo, sendo claro e objetivo em suas respostas.

1) Quais os conceitos mais importantes sobre a supercondutividade em sua opinião?

2) Explique mais sobre paramagnetismo?

3) O que é diamagnetismo?

4) Como podemos definir o Efeito Meissner?

5) Explique o que é a Teoria BCS?

6) Qual diferença de ferrimagnetismo e ferromagnetismo?

7) É possível dizer que os avanços na compreensão da supercondutividade podem estar relacionada à uma provável revolução tecnológica? Por quê?

Texto para consulta as questões investigativas referente à Aprendizagem dos educandos na atividade sobre Supercondutividade

Supercondutividade é um novo estado físico, semelhante aos estados sólido, líquido e gasoso, apresentando resistência elétrica nula e o Efeito Meissner como características da fase supercondutora.

- Conceitos Importantes:
 - Nova fase da matéria (estado físico);
 - Resistência elétrica nula como característica;
 - Efeito Meissner como característica;

Os supercondutores podem ser divididos atualmente em 2 grupos, os do TIPO I e do TIPO II. Os supercondutores do TIPO I são caracterizados por apresentar o Efeito Meissner (Estado Meissner) com uma total blindagem magnética, ou seja, dentro de certos limites de campo magnético e corrente, o

supercondutor é capaz de bloquear completamente a passagem de campo magnético externo em seu interior (ver fig. 1). Os metais são supercondutores do TIPO I, exceto Vanádio, Tecnécio e Nióbio.

Os supercondutores do TIPO II, também apresentam o Efeito Meissner, mas em dois estágios, o primeiro acontece para pequenos valores de campo magnético com completa expulsão de fluxo magnético do interior do supercondutor.

O aparecimento do Efeito Meissner e a queda da resistência elétrica a zero, de forma abrupta, no material supercondutor.

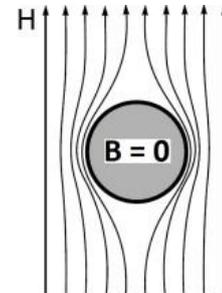
- Conceitos Importantes:
 - Efeito Meissner;
 - Resistência elétrica nula;

É a total ou parcial expulsão de um campo magnético externo de uma amostra de material na fase supercondutora. Este efeito está presente nos supercondutores do TIPO I e do TIPO II, respectivamente.

- Conceitos Importantes:
 - Expulsão total de fluxo magnético;

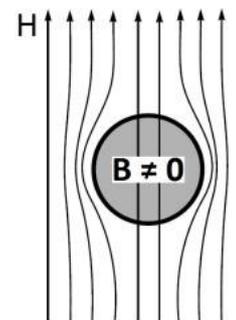
Teoria desenvolvida pelos Físicos John Bardeen, Leon Cooper e Robert Schrieffer, sendo a única capaz de explicar o mecanismo responsável pela supercondutividade em supercondutores do TIPO I. Sua principal característica reside na proposta de acoplamento de elétrons com deformações da rede cristalina do material. O primeiro elétron do par ao passar pela rede cristalina é capaz de deformá-la por atração colombiana dos íons positivos próximos, esta deformação leva um tempo para se desfazer, permitindo a existência de uma região positiva, capaz de capturar o segundo elétron do par, formando pares de elétrons (pares de Cooper) em movimento pela rede cristalina de forma ordenada e sem choques. Este comportamento, pode ser visualizado com uma analogia mecânica chamada de “efeito colchão”, onde duas esferas metálicas são os pares de elétrons e a deformação no colchão representa a deformação na rede cristalina. Quando a primeira bola entra em movimento a deformação gerada desloca-se junto e leva um tempo para cessar, ao passar perto da segunda esfera a deformação provocada pela primeira irá capturar a segunda, permitindo que as bolas metálicas se movimentem aos pares pelo colchão. Vale ressaltar que não existe, ainda hoje, uma teoria que explique a supercondutividade em todos os supercondutores.

