

**TÚLIO DO NASCIMENTO**

**O ENSINO REMOTO DA FÍSICA USANDO A LINGUAGEM DA HIPERMÍDIA**

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Viçosa, como parte das exigências do Programa de Pós-graduação do Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física, para obtenção do título de *Magister Scientiae*.

Orientador: Alexandre Tadeu Gomes de Carvalho

Coorientadora: Regina Simplício Carvalho

**VIÇOSA – MINAS GERAIS  
2022**

Ficha catalográfica elaborada pela Biblioteca Central da  
Universidade Federal de Viçosa - Campus Viçosa

T

N244e  
2022 Nascimento, Túlio do, 1967-  
O ensino remoto da física usando a linguagem da hipermídia /  
Túlio do Nascimento. - Viçosa, MG, 2022.  
1 dissertação eletrônica (89 f.): il. (algumas color.).

Inclui apêndice.

Orientador: Alexandre Tadeu Gomes de Carvalho.

Dissertação (mestrado) - Universidade Federal de Viçosa,  
Departamento de Física, 2022.

Inclui bibliografia.

DOI: <https://doi.org/10.47328/ufvbbt.2022.781>

Modo de acesso: World Wide Web.

1. Física - Estudo e ensino. 2. Física - Estudo e ensino -  
Multimídia interativa. 3. Ensino à distância. I. Carvalho, Alexandre  
Tadeu Gomes de, 1959-. II. Universidade Federal de Viçosa.  
Departamento de Física. Programa de Pós-Graduação em Ensino de  
Física. III. Título.

CDD 22. ed. 530.071

Bibliotecário(a) responsável: Alice Regina Pinto Pires CRB-6/2523

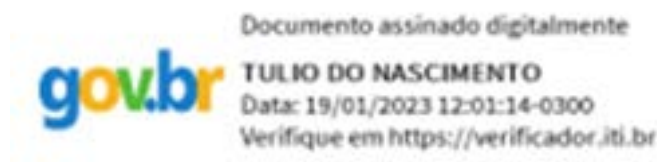
**TÚLIO DO NASCIMENTO**

**O ENSINO REMOTO DA FÍSICA USANDO A LINGUAGEM DA HIPERMÍDIA**

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Viçosa, como parte das exigências do Programa de Pós-graduação do Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física, para obtenção do título de *Magister Scientiae*.

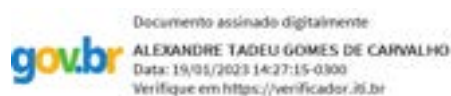
APROVADA: 27 de outubro de 2022.

Assentimento:



---

Túlio do Nascimento  
Autor



---

Alexandre Tadeu Gomes de Carvalho  
Orientador

**A Deus e toda minha família por  
representarem tudo pra mim.**

## **AGRADECIMENTOS**

A Deus.

A toda minha família, meus pais que cravaram em mim a minha essência.

A minha filha Izabella, companheira de todas as horas, meu pilar e orgulho de minha vida.

Ao meu orientador, Prof. Alexandre Tadeu Gomes de Carvalho, o mentor que me direcionou, e minha coorientadora, Prof<sup>a</sup>. Regina Simplício Carvalho, pelo auxílio com as teorias de aprendizagem e ao Prof. Álvaro José de Magalhães Neves pelo estímulo e referência.

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

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), pela concessão da bolsa de estudos.

À Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Minas Gerais (FAPEMIG), pela concessão da bolsa de estudos.

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), pela concessão da bolsa de estudos.

**" Cogito, ergo sum." ("Penso, logo existo.")  
René Descartes (1596-1650)**

**"A mente que se abre a uma nova ideia jamais  
voltará ao seu tamanho original". (Albert  
Einstein)**

## RESUMO

NASCIMENTO, Túlio do, M.Sc., Universidade Federal de Viçosa, outubro de 2022.  
**O ensino remoto da Física usando a linguagem da hipermídia.** Orientador:  
Alexandre Tadeu Gomes de Carvalho.

Um inegável efeito social pós pandemia consiste na crescente aceitação e utilização do ensino remoto em diferentes níveis de aprendizagem. A presente dissertação relata a investigação da construção e oferta do ensino remoto por meio de hipermídias e foi elaborada durante o período de pandemia. Estudamos a pertinência e adequação das teorias de aprendizagem ao ensino remoto e a utilização destas teorias na construção da hipermídia. Construimos e aplicamos o ensino remoto por meio da hipermídia ao longo dos anos de pandemia. Nos seis capítulos da dissertação apresentamos um modelo de hipermídia, tratando do ensino do tema energia elétrica e capacitores. A construção da hipermídia modelo está minuciosamente relatada e explicada com vistas a se constituir em um instrumento de auxílio aos professores que eventualmente venham a praticar o ensino remoto. Dentro do escopo desta construção, também elaboramos e apresentamos uma nova rota didática para abordagem do tema, correlacionando a energia das tempestades com a capacitância. O conceito de capacitância surge então de uma maneira natural, fundamentado em argumentos e em arrazoado conhecido pelos alunos. A dissertação é finalizada com um manual que trata da construção da hipermídia, utilizando um software específico de fácil acesso e utilização, e de um roteiro de aula para o ensino de capacitores no ensino médio utilizando a abordagem proposta.

Palavras-chave: Hipermídia. Física. Capacitância. Metodologia de ensino.

## ABSTRACT

NASCIMENTO, Túlio do, M.Sc., Universidade Federal de Viçosa, October 2022. **Remote physics teaching using the language of hypermedia.** Advisor: Alexandre Tadeu Gomes de Carvalho.

An undeniable post-pandemic social effect is the increasing of acceptance and use of remote teaching at different levels of learning. The present dissertation reports on the investigation of the construction and provision of remote teaching through hypermedia and was prepared during the pandemic period. We studied the relevance and appropriateness of learning theories to remote teaching and the use of these theories in the construction of hypermedia. We built and applied remote learning through hypermedia during the pandemic years and present here the results of this experience. In the six chapters of the dissertation we present a hypermedia model, dealing with the teaching of the subject electric energy and capacitors. The construction of the hypermedia model is thoroughly reported and explained in order to become an aid to teachers who eventually practice remote teaching. Within the scope of this construction, we also elaborate and present a new didactic route to approach the theme, correlating the energy of the storms with capacitance. The concept of capacitance then emerges in a natural way, based on arguments and reasoning known to the students. The dissertation is concluded with a manual that deals with the construction of the hypermedia, using a specific software of easy access and use, and a class script for teaching capacitors in high school using the proposed approach.

Keywords: Hypermedia. Physics. Capacity. Teaching methodology.



## SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO.....	9
2. A NOVA TENDÊNCIA .....	11
2.1. NOVAS NECESSIDADES EDUCACIONAIS E NOVO PERFIL DE PROFESSORES E ALUNOS.....	14
3. AS TEORIAS DA APRENDIZAGEM NO ÂMBITO DA HIPERMÍDIA .....	21
3.1- LEV VYGOTSKY .....	21
3.2. A MEDIAÇÃO PARA VYGOTSKY .....	21
3.3. O DESENVOLVIMENTO DAS FUNÇÕES MENTAIS SUPERIORES .....	24
3.4. VYGOTSKY E O ENSINO DA FÍSICA.....	25
3.5. APRENDIZAGEM SIGNIFICATIVA DE AUSUBEL .....	25
3.6. APRENDIZAGEM SIGNIFICATIVA.....	28
3.7. MAPAS CONCEITUAIS – NOVAK.....	29
3.8. HIPERTEXTO .....	31
3.9. A TEORIA COGNITIVA DE APRENDIZAGEM MULTIMÍDIA.....	34
4. CAPACITÂNCIA .....	37
4.1- O ACÚMULO DE ENERGIA ELÉTRICA NAS NUUVENS.....	37
4.2. ENERGIA POTENCIAL ELÉTRICA DE UMA CONFIGURAÇÃO DE CARGAS PONTUAIS.....	37
4.3. CONDUTORES COM CARGAS ELÉTRICAS EM EQUILÍBRIO.....	40
4.4-COEFICIENTES DE CAPACITÂNCIA .....	42
4.5- OS CAPACITORES .....	44
5. CONSTRUÇÃO DE HIPERMÍDIA SOBRE CAPACITORES .....	47
6. A APLICAÇÃO DA HIPERMÍDIA E SEUS RESULTADOS.....	53
6.1. O PADLET E O SITE NO ENSINO MÉDIO.....	53
6.1.1 - APLICAÇÃO DA HIPERMÍDIA SOBRE CAPACITORES CONSTRUÍDA COM O PADLET.....	54
6.1.2. APLICAÇÃO DA HIPERMÍDIA SOBRE CIRCUITOS ELÉTRICOS NA FORMA DE SITE.....	57
6.2. O PADLET NO ENSINO SUPERIOR.....	60
7. CONCLUSÕES. ....	66
7. BIBLIOGRAFIA.....	67
APÊNDICE .....	70
A1 - AULA SOBRE CAPACITORES.....	73
A2 - METODOLOGIA DE PRODUÇÃO DE HIPERMÍDIA .....	83

## 1.INTRODUÇÃO

O Censo da Educação Superior 2020, divulgado em 02/2022 pelo Instituto Nacional de Estudos e Pesquisas Educacionais Anísio Teixeira (Inep) e pelo Ministério da Educação (MEC) revelou que os cursos de ensino a distância (EAD) no Brasil receberam mais matrículas do que os presenciais, tanto na rede pública quanto na privada e em 2020 respondem por 35,8% do total de matrículas de graduação. (BRASIL, 2022, p.24)

A pandemia de COVID-19 nos anos de 2020 e 2021 forçou as instituições de ensino a adotarem métodos online como forma de manter a continuidade da educação após a suspensão dos sistemas educacionais tradicionais, colaborando assim para consolidar a tendência de crescimento exponencial do número de matriculados em cursos à distância, observada ao longo da última década.

É nesse contexto que surgiu o ensino remoto ocupando o lugar das formas tradicionais de aula. O ensino remoto diz respeito às atividades de ensino mediadas por tecnologias digitais, mas orientadas pelos princípios da educação presencial, articulando mediação pedagógica à mediação tecnológica de diferentes tipos. Durante a pandemia o ensino remoto fez as vezes do ensino presencial aplicado em plataformas digitais. O ensino remoto carrega características organizacionais que, guardadas as devidas proporções, em alguns aspectos aproximam-se daquelas desenvolvidas na EaD, por exemplo uso de tecnologias digitais, mas diferem com aulas síncronas. As plataformas digitais são de uso corrente no EaD, mas tem formato próprio de ensino-aprendizagem, diferindo, marcadamente, do ensino presencial. O EaD consiste em um processo educacional estruturado (não acidental ou emergencial), no qual o ensino e o aprendizado normalmente ocorrem em lugares e momentos distintos, para os docentes e alunos, exigindo específicas estratégias didáticas e de interação.

Segundo César Coll (2010), *“sabemos que a mudança na forma de ensinar e aprender que esta nova sociedade requer não respondem a modismos, os quais vão e vêm com o tempo: são mudanças que vieram não só para ficar como para tornarem-se mesmo cada vez mais radicais. Não se trata de fazer uma reciclagem introduzindo o computador nas salas de aula ou trazendo certas tecnologias que são agradáveis aos alunos. As novas tecnologias da informação e seu conhecimento já estão dentro de nossas salas de aula, pois começaram a ser incorporadas na mente de nossos alunos, mesmo que isso não seja na de todos por igual, devido à brecha digital que, sem dúvida, está sendo aberta em nossas sociedades”*.

No presente trabalho investigamos o desenvolvimento e construção de hipermídias voltadas para o ensino da Física em modo investigativo, composta por diversos objetos de aprendizagem como textos, filmes de curta duração, simulações computacionais, entre outros. Avaliamos o uso de dois diferentes softwares para composição da hipermídia, ambos de fácil utilização pelos professores e de acesso pelos alunos. A produção de uma hipermídia requer um planejamento meticuloso considerando as teorias de aprendizagem. Esta pesquisa fornece informações valiosas para professores e administradores que estão se preparando para ensinar nestes novos tempos, fazendo esforços para sobreviver academicamente aos

tempos pós pandemia.

Este capítulo 1, onde apresentamos o trabalho, é seguido pelo Capítulo 2, onde elaboramos uma justificativa do ponto de vista social e econômico, discorrendo sobre as novas demandas educacionais da sociedade contemporânea.

O Capítulo 3 aborda as teorias da aprendizagem no âmbito da hipermídia. Segue-se o Capítulo 4, no qual é elaborada a teoria dos coeficientes de capacitância e dos capacitores. Este tema da Física foi escolhido para exemplificar a construção de uma hipermídia para o ensino da física em modo investigativo usando a linguagem multimídia. Apresentamos o desenvolvimento de uma nova abordagem para o ensino do conceito de capacitores, enquanto armazenadores de energia elétrica.

No capítulo 5 está descrita a construção da hipermídia sobre capacitores, com argumentos pedagógicos que nortearam a inserção dos objetos de aprendizagem que compõem a hipermídia.

A aplicação da hipermídia é relatada no capítulo 6. No capítulo 7 esta apresentada as conclusões deste trabalho.

No apêndice é apresentado o produto educacional oriundo desta dissertação, no qual apresentamos uma nova abordagem para o estudo dos capacitores e uma metodologia de produção de uma hipermídia para o ensino do conceito de capacitores, enquanto armazenadores de energia elétrica. Ambos podem ser acessados livremente no seguinte endereço eletrônico: <https://63303c616f921.site123.me/>

## 2. A NOVA TENDÊNCIA

*Tentar entender e valorizar o impacto educacional das tecnologias da informação e da comunicação (TIC) considerando apenas sua influência sobre variáveis psicológicas do aprendiz que opera com um computador e que se relaciona, por seu intermédio, com os conteúdos e tarefas de aprendizagem, com os seus colegas ou com o professor seria, do nosso ponto de vista, uma abordagem tendenciosa e míope da questão. O impacto das TIC na educação é na verdade muito mais amplo, relacionado com o papel dessas tecnologias na sociedade atual. (Coll e Monereo, 2010, p 15).*

O parágrafo anterior e os próximos são trechos de estudos publicados em 2010 que previam a importância das tecnologias da informação e da comunicação na sociedade contemporânea. Na época já havia o presságio das consequências da inserção da tecnologia na sociedade como um todo não só em âmbitos educacionais.

*Como consequência desse desenvolvimento, estaríamos nas palavras de Castells (2000, p.60), diante de um “novo paradigma tecnológico, organizado em torno das tecnologias da informação” e associado a profundas transformações sociais, econômicas e culturais. (Coll e Monereo, 2010, p 15).*

*Entre todas as tecnologias criadas pelos seres humanos, aquelas relacionadas com a capacidade de representar e transmitir informação – ou seja, as tecnologias de informação e comunicação – revestem-se de uma especial importância, porque afetam principalmente todos os âmbitos de atividades das pessoas, desde as formas e práticas de organização social até o modo de compreender o mundo, de organizar essa compreensão e transmiti-la para outras pessoas. As TIC têm sido sempre, em suas diferentes fases de desenvolvimento, instrumento para pensar, aprender, conhecer, representar e transmitir para outras pessoas e para outras gerações os conhecimentos adquiridos (Coll e Martí, 2001). Todas as TIC repousam sobre o mesmo princípio: a possibilidade de utilizar sistemas de signos – linguagem oral, linguagem escrita, imagens estáticas, imagens em movimento, símbolos matemáticos, notações musicais, etc. – para representar uma determinada informação e transmiti-la. Para além dessa base comum, contudo, as TIC diferem profundamente entre si quanto às possibilidades e limitações para representar a informação, assim no que se refere a outras características relacionadas a transmissão dessa informação (quantidade, velocidade, acessibilidade, distância, coordenadas espaciais e temporais, etc.), e essas diferenças têm, por sua vez, implicações no ponto de vista educacional. (Coll e Monereo, 2010, p 17).*

Nem as mais otimistas previsões foram capazes de imaginar a mudança da

sociedade em todos os sentidos proporcionadas pelos avanços da utilização das TIC's. A sociedade atual mescla a abundância de tecnologias com a total falta de discernimento de como lidar com as informações disponíveis.

Na história da evolução cognitiva do ser humano distingue-se três etapas bem diferenciadas (Coll e Monereo, 2010, p 18).

Na primeira etapa, a linguagem natural, o homem primitivo imerso em suas adversidades na qual o trabalho coletivo aumentava a possibilidade de sobrevivência, onde comunicar-se de uma maneira clara e eficiente era fundamental. A comunicação oral tinha as características de ser síncrona e presencial; nessa fase as habilidades necessárias eram a capacidade de observação, a memorização e a capacidade de repetição. A origem de alguns métodos e modalidades de educação, métodos de ensino- aprendizagem se baseiam nesses princípios. A imitação, a declamação e a transmissão e reprodução de informação foram fundamentais para absorver e manter conhecimentos imprescindíveis para a sobrevivência e desenvolvimento da humanidade.

Na segunda etapa, a comunicação analógica, a espécie homo sapiens passava a ter uma clara hegemonia sobre as demais espécies, a vida não era mais apenas uma sobrevivência, o ser humano começa a querer adaptar a natureza de acordo com suas necessidades com técnicas de cultivos, de construção, desenvolvimento de vestimentas etc., a agricultura e o pastoreio se desenvolviam possibilitando assim a fixação de populações em determinados territórios. Uma crescente necessidade de registrar dados, como uma memória externa, de preservar informações e transmitir conselhos, experiências às gerações seguintes deu origem à escrita, que não requer presença física dos interlocutores apenas uma certa proximidade já que os mensageiros não cobriam distâncias significativas.

A prensa tipográfica e os correios revolucionaram a sociedade da época, impulsionando a industrialização, a migração e a formação das sociedades de massa. Nessa etapa as tecnologias de comunicação impuseram os referenciais na educação, o nascimento dos livros textos, livros didáticos e o ensino a distância por correspondência.

*A partir desse momento, e até a época atual, a formação de uma mente alfabetizada, letrada, capaz não apenas de decodificar foneticamente os grafemas como também compreender os conteúdos de maneira significativa para utilizá-los, tem sido, provavelmente, o principal objetivo da educação formal. (Coll e Monereo, 2010, p 18).*

O sistema de comunicação analógico foi extremamente impactante para a sociedade e a cada nova tecnologia aumentava a abrangência o telégrafo, depois o telefone, o rádio, a imprensa escrita e a televisão gradativamente fizeram com que a comunicação passasse a ser em massa, quebrando as barreiras e mudando o padrão mundial para um outro patamar. O mundo passou a ser globalizado.

Na terceira etapa, a comunicação digital ou virtual, a humanidade ainda está descobrindo novas possibilidades dessa nova era das comunicações, a internet que começou a ser popularizada a partir de 1990, teve um crescimento e desenvolvimento exponencial, mudando profundamente toda realidade humana, transformações incríveis e impensadas transformaram e transformam a nossa realidade. O computador foi incorporado a nossa rotina e sem percebermos nos tornamos cada vez mais dependentes dele e de seus recursos, desenvolvendo

novos costumes. O computador está literalmente nas palmas de nossas mãos. A cada momento somos surpreendidos com novas possibilidades. Atualmente estamos aguardando a tecnologia 5G e o chamado metaverso, que são possibilidades que ouvimos falar, mas certamente a maioria das pessoas desconhece ou nem imagina suas potencialidades.

Novas tendências proporcionam um mundo de informações inúmeras, uma grande parte sem “relevância” científica, no entanto muito divulgada e compartilhada. Chegamos a uma era onde apesar de inúmeras informações disponíveis, elas não necessariamente se convertem para conhecimento. Um “novo mundo” foi criado denominado “ciberespaço” onde a participação colaborativa se torna muito intensa. As práticas de ensino também devem acompanhar essas tendências contemporâneas.

A educação escolar possui novos desafios e enfrenta novos paradigmas, o papel do professor que há décadas possuía a maior e indiscutível relevância passou de transmissor de informações para mediador. Agora no novo mundo, com novos conceitos o aluno passou a ser o personagem com maior relevância e o professor assume um papel de menos protagonismo, menos autoridade, mas de fundamental importância de ser um orientador, um “GPS” ao aluno que se depara com tantas informações e muitas destas informações não são confiáveis. O professor passa agora a ter mais uma importante atribuição que é a de orientar aos alunos como navegarem, como “garimpar” informações, pois a tecnologia trouxe vários benefícios, mas junto com os algoritmos vieram influências comerciais, comportamentais, etc... muitas delas visando apenas a atender as necessidades de determinados grupos em detrimento do bem estar pessoal.

Diante de tantas mudanças, que foram no decorrer do tempo aumentando suas velocidades, novas características e ou habilidades devem ser desenvolvidas sendo que as mais recorrentes, em autores contemporâneos, para esse novo mundo online são: adaptabilidade, mobilidade e cooperação. A nova realidade onde as distâncias físicas não são relevantes, as fronteiras podem ser ignoradas, as grandes dificuldades são compartilhadas, aumento crescente da mobilidade da população, as comunidades vão se tornando cada vez mais heterogêneas, o trabalho em equipe é fundamental para solução de problemas comuns. A educação escolar tem um novo desafio pela frente, de ser inclusiva atendendo às diversidades dos alunos. O grande desafio é desenvolver metodologias e ou ferramentas para atender essa nova geração de estudantes e até mesmo desenvolver, mesmo que de uma maneira informal, métodos e ou ferramentas para capacitar a população que não está mais nas escolas, mas não possuem conhecimento e ou domínio das TIC.

*Uma das perspectivas de futuro mais verossímeis é a possibilidade de expandir as opções de aprendizado para outros cenários que não sejam tipicamente escolares. A progressiva miniaturização e integração das tecnologias, junto com o desenvolvimento de plataformas móveis e da conexão sem fio, permitirão que os alunos possam continuar avançando em sua formação tendo acesso, a qualquer momento, por meio de seu celular, agendas eletrônicas, computadores de bolso, ou de outros dispositivos, a documentos, portfólios, fóruns, chats, questionários, webquests, weblogs, lista de discussão etc. O m-learning ou “escola nômade” segundo termo criado por P. Steger, abre imensas possibilidades para se*

*empreender trabalhos de campo, trocar reflexões, analisar conjuntamente atuações profissionais que estejam ocorrendo neste mesmo instante ou para integrar em um trabalho de equipe de pessoas geograficamente afastadas entre si (Pea e Maldonado, apud Coll e Monereo, 2010, p 28)*

Os professores e os alunos possuem agora uma nova realidade e novas tecnologias que não param de crescer e se aperfeiçoar mudando ou criando novas modalidades de estudar, aprender e compartilhar. A palavra de ordem é interação. Não é mais possível tentar fazer com que os alunos fiquem imóveis olhando para um quadro e apenas escutando as informações fornecidas pelo professor por horas. O momento exige do professor uma reflexão e o desenvolvimento novas práticas pedagógicas, metodologias de ensino e utilização de novas tecnologias que consigam atrair o estudante em um mundo globalizado, onde as pessoas são “inundadas” por informações a todo momento.

A grande distância das escolas, principalmente públicas, das tecnologias disponíveis faz com que o ensino ainda seja uma reprodução das metodologias do século passado. A resistência por parte dos docentes também contribui significativamente para o atraso da escola em relação ao mundo vivido pelo aluno, online, instantâneo e dinâmico.

A educação escolar deve servir para dar sentido ao mundo que rodeia os alunos, para ensiná-los a interagir com ele e resolver problemas que lhe são apresentados. (Coll e Monereo, 2010, p 39).

## **2.1. Novas necessidades educacionais e novo perfil de professores e alunos**

As transformações qualitativas nos processos de aprendizagem minimizam os efeitos da distância física e estabelecem novos paradigmas de aquisição de conhecimentos e de constituição dos saberes, segundo Lévy (1999). Novas tendências educacionais surgem no que o autor denomina inteligência coletiva onde os processos de aprendizagem possuem um formato cooperativo e assistido por inteligências artificiais em alguns casos, aprendizagem assistida por computador.