- Conceitos Importantes:



Estado Supercondutor (Meissner)

Seja - H: Campo Magnético Externo /
B: Resposta Magnética do Supercondutor



Estado Misto

Seja - H: Campo Magnético Externo /
B: Resposta Magnética do Supercondutor

- Pares de Elétrons;
- Pares de Cooper;
- Movimento acoplado entre pares de elétrons com a rede cristalina;
- Interação Elétrons-Fônons;
- Efeito "colchão";

Os supercondutores são usados geralmente em trens maglev, equipamentos de RMN, aceleradores de partículas, junções Josephson, squid`s, magnetômetros e fios de transmissão para curtas distâncias. Com a possível descoberta de supercondutores de maior temperatura crítica, melhora-se e amplia-se a aplicação tecnológica destes materiais a toda eletroeletrônica moderna.

- Conceitos Importantes:
 - Trens maglev;
 - Equipamentos de RMN;
 - Aceleradores de Partículas;
 - Magnetometria;
 - Fios de Transmissão de Energia;
 - Junções Josephson;
 - Squid`s;

A descoberta de supercondutores de alta temperatura crítica pode revolucionar toda a eletrônica moderna, o setor de produção, transmissão e armazenamento de energia elétrica e transportes. A primeira aconteceria com a possível substituição de transistores a base de silício por seu equivalente supercondutor, possibilitando a criação de circuitos eletrônicos menores, mais eficientes e velozes. A segunda aconteceria pela utilização de supercondutores em geradores elétricos, linhas de transmissão e baterias que se valeriam da resistividade nula destes materiais, não havendo perdas energéticas por efeito joule nestes equipamentos. A terceira seria possível graças ao Efeito Meissner presente nos supercondutores, permitindo a criação de veículos levitados magneticamente, como os trens maglev.

Extraído de: Supercondutividade: uma proposta de inserção no ensino médio; Dissertação de Mestrado Profissional do Centro de Ciência Exatas da Universidade Federal do Espírito Santo, Vitória, 2014 (VIEIRA, 2014).

Questionário de Avaliação dos Recursos Instrucionais

 <p>MNPEF Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física</p>	 <p>Universidade Estadual de Maringá Centro de Ciências Exatas Departamento de Física Programa de Pós-Graduação do Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física</p>	 <p>SBF SOCIEDADE BRASILEIRA DE FÍSICA</p>
--	--	--

Nome _____

Data _____

Turma _____

Prezado Aluno,

Esse questionário tem o objetivo de verificar o quanto você se sentiu motivado ao estudar sobre Supercondutividade com a utilização dos **Recursos Instrucionais** durante todo o trabalho.

O importante é que sua resposta reflita sua opinião em cada questão.

Dê sua nota, marcando um **X**, para cada item de avaliação, de acordo com a seguinte gradação:

1	2	3	4	5
Péssimo	Ruim	Regular	Bom	Ótimo

		Péssimo Ótimo				
		1	2	3	4	5
1	Os Recursos Instrucionais utilizados despertaram meu interesse para o fenômeno Supercondutividade?					
2	Os Recursos Instrucionais utilizados contribuíram para que eu participasse da aula respondendo às perguntas dirigidas a turma?					
3	Os Recursos Instrucionais utilizados contribuíram para que eu participasse da aula fazendo, espontaneamente, perguntas ou comentários sobre o fenômeno Supercondutividade?					
4	Os Recursos Instrucionais utilizados aumentaram minha disposição em realizar as atividades propostas?					
5	Os Recursos Instrucionais utilizados contribuíram para que eu visualizasse o fenômeno e assim compreendesse melhor as Propriedades, Conceitos e Teorias associadas a Supercondutividade?					
6	Os Recursos Instrucionais utilizados prenderam a minha atenção para as explicações e as discussões sobre Supercondutividade?					
7	Os Recursos Instrucionais aumentaram o meu interesse em buscar mais informações sobre o tema Supercondutividade?					
8	Os Recursos Instrucionais aumentaram o meu interesse em buscar mais informações sobre Física e Ciências em geral?					
9	Os Recursos Instrucionais me ajudaram a entender melhor o fenômeno da Supercondutividade?					
10	Classifique o curso de Supercondutividade.					

11	Os Recursos Instrucionais utilizados contribuíram para que eu relacionasse o fenômeno da supercondutividade com alguma aplicação tecnológica? Sim () Qual? _____ Não ()
----	---

12	Sugestão, críticas ou elogios.
	Utilize o verso, se necessário.

Questionário de Autoavaliação Estudantil



Nome _____

Data _____

Turma _____

Prezado Aluno,

Esse questionário tem o objetivo de permitir uma auto avaliação durante todo o trabalho. O importante é que sua resposta reflita sua opinião em cada questão.

Dê sua nota marcando com um **X** em cada item de avaliação, de acordo com a seguinte classificação:

1	2	3	4	5
Nunca	Poucas Vezes	Às Vezes	Muitas Vezes	Sempre

		1	2	3	4	5
		Nunca	Poucas Vezes	Às Vezes	Muitas Vezes	Sempre
01	Sou pontual e evito faltar as aulas.					
02	Tenho comportamento adequado a uma sala de aula.					
03	Respeito os meus colegas no seu espaço de aula.					
04	Estou atento e concentrado durante as aulas da disciplina.					
05	Esclareço as dúvidas que tenho em devido tempo.					
06	Sou portador do material necessário à aula.					
07	Faço registro dos assuntos que considero relevantes para a minha aprendizagem em meu caderno.					
08	Estou empenhado na execução das tarefas propostas.					
09	Sou metódico e rigoroso na execução das tarefas propostas.					
10	Distribuo meu tempo adequadamente para a execução das tarefas propostas.					
11	Cumpro todos os requisitos das tarefas propostas.					
12	Mostro empenho em apresentar as tarefas bem feitas, de acordo com minhas capacidades.					
13	Faço as atividades propostas para casa em tempo de entrega-las e/ou discuti-las.					

14	Como avalio o meu desempenho geral durante o trabalho:
----	--

Planos de Aula dos Conhecimentos Prévios sobre Tema Supercondutividade

Roteiro básico para Plano de Aula – Supercondutividade

<p>I. Plano de Aula: Diamagnetismo, Paramagnetismo e Ferromagnetismo. Data:</p>
<p>II. Dados de Identificação: Instituição: Professor (a): Professor (a) estagiário (a): Disciplina: Período: Turma:</p>
<p>III. Tema:</p> <ul style="list-style-type: none"> • As diferenças e os efeitos de materiais Diamagnéticos, Paramagnéticos e Ferromagnéticos.
<p>IV. Conhecimentos Prévios: Sem conhecimentos prévios iniciais;</p>
<p>V. Objetivos:</p> <p>Objetivo geral:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Conhecer os principais materiais: Diamagnéticos, Paramagnéticos e Ferromagnéticos e os efeitos dessas substâncias magnéticas. <p>Objetivos específicos:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Entender o comportamento e o domínio de uma substância diamagnética na presença de um campo magnético externo; • Identificar a causa do efeito do Diamagnetismo, Magnetismo e Ferromagnetismo; • Determinar as permeabilidades relativas típicas de materiais Diamagnéticos, Paramagnéticos e Ferromagnéticos;
<p>VI. Conteúdo:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Eletricidade; • Campo Magnético; • Eletromagnetismo;
<p>VII. Desenvolvimento do tema:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Atividade de pesquisa, em casa ou no laboratório de informática da escola sobre o tema Supercondutividade; • Apresentação do vídeo (10 min): “Levitação”; • Apresentação de experimentos referente o Diamagnetismo, Paramagnetismo e Ferromagnetismo; • Discussão dos tipos de materiais e efeitos Diamagnéticos, Paramagnetismo e Ferromagnetismo com aula expositiva;
<p>VIII. Recursos didáticos:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Projetor Digital; • Computador; • Caixa Acústica; • Sala de aula

IX. Avaliação:

Avaliação fica a critério da professora;

- Atividades

Atividade realizada junto a pesquisa na web;

Produção de Mapa Conceitual -Tema: Supercondutividade;

- Critérios adotados para correção das atividades.

Os critérios para as correções das atividades estarão sob julgamento da professora deste plano de aula;

Bibliografia:

Artigos científicos:

MOREIRA, M. A. Mapas conceituais no Ensino da Física. **Textos de Apoio ao Professor de Física**, n. 3, p. 37, 1992. Disponível em: <https://www.if.ufrgs.br/public/tapf/n3_moreira.pdf>.