Nessa nova perspectiva, professores e alunos trocam informações e materiais que exigem um novo perfil do professor nesse ambiente virtual, “Os professores aprendem ao mesmo tempo que os estudantes e atualizam continuamente tanto seus saberes “disciplinares” como suas competências pedagógicas. (A formação contínua dos professores é uma das aplicações mais evidentes dos métodos de aprendizagem aberta e à distância.)” Lévy (1999).

O acompanhamento das novas tendências pedagógicas e tecnológicas não sugere apenas inserir a tecnologia em uma aula, mas acompanhar o processo evolutivo da civilização contemporânea que além de desenvolver novos valores e novas tendências. Devem atender as expectativas dos cidadãos do mundo contemporâneo em promover práticas educacionais que capacitam os estudantes para a nova realidade.

Não se trata aqui de usar as tecnologias a qualquer custo, mas sim de acompanhar consciente e deliberadamente uma mudança no cenário atual. Tais mudanças trouxeram questionamentos profundos sobre as formas institucionais, as mentalidades e a cultura dos sistemas educacionais tradicionais e sobretudo os papéis de professor e de aluno.

*A grande questão da cibercultura, tanto no plano de redução dos custos como no do acesso de todos à educação, não é tanto a passagem do "presencial" à "distância", nem do escrito e do oral tradicionais à "multimídia". É a transição de uma educação e uma formação estritamente institucionalizadas (a escola, a universidade) para uma situação de troca generalizada dos saberes, o ensino da sociedade por ela mesma, de reconhecimento autogerenciado, móvel e contextual das competências. Lévy (1999).*

Lévy (1999) ainda estabelece o novo perfil da aprendizagem caracterizada por interação no ciberespaço, vale ressaltar que esse perfil é atendido perfeitamente pela ferramenta pedagógica apresentada no presente trabalho denominada hipertexto. Atualmente, hipermídia é o termo usado mais comumente para um hipertexto que contém, além de textos, gráficos, vídeos e som, por exemplo.

*Qualquer reflexão sobre o futuro dos sistemas de educação e de formação na cibercultura deve ser fundada em uma análise prévia da mutação contemporânea da relação com o saber. Em relação a isso, a primeira constatação diz respeito à velocidade de surgimento e de renovação dos saberes e savoir faire. Pela primeira vez na história da humanidade, a maioria das competências adquiridas por uma pessoa no início de seu percurso profissional estarão obsoletas no fim de sua carreira. A segunda constatação, fortemente ligada à primeira, diz respeito à nova natureza do trabalho, cuja parte de transação de conhecimentos não pára de crescer. Trabalhar quer dizer, cada vez mais, aprender, transmitir saberes e produzir conhecimentos. Terceira constatação: o ciberespaço suporta tecnologias intelectuais que amplificam, exteriorizam e modificam numerosas funções cognitivas humanas: memória (bancos de dados, hiperdocumentos, arquivos digitais de todos os tipos), imaginação (simulações), percepção (sensores digitais, telepresença, realidades virtuais), raciocínios (inteligência artificial, modelização de fenômenos complexos). Lévy (1999).*

De acordo Lévy (1999) ao inserir esse novo perfil contemporâneo comportamental e tecnológicos nas escolas, metodologias de ensino vão desenvolver nos estudantes novas habilidades e competências, tais como:

- capacidade crítica de navegação ao navegar por hiperdocumentos, internet e buscar informações ou de mecanismos de pesquisa;
- novos estilos de raciocínio e de conhecimento desenvolvidos através de simulações computacionais onde o estudante previamente pode vivenciar os futuros ambientes profissionais.
- memórias compartilhadas onde através de recursos em rede o conhecimento deixa de ser essencialmente individual e passa a ser compartilhado em grupos, aumentando assim o potencial de inteligência coletiva.

Para que tais objetivos educacionais sejam alcançados é necessária uma formatação nas escolas e sistema de ensino com inclusão de dispositivos digitais



em ambientes escolares e mudanças de paradigmas na educação. Tais eventos mudariam por completo a concepção e cotidiano das escolas.

Atualmente estamos em um estágio na educação chamado “A educação 4.0” que segundo SILVA et al.(2021) refere-se a uma aprendizagem que pode acontecer em qualquer lugar e a qualquer tempo, a chamada aprendizagem ubíqua.

*A aprendizagem ubíqua pode ser formal, informal ou oculta; é a escola que ganha os espaços virtuais e vai aonde o estudante estiver. Obviamente, o professor também estará lá. Não basta os professores dominarem (quando dominam!) a linguagem escrita ou falada para as salas de aula. Precisam se comunicar de forma segura em blogs, fóruns, redes sociais, vídeos, jornais online, rádio de internet, podcast, streaming; ou seja, deve-se usar recursos disponíveis com potencial para atrair e manter a atenção dos estudantes. SILVA et al. (2021) pag. 190.*

De acordo com as teorias pedagógicas de David Ausubel, as atividades cognitivas podem ser auxiliadas por variados contextos de ensino e de aprendizagem. No entanto, cada indivíduo possui uma “bagagem” e dinamismo dos subsunçores que deve ser levado em consideração. Os hipertextos podem otimizar esse processo. Com uma mesma estrutura é possível atender diversos indivíduos promovendo assim uma aprendizagem receptiva significativa.

*A utilização dos referidos organizadores depende do planejamento das práticas de ensino, que deve incluir as seguintes proposições: (a) tornar os aprendentes conscientes dos objetivos almejados em cada atividade, (b) imprimir uma sequência lógica para a exposição de conteúdos, (c) fazer uso de esquemas com frases breves para sintetizar os principais pontos de um determinado conteúdo, (d) caminhar do nível geral para os níveis específicos, (e) evitar excesso de informações que possam dificultar a organização e até mesmo impedir a estabilidade necessária para a integração do conteúdo novo aos pontos de ancoragem (AUSUBEL et al., 1980). apud SILVA et al. (2021).*

Existe uma necessidade de tornar o aluno o protagonista no processo educacional com objetivo de torná-lo crítico, reflexivo, com iniciativas e capacidade de questionamentos e tomadas de decisão. Não existe receita pronta para transformar o aluno tradicional em aluno autoral. Existem inúmeras metodologias a serem empregadas, alunos com uma diversidade de conteúdo enorme. Demo (2018) reforça a inexistência de uma receita “mágica” que é necessário observar ou fazer a leitura do contexto na qual se está inserido que cada escola tem um perfil de professores que são fundamentais na transição de qualidade e que possui suas limitações. As adaptações pedagógicas e até mesmo dos recursos pedagógicos não podem perder de vista as diversidades culturais, econômicas e sociais. Uma simples cópia de um modelo pode não dar certo.

A aprendizagem ocorre continuamente, durante toda a existência do indivíduo, os novos conhecimentos, segundo Ausubel, se ancoram em

conhecimentos antigos. Como a carga cognitiva dos seres humanos são únicas a aprendizagem torna-se um processo pessoal e obviamente interno no aprendente.

*[...] De acordo com a teoria cognitiva da aprendizagem multimídia, o conhecimento está contido em esquemas que são construções cognitivas capazes de organizar informações para armazenamento na memória de longo prazo. Os esquemas organizam elementos mais simples que podem então atuar como elementos em esquemas de ordem superior. Conforme o aprendizado ocorre, esquemas cada vez mais sofisticados são desenvolvidos e os procedimentos aprendidos são transferidos do processamento controlado para o automático. A automação libera capacidade na memória de trabalho para outras funções (SORDEN, 2012, p. 4). apud SILVA et al. (2021)*

Podemos considerar que a proposta de ensino e aprendizagem por hipertextos se encaixa na Teoria Cognitiva da Aprendizagem Multimídia. Pois o conceito de multimídia que segundo Mayer (2017) apresenta objetos de aprendizagem em formato sonoro ou impresso na tela e figuras estáticas ou dinâmicas dispostas em um meio para nutrir a aprendizagem. Ora temos a descrição do formato hipertexto então.

*Com a proposição do socioconstrutivismo oriundo da teoria de aprendizagem de Vygotsky, valorizou-se o papel das TICs na construção das funções psicológicas superiores. Categorias fundamentais para a constituição do psiquismo humano, tais como atividade, pensamento, linguagem e consciência foram associadas com inovações tecnológicas potentes para a transformação de processos de ensino e aprendizagem em plataformas para a conscientização, e para a formação cidadã. Essa teoria encontra-se em sintonia com as chamadas pedagogias progressistas e com a pedagogia histórico-crítica". Além disso, pode servir de subsídio teórico para diversas metodologias ativas, como a problematização, a aprendizagem baseada em equipes, entre outras. SILVA et al. (2021)*

Leandro Karnal (2019), enumera características do perfil do educador em um mundo digital contemporâneo, Educação 4.0. Que segundo ele deve ser VICA ( Volátil, Incerto, Complexo, Ambíguo): Volátil com a velocidade das informações Atualmente um conhecimento sólido pode se tornar obsoleto em questão de dias ou até mesmo desaparecer; Incerto diante a falta de previsibilidade diante do ritmo alucinante do desenvolvimento tecnológico; Complexo, a rede de informações que se interconectam por meio de um ambiente interconectivo e interdependente e finalmente Ambíguo, devido a quantidade de informações a disposição na internet sendo que muitas delas não são relevantes e outras que ainda não tem seu significado compreendido ou aplicado.

Segundo Demo (2018), *apud SILVA, et al.(2021)*, a aprendizagem ocorre na mente do aprendiz e o professor tem papel fundamental no processo cognitivo do aluno pois o professor é o mediador do processo. O docente tem como função

criar os links, os mecanismos que facilitam a absorção da carga cognitiva. Essa nova função exigida pelas diversas transformações da sociedade tornam o professor o mediador do processo ensino aprendizagem, tornando o estudante o centro do processo. O objetivo passa a ser desenvolver a autonomia, a criatividade, a capacidade do estudante de tomar decisões e desenvolver suas habilidades e competências.

*Torna-se, então, imprescindível mudar o professor, que é o pivô de qualquer mudança escolar. A passagem para outra escola só pode ser feita por ele, que precisa sentir-se à altura, seguro, no comando da transição. Se queremos, ao final, ter um estudante autor, cientista, pesquisador, tais virtudes precisam aparecer sobejamente no professor. A universidade não faz isso, porque está fincada em cima do ensino instrucionista clássico. É preciso oferecer-lhe a oportunidade de ocupar lugar central na sociedade do conhecimento à medida que se chegue à autoria, tenha produção própria, exercite a capacidade científica, torna-se aprendiz profissional. (DEMO, 2018, p. 22), apud SILVA et al. (2021).*

O professor então precisa desenvolver elevados níveis de competências e habilidades do mundo digital. Ou seja, é necessário que o professor tenha a expertise em acessar, filtrar, analisar de modo crítico e seletivo as informações disponíveis nas redes para que dessa maneira possam orientar os alunos a selecionarem, de maneira correta e saudável, as informações disponíveis.

*O professor torna-se um animador da inteligência coletiva dos grupos que estão a seu encargo. Sua atividade será centrada no acompanhamento e na gestão das aprendizagens: o incitamento à troca dos saberes, a mediação relacional e simbólica, a pilotagem personalizada dos percursos de aprendizagem. (LÉVY, 1999, p. 173). apud SILVA et al. (2021).*

*Os novos tempos trazem um desafio enorme ao professor, não os novos tempos que estão por vir, mas o atual é necessário um novo perfil de educador novas ferramentas pedagógicas que possam usufruir das oportunidades disponibilizadas no ciberespaço e se adequar às novas demandas educacionais da sociedade contemporânea segundo Lévy (1999).*

Segundo Demo (2018), apud SILVA et al. (2021), deve haver uma mudança no perfil do aluno que com as novas possibilidades contemporâneas, deve se tornar um cientista, autor, pesquisador. O sistema de ensino deve promover a autonomia do estudante e capacitá-lo a conseguir enxergar a realidade mais cientificamente.

Os alunos, segundo Rui Fava (2017), através das estratégias criadas pelo professor, devem internalizar conceitos, habilidades e competências. Como resultado de uma estratégia eficiente, o professor deve capacitar seus alunos a lidar de forma prática e criativa com a realidade, sendo capazes de resolver situações conflituosas, ter análise crítica e tomar decisões coerentes.

*[...] a formação dos alunos pensantes e críticos, deverá*

*salientar as estratégias pelas quais os estudantes aprendem a internalizar conceitos, habilidades, competências. Para tanto, é necessário adotar estratégias de idealizar, produzir, organizar, elaborar, utilizar atividades de aprendizagem que se construam em instrumentos para lidar de forma prática com a realidade, ou seja, resolver problemas, enfrentar dilemas, tomar decisões, formular estratégias de ação. (FAVA, 2017. p. 165). apud SILVA et al. (2021)*

Regina Führ (2019) reitera a necessidade do professor reaprender práticas que se adequem a nova concepção de educação dentro do contexto digital sendo esse o principal desafio do docente nos tempos atuais. Compreender uma nova forma de ensinar no ambiente digital cada vez mais insinuante e globalizado. Se integrar no universo do aluno e também se capacitar em aprender e desenvolver novas técnicas de ensino nesse ambiente digital. O estudante está inserido em um mundo de redes sociais que podem ser utilizadas para uma transformação na forma de aprender em ambientes complexos e multidimensionais. Nas palavras de Führ (2019). Podemos também perceber que os educandos aprendem em contextos complexos, incertos e multidimensionais, a questionar, resolver problemas de forma autônoma, adquirindo rapidamente complexas habilidades técnicas e compartilhando com os outros os riscos, tarefas e objetivos de forma flexível, abrangente de criatividade pessoal e auto expressão.

*Na aprendizagem significativa o discente não pode assumir uma atitude passiva. Para que a aprendizagem significativa ocorra, o discente precisa ter predisposição para aprender (intencionalidade) e ao mesmo tempo os conhecimentos prévios necessários para isso (subsunçores). SILVA et al. (2021).*

O conhecimento pode ser armazenado de duas formas: linguística, a qual é semântica por natureza e normalmente utilizada por professores, inclui fala e leitura, e neolinguística, a qual inclui imagens mentais e até mesmo sensações físicas como olfato, audição, associação sinestésica, etc. As representações neolinguísticas podem ser complementares às representações linguísticas no processo de aprendizagem, portanto, sua utilização por professores deve ser motivada.

*Os mapas conceituais (NOVAK e GOWIN, 1984) são ferramentas úteis para organização e representação do conhecimento. A sua utilização é difundida em muitas instituições, inclusive para criar e organizar o conteúdo para aprendizagem mediada por computador. Dentre um enorme conjunto de aplicações, os mapas conceituais auxiliam estudantes a aprender de forma mais significativa, ajudam professores a indicar visualmente conceitos-chave e resumir suas inter-relações, além de também auxiliar grupos em tarefas colaborativas. Quando pensamos na manipulação e representação de conteúdos educacionais, o hipertexto assume importância fundamental. Trata-se de um texto estruturado de forma não-linear, encadeado através de "links"*

*(elementos de conexão). Sistemas de hipertexto têm sido propostos como um meio de facilitar a interação entre os leitores e o texto. Em um hipertexto, a informação é organizada como uma rede na qual os nós são "aglomerações" de textos (listas de itens, parágrafos, páginas, etc.) e os "links" são relacionamentos entre os nós (qualquer tipo de relação que pode ser imaginada entre um texto e outro). COMA apud SILVA et al. (2021)*

### 3. As Teorias da aprendizagem no Âmbito da Hipermídia

Ainda são escassos trabalhos elucidando a relação entre as teorias de aprendizagem e as Tecnologias de Informação e Comunicação (TIC's). Este capítulo aborda teorias de aprendizagem construtivistas que ofereceram apoio para a elaboração, avaliação de aplicações, contribuições, potencialidades, limites e desafios relacionados ao uso da hipermídia voltada para o ensino.

#### 3.1- Lev Vygotsky

Lev Vygotsky, psicólogo russo, que viveu entre os anos de 1896 a 1934 e produziu trabalhos sobre o desenvolvimento psicológico e a aprendizagem (REGO, 2010). Entenderemos os conceitos de Vygotsky a seguir pela análise de James V. Wertsch.

*A teoria de Vygotsky assinala, além da importância das ferramentas, também a dos signos, como mediadores do pensamento humano. Oliveira (1997) aponta que a invenção e o uso dos signos são análogos à invenção e o uso dos instrumentos; porém sua função é agir sobre o campo psicológico, auxiliando na solução de problemas como, por exemplo, lembrar, comparar coisas, relatar, escolher. (FIGUEIREDO, MELO, OLIVEIRA, 2013).*

#### 3.2. A mediação para Vygotsky

Para começarmos a entender de fato as ideias de Vygotsky é preciso fazer uma distinção entre processos psicológicos elementares e as funções psicológicas superiores. Para isso é necessário separar fenômenos psicológicos que podem ser encontrados tanto em seres humanos como em animais daqueles que são exclusivamente humanos (Cole, 1995)

As funções superiores, segundo Vygotsky, exclusivamente humanas, de funcionamento mental são aquelas que exigem mediação.

*As funções elementares têm como característica fundamental o fato de serem total e diretamente determinadas para a estimulação ambiental. No caso das funções superiores, a característica essencial é a estimulação autogerada, isto é, a criação e o uso de estímulos artificiais que se tornam a causa imediata do comportamento (VYGOTSKY, 1994, p.53).*

A memória, por exemplo, pode ser distinguida como memória natural e memória indireta (mediada). A memória natural surge da influência direta de estímulos externos sobre o ser humano. (VYGOTSKY, 1994).

*Mesmo as operações relativamente simples, como atar nós e marcar um pedaço de madeira com a finalidade de auxiliares mnemônicos, modificam a estrutura psicológica do processo de memória para além das dimensões biológicas do sistema nervoso humano, permitindo incorporar a ele estímulos*

*artificiais, ou autogerados, que chamamos de signos (VYGOTSKY, 1994, p.38).*

*De acordo com a citação acima, as formas superiores de memória resultam não apenas do desenvolvimento de constituições mentais e nervosas vinculadas ao processo de memória, mas, sobretudo, do desenvolvimento de um método de memorização baseado no uso de signos. É precisamente no uso mediado de meios externos ao corpo humano que se define a natureza “distribuída” da atividade mental. Este é um dos sentidos no qual a mente pode ser entendida como algo que “se estende além da pele” (WERTSCH, 1991). (PEREIRA & LIMA, 2014)*

Os hipertextos são instrumentos que podem se encaixar na teoria de Vygotsky, que segundo exposto por Wertsch, se encaixam na classificação de mediadores externos.

O acesso à memória é mediado através de signos. O signo é uma ferramenta criada pelos seres humanos que facilitam o acesso a informações, dentro do contexto de Vygotsky. Criar ferramentas, signos, que otimizam o comportamento e facilitam o processo cognitivo é uma característica exclusivamente da inteligência humana.

Os signos são ferramentas criadas pelo ser humano para solucionar problemas. Assim como foram inventados o arado e o machado para solucionar dificuldades físicas humanas, os signos são ferramentas psicológicas que auxiliam pensar, raciocinar, lembrar, comparar coisas etc... Vygotsky cita diferentes ferramentas psicológicas: “a linguagem, as diferentes formas de numeração e cálculos, os dispositivos mnemônicos, o simbolismo algébrico, as obras de arte, a escrita, os diagramas, os mapas, os desenhos, todo tipo de designo convencional etc.” (VYGOTSKY, 2004, p.93).

Deve-se ressaltar que os signos não são apenas facilitadores de tarefas da função mental sem se quer provocar qualquer alteração. Ao serem inseridos nas atividades psicológicas os signos causam transformações e adaptações das funções mentais.

Os signos são amplamente utilizados nas interações sociais. Essas ferramentas psicológicas não individuais e sim sociais, não são criadas por cada indivíduo que dele usufruem e nem são frutos da interação independente dos sujeitos com o meio ambiente. Eles estão inseridos em um segmento cultural e social entre os membros da “tribo”.

Na teoria de Vygotsky a mediação é um ato que é executado por ferramentas auxiliares para resolver problemas psicológicos (lembrar, raciocinar etc..). Mediador segundo Vygotsky é um signo que pode ser palavras equações, fala etc... O professor então é um “agente” que usa signos para mediar atividades práticas.

*Todas as funções no desenvolvimento da criança aparecem duas vezes: primeiro no nível social, e, depois, no nível individual; primeiro, entre pessoas (interpsicológica), e, depois, no interior da criança (intrapsicológica). Isso se aplica igualmente para a atenção voluntária, para a memória lógica e para a formação de conceitos. Todas as funções superiores originam-se das relações reais entre indivíduos humanos*

(VYGOTSKY, 1994, p. 75).

*O enunciado acima expressa duas ideias que não costumam ser muito bem entendidas no contexto do ensino de Física. A noção de função mental superior envolvida neste enunciado é radicalmente diferente daquilo que os pesquisadores normalmente têm em mente quando usam este termo. Em primeiro lugar, este enunciado afirma que termos como “memória”, “atenção voluntária”, e “formação de conceitos” podem ser apropriadamente aplicados tanto a grupos como a indivíduos. (PEREIRA, LIMA. 2014 )*

Pode-se concluir que onde existe interações entre pessoas, ou seja, em quase todas às situações, as funções mentais superiores surgem externamente primeiro antes de ser interiorizadas pelo indivíduo.

*Obviamente, toda atividade conduzida no plano social é sempre mediada por signos. É neste sentido que afirmamos anteriormente que o signo é um meio de interação social e apenas mais tarde se torna um meio de controle do próprio comportamento. Assim, tudo aquilo que conseguimos realizar mentalmente, com o auxílio de signos, foi, em algum estágio do nosso desenvolvimento, realizado em colaboração com outros, através da interação social. Mesmo no caso do autodidata, que aprende algo por si próprio lendo um livro, por exemplo, a própria leitura e interpretação do texto são formas de ação mental que foram conduzidas com a ajuda de outros durante o seu processo de alfabetização. Nesse sentido, a metáfora da aquisição dá lugar à “metáfora da participação” (SFARD, 1998). (PEREIRA, LIMA. 2014)*

Segundo Pereira & Lima, a visão de um processo ensino aprendizagem eficiente tem como prioridade concentrar tarefas nos indivíduos que dominam parcialmente o conteúdo, mas que com assistência e ou supervisão do professor conseguem executar as tarefas.

Devemos destacar que na visão de Vygotsky interações sociais são as atividades envolvendo no mínimo dois indivíduos, sem que necessariamente haja um diálogo intenso entre as partes. Esse diálogo seria classificado como “abordagem comunicativa interativa”. Os autores, PEREIRA e LIMA, salientam que mesmo em uma aula onde o professor escreve no quadro e os alunos copiam passivamente em silêncio existe uma interação social. Nesse caso o professor não tem como objetivo encontrar uma resposta correta, mas sim resolver o problema no plano interpsicológico. Assim os alunos internalizam os padrões de soluções e futuramente aplicarão esse conhecimento interiorizado em suas ações.

Com a lei genética geral do desenvolvimento cultural, podemos concluir, segundo o pensamento de Vygotsky, que novas habilidades mentais são criadas por meio de interação social. Essas habilidades capacitam o indivíduo a usar novas ferramentas auxiliares. O livro didático é uma ferramenta de mediação, um signo, importante no papel de interiorização, mas não pode ser considerado como um meio de interação que dá suporte ou supervisiona uma atividade qualquer.



### 3.3. O DESENVOLVIMENTO DAS FUNÇÕES MENTAIS SUPERIORES

Para Vygotsky existem duas linhas principais de desenvolvimento de uma pessoa, uma é relativa ao desenvolvimento que segue a linha evolutista, a evolução biológica da espécie humana e outra que segue a linha histórica relaciona-se ao desenvolvimento histórico da humanidade.

O método genético é motivado pelo pressuposto de que só é possível entender muitos aspectos da mente humana recorrendo-se às suas origens e às transições pelas quais ela tem passado (WERTSH, 1991) (PEREIRA, LIMA, 2014). Segundo Vygotsky os produtos estáticos do desenvolvimento podem ser comprometidos com os chamados meios “fossilizados” de comportamento, que são funções automatizadas devido a suas repetições. Ações repetidas inúmeras vezes passam a ser mecanizadas.

Existem várias maneiras de demonstrarmos os processos automatizados, que possuem um tempo de reação rápido ao se perguntar a fórmula da água. O professor obterá uma resposta instantânea. A resposta só mostra que a informação está armazenada e foi localizada e não existe um processo mental elaborado que leva ao resultado. Esse tipo de resposta permite que haja apenas uma análise fenotípica (descrição) do fenômeno.

Quando ainda não havia o domínio desses conceitos, houve um caminho de aprendizagem baseado em uso de signos. Inicialmente faz-se necessário percorrer todo um caminho para entender o símbolo da água, vários conceitos com átomos, moléculas, elementos químicos etc... Depois de certo tempo, após um determinado processo de repetição, o saber símbolo da água se torna mecanizado, dando a falsa impressão de não serem mediadas.

Sob a ótica de desenvolvimento mental de Vygotsky podemos concluir que quando uma função mental parece não envolver mediação, existem duas possibilidades para justificá-la: primeiro é uma função elementar portanto não exclusiva dos seres humanos; segunda é uma função superior fossilizada ou seja, foi desenvolvida através de repetições.

*A partir do método genético, fica claro que a teoria de Vygotsky não deve ser equiparada com as demais teorias da psicologia do desenvolvimento. Sua análise não está centrada no desenvolvimento de “estruturas cognitivas” ou de qualquer outra entidade abstrata, que supostamente existem dentro da cabeça do indivíduo, mais sim no desenvolvimento das funções mentais superiores que, por definição, são formas tipicamente humanas de ação mental que têm como base o “uso de signos”. A partir da perspectiva vygotskiana, o desenvolvimento humano representa a “história natural das operações com signos” (VYGOTSKY, 1994). (PEREIRA, LIMA, 2014)*

### 3.4. VYGOTSKY E O ENSINO DA FÍSICA

*Uma implicação da abordagem vygotskiana para o ensino de Física é a afirmação de que a introdução de um novo signo na atividade psicológica causa uma transformação fundamental das funções mentais superiores. Um novo texto de apoio, um experimento didático, uma simulação computacional, entre outras inovações, têm o potencial de causar mudanças significativas no modo como os estudantes realizam determinadas atividades mentais, ou, ainda, propiciar aos estudantes uma forma de realizar certas atividades mentais que não poderiam ser realizadas sem o auxílio do signo em questão. Aprender a lidar com um conjunto de dados de uma observação experimental empregando uma técnica particular de construção de gráficos ajuda o estudante a perceber certos padrões de comportamento do sistema observado que não poderiam ser revelados a partir do uso de outro modo de mediação (como uma equação, por exemplo). A ideia básica é que novas ferramentas psicológicas proporcionam novas possibilidades para o estudante. (PEREIRA, LIMA, 2014)*

A eficiência ou o sucesso ocorre quando disponibilizamos novos signos a ponto de promover uma visão sob outra ótica ou ferramenta do fenômeno estudado. É necessário que haja uma interação social seja aos pares, grupos ou até mesmo com o professor. Interação conduzida num patamar mental denominada interpsicológica. Atribuir ao aluno um protagonismo maior e promover a socialização entre os alunos assim como utilizar metodologias para facilitar a interação pode desenvolver vários aspectos no estudante entre capacidade maior de socialização, autonomia do aluno, além, é claro, de maior eficiência em assimilar o conteúdo.

O interessante em todo o processo seguindo os conceitos de Vygotsky é que o foco deve ser no processo de aprendizagem e não no seu produto final, que conluo que seria focada apenas em uma avaliação. O envolvimento do aluno, suas interações, como cada aluno contribuiu e ou participou é levado em consideração. A maneira com a qual cada ferramenta psicológica é utilizada na aula contribuiu para desenvolver novas habilidades mentais.

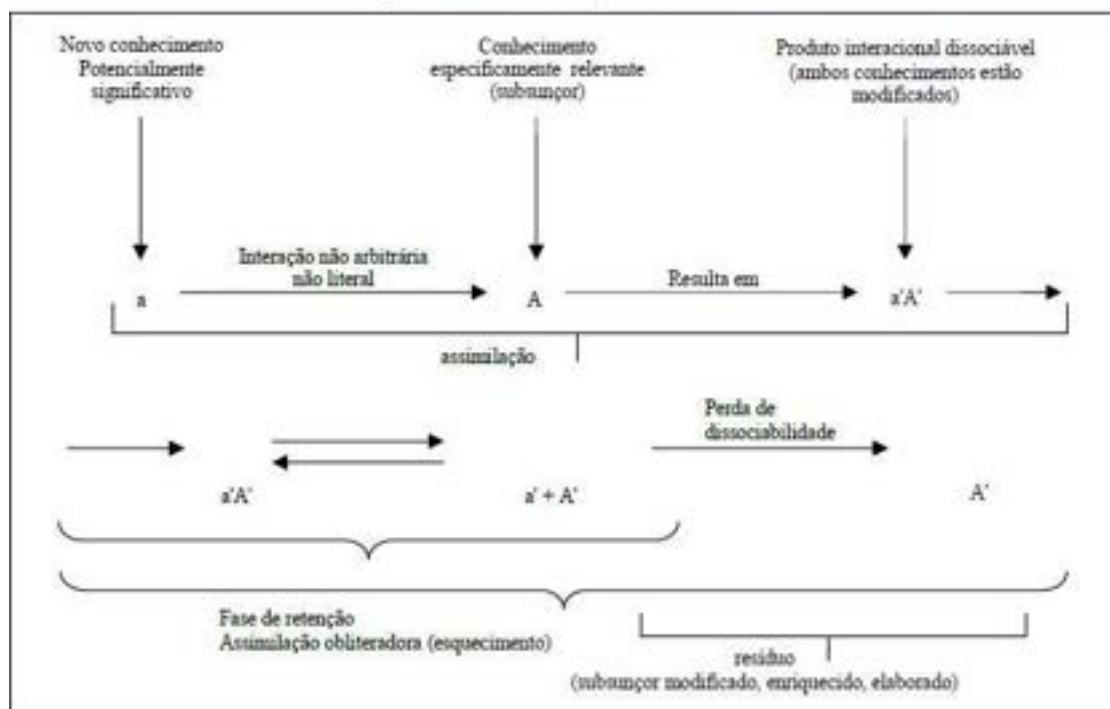
### 3.5. APRENDIZAGEM SIGNIFICATIVA DE AUSUBEL

*A Teoria da Aprendizagem Significativa foi elaborada por David Ausubel na década de 60 do século 20 (AUSUBEL, 1963). Conceitualmente, a aprendizagem significativa é o processo pelo qual uma informação nova associa-se a uma outra especificamente relevante já existente na estrutura de conhecimento do indivíduo. Esse processo envolve a interação da nova informação com um conceito subsunçor, ou simplesmente subsunçor, pertencente à estrutura cognitiva do indivíduo (MOREIRA, 2014). (FRASSON, LABURÚ, ZOMPERO, 2019)*

Para Ausubel uma aprendizagem significativa é aquela que a nova informação se ancora de maneira substantiva, que faça sentido para quem está assimilando, e não arbitrária, que depende da existência de um conceito prévio, já existente na estrutura cognitiva do aprendiz. As novas informações sempre são “ancoradas”, associadas, em conceitos, conteúdos, pré-existentes que o aprendiz já domina.

Moreira (2011) apresentou um esquema demonstrando a aprendizagem significativa de Ausubel.

Figura 1 – A assimilação ausubeliana



Fonte: MOREIRA (2011, p. 158).

Analisando o esquema acima podemos perceber que uma nova informação (a) apresentada, associa-se a uma informação, ou conjunto de dados preexistentes, (A) chamada(os) de agente subsunçor, nessa fase ocorre a chamada assimilação do novo conceito, no agente subsunçor. Gerando uma nova informação (a'A'), inicialmente essa informação pode ser dissociada, a medida que essa informação passa a ser utilizada, começa a existir a fusão do novo conceito com o conceito já existente, nesse processo chamado de assimilação, o conceito preexistente é reelaborado formando agora um agente subsunçor mais bem elaborado. Não havendo mais a possibilidade de dissociação (a'A') passa a ser o novo conceito (A'), um novo estado subsunçor.

Ausubel defende que os conceitos são associados a conceitos gerais existentes na estrutura cognitiva do aprendiz, e ao ser associada a essa estrutura ocorre uma reformulação na estrutura que é enriquecida e mais bem elaborada, assim as novas informações vão sendo acrescentadas a informações de um nível hierárquico menos complexo, criando assim cada vez mais uma estrutura mais completa e complexa.

*Independentemente de o conhecimento prévio ser mais inclusivo ou mais específico, conforme a aprendizagem significativa ocorre, ele é desenvolvido, elaborado e diferenciado por conta das sucessivas interações pelas quais passa com os novos conhecimentos, por isso a estrutura cognitiva é dinâmica e os conceitos mais específicos podem se tornar inclusivos em outras situações de aprendizagem. Moreira (2012) afirma que, quanto mais interações ocorrem entre conhecimentos prévios e conhecimentos novos, mais estáveis se tornam os saberes na estrutura cognitiva dos indivíduos. (FRASSON, LABURÚ, ZOMPERO, 2019)*

*Os conhecimentos presentes na estrutura cognitiva dos indivíduos podem possuir natureza conceitual, procedimental e atitudinal. Aparentemente essa classificação é simples, no entanto carrega grande força pedagógica, pois diferencia os conhecimentos em conteúdos de aprendizagem, segundo o uso que deles se deve fazer. Assim, há conteúdos que é preciso “saber” (conceituais), conteúdos que é necessário “saber fazer” (procedimentais) e conteúdos que formam o “ser” (atitudinais) (ZABALA, 1999). (FRASSON, LABURÚ, ZOMPERO, 2019)*

Segundo os autores estudados, (FRASSON, LABURÚ, ZOMPERO, 2019), haverá uma eficiência maior no ensino aprendido, no desenvolvimento de competências e habilidades por parte dos alunos se “as diferentes natureza dos conteúdos forem lecionadas de forma complementar e concomitante, pois dessa forma os aprendizes tornam-se aptos a relacionar os conhecimentos científicos ao uso social dos saberes escolares”.

#### Conteúdo Conceitual

Os conteúdos conceituais podem ser subdivididos em factuais, conceituais e princípios. Os factuais são conceitos, situações, acontecimentos concretos e pontuais. Idade de uma pessoa, localização, data de um acontecimento histórico, os códigos, nomes, axiomas, etc. Os conceituais são os sentidos que se aplicam, os termos/palavras/símbolos que têm características comuns, como por exemplo, saber o que é um mamífero, demografia, potência, densidade, função, sujeito, etc. Os princípios são inferências em relação a outros acontecimentos, como por exemplo, a relação de demografia e território, características de uma população de uma determinada época e ou região.

*Ante essas definições, conhecer um dado ou um fato é diferente de dar-lhes significados. Os dados precisam ser relacionados numa rede de significados que explique por que eles ocorrem e que consequências têm; essa rede de significados é descrita nas formas de conceitos e proposições conceituais. Os princípios são a coordenação de conceitos estruturais gerais resultantes da superordenação na organização conceitual de uma área (POZO; GÓMEZ CRESPO, 2009 apud (FRASSON, LABURÚ, ZOMPERO, 2019)*

### Conteúdo Procedimental

É muito comum apenas a associação de habilidades técnicas a conteúdos procedimentais, sendo essas técnicas apenas uma sequência mecânica de operações, porém estratégias de raciocínio e aprendizagem são conteúdos procedimentais. Segundo (FRASSON, LABURÚ, ZOMPERO, 2019) “Enquanto a técnica é uma rotina automatizada devido à prática repetida, as estratégias envolvem planejamento e escolha das técnicas a serem empregadas diante das situações do dia a dia”. Ambas se encaixam em conteúdos procedimentais, porém as estratégias exigem uma elaboração maior em sua execução já que não são uma simples execução de uma sequência repetitiva.

*Zabala (1999) amplia a discussão sobre a caracterização dos conteúdos procedimentais e defende que um procedimento pode ser de essência motora (saltar, perfurar, recortar, etc.) ou cognitiva (inferir, ler, traduzir, etc.); pode depender de poucas ações (perfurar, calcular, traduzir, etc.) ou de muitas ações (observar, ler, desenhar, etc.); pode precisar de uma sequência de ações exatas/algorítmicas (abotoar, somar, procurar uma palavra no dicionário, etc.) ou não, sendo considerado heurístico (classificar, ler, aprender, etc.). Segundo o autor, todo conteúdo procedimental é enquadrado em, pelo menos, uma dessas caracterizações. (FRASSON, LABURÚ, ZOMPERO, 2019)*

### Conteúdo Atitudinal

Devido ao heterogêneo e complexo ambiente escolar e as variedades culturais existente, os conteúdos atitudinais tornam-se os mais complexos a serem aplicados. O desenvolvimento do conteúdo atitudinal torna-se fundamental para a formação do cidadão, já que cada aluno é proveniente de grupos com valores e culturas diferentes.

*Ante essas definições, podemos depreender que, para os alunos compreenderem um conteúdo atitudinal aproximando-o do conhecimento científico de forma a mudarem suas atitudes e construir comportamentos com consistência, fruto da reflexão sobre normas e valores, os professores, mais do que discursos éticos, devem utilizar estratégias que levem a reflexões e elaborações complexas de caráter pessoal (EL-HANI; MORTIMER, 2007; POZO; GOMÉZ CRESPO, 2009). Apud (FRASSON, LABURÚ, ZOMPERO, 2019)*

## 3.6. APRENDIZAGEM SIGNIFICATIVA

Uma aprendizagem significativa deve proporcionar ao estudante a habilidade, a competência, que se refletem nas atitudes e nos procedimentos de maneira profunda e eficiente, na resolução de situações problemas, elaborando conceitos e sendo capaz de considerar diferentes naturezas do objeto estudado.

A aprendizagem ativa conceitual ocorre quando se é possível encontrar significados aos contextos estudados. O estudante deve ser capaz, com suas próprias palavras, descrever os termos estudados. O professor antes de inserir um novo conteúdo, deve verificar que os alunos dominam os conceitos prévios

necessários, se possuem subsunçores adequados para a ancoragem do novo conteúdo. Deve existir uma predisposição do aprendiz em aprender. Existem várias correntes pedagógicas que defendem uma reavaliação do ambiente e currículo escolar buscando o interesse do aluno, criando assim um ambiente propício a trabalhos colaborativos.

Conhecer os subsunçores do aprendiz, nesse processo, é fundamental, pois permite ao professor enfatizar, nas suas práticas de ensino, as correlações conceituais entre o conhecimento novo e o prévio. (FRASSON, LABURÚ, ZOMPERO, FREITAS, 2019). A elaboração da sequência didática, dos materiais, suas sequências e metodologias na utilização dos materiais disponibilizados, também são fatores fundamentais descrita pelos autores. A aprendizagem conceitual pode ser desenvolvida, segundo autores, por ensino por investigação e atividades por exposição. A atividade por investigação promove, por meio de observação e questionamentos, a descoberta de conceito e a interligação entre conceitos, estimulando uma forte atividade mental, possibilitando a construção de novos conceitos e desenvolvendo a capacidade de aplicar e entender esses conceitos. Já a aprendizagem por exposição está basicamente relacionada a recepção da informação conceituada disponibilizada. Nesse caso os conceitos não são descobertos e sim assimilados a uma estrutura cognitiva interna bem desenvolvida sobre o assunto. Envolve basicamente a relação de novos conhecimentos com os conhecimentos já existentes, nesse caso os novos conhecimentos se encaixam como complemento de conhecimentos existentes.

A aprendizagem significativa procedimental pode ser associada a proposta de assimilação a subsunçores de Ausubel, onde inicialmente ideias e conceitos separados passam gradativamente a se associar e depois de uma certa prática, os conceitos se fundem e se complementam. Nessa etapa o aprendiz precisa aprender, compreender e refletir sobre as etapas da execução da tarefa. O objetivo não é uma memorização de uma sequência, ou a mecanização da mesma, e sim criar estratégias para aplicar uma determinada sequência ou parte dela.

A aprendizagem significativa atitudinal refere-se a criação de normas e condutas de convivência levando ao aluno à reflexões sobre como normas e atitudes interferem na sociedade. Essa aprendizagem está voltada para uma reflexão do aluno sobre valores e normas que serão interiorizadas, são cada vez mais necessárias em nosso mundo contemporâneo onde as mídias tentam impor valores comerciais e econômicos acima dos valores éticos e morais.

*Como proposta, imaginamos a Aprendizagem Significativa para além de conceitos, acontecendo de forma conjunta à de procedimentos e atitudes. Tal compreensão é relevante quando se almeja a formação de cidadãos que assumam posições com respeito ao uso social dos saberes escolares, pois ela torna os aprendizes aptos a relacionar conhecimentos científicos, mudança social, opiniões ideológicas e hábitos de conduta. (FRASSON, LABURÚ, ZOMPERO, 2019)*

### **3.7. MAPAS CONCEITUAIS – NOVAK**

Como já mencionado anteriormente, três fatores caracterizam a evolução cultural da sociedade contemporânea: a crescente oferta de informação/conhecimento, o exponencial crescimento das tecnologias de informação e a

globalização. Esses fatores transformaram a sociedade como um todo, modificando a relação tempo espaço. Vivemos uma era onde as informações são instantâneas e com isso todos os tipos de relações, sociais, econômicas, trabalhistas, etc.. por efeito cascata foram alteradas.

*O tempo e o espaço adquiriram novos significados para os cidadãos das sociedades do conhecimento, que devem enfrentar os problemas com um novo nível de complexidade. “Problematiques”*

*foram propostas pelo Clube de Roma como um meio de conceituar esses tipos de problemas altamente complexos com impactos globais de longo prazo (Clube de Roma, 1970). Deterioração ambiental, pobreza, doenças endêmicas, praga urbana e criminalidade são alguns exemplos de “problematiques” que são virtualmente impossíveis de entender e resolver isoladamente. (CORREIA, CICUTO, AGUIAR 2014).*

*Essas mudanças sociais tornaram obsoletos os paradigmas educacionais antiquados. Eles foram concebidos para atender às demandas apresentadas por uma sociedade industrial. A necessidade de desenvolver novas arquiteturas pedagógicas é apenas a tão esperada resposta aos novos desafios apresentados pela nossa sociedade contemporânea (Robinson, 2001; Sawyer, 2006; UNESCO, 2005). Novos papéis para instrutores e alunos devem ser considerados, bem como o tempo e o espaço em que a educação ocorre. A aprendizagem significativa, colaborativa, autorregulada e ao longo da vida devem ser buscadas ao longo da educação formal para preparar os indivíduos para serem cidadãos autônomos no século XXI (Visser&Visser-Valfrey, 2008). (CORREIA, CICUTO , AGUIAR 2014)*

Os desafios da educação no mundo contemporâneo requerem repensar as nossas práticas pedagógicas. A complexidade desse mundo digitalizado trouxe a necessidade de o estudante desenvolver capacidades e competências para serem aplicadas no mundo real com um apurado pensamento de alta complexidade, capaz de resolver desafios, trabalhar em equipe e pensamento criativo. A complexidade e intensidade das informações disponíveis podem facilmente tornar-se obstáculos devido à sobrecarga cognitiva ao tentar processar inúmeras informações simultâneas. Esse é o novo desafio a ser enfrentado. A proposta é de um reducionismo hierárquico para amenizar a sobrecarga de informações e capacitar ao aluno encontrar soluções para situações complexas.

*A ideia principal é descrever sistemas complexos usando uma hierarquia de organizações, cada uma das quais é apenas descrita em termos de objetos (conceitos) um nível abaixo na hierarquia. Essa estratégia garante que todas as explicações sobre o sistema sejam geradas por uma abordagem passo a passo e contenham um número gerenciável de elementos (conceitos) a serem processados. (CORREIA, CICUTO,*

AGUIAR 2014).

O mapeamento de conceitos desenvolvido por Joseph Novak é uma técnica que permite, através da exposição gráfica do conhecimento e da informação, a construção de eficientes modelos mentais facilitando a absorção do conteúdo. Os mapas conceituais são instrumentos gráficos capazes de refletir a organização de dado conhecimento segundo o entendimento do indivíduo que o produziu e a sua construção promove a própria organização do conhecimento que expressa, constituindo-se em um instrumento de aprendizagem e de avaliação desta. Um mapa conceitual é uma esquema visual que ajuda a resumir e explicar um conceito, ao relacionar a diferentes conceitos interligados por proposições. As proposições são unidades semânticas que revelam o sentido existente na relação entre dois conceitos.

*O conceito de Modelos de Conhecimento (KMs) potencializa a possibilidade de mapear informações e organizar o conhecimento, construindo um conjunto de N-Maps com hiperlinks que incluem quaisquer recursos associados (qualquer arquivo digital pode ser vinculado a qualquer conceito) sobre um domínio particular (CORREIA, CICUTO, AGUIAR 2014).*

Com os novos recursos digitais disponíveis podemos criar situações onde nossos mapas conceituais tenham a aparência de site, dispor de diversos recursos com: textos, animações, vídeos, simulações etc.. Essas ferramentas possibilitam um ambiente mais agradável visualmente, mais próximo ao universo que os alunos têm contato diariamente, criando um ambiente mais propício a aprendizagem.

Os mapas conceituais podem ser usados tanto pelos professores para expor um determinado conteúdo aos alunos, como para os alunos, individualmente, em dupla ou em grupos um pouco maiores, representarem um determinado conteúdo assimilado para o restante da turma.

*A aprendizagem significativa exige mais do que a aprendizagem mecânica e deve ser entendida como uma parceria envolvendo o instrutor e os alunos. É necessário estabelecer uma atmosfera favorável ao aprendizado porque os requisitos para se alcançar um aprendizado significativo exigem o comprometimento do instrutor e dos alunos. A identificação dos conhecimentos prévios dos alunos envolve o instrutor (que concebe uma atividade para este fim) e os alunos (que devem participar e revelar os seus conhecimentos prévios). A seleção do material de instrução é decisão do instrutor, enquanto a escolha de aprender de forma significativa é decisão exclusiva dos alunos. (CORREIA, CICUTO, AGUIAR 2014).*

### **3.8. HIPERTEXTO**

“O hipertexto é, por definição, uma forma de escrita/leitura não- linear e não hierarquizada que permite o acesso ilimitado a blocos de informação ligados a



palavras, partes de um texto ou imagens.” (SANTOS, MOSER, LIMA.2019.)

As transformações históricas, já citadas nesse trabalho, dos meios de comunicação foram e são fatores fundamentais para o desenvolvimento da humanidade em todos os parâmetros. A sociedade contemporânea é cada vez mais impactada pelo crescente número de informações disponíveis, acelerada cada vez mais pela internet. Essa nova realidade chamada cyber-espço vem promovendo profundas alterações em todos os segmentos da sociedade criando novas possibilidades inimagináveis há décadas atrás. Toda essa revolução da chamada era da informação gerou a necessidade de novas ferramentas e ou propostas pedagógicas.

O hipertexto se apresenta como importante ferramenta pedagógica e em um modelo bem próximo às ferramentas utilizadas pelos estudantes contemporâneos. As definições do termo hipertexto indicam ser um texto, característico da linguagem do ciberespaço diferente da linearidade e logicidade da maioria dos textos rígidos, apresentados nos escritos físicos. Pierre Lévy (2008,p.92) apresenta sua definição de ciberespaço:

*Eu defino o ciberespaço como o espaço de comunicação aberto pela interconexão mundial dos computadores e da memória dos computadores. Esta definição inclui o conjunto dos sistemas de comunicação eletrônicos (aí incluídos os conjuntos de redes horizontais e telefônicas clássicas), na medida em que transmitem informações provenientes de fontes digitais destinadas à digitalização. Insisto na codificação digital, pois ela condiciona o caráter plástico, fluido, calculável com precisão e tratável em tempo real, hipertextual, virtual, da informação que é, parece-me, a marca distintiva do ciberespaço. (SANTOS, MOSER, LIMA.2019.)*

O hipertexto é uma forma de exposição de dados, escrita, virtual, animada, por vídeos etc., que permite ao estudante escolher alguns caminhos de forma não linear. A disponibilidade de conteúdo possibilita, acessar outros sites através de links, vídeos, textos, esquemas, mapas conceituais entre outros, o desenvolvimento do aluno. A utilização dos recursos dos meios virtuais para disponibilizar conteúdos, possibilita um dinamismo no estudo, uma flexibilidade de linguagem e ou recursos, uma interação assíncrona e infinitas possibilidades pedagógicas.