VIEIRA, D. M. Supercondutividade: uma proposta de inserção no ensino médio. p. 152, 2014. Disponível em: <http://portais4.ufes.br/posgrad/teses/tese_8057_David_Menegassi-V2.pdf>.

Web:

<http://www.infoescola.com/fisica> <http://www.brasilecola.uol.com.br/fisica>

<http://pt.wikipedia.org/wiki/Diamagnetismo>

Livros Didáticos:

Livro Texto adotado pela Instituição de Ensino.

Vídeos:

Supercondutividade: <http://www.youtube.com/watch?v=kknED0CaphE>

“Levitação Magnética em Pastilha Supercondutora” <http://www.youtube.com/watch?v=rIGHjQKpaB0>

Roteiro básico para Plano de Aula – Mapas Conceituais

<p>I. Plano de Aula: Mapas Conceituais Data:</p>
<p>II. Dados de Identificação: Instituição: Professor (a): Professor (a) estagiário (a): Disciplina: Período: Turma:</p>
<p>III. Tema:</p> <ul style="list-style-type: none"> • A utilização dos mapas conceituais em Sala de Aula
<p>IV. Conhecimentos Prévios: Sem conhecimentos prévios iniciais;</p>
<p>V. Objetivos:</p> <p>Objetivo geral:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Conhecer os mapas conceituais como ferramenta de aprendizagem; <p>Objetivos específicos:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Ensinar ao estudante a usar mapas conceituais; • Visualizar alguns modelos de mapas conceituais em diversas áreas do conhecimento; • Aplicar a ferramenta em sala de aula;
<p>VI. Conteúdo:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Mapas conceituais;
<p>VII. Desenvolvimento do tema:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1) Apresentação dos mapas conceituais e exemplos; 2) Discussão do uso dos mapas conceituais; 3) Atividade: Produzir um mapa conceitual a partir do tema ESCOLA;
<p>VIII. Recursos didáticos:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1) Projetor Digital; 2) Computador; 3) Sala de aula; 4) Folhas a4; 5) Google formulário.
<p>IX. Avaliação: Avaliação a critérios do professor aplicador deste plano de aula;</p> <p>- Atividades Produção de Mapa Conceitual – Tema: Escola;</p> <p>- Critérios adotados para correção das atividades. Critério para correção de atividades sob julgamento da professora;</p>

X. Bibliografia:

Web:

“Levitação Magnética em Pastilha Supercondutora” <http://www.youtube.com/watch?v=rIGHjQKpaB0>

Ausubel, D.P. (2003). Aquisição e retenção de conhecimentos: uma perspectiva cognitiva. Lisboa: Plátano Edições Técnicas. Tradução de The acquisition and retention of knowledge: a cognitive view. (2000). Kluwer Academic Publishers.

Novak, J.D. e Gowin, D.B. (1996). Aprender a aprender. Lisboa: Plátano Edições Técnicas. Tradução de Learning how to learn. (1984). Ithaca, N.Y.: Cornell University Press.

Livro Texto adotado pela Instituição de Ensino.

MOREIRA, M. A. Mapas conceituais no Ensino da Física. **Textos de Apoio ao Professor de Física**, n. 3, p. 37, 1992. Disponível em: <https://www.if.ufrgs.br/public/tapf/n3_moreira.pdf>.

VIEIRA, D. M. Supercondutividade: uma proposta de inserção no ensino médio. p. 152, 2014. Disponível em: <http://portais4.ufes.br/posgrad/teses/tese_8057_David_Menegassi-V2.pdf>.

Web:

<http://www.infoescola.com/fisica> <http://www.brasilecola.uol.com.br/fisica>

<http://pt.wikipedia.org/wiki/Diamagnetismo>

Livros Didáticos:

Livro Texto adotado pela Instituição de Ensino.