No mundo virtual o hipertexto possui inúmeros links que permitem ao aluno transitar por variados recursos tecnológicos, sem uma sequência específica, de acordo com sua necessidade e ou curiosidade, possibilitando estudar um conteúdo sob várias óticas/conceitos. Essa perspectiva de poder estudar um assunto de diferentes pontos de vista aumenta o alcance pedagógico. Além de possibilitar um ambiente mais “amigável” onde o estudante é livre para acessar o conteúdo, modalidade interativa, ver e rever um determinado tema, no momento que quiser.

*É uma forma de linguagem e de comunicação multimodal e possibilita ao leitor a abertura imediata a ideias correlatas e conexas, podendo ampliar assim o leque de possibilidades de significado. Alarga o campo semântico trazendo informações, dados, links, vídeos e demais formas de informação para que o leitor possa ter mais compreensão e, ao mesmo tempo, fornece recursos para uma co-construção do significado. (SANTOS, MOSER, LIMA.2019.)*

*O hipertexto permite construções variadas e diversas de indivíduo a indivíduo, pois o cérebro não procede linearmente, mas de maneira seletiva (EDELMAN, 2007), ou seja, seleciona, segundo sua evolução no nicho eco-sócio-cultural quais os caminhos julgados melhores para a compreensão das informações, bases para a tomada de decisões. As conexões hipertextuais podem ser consideradas como paralelas às conexões neuronais, sendo, porém de outro gênero e de outra espécie de complexidade. Além do mais, as conexões e nós encontrados nos hipertextos são programados pelo autor do texto, ao passo que o cérebro do leitor não é programável (EDELMAN, 2007), tampouco temos a certeza dos caminhos que cada estudante pode tomar. (SANTOS, MOSER, LIMA. 2019.)*

*O hipertexto é, pois, uma forma de escrita que possibilita ao leitor e estudante escolher alguns caminhos ou trilhas, a partir de associações e inserções ou remissões às quais o texto envia de modo não linear. As inserções, links e remissões a outros textos possibilita acesso imediato, sem a necessidade de busca em sites relacionados e enriquecem o caráter semântico das proposições hipertextuais. (SANTOS, R. O.; MOSER, A.; LIMA, T. 2019)*

As ferramentas digitais a tempos já foram incorporadas ao mundo contemporâneo, seja no e-commerce, nas redes sociais, transações bancárias, diversão etc. De maneira muito significativa toda sociedade foi impactada e envolvida pela chamada tecnologia de informação e comunicação. Os jovens já possuem uma familiaridade intensa com essa era digital. O sistema educacional deve se inserir no contexto, tão familiarizada pelos alunos, através de hipertextos e outras ferramentas para se aproximar mais do universo “real”, palavra correta seria virtual, do aluno e finalmente proporcionar uma educação que se relacione de maneira mais intensa com o ambiente do aluno e conseqüentemente torne-se mais eficiente e mais lúdica.

REZENDE (2004) expõe que a mente humana se comporta como uma rede onde várias informações de diferentes modalidades se interconectam de acordo com uma seqüência lógica de ligações de maneira análoga às conexões que são feitas pelo estudante ao acessar hipertextos. O autor ainda complementa que o ambiente hipertextual, online, desenvolve no aprendiz habilidades associativas, onde o estudante procura inter-relacionar links e conteúdos ao navegar nos hipertextos.

De acordo com o desenvolvimento cognitivo do aluno e principalmente de seu interesse, segundo "Ausubel", ele pode se aprofundar mais e até mesmo procurar fora do hipertexto desde que assuma uma postura crítica e protagonista.

*... a operação elementar da atividade interpretativa é a associação; dar sentido a um texto é o mesmo que ligá-lo, conectá-lo a outros textos, e portanto, é o mesmo que construir um hipertexto. É sabido que pessoas diferentes irão atribuir sentidos por vezes opostos a uma mensagem idêntica. Isto porque, se por um lado o texto é o mesmo para cada um, por*

*outro o hipertexto pode diferir completamente. O que conta é a rede de relações pela qual a mensagem será capturada, a rede semiótica que o interpretante usará para captá-la. LÉVY (1993, p. 72)*

Uma associação imediata que podemos fazer dependendo da maneira pela qual os hipertextos são apresentados são com os mapas conceituais de Novak. De acordo com Gercina Ângela (LIMA, 2004) “O mapa conceitual, como componente da navegação hipertextual, é a técnica de representar conhecimento em forma gráfica, construindo uma rede de conhecimento constituída de nodos e links, nos quais os nodos representam os conceitos e os links representam as relações entre os conceitos. “A autora descreve como deve ser representado um hipertexto no modelo mapa conceitual, onde devem ser apresentadas alternativas para links tantos hierárquicos, como horizontais, propiciando uma estrutura de navegação que o estudante encontre segundo ela a informação com conteúdo semântico.

De acordo com Gercina Ângela (LIMA, 2004), Novak a partir dos princípios de Ausubel, a teoria dos mapas conceituais segue a linha de raciocínio que a aprendizagem ocorre com armazenamento de dados, de maneira hierárquica, indiferente da complexidade ou profundidade do conteúdo estudado, seguindo uma sequência natural para o desenvolvimento do conteúdo estudado.

### **3.9. A TEORIA COGNITIVA DE APRENDIZAGEM MULTIMÍDIA**

A teoria Cognitiva de Aprendizagem Multimídia e da Carga Cognitiva estuda o processo de aprendizagem significativa em ambientes multimídias. A aprendizagem ocorre quando novos estímulos, conteúdos, são percebidos como relevantes, selecionados, e assimilados como esquemas na memória de curto prazo e finalmente agregado a memória de longo prazo, onde está localizado nosso conhecimento. O processo da recepção da informação até sua assimilação é chamado de Teoria de Processamento da Informação.

Segundo MAYER (2017) o conteúdo multimídia apresenta palavras na forma de texto narrado ou escrito, e imagens dinâmicas ou estáticas que constituem a representação física da informação. As informações são captadas por meio dos olhos e ouvidos e transformadas em um modelo sensorial da informação na memória sensorial. O aprendiz seleciona, de acordo com suas prioridades, optando pelas imagens e sons que integrarão a memória de trabalho. Os conteúdos selecionados para a memória de trabalho assumem agora o formato de informação. A informação agora é processada por processos cognitivos na memória de longo prazo, sendo o último estágio da representação da informação.

É bom salientar sempre que embora a ênfase de todo texto esteja dirigida para hipertexto, a prioridade, a figura central, sempre é o estudante e suas carências e deficiências, a serem supridas. A tecnologia, é apenas uma ferramenta que pode possibilitar uma aprendizagem mais eficiente.

LÉVY (1999) ainda estabelece o novo perfil da aprendizagem caracterizada por interação no ciberespaço, o que a torna única para cada estudante, não linear, fragmentada e com um significativo enfoque cooperação coletiva por meios de comunidades virtuais, gerenciamento de saberes em tempos reais, com gerenciamento dinâmico das competências.

As possibilidades que surgiram com o desenvolvimento das Tecnologias de Informação e Comunicação (TIC's) e web proporcionaram um universo muito fértil para novas práticas pedagógicas. A heterogeneidade dos estudantes e o acesso a uma plataforma em comum exigem um ambiente muito complexo no sentido de atender uma demanda tão diversificada. O hipertexto pode ser o ambiente onde as diversidades serão minimizadas, com a possibilidade de o aluno, segundo Ausubel, se ancorar a tópicos próximos às suas necessidades, e a partir daí aprimorar ou desenvolver ainda mais seus conhecimentos. Conseguindo assim atender a uma diversidade de grau de desenvolvimento ou conhecimento proporcionada pela web.

Os autores Figueiredo, Melo e Oliveira (2013) evidenciam que os hipertextos vão além de um simples acesso passivo a internet, o estudante necessita ter autonomia e percepção para escolher seu caminho e organizar o fluxo de informação. O aluno deve ter a percepção para determinar o caminho a ser percorrido no hipertexto, organizar o fluxo retrocedendo as vezes para rever algum tópico, ignorar outros e ainda se adequar ao tempo disponível e quantidade de informações a serem consultadas, sem dizer que fora do hipertexto existem na web uma quantidade significativa de informações. Todas essas competências e habilidades exigem ou desenvolvem no estudante a autonomia para torná-lo protagonista do processo cognitivo.

Robert Gagné (1965) em sua Teoria instrucional defende que “[...] instrução pode ser definida como um conjunto de eventos planejados para iniciar, ativar e manter a aprendizagem do aluno”. Para Gagné após o período cognitivo, o conteúdo assimilado passa a ser denominado como estado persistente ou capacidade, com uma capacidade mais apurada o indivíduo passa a ter uma performance mais avançada no contexto assimilado. Gagné lista nove condições facilitadores do processo de aprendizagem e o quinto evento onde ele menciona as melhores estratégias para a aprendizagem do conteúdo, o hipertexto contempla plenamente os pré-requisitos, onde segundo ele os estudantes devem aprender a aprender de diversas maneiras: " a) utilizando variadas estratégias de aprendizagem (*role playing*, mapas conceituais, regras mnemônicas, estudo de casos); b) utilizando exemplos do que fazer e contra- exemplos do que não fazer; c) fornecendo suporte personalizado que vai sendo removido aos poucos". (NIU, 2020).

Os murais interativos, ou hipertextos, se aproximam ou são bem similares aos conceitos de signos de Vygotsky que promovem a mediação da aprendizagem, segundo FIGUEIREDO, MELO, OLIVEIRA (2013). Os autores ainda defendem que o Conceito de Zona de Desenvolvimento proximal, que indica a distância entre o que a pessoa pode fazer por si mesma e o que elas podem fazer sendo auxiliadas, podem ser estendidas a educação como um processo de comunicação. E concluem que a educação se torna um processo de comunicação interativa e de cooperação.

*Para Vygotsky (apud Oliveira 2002), a aprendizagem se processa, como para quase todas as ações humanas, por meio de uma mediação, podendo ser semiótica, escrita ou falada, ou por outros meios: livros, filmes, vídeos entre outros. De fato, o ser humano não tem acesso direto aos objetos do mundo real, no qual ele está inserido, mas um acesso mediado pelo conceito processado na mente. SANTOS, MOSER, LIMA. (2019)*

Rezende (2004) destaca a similaridade de navegar em um hipertexto com o

processo cognitivo humano, onde são coletadas informações de diversas modalidades processadas e geradas conclusões ou criado um conceito.

*Segundo Ausubel (1980), para que ocorra a aprendizagem, é necessário partir daquilo que o aluno já sabe e, então, os professores devem criar situações didáticas com a finalidade de descobrir esse conhecimento, definido como prévio que serve de suporte para os que serão adquiridos ou construídos. RIBEIRO, CABRAL (2014)*

Rezende (2004) cita que para Ausubel os gráficos, as narrativas, as explicações orais, entre outras ferramentas cognitivas, devem ser utilizadas para facilitar as assimilações entre uma variedade de conceitos. Os hipertextos potencializam essa apresentação de facilitadores de assimilações. Além de não haver limites para a quantidade ou tamanho de objetos e associações, o que proporciona uma experiência única a cada estudante onde vários caminhos não lineares e independentes podem ser degustados.

*Utilizar o hipertexto como suporte para material didático, especialmente a Web, é aproximar a apreciação deste material do próprio esquema associativo da mente do aluno de sua rede cognitiva, segundo Ausubel e, mais: ao dar ao aluno a possibilidade de buscar as associações que lhe parecem mais pertinentes, permite-se que ele contextualize aquele material segundo sua realidade. Além disso, ao buscar associações, validações, informações complementares e suplementares, contra-provas etc., o aluno é obrigado a desenvolver e exercitar seu instrumental de busca, seleção, análise e síntese, manipulando os conceitos sempre sob o filtro de seu contexto. REZENDE (2004)*

## 4. CAPACITÂNCIA

A ideia de armazenar a energia elétrica das tempestades é capaz de suscitar o interesse dos estudantes para a aprendizagem da Física e pode compor uma interessante estratégia para desenvolver os conceitos de energia potencial elétrica e de capacitância. A seguir desenvolvemos uma abordagem pautada nesta ideia, usando a impressionante demonstração de potência exibida pelas tempestades elétricas como elemento motivador para o estudo dos temas mencionados. (Carvalho, 2018)

### 4.1- O ACÚMULO DE ENERGIA ELÉTRICA NAS NUUVENS

A formação das nuvens resulta da elevação do vapor gerado pela incidência da radiação solar na superfície úmida da Terra. Menos denso que o ar, o vapor sobe para regiões mais frias e mais altas da atmosfera, onde se condensa e forma minúsculas gotinhas de água e gelo que compõem a nuvem.

Os ventos ascendentes intensos movimentam as partículas de gelo e de água em nuvens de grande extensão vertical, chamadas cumulonimbus ou simplesmente nuvens de tempestades, provocando eletrização que pode resultar em relâmpagos.

Uma das teorias mais aceitas é a de que o granizo, mais denso, ao colidir com cristais de gelo, menos densos, tornam-se carregados negativamente, enquanto os cristais de gelo ficam carregados positivamente.

Figura 4.1 – eletrização das nuvens.



Fonte: [www. https://www.scienceabc.com/](https://www.scienceabc.com/)

Isso explicaria o fato de a maioria das nuvens de tempestade ter um centro de cargas negativas na região mais próxima a superfície da Terra e um centro de cargas positivas na sua parte superior. Descargas elétricas entre as duas regiões ocorrem quando a concentração de cargas nesses centros cresce o suficiente para romper o isolamento elétrico do ar que os circunda. As cargas elétricas das nuvens, localizadas mais próximas da Terra, induzem cargas opostas na superfície da Terra, que podem originar descargas elétricas (raios) entre a Terra e as nuvens (SABA, 2001).

A corrente transportada por um raio, ao passar pelo ar, aquece-o e este se expande vigorosamente, produzindo um som intenso e grave; o trovão.

### 4.2. ENERGIA POTENCIAL ELÉTRICA DE UMA CONFIGURAÇÃO DE CARGAS PONTUAIS

A energia potencial associada a uma distribuição de cargas pontuais é configuracional, depende da posição relativa de cada carga com respeito às outras. Assim quando cargas elétricas são geradas nas nuvens e separadas, energia elétrica potencial é armazenada.

Para investigar a energia potencial de uma configuração de cargas é

conveniente começar pela menor configuração possível, de duas cargas, como representado na Figura 4.2.

Figura 4.2 – duas cargas de sinais opostos.  
r



Fonte: produção do autor

O trabalho necessário para trazer a carga  $q$  (negativa) do infinito até à distância  $r$  da carga  $Q$  (positiva) é expresso por:

$$W = \int_{\infty}^r \vec{F} \cdot d\vec{\ell} = \int_{\infty}^r q\vec{E} \cdot d\vec{\ell} = -\Delta U = -[U(r) - U(\infty)] = -q[V(r) - V(\infty)] \quad (1)$$

onde  $d\vec{\ell} = dr(-\hat{r})$  (2) e  $\vec{E} = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{Q}{r^2} \hat{r}$  (3), então

$$V(r) - V(r \rightarrow \infty) = -\int_{\infty}^r \vec{E} \cdot d\vec{\ell} \quad (4)$$

$V(r)$ , potencial elétrico, grandeza escalar relacionada ao campo elétrico, definida como a energia potencial por unidade de carga de prova.

$$U(r) = -qV(r) = -\frac{1}{4\pi\epsilon} \frac{qQ}{r} \rightarrow V(r) = \frac{1}{4\pi\epsilon} \frac{Q}{r} \quad (5)$$

O trabalho necessário para trazer uma carga  $q$  (positiva) do infinito até à distância  $r$ , Fig 4.3, da carga  $Q$  (positiva) é:

Figura 4.3 – Movendo uma carga do infinito até a distância  $r$ .



Fonte: produção do autor

$$W = \int_{\infty}^r \vec{F} \cdot d\vec{\ell} = \int_{\infty}^r q(-\vec{E}) \cdot d\vec{\ell} = -\Delta U = -[U(r) - U(\infty)] = -q[V(r) - V(\infty)] \quad (6)$$

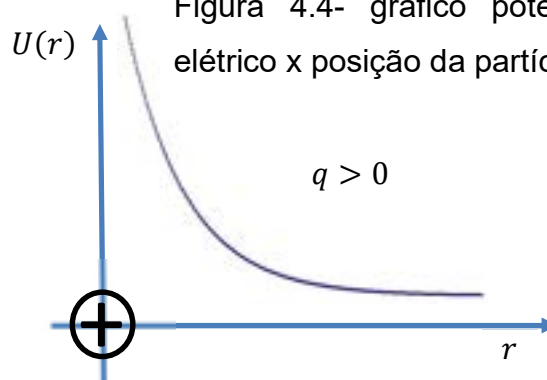
$$\vec{E} = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{Q}{r^2} \hat{r} \quad (7)$$

$$d\vec{\ell} = dr(-\hat{r}) \quad (8)$$

$$V(r) - V(r \rightarrow \infty) = -\int_{\infty}^r \vec{E} \cdot d\vec{\ell} \quad (9)$$

$$V(r) = \frac{1}{4\pi\epsilon} \frac{Q}{r} \quad (10)$$

Figura 4.4- gráfico potencial elétrico x posição da partícula.

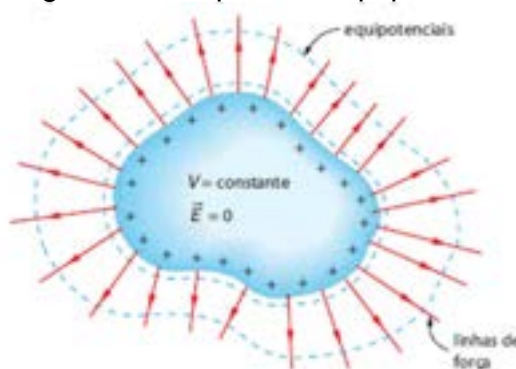


$$U(r) = qV(r) = \frac{1}{4\pi\epsilon} \frac{qQ}{r} \quad (11)$$

Fonte: produção do autor.

As superfícies esféricas centradas na carga  $Q$ , fonte do campo, são denominadas superfícies equipotenciais; ou seja, o potencial elétrico nestas superfícies é constante

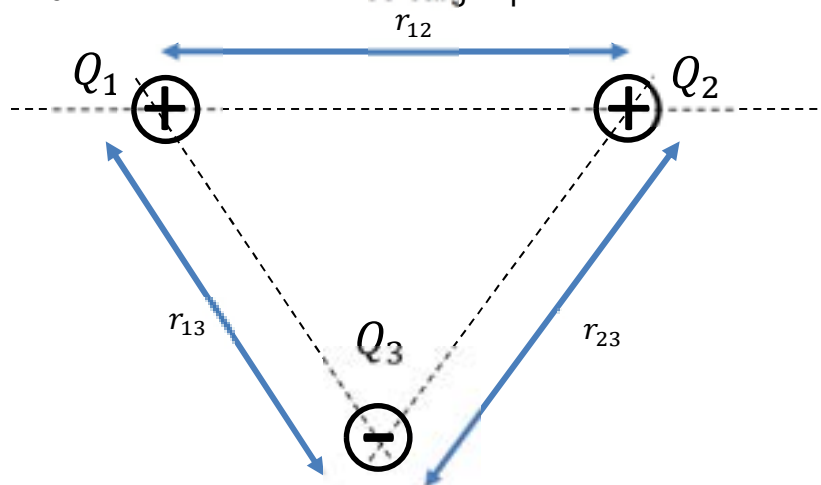
Figura 4.5. Superfície equipotencial.



Fonte: Compreendendo a Física, Alberto Gaspar

Investiguemos agora um sistema com três cargas pontuais distribuídas conforme a Figura 4.6 a seguir.

Figura 4.6 – um sistema com três cargas pontuais distribuídas



Fonte: produção do autor

Inicialmente as três cargas estão muito, muito distantes uma da outra.

Não se realiza trabalho ao trazer a carga  $Q_1$  do infinito até a posição 1 pois não existe campo elétrico. Quando a carga elétrica  $Q_2$  é trazida para a posição 2, esta fica sujeita a uma força elétrica devida a  $Q_1$ , e trabalho é realizado. O mesmo acontece quando  $Q_3$  é trazida até a posição 3, sofre a ação de forças devidas a  $Q_1$  e  $Q_2$ .

$$W_1 = 0$$

$$W_2 = \int_{\infty}^{r_{12}} \vec{F}_{12} \cdot d\vec{\ell} = \int_{\infty}^{r_{12}} Q_2 \vec{E}_1 \cdot d\vec{\ell} = \int_{\infty}^{r_{12}} Q_2 \left( \frac{1}{4\pi\epsilon} \frac{Q_1}{r} \hat{r} \right) \cdot (dr \hat{r}) \quad (12)$$

$$= -\Delta U = -[U(r) - U(\infty)]$$



$$-\Delta U = \frac{1}{4\pi\epsilon} Q_1 Q_2 \int_{\infty}^{r_{12}} \frac{1}{r^2} dr = \frac{1}{4\pi\epsilon} Q_1 Q_2 \left[ -\frac{1}{r} \right]_{\infty}^{r_{12}} = -\frac{1}{4\pi\epsilon} \frac{Q_1 Q_2}{r_{12}} + 0 \rightarrow$$

$$U_{12} = \frac{1}{4\pi\epsilon} \frac{Q_1 Q_2}{r_{12}} = Q_2 V_1 \quad (13)$$

$$\begin{aligned} W_3 &= \int (\vec{F}_{13} + \vec{F}_{23}) \cdot d\vec{\ell} \\ &= \int Q_3 (\vec{E}_1 + \vec{E}_2) \cdot d\vec{\ell} = \int_{\infty}^{r_{13}} Q_3 \left( \frac{1}{4\pi\epsilon} \frac{Q_1}{r} \hat{r} \right) \cdot (dr \hat{r}) + \int_{\infty}^{r_{23}} Q_3 \left( \frac{1}{4\pi\epsilon} \frac{Q_2}{r} \hat{r} \right) \cdot (dr \hat{r}) \\ &= -\Delta U \quad (14) \end{aligned}$$

$$U_{13} + U_{23} = \frac{1}{4\pi\epsilon} \frac{Q_1 Q_3}{r_{13}} + \frac{1}{4\pi\epsilon} \frac{Q_2 Q_3}{r_{23}} = Q_3 V_1 + Q_3 V_2 \quad \rightarrow \quad U = U_{12} + U_{13} + U_{23} \quad (15)$$

$$U = U_{12} + U_{13} + U_{23} = \frac{1}{2} \sum_{i=1}^3 \sum_{j=1}^3 U_{ij} = \frac{1}{2} \sum_{i=1}^3 Q_i V_i \quad (16)$$

Com  $i$  diferente de  $j$ .

O termo  $1/2$  é introduzido para não contar duas vezes a energia entre mesmas duas cargas, pois  $U_{ij} = U_{ji}$ . Termos  $U_{ii}$  não são considerados. Para  $n$  cargas pontuais

$$U = \frac{1}{2} \sum_{i=1}^n Q_i V_i \quad (17)$$

Por analogia, para uma distribuição superficial de cargas em um corpo metálico

$$U = \frac{1}{2} QV \quad (18)$$

onde  $Q$  é a carga total e  $V$  é o potencial elétrico ao qual o corpo está sujeito (REITZ, MILFORD, CHRISTY, 1996).