Vídeos:

Supercondutividade: <http://www.youtube.com/watch?v=kknED0CaphE>

Vídeos:

Mapas Conceituais - http://www.youtube.com/watch?v=9W_lo8-TszI

Roteiro básico para Plano de Aula – Indução Eletromagnética

<p>I. Plano de Aula: Indução Eletromagnética – Lei de Faraday e Lenz Data:</p>
<p>II. Dados de Identificação: Instituição: Professor (a): Professor (a) estagiário (a): Disciplina: Período: Turma:</p>
<p>III. Tema: Indução Eletromagnética: Leis de Faraday e Lenz</p>
<p>IV. Conhecimentos Prévios:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Corrente Elétrica; • Condutores • Campo Magnético; • Imas;
<p>V. Objetivos:</p> <p>Objetivo geral:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Compreender o fenômeno da indução eletromagnética (Leis de Faraday e Lenz) onde o fluxo magnético variável numa espira ou solenoide pode produzir corrente elétrica no circuito. <p>Objetivos específicos:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Constatar que um campo magnético variável pode produzir uma corrente elétrica num circuito através de um solenoide ou espira; • Definir as Leis de Faraday e Lenz; • Identificar aparelhos eletroeletrônicos que usam os princípios de Faraday e Lenz para funcionarem;
<p>VI. Conteúdo: Indução Eletromagnética</p> <ul style="list-style-type: none"> • Fluxo Magnético; • Lei de Faraday; • Lei de Lenz;
<p>VII. Desenvolvimento do tema:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1) Apresentação do vídeo telecurso 2000 (15 min): Apresentar o vídeo do telecurso marcando os pontos que se referem a lei de Faraday e Lenz; 2) Mostrar experimento para a turma: Utilizar do experimento de indução (Indutor), mostrando aos alunos que o fluxo magnético variável é capaz de produzir corrente elétrica no circuito acendendo a lâmpada. 3) Usar a simulação em java: Mostrar aos alunos que o fluxo magnético variável é capaz de produzir corrente elétrica no circuito acendendo a lâmpada, ver guia Solenoide e gerador da simulação.
<p>VIII. Recursos didáticos:</p> <ol style="list-style-type: none"> 7) Projetor Digital; Computador com suporte a linguagem java; Caixa acústica; 8) Atividade Experimental: Indutor 9) Sala de Aula;

IX. Avaliação:

Avaliação sob os critérios da professora deste plano de aula;

- Atividades

Atividade Resumo;
Exercícios de Indução Eletromagnética;
Produção de Mapa Conceitual – Tema: Indução Eletromagnética;

- Critérios adotados para correção das atividades.

Critério para correção de atividades sob julgamento do professor aplicador deste plano de aula;

X. Bibliografia:

Artigos científicos:

MOREIRA, M. A. Mapas conceituais no Ensino da Física. **Textos de Apoio ao Professor de Física**, n. 3, p. 37, 1992. Disponível em: <https://www.if.ufrgs.br/public/tapf/n3_moreira.pdf>.

VIEIRA, D. M. Supercondutividade: uma proposta de inserção no ensino médio. p. 152, 2014. Disponível em: <http://portais4.ufes.br/posgrad/teses/tese_8057_David_Menegassi-V2.pdf>.

Livros Didáticos:

Livro Texto adotado pela Instituição de Ensino.

Web:

<http://www.brasilecola.com/fisica/fluxo-magnetico-lei-faraday.htm> <http://www.brasilecola.com/fisica/a-lei-lenz.htm>
<http://www.infoescola.com/eletromagnetismo/lei-de-lenz/>

Livros Didáticos:

Livro Texto adotado pela Instituição de Ensino.

Vídeos:

Supercondutividade: <http://www.youtube.com/watch?v=kknED0CaphE>

“Levitação Magnética em Pastilha Supercondutora” <http://www.youtube.com/watch?v=rIGHjQKpaB0>

Experimento:

Indutor disponível Lab. de Instrumentação de Ensino de Física Ufes.

Vídeo:

Telecurso 2000 (15min) – Indução Eletromagnética - http://www.youtube.com/watch?v=-uwaK5_kGB8
Telecurso2000 Aula 46 50 Indução Eletromagnética

Simulação:

Laboratório de eletromagnetismo de Faraday - http://phet.colorado.edu/pt_BR/simulation/faraday