### 4.3. CONDUTORES COM CARGAS ELÉTRICAS EM EQUILÍBRIO

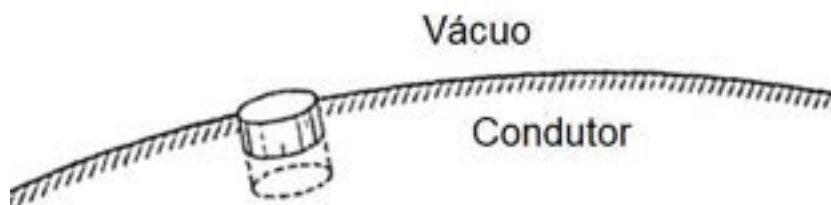
Quando cargas são depositadas em um condutor metálico, estas se repelem e migram, se posicionando o mais afastas umas das outras, ou seja, vão se depositar na superfície do condutor. É de fundamental importância notar que qualquer movimento de cargas é sempre na direção que resulte em uma redução do campo que produz o movimento, ou seja minimiza a energia do sistema de cargas. As flutuações de ponto a ponto dos campos atômicos locais desaparecem na média. Não importa quão complicada seja a forma do condutor, o campo dentro dele será zero em todos os lugares quando todas as cargas alcançarem o repouso. Para a maioria dos metais, o intervalo de tempo para que o equilíbrio seja estabelecido é extremamente pequeno, da ordem de  $10^{-19}$  segundos.

Outra maneira de afirmar essa propriedade fundamental dos condutores é que quando as cargas estão em repouso sobre um condutor, o espaço central ou volume ocupado pelo material condutor é equipotencial. O campo elétrico (gradiente

do potencial) será, portanto, normal à cada ponto da superfície dos condutores e não haverá campo tangente a nenhuma superfície, que tenda a mover as cargas superficiais. É evidente que a densidade superficial de carga deve, em geral, ter uma variação muito complexa sobre as superfícies dos condutores, podendo até ter sinais opostos em diferentes pontos do mesmo condutor. De fato, é possível calcular seu valor apenas em casos de simetria suficiente.

Se um condutor está imerso em um campo elétrico externo, sua superfície deve ser o limite de um volume equipotencial e, portanto, deve conter carga. O teorema de Gauss permite calcular a densidade de carga em termos do campo fora da superfície. Constrói-se uma superfície Gaussiana na forma de uma pequena caixa de comprimidos, com lados de altura infinitesimal e com o fundo da caixa dentro da superfície do condutor e paralelo a ele, sendo o topo no campo do lado de fora como na figura abaixo.

Figura 4.7 - Um limite de condutor de superfície gaussiana



Fonte: SCOTT, p 63 (1966)

Então, o fluxo do campo elétrico por unidade de área que sai da superfície e passa pelo topo da caixa e é igual à carga por unidade de área dividida pela constante, resultando que

$$E = \frac{\sigma}{\epsilon} \quad (19)$$

onde  $E$  se refere ao valor limite da intensidade do campo à medida que o ponto de observação se aproxima da superfície do lado de fora. A direção de  $E$  é, naturalmente, normal à superfície de densidade superficial de carga  $\sigma$ .

Nos parágrafos anteriores foi feita referência à maneira complicada pela qual a carga pode se distribuir em um conjunto arbitrário de condutores. É possível demonstrar de forma elementar que, se os  $N$  condutores de um dado conjunto recebem cargas líquidas denotadas por,  $Q_1, Q_2, \dots, Q_N$ , existe apenas uma maneira pela qual essas cargas podem se distribuir sobre os condutores e reduzir o campo a zero em cada um. Se esta declaração não fosse verdade, poderia ser possível, por exemplo, obter resultados diferentes carregando os objetos um após o outro em ordens diferentes.

O princípio da superposição dos efeitos pode ser usado para demonstrar essa asserção. Considere duas distribuições de equilíbrio das mesmas cargas  $Q_1, \dots, Q_N$ , obtidas de forma diferente, e suponha temporariamente que as cargas estejam espalhadas de forma diferente em alguns dos condutores, nos dois casos. Cada uma destas distribuições torna equipotencial todos os volumes dos condutores.

Admitindo que as duas diferentes distribuições de carga dos  $N$  condutores definem dois valores de densidades superficiais de carga,  $\sigma'$  e  $\sigma''$ , para os dois arranjos, a diferença entre estas densidades de carga,  $\sigma' - \sigma''$ , pode ser imaginada como um terceiro arranjo, no qual há em cada ponto de cada condutor uma densidade de carga  $\sigma''' = \sigma' - \sigma''$  (20). Uma vez que os dois primeiros arranjos de

carga produziram uma distribuição de potencial que é constante dentro de cada condutor, o mesmo acontecerá com o terceiro e, portanto, será um arranjo de equilíbrio (não haverá forças que possam alterar  $\sigma'''$ ). Uma vez estabelecida, a densidade de carga  $\sigma'''$ , esta permanecerá.

Se  $\sigma'''$  não for zero, haverá fluxo de campo elétrico deixando vários pontos nos condutores. No entanto, como a carga total em cada condutor foi a mesma, para  $\sigma'$  e  $\sigma''$ , resultará zero para  $\sigma'''$ . Assim, qualquer dos condutores que tenha  $\sigma'''$  diferente de zero em algum lugar de sua superfície deve ter valores positivos e negativos de  $\sigma'''$  e deve ter fluxo do campo elétrico entrando e saindo. Como uma linha de força começa e termina em diferentes potenciais, cada linha que entra ou sai de um condutor deve ter sua outra extremidade em outro condutor. Assim, cada condutor que carrega um  $\sigma'''$  que não se anula em algum ponto terá um potencial intermediário, entre dois outros condutores.

Mesmo se incluirmos "infinito" como condutor (o que não é necessário se todos os  $Q_s$  forem zero, pois então nenhum fluxo passa para o infinito) é impossível que todos os condutores tenham potencial intermediário. Qualquer condutor que estiver no potencial mais alto só teria fluxo deixando-o, o que também é impossível. Portanto, o conjunto de condutores com carga líquida zero deve ter densidade de carga superficial zero em todos os pontos e nenhum campo em nenhum lugar. Portanto, as duas distribuições originais de  $\sigma$  devem ser idênticas e a asserção está provada (TAUSSIG SCOTT, 1960).

#### 4.4-COEFICIENTES DE CAPACITÂNCIA

O estudo quantitativo dos fenômenos eletrostáticos é muito facilitado pelo fato de que a relação entre as cargas de um conjunto de condutores e os potenciais resultantes depende apenas do arranjo geométrico dos condutores. Este resultado é consequência do fato de que determinadas cargas podem se distribuir de uma única maneira em um determinado conjunto de condutores, conforme demonstrado anteriormente (REITZ, MILFORD, CHRISTY, 1996).

Suponhamos que existam  $N$  condutores em um arranjo geométrico estável. Consideremos todos os condutores não carregados, exceto o condutor  $j$ , que possui carga  $Q_{j0}$ , a carga se distribuirá em alguma densidade de equilíbrio particular na superfície deste condutor, denotada pela densidade superficial  $\sigma_{j0}$ . O potencial no espaço exterior aos condutores estará relacionado à esta densidade de carga por  $V^j(\mathbf{r}) = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \int_S \frac{\sigma_{j0}(\mathbf{r}')}{|\mathbf{r}-\mathbf{r}'|} da'$ . (21) O potencial de cada um dos condutores será indicado por  $V_1^{(j)}$ ,  $V_2^{(j)}$ , ...,  $V_j^{(j)}$ , .....  $V_N^{(j)}$ . Certamente esta é a única maneira pela qual uma carga  $Q_{j0}$  se distribuiria se colocada no condutor  $j$ . Quando a carga do condutor de índice  $j$  é alterada para  $mQ_{j0}$ , a distribuição resultante também é um arranjo de equilíbrio e o potencial é então  $m$  vezes maior em todos os pontos do espaço ( $m$  seria fatorado para fora da equação  $mV^j(\mathbf{r}) = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \int_S m \frac{\sigma_{j0}(\mathbf{r}')}{|\mathbf{r}-\mathbf{r}'|} da'$  (22). A carga do condutor de índice  $j$  será, então,  $mQ_{j0}$  e todos os outros condutores permanecerão com carga líquida nula. Em virtude de  $\sigma = \epsilon_0 E$ , segue-se que todas as densidades de carga serão multiplicadas por  $m$ . Assim, os potenciais dos condutores seriam multiplicados por  $m$ , e o potencial de cada condutor é proporcional a carga  $Q_j$  do condutor  $j$ , isto é,

$$V_i^{(j)} = p_{ij}Q_j \quad (23) \quad (i = 1, 2, \dots, N),$$

onde  $p_{ij}$  é uma constante que depende somente da geometria e do meio que envolve os condutores.

Pode-se aplicar o mesmo argumento ao caso em que o condutor  $k$  é carregado,  $Q_k = nQ_{k0}$  e todos os outros condutores estão descarregados. O potencial será  $nV^{(k)}(\mathbf{r})$ , onde  $V^{(k)}$  será a solução para  $n = 1$ . É evidente então que o potencial no espaço entre os condutores será expresso por

$$mV^j(\mathbf{r}) + nV^{(k)}(\mathbf{r}) \quad (24)$$

Será uma solução apropriada no caso de estarem ambos os condutores carregados. Apelamos novamente a unicidade de uma solução para um dado conjunto de condições de contorno. A última equação será, então, a solução neste caso, e o potencial de cada condutor pode ser escrito como

$$V_i = p_{ij}Q_j + p_{ik}Q_k \quad (i = 1, 2, \dots, N) \quad (25)$$

Este resultado pode ser generalizado imediatamente estendendo-o ao caso em que todos os  $N$  condutores estejam carregados:

$$V_i = \sum_{j=1}^N p_{ij}Q_j. \quad (26)$$

Esta é a relação linear entre o potencial e a carga que buscávamos; os coeficientes  $p_{ij}$  são denominados coeficientes de potencial e dependem somente da geometria e do meio que envolve os condutores.

Confirmando assim a dependência exclusiva do potencial à geometria dos condutores. Quando temos um sistema ou conjunto de condutores carregados, o potencial de cada condutor não depende apenas de sua carga, mas sobre influência das demais cargas. Segundo o princípio de sobreposição, o potencial de cada condutor será proporcional às cargas.

A última equação pode ser resolvida explicitando  $Q_i$  conforme segue:

$$Q_i = \sum_{j=1}^N C_{ij} \cdot V_j, \quad (27)$$

sendo que os  $C_{ij} = A_{ij}/D$  são denominados coeficientes de capacitância,  $D$  é o determinante dos coeficientes de potencial,  $A_{ij}$  é o complemento do elemento  $p_{ij}$ .  $C_{ii}$  é o coeficiente de capacitância do condutor  $i$  em relação a ele mesmo, denominada capacitância do elemento condutor,  $C_{ij}$  é o coeficiente de capacitância devida as demais cargas do sistema de condutores.

Antes de prosseguir, retornemos à questão da energia eletrostática potencial de um conjunto de  $N$  condutores carregados considerando agora as duas últimas expressões obtidas. Então da primeira

$$U = \frac{1}{2} \sum_{i=1}^n Q_i V_i = \frac{1}{2} \sum_{i=1}^N \sum_{j=1}^N p_{ij} Q_i Q_j \quad (28)$$

Ou seja, a energia é uma função quadrática das cargas nos diversos condutores.

A última igualdade permite estabelecer três enunciados gerais acerca dos coeficientes de potencial  $p_{ij}$ : (1)  $p_{ij} = p_{ji}$  (2) todas  $p_{ii}$  são positivos e (3)  $p_{ii} > p_{ij}$  para toda  $j$ . O primeiro deles se obtém tomando a diferencial da última equação:

$$dU = \left(\frac{\partial U}{\partial Q_1}\right) dQ_1 + \left(\frac{\partial U}{\partial Q_2}\right) dQ_2 + \dots + \left(\frac{\partial U}{\partial Q_N}\right) dQ_N. \quad (29)$$

Caso somente a quantidade de carga no condutor 1 seja variada, obtém-se

$$dU = \frac{1}{2} \sum_{i=1}^N \sum_{j=1}^N (p_{1j} + p_{i1}) Q_j dQ_1 \quad (30)$$

Este incremento da energia eletrostática também pode ser calculado diretamente. O incremento na energia devido ao transporte de  $dQ_1$ , em condições quase-estáticas, desde uma região onde o potencial zero até a superfície do condutor 1, é expresso por:

$$dU = dW = V_1 dQ_1 = \sum_{j=1}^N p_{1j} Q_j dQ_1 \quad (31)$$

As equações para o incremento de energia são iguais, logo,

$$p_{1j} + p_{i1} = 2p_{1j} \rightarrow p_{ij} = p_{ji} \quad (32)$$

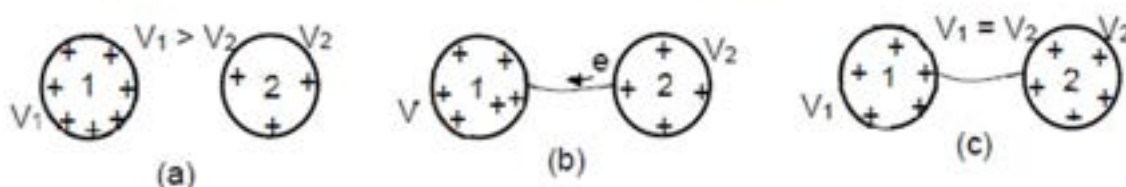
A segunda equação, que relaciona a energia do conjunto de  $N$  condutores carregados com o potencial de cada um deles relativo ao infinito, é:

$$U = \frac{1}{2} \sum_{i=1}^n Q_i V_i = \frac{1}{2} \sum_{i=1}^N \sum_{j=1}^N C_{ij} V_i V_j \quad (33)$$

#### 4.5- OS CAPACITORES

Agora resta investigar como é possível utilizar a energia potencial eletrostática de uma maneira útil para o homem?

Figura 4.8 – Duas esferas condutoras com cargas positivas.



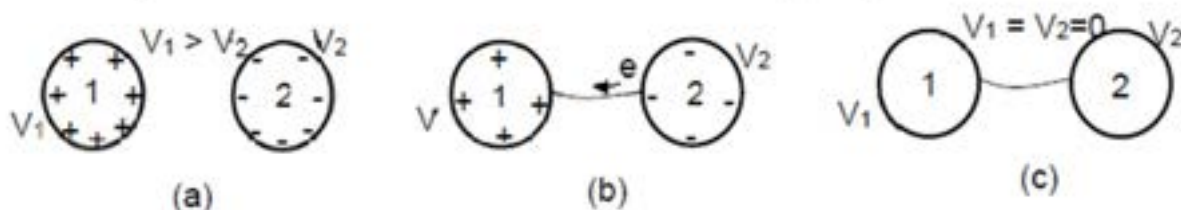
Fonte: produção do autor

Consideremos duas esferas condutoras de raio "a" cujos centros geométricos distam "r" um do outro. Analisemos duas situações possíveis.

Na primeira configuração as esferas estão carregadas com cargas positivas, Fig 4.8,(a)  $Q_1$  e  $Q_2$  ( $Q_1 > Q_2$ ), distribuídas nas respectivas superfícies, ficando

sujeitas aos potenciais  $V_1$  e  $V_2$  ( $V_1 > V_2$ ), respectivamente. Estes potenciais têm como referência o potencial zero no infinito. Trabalho foi realizado para estabelecer esta configuração de cargas, acumulando energia potencial. As duas esferas carregadas permitem acumular energia potencial elétrica, entretanto não é possível extrair toda ela. Ligando um fio de uma à outra, Figura 4.8, (b) cargas irão fluir e se redistribuir em uma configuração de menor energia Figura 4.8 (c), mas ainda assim há energia acumulada no sistema de cargas.

Figura 4.9 – Duas esferas condutoras com cargas opostas.



Fonte: produção do autor

Na segunda situação, representada na Figura 4.9 (a), inicialmente  $Q_1 = Q$ ,  $Q_2 = -Q$ ,  $V_1 > V_2$ , e, diferente da situação anterior, toda energia potencial elétrica é extraída do sistema, compondo um arranjo mais útil que o primeiro. (CARVALHO, 2018)

Admitindo que a distância “ $r$ ” é muito grande quando comparada com os raios “ $a$ ” das esferas,  $a \ll r$ , podemos ignorar a redistribuição de cargas nas esferas devido à indução eletrostática mútua, e os potenciais das esferas, relativos ao infinito, se tornam (Matveev, 1986):

$$V_1 = \frac{1}{4\pi\epsilon} \left( \frac{Q_1}{a} + \frac{Q_2}{r} \right), \quad V_2 = \frac{1}{4\pi\epsilon} \left( \frac{Q_1}{r} + \frac{Q_2}{a} \right), \quad (34)$$

Em que  $Q_1$  e  $Q_2$  são as cargas da primeira e da segunda esfera. Estas equações podem ser resolvidas para  $Q_1$  e  $Q_2$ :

$$Q_1 = 4\pi\epsilon \frac{ar^2}{r^2-a^2} V_1 - 4\pi\epsilon \frac{a^2r}{r^2-a^2} V_2 = C_{11}V_1 + C_{12}V_2 \quad (35)$$

$$Q_2 = -4\pi\epsilon \frac{a^2r}{r^2-a^2} V_1 + 4\pi\epsilon \frac{ar^2}{r^2-a^2} V_2 = C_{21}V_1 + C_{22}V_2. \quad (36)$$

Então

$$C_{11} = C_{22} = 4\pi\epsilon \frac{ar^2}{r^2 - a^2}, \quad (37)$$

$$C_{12} = C_{21} = -4\pi\epsilon \frac{ra^2}{r^2 - a^2}. \quad (38)$$

$$V_1 = \frac{-C_{22}Q_1 + C_{12}Q_2}{C_{12}C_{21} - C_{11}C_{22}}, \quad (39)$$

$$V_2 = \frac{C_{21}Q_1 - C_{11}Q_2}{C_{12}C_{21} - C_{11}C_{22}} \quad (40)$$

$$V_1 - V_2 = \frac{-(C_{21}+C_{22})Q_1+(C_{12}+C_{11})Q_2}{C_{12}C_{21}-C_{11}C_{22}} \quad (41)$$

$$V_1 - V_2 = \frac{1}{4\pi\epsilon} \left[ \left( \frac{Q_1}{a} - \frac{Q_2}{r} \right) - \left( \frac{Q_1}{r} - \frac{Q_2}{a} \right) \right] = \frac{1}{4\pi\epsilon} \left[ Q_1 \frac{(r-a)}{ar} + Q_2 \frac{(r-a)}{ar} \right] = \frac{1}{4\pi\epsilon} \frac{(r-a)}{ar} (Q_1 + Q_2) \quad (42)$$

Considerando  $a \ll r$  e caso  $Q_1 = Q$ ,  $Q_2 = -Q$ ,

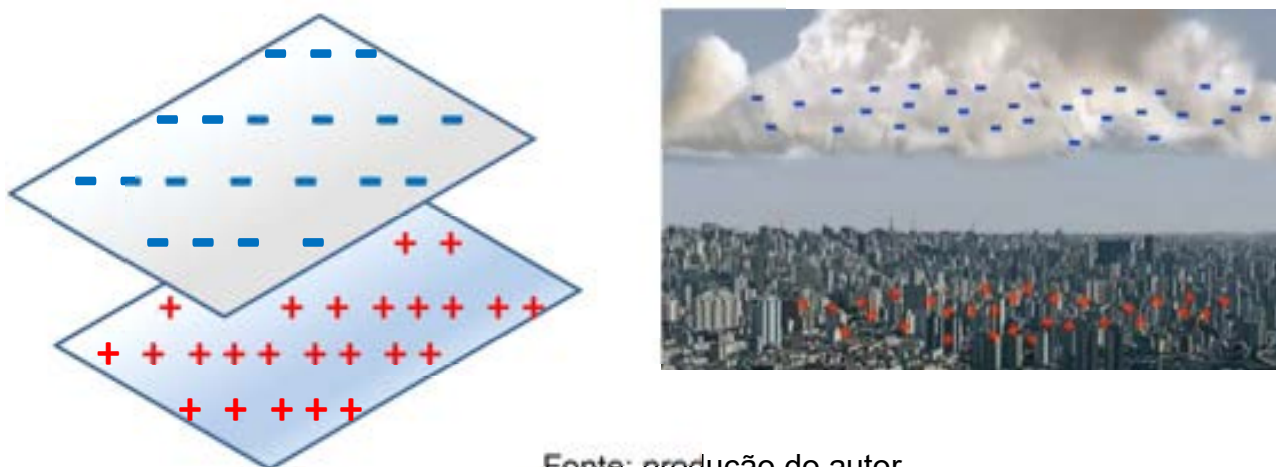
$$V_1 - V_2 \approx \frac{1}{4\pi\epsilon} \frac{2Q}{a} \quad (43)$$

O inverso da constante de proporcionalidade é então denominado capacitância ( $C$ ) e é uma constante que depende da geometria e do meio.

Quando uma terceira esfera carregada for aproximada das duas outras esferas, que compõem o capacitor, as cargas no capacitor sofrem redistribuição face à indução provocada pela presença da terceira esfera. Esta é uma alteração indesejada pois altera a quantidade de carga disponível para ser liberada pelo capacitor. Uma forma de eliminar este efeito deletério consiste em arranjar as esferas concentricamente; uma casaca esférica dentro da outra. Desta maneira a casca externa fornece uma blindagem para o capacitor assim constituído.

Efeito similar é observado nos capacitores de placas paralelas, conforme representado na figura 4.10. As placas tem área  $A$  e estão espaçadas de  $d$ .

Figura 4.10 – capacitores de placas paralelas



Fonte: produção do autor

$$\oint \vec{E} \cdot d\vec{A} = \frac{Q}{\epsilon_0} \quad \rightarrow \quad Q = \epsilon_0 EA \quad \rightarrow \quad E = \frac{Q}{\epsilon_0 A} \quad (44)$$

A ddp entre as placas é:

$$V_A - V_B = \int \vec{E} \cdot d\vec{\ell} = E \cdot d = \frac{Q}{\epsilon_0 A} d \quad (45)$$

A razão  $\frac{Q}{V_A - V_B}$  é uma constante,  $C$ ; a capacitância:

$$C = \frac{Q}{V_A - V_B} = \frac{\epsilon_0 EA}{Ed} \quad \rightarrow \quad C = \frac{\epsilon_0 A}{d} \quad (46)$$

## 5. CONSTRUÇÃO DE HIPERMÍDIA SOBRE CAPACITORES

O principal software utilizado no desenvolvimento do produto educacional foi o Padlet (WALLWISHER, Inc., 2012), que possibilita apresentar o conteúdo de uma maneira bem similar aos mapas conceituais de Novak e a teoria de aprendizagem significativa de Ausubel.

A utilização do Padlet para a construção da hipermissão permite não apenas que seja criado um organograma, mas dentro dele é possível distribuir todo o conteúdo, explicações, exemplos, resoluções de exercícios, práticas etc. formatando a hipermissão, ou seja, em cada painel é possível inserir vídeo, áudio, links, texto etc. Então, além de expor todos os temas do conteúdo em cada tópico, é possível inserir conteúdo de qualquer formato.

No modelo escolhido foram inseridas setas sugerindo uma sequência, não obrigatória. O aluno, de acordo com sua necessidade, navega, sem necessariamente adotar a sequência sugerida. Essa possibilidade torna a navegação de cada aluno uma experiência única e pessoal.

Figura 5.1 – Imagem do Padlet sobre capacitores



Fonte: Padlet do autor

As imagens dispostas na Figura 5.1 acima mostram regiões da tela dos ambientes de aprendizagem hipermissão que elaboramos, usando o software PADLET, para disponibilizar o conteúdo de capacitores aos alunos. Rezende (2004) defende ainda que o conteúdo apresentado dessa maneira desenvolve competências e habilidades associativas onde o estudante necessita inter-relacionar links e conteúdo ao navegar na hipermissão.

Segundo Ausubel, o desenvolvimento cognitivo do aluno e o seu interesse em aprender, são os fatores principais para que o aluno se desenvolva e torne-se protagonista no processo de aprendizagem. O Padlet que elaboramos pode, simultaneamente, atender as necessidades de alunos de diferentes níveis de conhecimento. Estes poderão escolher a profundidade do tema capacitores cuja compreensão lhes seja acessível seguindo um dos caminhos possíveis entre os objetos de aprendizagem que compõem a hipermissão. O conteúdo é apresentado hierarquicamente, e gradativamente o conceito é ampliado. Os alunos, de acordo com o seu conhecimento, optam por uma sequência hierárquica e a partir daí prosseguem de uma maneira não linear.

Moyes (2007) cita em sua obra as palavras de Vygotsky sobre o ensino



voltado para compreensão.

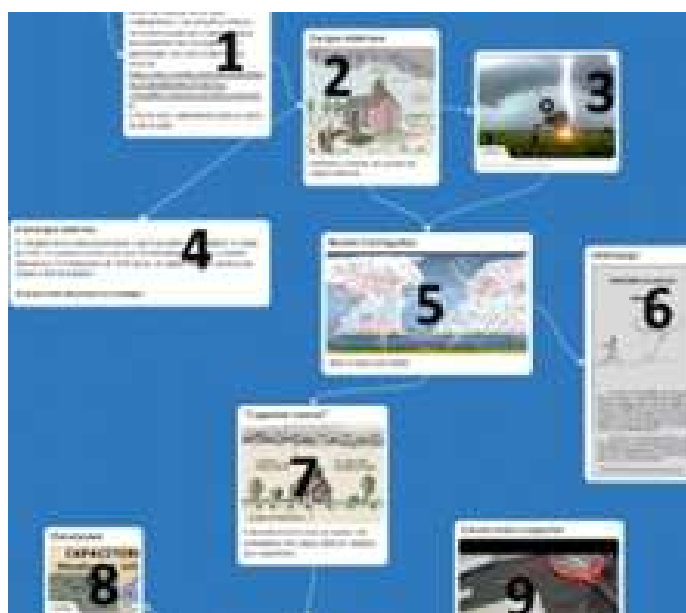
“Explicar é muito mais do que fazer uma mera exposição. É buscar na estrutura cognitiva dos alunos as ideias relevantes que servirão como ponto de partida para o que se quer ensinar. É caminhar com base nessas ideias ampliando os esquemas mentais já existentes, modificando-os ou substituindo-os por outros mais sólidos e abrangentes. Nessa tarefa desempenham um papel fundamental a exemplificação e o enriquecimento do que está sendo explicado com um número suficiente de informações”.

O trecho acima expressa exatamente os fundamentos cognitivos que nortiam a nossa forma de implementar o ensino de capacitores na modalidade hipermídia. Os tópicos relevantes seriam os pontos de partida para os alunos se desenvolverem e ampliarem o tema estudado. Além da possibilidade de reunir diversas modalidades de mídias, fato que torna a ferramenta mais atrativa devido a proximidade das ferramentas oferecidas ao ambiente virtual cotidiano dos alunos.

Segundo Levy (1993), o aluno ao se deparar com telas, Padlets, conforme exposto na Figura 5.1., vai procurar associar o item que o atrair, um vídeo, um texto, um podcast, uma simulação etc. a outros itens; o que Ausubel chama de subsunções, o desenvolvimento cognitivo do aluno vai determinar o nível de profundidade que o estudante vai inicialmente ancorar para a partir daí desenvolver novos conceitos ou aprimorar conceitos já existentes.

A imagem, na Figura 5.2, abaixo é exatamente o início da tela do Padlet criado e exibe algumas das possibilidades que o aluno se depara ao entrar na hipermídia, ambiente temático capacitores.

Figura 5.2 – Imagem do Padlet criado



Fonte: Padlet do próprio autor

1. Um questionário, avaliação diagnóstica, no google forms onde é possível verificar os conhecimentos do aluno antes de iniciar a navegação;

- 2, 5 e 7. São figuras para ilustrar eletrização das nuvens;
3. um vídeo de como se forma os raios.
4. Uma pergunta investigativa, que aparentemente fica sem resposta, com o objetivo de estimular ao aluno a pensar sobre os fenômenos e tentar associá-los a outro, cuja resposta é oferecida na sequência da hipermídia.
6. Um pequeno texto ilustrado sobre descarga elétrica;
8. Um vídeo sobre capacitores.
9. A construção de capacitores a partir de folhas de papel alumínio e uma raquete de matar mosquitos ([https://www.youtube.com/watch?v=U\\_Na0TllsSg](https://www.youtube.com/watch?v=U_Na0TllsSg)).

Na sequência existem vídeos exibindo uma evolução de simulações computacionais feitas no Phet ([https://phet.colorado.edu/pt\\_BR/](https://phet.colorado.edu/pt_BR/)) e no Vascak (<https://www.vascak.cz/physicsanimations.php?l=pt>). Esses vídeos que narramos são simulações onde o aluno consegue ver como a alteração dos parâmetros da simulação altera os efeitos físicos associados aos capacitores. Segundo as palavras de alguns alunos “o mais legal” é que também são oferecidos links onde eles mesmos definem a sequência de simulações. Também são ofertados diversos vídeos contendo explicações de conteúdo, resolução de exercícios ou questões de concursos.

O parágrafo anterior foi uma pequena amostra de inúmeras combinações de recursos possíveis ao utilizar a ferramenta Padlet, onde também fica visível a não linearidade na navegação. Cada aluno será atraído por um tema ou uma mídia específica, e a medida que avança passa a ter uma experiência distinta.

Levy (1993) afirma que o mesmo hipertexto ao ser navegado pode ter significados distintos para cada aluno pois, de acordo com o conhecimento e curiosidade, o aluno escolhe o caminho a seguir, podendo se desenvolver plenamente, ou apenas passar brincando com um simulador ou vendo um vídeo interessante, sem agregar nenhum conhecimento significativo.

Deve-se ter cuidado ao construir a hipermídia, pois a disposição e oferta de objetos de aprendizagem em excesso podem saturar o aluno ou, no mínimo, deixá-lo confuso. Uma boa opção é, caso esteja utilizando a ferramenta no decorrer do curso da disciplina, ir gradativamente inserindo novos objetos de aprendizagem.

Carl Rogers e sua Abordagem Centrada na Pessoa (ACP), em sua psicologia humanista, faz considerações que nos permitem inserir a hipermídia na ótica humanista. Segundo ele os recursos devem ficar disponíveis aos alunos de modo que tenham liberdade de escolher quais utilizar, fornecendo oportunidade para o desenvolvimento individual apoiado nas experiências de aprendizado significativo (ROGERS,2016).

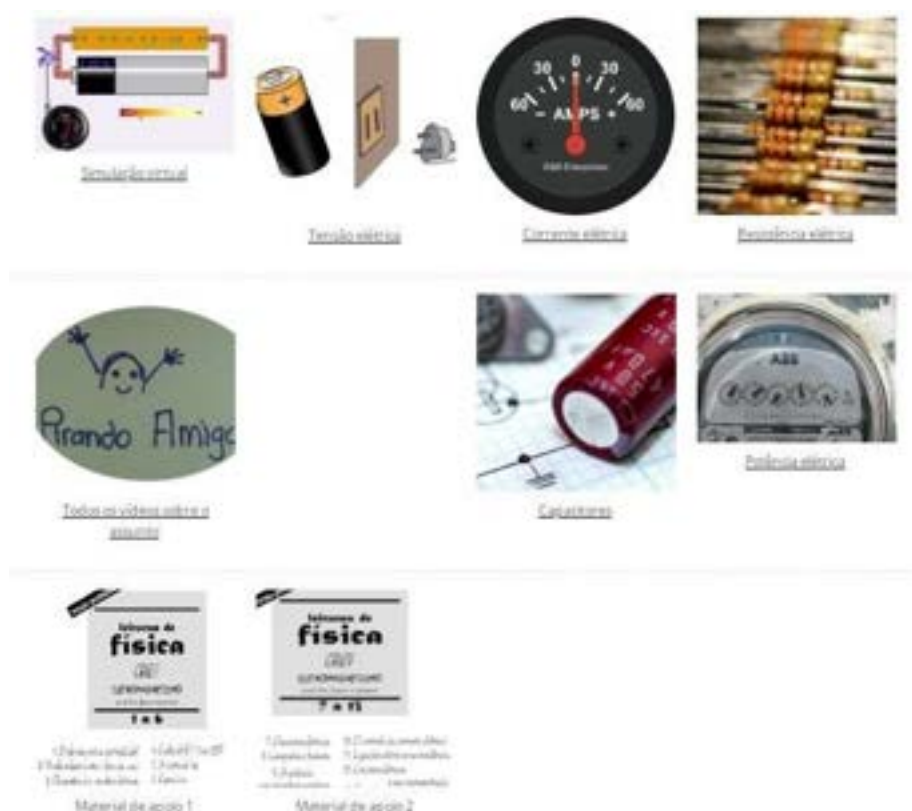
*Uma das principais funções da mente é interpretar o significado das informações adquiridas e transformá-las em conhecimento, o que se torna mais fácil quando são apresentadas em formato gráfico. O mapa conceitual pode ser um suporte apropriado para a arquitetura de sistemas de hipertexto por possibilitar uma interface atrativa, interativa e fácil de ser utilizada, facilitando a navegação em redes semânticas.LIMA (2014)*

Segundo MAYER (2017), o conteúdo da hipermídia apresenta palavras na forma de texto, narrado ou escrito, e imagens, dinâmicas ou estáticas, que constituem a representação física da informação.

A hipermídia pode ser usada para ministrar o conteúdo online síncrono ou assíncrono ou implementar um conteúdo em uma aula presencial, com a possibilidade da promoção do método de sala de aula invertida. Neste último método o link do hipertexto é disponibilizado previamente ao aluno que de uma maneira autônoma “navega” pelo conteúdo previamente, de acordo com suas necessidades/curiosidade adquirindo e ou assimilando conceitos, conteúdos que serão tratados na aula.

É sempre bom lembrar que hipermídia é um meio para dar suporte ao aluno de uma maneira agradável, parecido com o ambiente que o aluno já está familiarizado em navegar, mas que os professores devem estar atentos a dois itens essenciais: primeiro, a tecnologia é uma simples ferramenta para auxiliar o aluno, que é o foco principal; segundo, o ambiente virtual deve ser pensado pedagogicamente de modo que o objetivo seja atingido. Evita-se cair no erro de apenas criar um ambiente atrativo e interessante sem se preocupar com as práticas pedagógicas. FERREIRA, S.; BIANCHETTI L.(2000).

Figura5.3: página do site sobre eletricidade



Fonte: site do próprio autor

Além do software Padlet, também testamos o software “Google Sites” para desenvolver a hipermídia, com o mesmo princípio daquele desenvolvido no Padlet, tratando dos conceitos básicos dos circuitos elétricos Figura 5.3. O aluno pode escolher o caminho a seguir pelos links da página, no caso as possibilidades de temas específicos e dentro de cada link existem vídeos, imagens, explicações, textos do GREF (USP- SP). No caso específico da eletrodinâmica, Figura 5.3, o aluno pode escolher entre tensão elétrica, corrente elétrica, resistores, potência e capacitores. Cada link leva a uma página específica para o aluno aprender, revisar, ou esclarecer dúvidas a respeito. Os sites também são uma modalidade dinâmica e

eficiente para apresentação de hipertextos, porém, a complexidade para elaborá-lo é muito maior que o Padlet, que é intuitivo e professores com o mínimo conhecimento das ferramentas digitais conseguem implementá-lo.

Conforme mencionaram Ribeiro e Cabral (2014), segundo Ausubel, para que ocorra a aprendizagem é necessário utilizar estratégias de ensino partindo daquilo que o aluno já sabe e os conhecimentos prévios associados com novas informações despertam novos conceitos. No processo de ensino aprendizagem nos hipertextos são fornecidos vários fragmentos do conhecimento e o aluno vai se ancorar nos fragmentos que lhe é familiar, o que podemos considerar como conceitos pré-existentes na estrutura cognitiva do aluno e a partir desse ponto escolhido o aluno inicia a navegação. A navegação autônoma segue os princípios de aprendizagem significativa, onde os alunos alimentam uma estrutura cognitiva já existente relacionando-a com as oferecidas na navegação no hipertexto, formando assim um novo conceito.

*Ausubel ainda aponta que a aprendizagem significativa ocorre quando as novas ideias estão ligadas a informações ou conceitos já existentes na estrutura cognitiva do indivíduo, ou seja, quando uma nova informação (um novo conhecimento) se relaciona, de maneira substantiva (não literal) e não arbitrária, a um aspecto de base da formação conceitual do educando. Daí a importância da interação entre teoria e prática no ensino de Física. RIBEIRO, CABRAL (2014)*

Rezende (2004) defende que a hipermídia se aproxima da estrutura cognitiva humana e essa similaridade propicia uma eficiência cognitiva maior. As ferramentas produzidas têm a finalidade de servir como um suporte cognitivo para os alunos, onde de acordo com Ausubel, os alunos podem encontrar um facilitador de assimilações. O autor cita a importância do hipertexto, no nosso caso a hipermídia, como suporte ao material didático. Mas cabe mais uma vez salientar que o fator motivação ou interesse do aluno são fundamentais para que a ferramenta seja eficiente.

Dentre algumas alternativas de aplicações de hipermídia, a que foi considerada a mais conveniente foi o Padlet, que além de ser de fácil aplicação, é altamente intuitivo, não requer conhecimentos aprofundados de informática, o professor “por mais leigo que seja” consegue pelos seus painéis do app escolher como aplicar sua sequência. Existe uma vasta variedade de opções de como montar o seu mural depois de escolhido o formato do ambiente, basta o professor linkar as informações utilizando recursos disponíveis na própria plataforma.

*O Padlet permite uma compreensão mais profunda e diversificada do conteúdo, possibilitando a criação de murais interativos usando diferentes tipos de mídia. A hipertextualidade presente no aplicativo permite que o conhecimento seja adquirido de maneira não-linear e não-sequencial, na qual os alunos são livres durante o processo de construção da própria aprendizagem, sendo capazes de estabelecer conexões, aprimorar o modo de escrever e ler, bem como estabelecer novas aprendizagens práticas durante*

*a criação dos murais (MONTEIRO; COSTA; BOTTENTUIT JUNIOR, 2018).*

A arquitetura do Padlet cria pontos onde os alunos podem se ancorar, segundo Ausubel, e a partir desses pontos selecionados pelo próprio aluno desenvolver conceitos, aprimorar ou até mesmo retroceder a outros tópicos anteriores para reestabelecer um conceito. A navegação no Padlet pode ser seletiva, ou seja, o aluno tem a autonomia para determinar sua sequência cognitiva, optando por onde começar e os caminhos a seguir, numa sequência dita não-linear.

Segundo Monteiro (2018) o Padlet é a ferramenta que permite a criação/organização de conteúdo online por meio de murais dinâmicos e criativos a partir da hiperligação de textos, imagens, vídeos, áudios e links se caracterizando como um novo modelo de organização do conteúdo hipertextual. Além das inquestionáveis vantagens pedagógicas e cognitivas, a ferramenta Padlet tem um grande diferencial. A plataforma é extremamente simples de ser manuseada, logo não necessita de maiores conhecimentos de informática por parte do professor, como já mencionado anteriormente, é só escolher o layout do painel Padlet e inserir o conteúdo.

Quando o aprendiz consegue fazer conexões entre o que está aprendendo e o seu conhecimento prévio, ele constrói significados pessoais para essa informação e a transforma em conhecimentos. Dessa forma, é desenvolvida a capacidade de utilizar esse conhecimento em contextos diferentes. A aprendizagem significativa é a interação entre aquilo que já se sabe e um novo conhecimento em que ambos se articulam e modificam. (MOREIRA, 1998)

## **6. A APLICAÇÃO DA HIPERMÍDIA E SEUS RESULTADOS**

A aplicação remota de nosso modo de ensinar revelou, através de entrevistas/conversa com os alunos, a existência de uma diversidade de aceitação do ensino por hipermissão, desde aqueles que gostam muito até aqueles que detestaram. O Padlet foi a ferramenta utilizado para ensinar Capacitores.

Na pandemia fez-se necessário aprender as teorias e metodologias de ensino no âmbito da aprendizagem multimídia e a utilizar processos e ferramentas de ensino-aprendizagem em modo remoto.

A abordagem de hipermissão contempla inúmeras metodologias de ensino além de ser uma abordagem que atende as demandas cognitivas contemporâneas. A hipermissão implementada via Padlet foi utilizada no ensino médio por possuir características que proporcionam ao estudante oportunidades de aprendizagem de acordo com suas situações específicas, no tempo do aluno, promovendo o desenvolvimento da autonomia do estudante no processo de estudos. Em 2020 utilizamos a ferramenta no terceiro ano, duas turmas de 34 alunos cada, em uma escola particular em aulas 100% online e em 2021 a ferramenta foi utilizada por meio de ensino híbrido na mesma escola, onde, a cada semana metade da turma assistia a aula presencial e a outra metade assistia online ocorrendo o revezamento.

### **6.1. O PADLET E O SITE NO ENSINO MÉDIO**

O Padlet é um software comercial (WALLWISHER, Inc., 2012) que se presta à construção de hipermissão, podendo ser utilizado para enriquecer aulas presenciais, mas encontra especial aplicação no ensino remoto. Tanto nas aulas remotas e, posteriormente, nas aulas híbridas foi possível inserir o conteúdo utilizando o Padlet, que posteriormente servia como consulta para rever tópicos.

Na hipermissão de capacitores foi possível aplicar vários recursos didáticos de ensino e até mesmo mesclá-los.

Ao acessar a hipermissão é sugerido que os alunos respondam um questionário no Google Forms, tornando possível verificar os conhecimentos prévios dos alunos a respeito do assunto. No fim da hipermissão também foi inserido um outro questionário, agora com o intuito de verificar a evolução da aprendizagem do aluno em relação ao tema. Nas aplicações realizadas o número de respondentes foi pequeno. Associar o questionário a um trabalho da turma, podendo assim atribuir uma pontuação aos respondentes poderá aumentar o número daqueles estudantes que respondem. Ao navegar espontaneamente na hipermissão o aluno tem a liberdade de escolher a sequência dos itens a serem visitados, com isso pode pular o questionário.

Ao oferecer o conteúdo utilizando vários recursos didáticos de ensino, textos, vídeos, animações, simulações computacionais, permitisse que o estudante assimile melhor o conteúdo, em comparação à exposição em uma única maneira, facilitando uma aprendizagem significativa. É possível promover uma alternância na maneira de expor o mesmo assunto, além de ser um recurso para aprendizagem que está disponível a todos, a qualquer momento. O contato com a hipermissão pareceu motivar os estudantes, fator determinante para a aprendizagem, segundo Ausubel e Vygotski. Para aprender é preciso pensar, logo é preciso querer; não há aprendizagem à revelia do aprendiz.

Quando o aluno faz uma visita prévia ao conteúdo disponibilizado na hipermissão, contempla o conceito de sala de aula invertida e muda a dinâmica da aula. Assim, o

professor pode começar um conteúdo apenas motivando que os alunos debatam aquilo que assimilaram previamente; deixando os alunos “conduzirem” a direção da aula. Esse processo é muito rico e proveitoso, desde que haja envolvimento dos alunos no sentido de participarem, se interessarem, “degustando” o material fornecido previamente.

A experiência de ensinar contando com o auxiliado da hipermídia revelou que, tanto o Padlet como o site, podem ser ferramentas importantes para suporte e apresentação do conteúdo. O contato e observação dos alunos revelou também que o material apresentado deve ser potencialmente eficaz, afim de cooptar o aluno para o estudo e oferecer o conteúdo de modo acessível. O aluno pode rever temas ou tópicos de acordo com sua necessidade, no horário que lhe for conveniente, bem com seguindo a sequência de temas e objetos de aprendizagem de uma maneira não linear.

### 6.1.1 - APLICAÇÃO DA HIPERMÍDIA SOBRE CAPACITORES CONSTRUÍDA COM O PADLET

Disponível em <https://padlet.com/professortulio/zq02ijiutd8118k5>

Foi possível experimentar a hipermídia elaborada com o Padlet em aulas do ensino médio e do ensino superior. A seguir é apresentado um relato destas experiências juntamente com observações dos docentes. Nesta última, o autor desta dissertação, em parceria com o professor da disciplina, atuou como colaborador e monitor em uma disciplina de graduação.

2020 – Aplicação em aulas remotas para duas turmas do terceiro ano do ensino médio, duas turmas de 34 alunos cada, de escola particular localizada na cidade de Timóteo, MG. Na aplicação remota o professor visitou online a hipermídia, navegando pela sequência que julgou adequada e no fim da aula disponibilizou o link para os alunos

2021 – Aplicação híbrida foi disponibilizado o link uma semana antes aos alunos de uma escola particular em Timóteo, MG, aplicado em duas turmas do terceiro ano do ensino médio, duas turmas de 32 alunos cada.

Exemplo de aplicação

Aplicação da dinâmica de uma das aulas ofertadas com utilização de hipermídia aplicada por meio do Padlet, Figuras de 6.1 a 6.4, para apresentar o assunto capacitores.

Figura 6.1 – Padlet sobre capacitores



Fonte: Padlet do próprio autor

Figura 6.2 – Padlet sobre capacitores



Fonte: Padlet do próprio autor

Figura 6.3 – Padlet sobre capacitores



Fonte: Padlet do próprio autor



Figura 6.4 – Padlet sobre capacitores



Fonte: Padlet do próprio autor

O Padlet é um software ou app online que permite disponibilizar vídeos, textos, imagens, simulações, animações, links, áudios etc. Funciona como uma lousa interativa que possibilita na área da educação, aulas ou cursos, síncronos ou assíncronos. Ampliando a possibilidade de aprendizagem e promovendo a interação em diversos níveis.

O Padlet permite que sejam inseridas linhas que possam sugerir a sequência de visualizações dos itens, mas é apenas uma sugestão, o estudante tem inúmeras possibilidades, ele pode seguir a sequência sugerida assim como optar por iniciar o estudo por um tópico específico, retornar a um tópico já estudado ou prosseguir de onde parou.

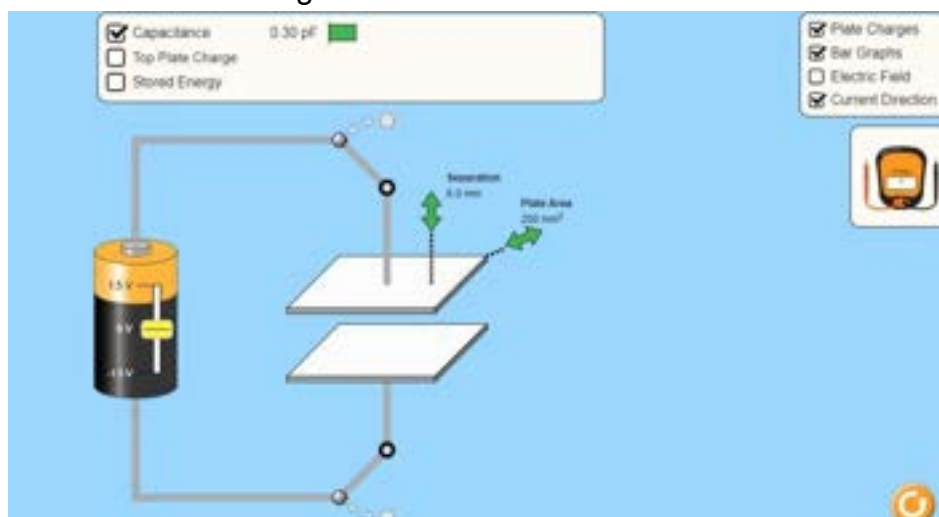
A ferramenta permite inserir textos, notas, vídeos e links para laboratórios virtuais onde os alunos podem manusear e fazer seus experimentos, confirmando os estudos teóricos, pois possibilita uma aprendizagem de uma maneira não linear e livre onde o aluno de acordo com suas necessidades explora os conteúdos. Ainda existe a opção do administrador da hipermídia permitir que os alunos insiram conteúdos, comentários e esses sejam publicados no painel, com a possibilidade de antes de o conteúdo ser postado por terceiro, um mediador aprovar ou não o conteúdo. A sequência sugerida foi disposta com notas, textos e vídeos, tentando associar fenômenos do cotidiano com a teoria e prática.

São oferecidos vídeos sobre o assunto. No vídeo intitulado capacitores são apresentados os conceitos básicos de capacitância e os fatores que influenciam na capacitância do capacitor de placas paralelas. Na sequência sugerida está um vídeo que exibe a evolução de uma simulação computacional da plataforma Phet no qual as variáveis que determinam a capacitância do capacitor são alteradas, tanto na condição de carga quanto na condição de descarga. O aluno tem a possibilidade dele mesmo manipular o software na plataforma Phet (Figura 6.5) repetindo as simulações ou fazendo novos experimentos. Ainda é oferecido um link para a plataforma Vascak (Figura 6.5) onde é possível ver matematicamente as variáveis do capacitor de acordo com as modificações de área das placas e ou distância entre

elas do dielétrico entre placas e ver o comportamento da capacitância do capacitor.

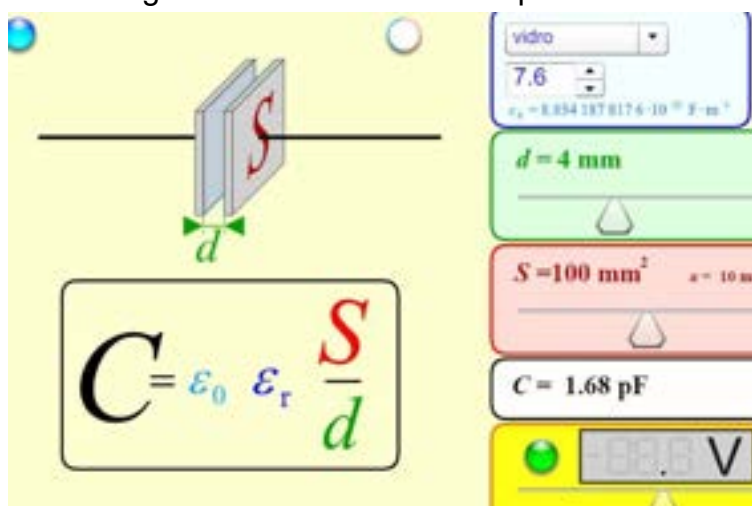
Outra prática virtual permite ver o comportamento das cargas e da ddp entre placas do capacitor quando alteramos as variáveis, porém na prática virtual podemos visualizar como o capacitor se comporta se estiver carregado e sofrer as alterações e como se comporta está quando conectada a fonte de tensão. Ainda em fase de construção, um experimento no simulador virtual Tinkercad na qual os alunos podem ver outras simulações.

Figura 6.5 – Laboratório virtual Phet



Fonte: Padlet do próprio autor

Figura 6.6 – Padlet sobre capacitores



Fonte: Vascak

### 6.1.2. APLICAÇÃO DA HIPERMÍDIA SOBRE CIRCUITOS ELÉTRICOS NA FORMA DE SITE

Disponível em <https://sites.google.com/view/pirando-amigo/in%C3%ADcio>

Na tentativa de oferecer o conteúdo básico de eletricidade por meio de hipertextos, além do recurso Padlet, já oferecido em outro formato um site, onde os alunos assim como no Padlet podem escolher a sequência que achar mais

adequada. Está em desenvolvimento ainda a página de conservação de energia. Inicialmente tinha denominado essa modalidade como “ensino por investigação”, pois os alunos vão navegando e tentando desenvolver o conteúdo de acordo com suas navegações que poderia ser considerado como investigativo, mas foge da essência do ensino por investigação pedagógico literal como veremos mais adiante.

Figura 6.7 – Site de ensino de física



Fonte: site do próprio autor

Nessa modalidade, o aluno navega como nos sites convencionais que eles já estão acostumados. No caso do estudo da eletricidade o estudante é convidado a fazer parte de uma nova modalidade de ensino chamado ensino por investigação. O aluno escolhe a sequência desejada da maneira que quiser. Por exemplo, pode optar por circuito elétrico no link situado na parte superior da Figura 6,7. O estudante pode optar em começar a estudar pelo tópico que quiser.

Figura 6.7 – Links de site de ensino de física, circuito elétrico.



Fonte: site do próprio autor

Na figura 6.7 temos os links disponíveis dentro da página circuito elétrico. O aluno pode optar por fazer simulações virtuais, onde será levado a links de laboratórios virtuais como o Phet, Vascak, Thinkercad entre outros, assim podendo manipular diversas práticas e ou situações etc... ou ver vídeos onde foram feitas as simulações.

Além de acessar os laboratórios, o estudante pode optar pelos conceitos que quer estudar. Conceitos como tensão elétrica, corrente elétrica, resistência elétrica, potência elétrica estão disponíveis assim como arquivos em PDF do GREF (Grupo de ensino de física da USP).

Ao optar para conhecer um determinado tema, como corrente elétrica por exemplo, o aluno entra em uma nova página que contém conteúdos na forma de textos, desenhos, e vídeos a respeito do tema.

O objetivo do site é ofertar os temas básicos do circuito elétrico de maneira simples, intuitiva e principalmente atrativa, em que o estudante pode optar pelos conceitos que quer estudar primeiro. Pode escolher, por exemplo, resistores elétricos onde se depara com a segunda lei de Ohm. Links para atividades práticas virtuais, vídeos sobre resistores equivalentes, tabelas de resistividade, textos do Gref entre outros (Figuras 6.8 e 6.9). Dessa maneira ao acessar o conteúdo da página resistores elétricos o aluno também será conduzido a uma página com diversas possibilidades. O estudante identifica um objeto de aprendizagem na hipermídia, com o tema de acordo com suas necessidades, e, a partir daí, de uma maneira não linear e autônoma, segue desenvolvendo, formando ou aprimorando conceitos.

Figura 6.8 – Site de ensino de física, resistência elétrica



RESISTÊNCIA ELÉTRICA


Resistor ( resistência elétrica ) é todo elemento do circuito cuja a função exclusiva é transformar energia elétrica em energia térmica.

A segunda lei de Ohm fornece a resistência elétrica de um condutor em função do material que ele é feito, de seu comprimento e a área da seção transversal.

$$R = \frac{\rho L}{A}$$

Fonte: site do próprio autor

Figura 6.9 – Site de ensino de física, vídeos e links



Simulações virtuais

Simulação virtual

exercício

Resistor equivalente

Resistor equivalente aplicação

Circuito Misto

Resistores questão ITA

Fonte: Site do próprio autor

Os objetos de aprendizagem disponíveis nas hipermídias devem estar

adequadamente dosados em termos de nível do conteúdo, respeitando a zona de desenvolvimento proximal do estudante. Segundo SWELLER (apud. Garcia e Martins, 2021, p. 96) a quantidade de informações expostas ao longo do processo de ensino deve ser pautada nas limitações que temos para reter informações em um primeiro momento, ou seja, nas limitações da memória de trabalho.

Na hipermídia, como o aluno tem livre navegação, entretanto os objetos de aprendizagem devem ambiente multimídia quando as figuras e as palavras ou sons utilizados para descrevê-las e referi-las estão próximas umas das outras. Procuramos utilizar preferencialmente a narração (sons) para descrever as imagens. Filmagens de aulas narradas e da evolução das simulações computacionais foram usadas, oferecendo simultaneamente as imagens e os sons que as descrevem. Procuramos evitar a sobrecarga cognitiva, não agregando às hipermídias elementos irrelevantes ao objetivo precípua do conteúdo.

Uma outra possibilidade de utilização da ferramenta hipermídia é a sala de aula invertida, onde o professor previamente oferta o Padlet ou o próprio site ou até mesmo vídeos aulas sobre um determinado tema com antecedência o aluno conforme já mencionado tem um contato prévio com o conteúdo e então quando o professor for introduzir o conteúdo os alunos já deram uma passada pelos tópicos a serem visto.

O ato de expor o aluno ao conteúdo, antes que a aula seja ministrada, pode ser uma motivação na prática do ensino, pois se os alunos já tiveram um contato com o conteúdo isso favorece uma abordagem diferente e mais participativa em que o professor tem a possibilidade de introduzir o conteúdo conversando sobre o que eles acharam sobre determinado tema e gradativamente ir aprofundando no assunto.

Na prática é necessário desenvolver o hábito dos alunos que acessarem o conteúdo de uma maneira prévia para que haja a participação dos mesmos nos debates. Infelizmente não existe uma receita para aguçar o interesse do estudante, pois isso é uma situação muito particular de cada turma. O fato da hipermídia fazer uso de uma linguagem similar à dos games eletrônicos pode ser fonte de motivação e interesse para que o aluno navegue na hipermídia.

A autonomia do aluno é relativa, pois nem todo aluno tem a maturidade e ou capacidade de se localizar em termos de por onde começar ou se pode pular determinado tópico. Por isso mesmo que seja dito que o aluno tem autonomia, que o aluno pode escolher seu próprio caminho é necessário que o professor tenha muito cuidado na elaboração da hipermídia e mesmo tendo vários recursos e muito bem elaborado é imprescindível que o professor esteja sempre acompanhando, orientando e monitorando a trajetória do aluno nas atividades propostas virtualmente.

Finalizando cada turma tem suas particularidades, cada professor também, isso torna tudo muito complexo e sem uma receita vencedora, sendo um aspecto importante a ser considerado, conforme destaca MAYER (apud. Garcia e Martins, 2021, p. 102)

## **6.2. O PADLET NO ENSINO SUPERIOR**

Um exemplo está disponível em <https://padlet.com/atadeu/5c3b6bw9aws5dn54>  
Aplicação como colaborador e monitor em disciplina de graduação.

Uma experiência muito enriquecedora foi a minha participação como monitor

na disciplina de graduação, lecionada no segundo semestre de 2020 pelo professor Alexandre Tadeu Gomes de Carvalho. A disciplina foi ministrada com a aplicação do recurso hipermídia com mediações orientadas. Nessa experiência como monitor pude ajudar na construção de alguns ambientes, vivenciar a implementação da hipermídia através do Padlet por outro profissional. Também foi possível em monitorias rever os temas e mostrar para os alunos a aplicação da metodologia utilizando o Padlet.

A hipermídia foi utilizada em 100% das aulas em modo remoto, utilizando o recurso Padlet. Para cada assunto foi criado uma hipermídia específico, e disponibilizada uma semana antes da aula, permitindo que o aluno tivesse o primeiro contato com o conteúdo a ser ministrado. No dia específico da aula, em modo remoto, a navegação foi conduzida pelo professor, seguindo o formato de uma aula “normal”, como uma apresentação de slides, só que o recurso potencializa o aprendizado.

As aulas mediadas pelo recurso hipermídia tornaram-se bastante dinâmicas, atrativas, envolventes, participativas. O mediador online apresentava sua sequência didática da aula, como uma aula normal, mas navegando pela hipermídia onde mesclava sua mediação ao vivo com vídeos educativos, produzidos na própria instituição de ensino, ou até mesmo vídeos do YouTube e de outras instituições de ensino, além do acesso a experimentos remotos. A maneira que foram conduzidas as primeiras aulas utilizando o recurso de hipermídia, com a metodologia de sala de aula invertida, fez com que os alunos realmente fizessem uma visita prévia ao material.

A apresentação prévia do conteúdo com no mínimo uma semana de antecedência ao dia da aula, reforça a teoria de aprendizagem significativa de Ausubel. O aluno ao ter contato prévio com o conteúdo através da hipermídia, começa a associar os tópicos, conceitos, estudados com uma estrutura cognitiva já existente. Inicialmente o conceito a ser aprimorado e o novo conceito não possuem uma familiaridade na estrutura cognitiva do estudante, portanto são vistas como coisas distintas.

Segundo a aprendizagem significativa de Ausubel, à medida que o novo conceito vai sendo assimilado ele começa a se “fundir” com algum conceito pré-existente e a partir desse momento um novo conceito mais aprimorado passa a existir. Não existem mais duas informações, elas se complementaram e passaram a ser um novo conhecimento, mais aprimorado, na estrutura cognitiva do estudante.

Na disciplina estudada o professor mediador sempre apresentava, no início da aula, uma pergunta direcionada a um aluno aleatório. Esse procedimento fez com que os alunos que não haviam visitado previamente a hipermídia o fizessem para os tópicos seguintes, já que poderiam ser questionados. Essa prática bem eficiente, pois, à medida que os alunos perceberam que sempre no início das aulas o professor fazia perguntas sobre o conteúdo disponibilizado na semana anterior eles se empenhavam em ver o conteúdo para a próxima aula.

Como monitor, assisti todas as aulas sem uma participação ativa. Considero um fator muito enriquecedor assistir à aplicação das metodologias em sala de aula sem atuar como mediador, pois possibilitou uma visão de outro ângulo das práticas pedagógicas. Foi possível acompanhar as aplicações como um aluno vendo as particularidades do professor e suas dinâmicas. Como monitor assistente foi possível após as aulas, juntamente com o professor rever procedimentos, analisar as práticas e a efetividade da metodologia. Os alunos sempre foram estimulados a responder.

A variação de possibilidades de apresentação do conteúdo como vídeos produzidos pelos estudantes do Pibid, como vídeos avulsos do youtube, pedaços de vídeos de outras instituições, animações, textos etc... vem de encontro com a teoria de aprendizagem que os indivíduos particularmente possuem diferentes facilidades de assimilação. O recurso da hipermídia possibilita a apresentação de diversas maneiras sendo possível aumentar a amplitude de assimilação.

A linguagem da hipermídia é uma linguagem contemporânea onde a maneira que o conteúdo é apresentado e acessado é muito similar a maneira que os estudantes acessam suas redes sociais. Com isso existe uma proximidade muito significativa na maneira de manipular, acessar as informações e a maneira pela qual os estudantes navegam cotidianamente na Web. Mais um ponto favorável à metodologia é a proximidade e familiaridade dos estudantes às metodologias de apresentação do conteúdo.

Comparando as turmas de graduação, onde fui monitor, e as turmas da escola de ensino médio onde trabalho, existem algumas particularidades que distinguem principalmente os alunos.

Os alunos de graduação possuem maior bagagem de conteúdo, já que estão no ensino superior, maior maturidade e possuem maior autonomia e iniciativa devido a esses fatores. As turmas da graduação possuem praticamente a metade dos alunos das turmas do ensino médio, o que facilita um contato mais individualizado. O mais importante, com a metodologia utilizada, os alunos possuem maior necessidade de se empenhar, pois estão em um processo de cobrança bem mais profundo que os alunos do ensino médio.

É importante salientar que a metodologia de apresentação inicial do conteúdo orientado por um professor ainda tem o seu valor, por todo o conteúdo possui uma sequência didática a ser apresentada. Essa é a melhor maneira de apresentar o conteúdo, ou seja, um professor direcionando a sequência didática.

O professor mediando online ou apresentando o conteúdo durante uma aula presencial é possível previamente fazer perguntas aos alunos para inferir seu conhecimento prévio. A partir de alguns indícios, o professor desenvolve o conteúdo, navegando de acordo com a demanda. Mesmo existindo uma sequência lógica didática, o caminho a seguir não é linear. De acordo com os questionamentos do aluno, o mediador avança, retorna ou revê algo de acordo com a necessidade da turma. O professor pode voltar comentar e até mesmo redirecionar a sequência de acordo com as necessidades do aluno. Em uma navegação autônoma o aluno também pode voltar ou rever determinado item, mas existe a possibilidade de que sem uma mediação ele não consiga esclarecer sua dúvida.

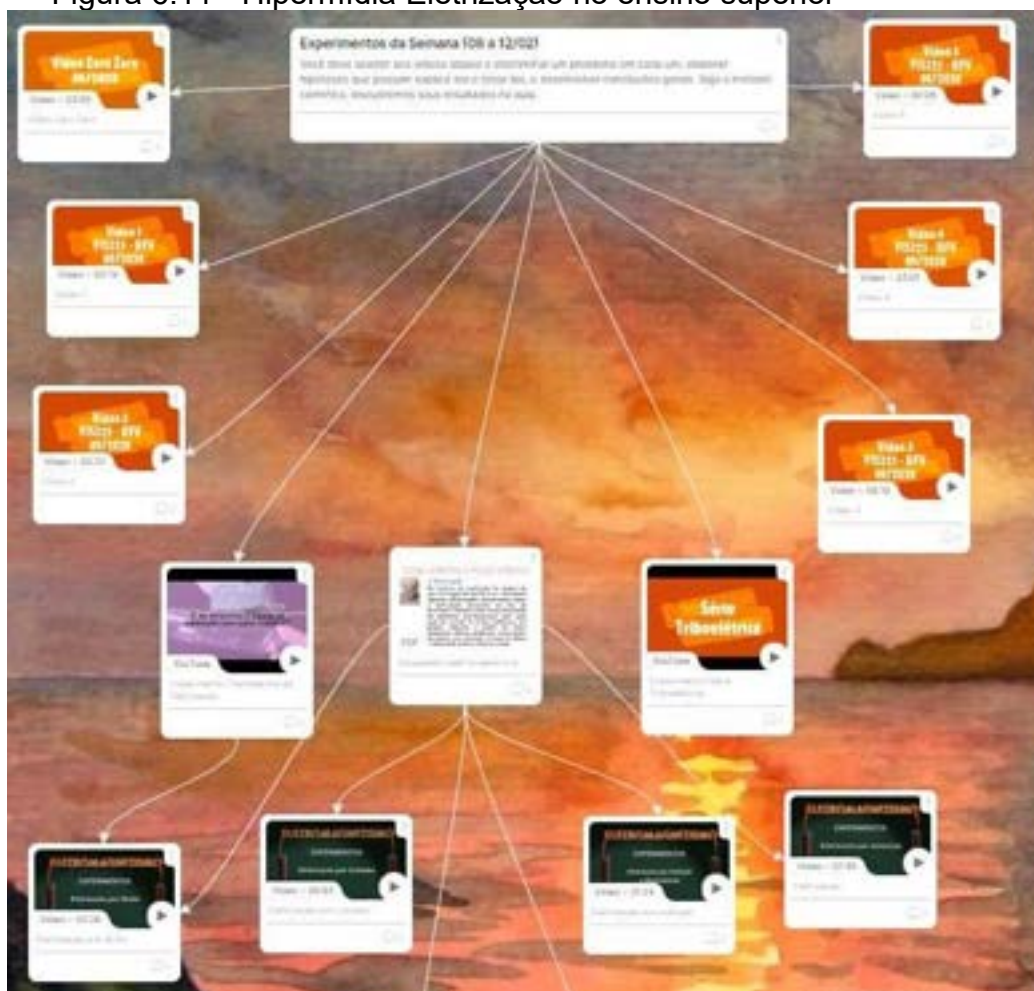
A hipermídia é similar aos mapas conceituais de Novak, mas nos mapas conceituais, quando conectamos dois conceitos, colocamos relações de ligação entre os mesmos, no Padlet não é possível inserir essas relações de ligação.

Figura 6.10 - relações de ligação entre os conceitos



Fonte [https://educere.bruc.com.br/arquivo/pdf2017/24179\\_12230.pdf](https://educere.bruc.com.br/arquivo/pdf2017/24179_12230.pdf)

Figura 6.11 - Hipermídia Eletrizção no ensino superior



Fonte: <https://padlet.com/atadeu/5c3b6bw9aws5dn54>

Figura 6.12: Padlet Campo elétrico



Fonte: <https://padlet.com/atadeu/hc70veqqlxh2k25f>



Uma prática pedagógica muito interessante foi o vídeo de blindagem eletrostática, apresentada na Figura 6.12, onde são feitos alguns experimentos e durante os procedimentos são feitas perguntas. Atritando isopor na garrafa, o que foi observado? Porquê? Se fizermos o mesmo procedimento com outro material o resultado seria o mesmo? Uma metodologia muito interessante que foi aplicada e pode ser acrescentada no hipertexto. Enriquecendo a experiência pedagógica.

Figura 6.13: Padlet de prática pedagógica



Fonte: <https://padlet.com/atadeu/hc70veqqlxh2k25f>

O professor agora não é mais considerado um detentor de conhecimento que vai aos poucos liberando pequenas porções de informações. Na nova intervenção proposta pelo professor será o condutor que vai orientar e direcionar o aluno. A disponibilização do conteúdo requer um preparo e tempo maior do professor, além do conhecimento específico outras preocupações terão significativas proporções:

- Como o material será apresentado, a plataforma a ser utilizada, o tipo de mídia utilizada, o layout da mídia, o vocabulário a ser utilizado.
- Quais as características e qual o perfil, do aluno? Quais os pré-requisitos e quais demandas a serem atendidas?
- Que tipo de dispositivo o aluno vai utilizar para acessar a hipermídia.

A elaboração da hipermídia requer um planejamento minucioso. Mesmo que no caso do hipertexto, em que o aluno tenha autonomia de navegação, o conjunto da obra deve ser bem planejado para que possa ser um agente subsunçor e em cada passo ir agregando ao contexto a ser explorado.

Deve-se apresentar uma variedade de links. Os links devem explorar mídias diferentes de modo a aguçar a curiosidade do estudante.

No caso da sala de aula invertida, onde foi disponibilizado ao aluno o hipertexto com a variedade de informações disponíveis, existem inúmeras aplicações para o próximo passo.

O professor pode introduzir o conteúdo navegando pelo hipertexto na sequência que considera mais adequada, com a maior participação e interesse do aluno que previamente navegou pelo material. Pode-se agora promover diversas dinâmicas para dar sequência ao processo de aprendizagem.

Uma boa opção é dividir os links em blocos e distribuindo esses blocos a determinados grupos de alunos que juntos navegariam novamente e poderiam

apresentar em forma de seminários os temas.

Uma boa elaboração do conjunto do hipertexto é muito importante para criar uma curiosidade do estudante fazendo com que o aprendiz se aprofunde mais buscando outras fontes e ou veículos de informação.

Elaboramos e disponibilizamos um vídeo explicativo de como criar um Padlet <https://youtu.be/46M60IH1Wjs>

## 7. CONCLUSÕES.

O período de pandemia suscitou que a comunidade escolar procurasse encontrar meios para que o ensino e a aprendizagem continuassem a ocorrer e a utilização do ensino remoto tornou-se uma realidade, em um processo em os professores, a medida em que aplicavam este novo modo de ensinar, também aprendiam como fazê-lo.

Neste trabalho descrevemos nossa experiência com o uso de hipermídias aplicadas ao ensino remoto síncrono e assíncrono. A construção das hipermídias se pautou especialmente na teoria cognitiva da aprendizagem multimídia, desenvolvida por Richard Mayer e outros e utilizou o software PADLET como ferramenta computacional para construção e oferta do material didático. A hipermídia foi construída como objetos de aprendizagem na forma de textos, imagens, filmes de curta duração, aulas narradas e simulações computacionais interativas e demonstrativas. Este material foi aplicado a turmas de ensino médio e de ensino superior, de graduação, ao longo dos anos 2020 e 2021.

O trabalho foi elaborado em torno do tema “energia potencial elétrica e capacitores”. Apresentamos uma abordagem consistente para o tema, capaz de despertar motivação e interesse nos estudantes. Face à complexidade de fatores envolvidos à época, a validação da metodologia se deu pela observação e avaliação dos professores desenvolvedores e aplicadores. Os resultados foram diversos, de exitosos à fugazes, entretanto conseguiu-se oferecer o ensino no período da pandemia. Verificou-se que a fluência dos estudantes na linguagem multimídia foi um fator motivador e facilitador para o modo remoto de ensinar. Para o professor não é necessário conhecimentos profundos de tecnologia, é como trabalhar em um editor de texto com mais possibilidades. Para o aluno o ambiente é similar ao que ele está habituado a navegar diariamente.

## BIBLIOGRAFIA

- ALVES, F. F. de A., DEMO, P., MINAYO, M. C. de S., & SILVA, R. A. **Ensaio aprender como autor na educação infantil e ensino fundamental.** *Revista Educação E Ciências Sociais*, 4(6), 83-119. <https://doi.org/10.38090/recs.2595-9980.2021.v4.n6.83-119>
- BRASIL. Instituto Nacional de Estudos e Pesquisas Educacionais Anísio Teixeira (Inep). **Censo da Educação Superior 2020: notas estatísticas.** Brasília, DF: Inep, 2022.
- CARVALHO, A.T.G. Abordagem desenvolvida nas aulas de Introdução ao Eletromagnetismo ministradas pelo prof. Alexandre Tadeu Gomes de Carvalho, 2018.
- COLE, M. **The zone of proximal development: Where culture and cognition create each other.** In: WERTSCH, J.V, Culture, communication, and cognition: Vygotsky . **Perspectives.** New York: Cambridge University Press, 1985.p.146-161.
- COLL, C.; MONERO, C. **Psicologia da educação virtual: aprender e ensinar com as tecnologias da informação e da comunicação.** 1 ed.: Porto Alegre. Artmed, 2010.
- CORREIA P., CICUTO C. e AGUIAR J. **Usando mapas conceituais Novakian para fomentar a colaboração entre pares no ensino superior.** D. Ifenthalerand R. Hanewald (eds.), *Digital Knowledge Maps in Education: 195Technology-EnhancedSupport for TeachersandLearners*,DOI 10.1007/978- 1-4614-3178-7\_11, © Springer Science+Business Media New York 2014.
- FAVA, R. **Trabalho, Educação e Inteligência Artificial: A Era do Indivíduo.** Porto Alegre: Penso, 2018; 1ª edição
- FERREIRA, S, L, BIANCHETTI L. **As tecnologias da informação e da comunicação e as possibilidades de interatividade para a educação.** Revista da FAEEBA – Educação e Contemporaneidade. UNIVERSIDADE DO ESTADO DA BAHIA. 1992
- FIGUEIREDO, A.P., MELO, F.S., OLIVEIRA, E.F. **Oralidade, texto e hipertexto: considerações à luz da Teoria Sócio-histórica.** Revista ciências humanas . Universidade de Taubaté (Unitau). Brasil. Vol. 7, n. 2, 2013.
- FRASSON, F., LABURÚ, C.E., ZOMPERO, A.F. **Aprendizagem significativa conceitual, procedimental e atitudinal: Uma Releitura da Teoria Ausubeliana.** Revista contexto & Educação, Editora Unijuí • ISSN 2179-1309 • Ano 34 • nº 108 • Maio/Ago. 2019.P. 303-318. <http://dx.doi.org/10.21527/2179-1309.2019.108.303-318>
- FÜHR, R. C. **Educação 4.0 nos impactos da quarta revolução industrial.** Curitiba: Appris. 2019; 1ª edição
- GAGNÉ, R. M. **The Conditions of learning.** 1 ed. Nova Iorque: Holt, Rinehart & Winston, 1965.
- HEDEGAARD, M. (1990): **The zone of proximal development as basis for instruction, in L. C. Moll (org.), Vygotsky and education.** Cambridge: University Press:pp. 349-71, 2011.
- KARNAL, L. IN: YouTube: Palestra: 'Como educar em um mundo digital' [https://www.youtube.com/watch?v=jHyIfRG8Xac&ab\\_channel=LeandroKarnal-Admiradores](https://www.youtube.com/watch?v=jHyIfRG8Xac&ab_channel=LeandroKarnal-Admiradores). Acesso em: 06/09/2021
- LÉVY, P. **Cibercultura.** 1 ed.: São Paulo. Editora 34,1999.

- LEVY, P., **As tecnologias da inteligência: o futuro do pensamento na era da informática**, São Paulo: Editora 34, 1993.
- LÉVY, P. **Cibercultura**. São Paulo: Editora 34, 2008.
- LIMA, G. A. B. O. **Mapa conceitual como ferramenta para organização do conhecimento em sistema de hipertextos e seus aspectos cognitivos**. *Perspect. Ciênc. Inf.*, Belo Horizonte, v.9 n.2, p. 134-145, jul./dez. 2004.
- MAYER, R. E. **Using multimedia for e-learning**. *Journal of Computer Assisted Learning*, 33, 403–423, 2017.
- MATVEEV, A. N. **Electricity and Magnetism**, Moscow: Mir Publishers, 1986. p.112
- MONTEIRO, J. C. S.; COSTA, M. J. M.; BOTTENTUIT JUNIOR, J. B. **App-learning hipertextual: repositórios virtuais de aprendizagem no Padlet**. In: 4º Encontro sobre Jogos e Mobile Learning, 2018, Coimbra. Atas do 4º Encontro sobre Jogos e Mobile Learning. Coimbra: Centro de Estudos Interdisciplinares do Século XX da Universidade de Coimbra - Coimbra, 2018. p. 216-225.
- MOREIRA, M. A. **Teorias de aprendizagem**. 2. ed. São Paulo: EPU, 2014.
- NIU, Centro de ensino e Aprendizagem inovadores. **Guia de Instrução para Professores Universitários e Assistentes de Ensino**. Disponível em: <https://www.niu.edu/citl/resources/guides/instructional-guide/gardners-theory-of-multiple-intelligences.shtml> acessado em 2021
- NOVAK, J. D. e GOWIN, D. B. (1984). **Aprender a aprender**. 1ª ed. em português. Lisboa: Plátano Edições Técnicas. 212p.
- PEREIRA, A.P., LIMA, P.J. **Implicações da perspectiva de Wertsch para a interpretação da teoria de Vygotsky no ensino de Física**. Instituto de Física – UFRGS Porto Alegre – RS. Caderno Brasileiro de ensino de Física, v.31, n.3, p.518-535, dez 2014.
- REGO, T. C. (Org.). **Educação: História da pedagogia 2 – Lev Vigotski**. São Paulo: Editora Segmento, 2010.
- REITZ, J.R.; MILFORD, F.J.; CHRISTY, R.W. **Fundamentos de la teoria electromagnetica**. 4ª Ed. México: Addison-Wesley Iberoamericana, 1996.
- REZENDE, A.C. **Hipertexto, construção do conhecimento e a disponibilização de material didático na Internet**. Rio de Janeiro: 2003. 137p. Dissertação (Mestrado em design). Departamento de Artes e Design, Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro.
- RIBEIRO I. G, CABRAL, M. F. N. **O HIPERTEXTO DIDÁTICO VIRTUAL E O SOFTWARE EDUCACIONAL HOT POTATOES: FERRAMENTAS PEDAGÓGICAS NO ENSINO A DISTÂNCIA DE FÍSICA**. ESUD 2014 -XI Congresso Brasileiro se Ensino Superior à distância. Florianópolis
- ROGERS, C. A. **Tornar-se pessoa**. (Título original: On Become a Person - Trad. Manoel José do Carmo Ferreira e Alvamar Lamparelli). 6º ed. (1º ed. 1985). São Paulo: WMF Martins Fontes, 2016.
- SABA, M.M.F. A Física das Tempestades e dos Raios. **Física na Escola**, v. 2, n. 1, p.19. 2001.
- SANTOS, R. O., MOSER A., LIMA, T. **Hipertexto como mediador pedagógico**. *Rev. Diálogo Educ.*, Curitiba, v. 19, n. 61, p. 792-808, abr./jun. 2019. <http://doi.org/10.7213/1981-416X.19.061.AO04>. ISSN 1981-416X
- SCOTT, W. T. **The Physics of Electricity and Magnetism**. Minnesota: Wiley, 1966;

2ª ed.

SILVA, J. F.; MARTINS, T. C.; ALVES, E. J.; GARCIA, L. G.; NASCIMENTO, L. R.; MARTINS, J. L. et al. "A EPISTEMOLOGIA DA COMPLEXIDADE, DOCÊNCIA E DISCÊNCIA NA ERA DA INDÚSTRIA 4.0". In: GARCIA, L.G.; MARTINS, T. C. **"POSSIBILIDADES DE APRENDIZAGEM E MEDIAÇÕES DO ENSINO COM O USO DAS TECNOLOGIAS DIGITAIS: DESAFIOS CONTEMPORÂNEOS"**, VOLUME 1. Palmas, TO: EDUFT, 2021. p.190. página 12.

TAUSSIG SCOTT, W. **The Physics of Electricity and Magnetism**. 1<sup>st</sup>, USA: John Wiley & Sons, Inc, 1960.

VYGOTSKI, L. S. O método instrumental em psicologia: In. **Teoria e método em psicologia**. 3. ed. São Paulo: Martins Fontes, 2004. p. 93-102.

VYGOTSKY, L. S. **A formação social da mente: o desenvolvimento dos processos psicológicos superiores**. 5 ed. São Paulo: Martins Fontes, 1994.

WALLWISHER, Inc., **PADLET**, padlet.com. 2012

WERTSCH, J. V. **Voices of mind: A sociocultural approach to mediated action**. Cambridge: Harvard University Press, 1991.

# Caderno de Produtos Educacionais



Apêndice da dissertação de Mestrado de

**Túlio Nascimento**

**MNPEF**

**Universidade Federal de Viçosa Minas Gerais**

**- Brasil**

**10/2022**

**Orientador: Prof. Alexandre T. G. de Carvalho**

**Caderno de produtos composto por:**

**A1 - Aula sobre Capacitores**

**A2 - Metodologia de Produção de Hiperfídia**



Aos Colegas Professores de Física,

Este caderno contém dois produtos didáticos distintos e complementares, elaborados objetivando oferecer aos colegas materiais que acreditamos possam se constituir em auxiliares didáticos para compor aulas sobre energia potencial elétrica e capacitores bem como disponibilizá-las eletronicamente na linguagem de hipermídia

Nos livros escolares de Física, a apresentação do tema “Capacitores” usualmente é realizada de um modo taxativo: “O capacitor é isso e aquilo...”. O conceito é construído de maneira descontextualizada, não se elabora as razões de ser do dispositivo e do estudo deste. Este fato nos motivou a elaborar uma abordagem do tema “Capacitores” e do tema correlato, “Energia potencial elétrica” tendo como elemento contextualizador as incríveis demonstrações de potência das descargas elétricas oriundas das tormentas. A percepção da disponibilidade de tamanha quantidade de energia elétrica na natureza suscita a ideia de desenvolver meios de aproveitá-la e esta questão que norteia o estudo dos temas e foi neste sentido que desenvolvemos a abordagem que segue no apêndice A1.

Os temas de estudo anteriormente mencionados podem ser oferecidos aos estudantes em linguagem multimídia, por meio da composição de uma hipermídia.

A produção de uma hipermídia é um outro produto, distinto do anterior, mas complementar na medida que pode ser usado para elaborar uma hipermídia abordando os temas “Capacitor” e “Energia elétrica”.

Elaboramos um roteiro para produção de uma hipermídia usando o software PADLET, fundamentado nas teorias de aprendizagem pertinentes, que apresentamos no apêndice A2.

Esperamos que estes produtos sejam úteis aos colegas professores e disponibilizamos mais informações no endereço eletrônico: <https://63303c616f921.site123.me/>

Viçosa, outubro de 2022,

Túlio Nascimento

## **A1 – UMA ABORDAGEM CONSISTENTE PARA O ENSINO DOS CONCEITOS DE ENERGIA POTENCIAL ELÉTRICA E CAPACITORES**

### Sumário

1. A problematização e a questão a ser respondida	74
2. O acúmulo de energia elétrica nas nuvens	74
3. Energia potencial elétrica de uma configuração de cargas pontuais.	75
4. Os capacitores como armazenadores de cargas elétricas	79
5. Condutores com cargas elétricas em equilíbrio	81

## 1. A PROBLEMATIZAÇÃO E A QUESTÃO A SER RESPONDIDA

A ideia de armazenar a energia elétrica é capaz de suscitar o interesse dos estudantes para a aprendizagem da Física e pode compor em uma interessante estratégia para desenvolver os conceitos de energia potencial elétrica e de capacitância. A seguir desenvolvemos uma abordagem pautada nesta ideia<sup>i</sup>, usando a impressionante demonstração de potência exibida pelas tempestades elétricas (figura A1.1) como elemento motivador para o estudo dos temas mencionados<sup>δ</sup>.

Figura A1.1 – Nuvens de tempestade



Fonte: <https://entendamaisciencia.files.wordpress.com/2020/11/raios-o-que-sao-como-se-formam-e-como-evitar-ser-atingido-por-um-raio-1-1024x683-1.jpg>

Conhecimentos prévios: Conceito de carga elétrica, densidade superficial de carga elétrica, campo elétrico e potencial elétrico, princípio da superposição dos efeitos.

Objetivos: Desenvolver o conceito de capacitor.

## 2. O ACÚMULO DE ENERGIA ELÉTRICA NAS NUVENS

A formação das nuvens resulta da elevação do vapor, formado pela incidência da radiação solar na superfície úmida da Terra. Menos denso que o ar, o vapor sobe para regiões mais frias e mais altas da atmosfera, onde se condensa e forma minúsculas gotinhas de água e gelo que compõem a nuvem.

Os relâmpagos ocorrem quando os ventos ascendentes intensos movimentam as partículas de gelo e de água em nuvens de grande extensão vertical, chamadas cumulonimbus ou simplesmente nuvens de tempestades, provocando eletrização por atrito.

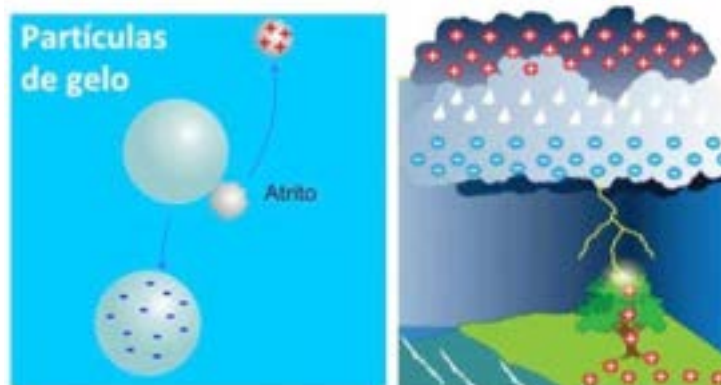
Uma das teorias mais aceitas é a de que o granizo, mais denso, ao colidir

---

<sup>δ</sup> [Abordagem desenvolvida nas aulas de Instrumentação para o Ensino de Física ministradas pelo prof. Alexandre Tadeu Gomes de Carvalho na Universidade Federal de Viçosa]

com cristais de gelo, menos densos, tornam-se carregados negativamente, enquanto os cristais de gelo ficam carregados positivamente, conforme representado na figura A1.2.

Figura A1.2 – Eletrização das nuvens.



Fonte:

<https://entendamaisciencia.files.wordpress.com/2020/11/apresenta-ccca7acc83o-sem-ticc81tulo-78.jpg?w=768>

Isso explicaria o fato de que a maioria das nuvens de tempestade ter um centro de cargas negativas na região mais próxima a superfície da Terra e um centro de cargas positivas na sua parte superior. Descargas elétricas entre as duas regiões ocorrem quando a concentração de cargas nesses centros cresce o suficiente para romper o isolamento elétrico do ar que os circunda<sup>ii</sup>.

A maioria das descargas, relâmpagos, ocorre dentro das nuvens, mas como as cargas elétricas nas nuvens induzem cargas opostas na superfície da Terra, as descargas também podem ocorrer entre a Terra e as nuvens.

A voltagem que promove um raio, entre nuvem e a Terra, é da ordem de 100 milhões a 1 bilhão de Volts. A corrente transportada por um raio é da ordem de 30 mil Ampères. Essa corrente, ao passar pelo ar, aquece-o e ele se expande com explosivamente, produzindo um som intenso e grave, gerando aquilo que conhecemos como trovão.

Uma descrição como a anterior pode ensejar discussões entre os estudantes, compondo uma problematização inicial, além de suscitar a questão que poderá conduzir a aprendizagem dos conceitos de energia potencial e capacitância, qual seja:

**É possível armazenar a energia elétrica de maneira útil para o homem?**

### 3. ENERGIA POTENCIAL ELÉTRICA DE UMA CONFIGURAÇÃO DE CARGAS PONTUAIS

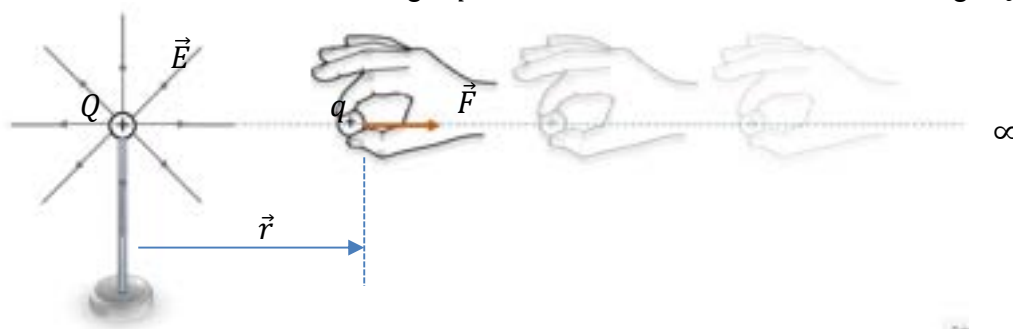
Estando os estudantes cientes da questão decorrente da problematização é momento de elaborar um modelo capaz de conduzir a uma resposta da questão e é nesse sentido que se desenvolve a argumentação que segue.

A energia potencial associada a uma distribuição de cargas pontuais é configuracional, depende da posição relativa de cada carga com respeito às outras. Assim quando cargas elétricas de sinais opostos são geradas nas nuvens e separadas, energia elétrica potencial é armazenada.

Para investigar a energia potencial de uma configuração de cargas é conveniente começar pela mais simples configuração possível, de duas cargas,

como representado na figura A1.3.

Figura A1.3 – Movendo uma carga  $q$  do infinito até a distância  $r$  da carga  $Q$ .



Fonte: produção do autor

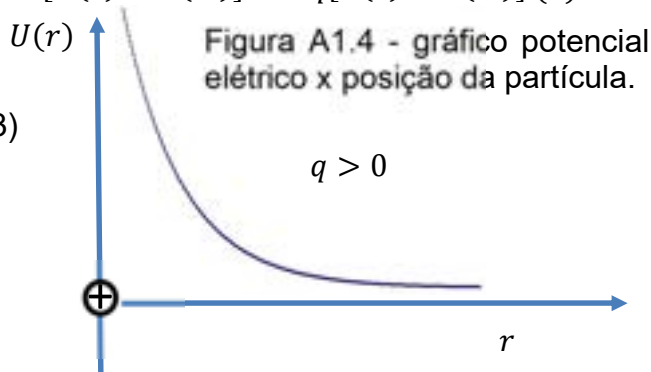
O trabalho realizado contra a força elétrica ( $\vec{F}$ ) para trazer, em condições quase estática, uma carga  $q$  (positiva), do infinito até à distância  $r$  da carga  $Q$  (positiva) é:

$$W = \int_{\infty}^r \vec{F} \cdot d\vec{\ell} = \int_{\infty}^r -q\vec{E} \cdot d\vec{\ell} = -\Delta U = -[U(r) - U(\infty)] = -q[V(r) - V(\infty)] \quad (1)$$

$$\vec{E} = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{Q}{r^2} \hat{r} \quad (2)$$

$$d\vec{\ell} = -dr\hat{r} \quad (3)$$

$$V(r) - V(r \rightarrow \infty) = \int_{\infty}^r \vec{E} \cdot d\vec{\ell} \quad (4)$$



Fonte: produção do autor.

$V(r)$  é potencial elétrico, grandeza escalar relacionada ao campo elétrico  $\vec{E}$ , definida como a energia potencial por unidade de carga de prova.

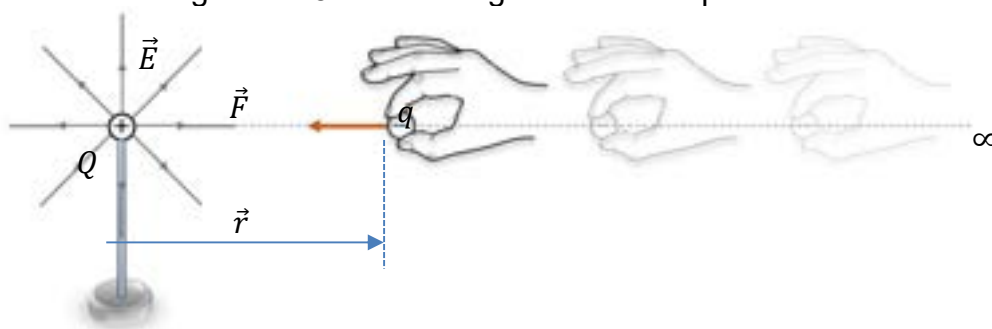
$$U(r) = qV(r) = \frac{1}{4\pi\epsilon} \frac{qQ}{r} \rightarrow V(r) = \frac{1}{4\pi\epsilon} \frac{Q}{r} \quad (5)$$

As superfícies esféricas centradas na carga  $Q$ , fonte do campo, são denominadas superfícies equipotenciais; ou seja, o potencial elétrico nestas superfícies é constante.

Quando a aula for oferecida para estudantes do ensino básico, as etapas desenvolvidas com matemática de ensino superior devem ser suprimidas e apresentadas usando argumentos que possam sugerir os resultados, quando possível.

Argumentos similares são válidos para quando a carga  $q$  é negativa, conforme representado na figura A1.5.

Figura A1.5 – duas cargas de sinais opostos.



Fonte: produção do autor

O trabalho necessário para trazer a carga  $q$  (negativa) do infinito até à distância  $r$  da carga  $Q$  (positiva) é expresso por:

$$W = \int_{\infty}^r \vec{F} \cdot d\vec{\ell} = \int_{\infty}^r q\vec{E} \cdot d\vec{\ell} = -\Delta U = -[U(r) - U(\infty)] = -q[V(r) - V(\infty)] \quad (6)$$

onde  $d\vec{\ell} = -dr\hat{r}$  (7) e  $\vec{E} = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{Q}{r^2} \hat{r}$  (8), então

$$V(r) - V(r \rightarrow \infty) = -\int_{\infty}^r \vec{E} \cdot d\vec{\ell} \quad (9)$$

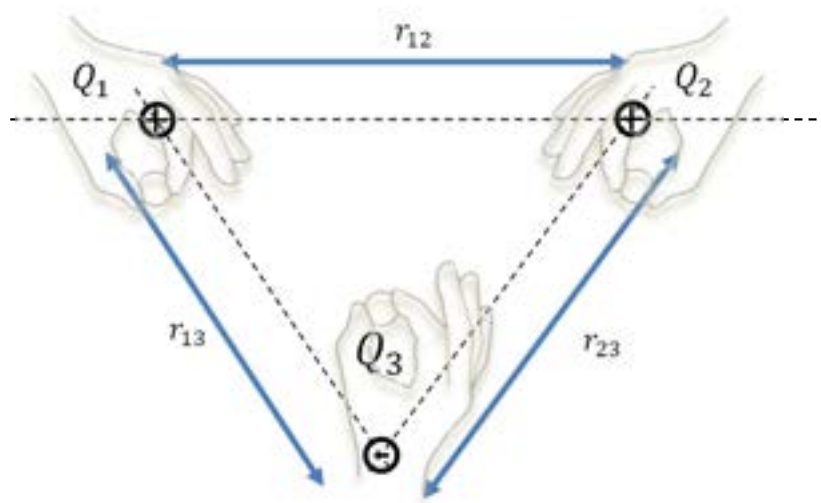
$$V(r) = \frac{1}{4\pi\epsilon} \frac{Q}{r} \quad (10)$$

Neste caso a energia potencial elétrica associada à configuração de cargas é negativa:

$$U(r) = -qV(r) = -\frac{1}{4\pi\epsilon} \frac{qQ}{r} \quad (11)$$

Investiguemos agora um sistema com três cargas pontuais distribuídas conforme a figura A1.6 a seguir.

Figura A1.6 – um sistema com três cargas pontuais distribuídas



Fonte: produção do autor

Inicialmente as três cargas estão muito, muito distantes uma da outra, de modo que podemos considerá-las infinitamente distantes.

Não se realiza trabalho ao trazer a carga  $Q_1$  do infinito até a posição 1 pois não existe campo elétrico. Quando a carga elétrica  $Q_2$  é trazida para a posição

2, esta fica sujeita a uma força elétrica devida a  $Q_1$ , e trabalho é realizado. O mesmo acontece quando  $Q_3$  é trazida até a posição 3, sofrendo a ação de forças devidas a  $Q_1$  e  $Q_2$ .

$$W_1 = 0$$

$$W_2 = \int_{\infty}^{r_{12}} \vec{F}_{12} \cdot d\vec{\ell} = \int_{\infty}^{r_{12}} Q_2 \vec{E}_1 \cdot d\vec{\ell} = \int_{\infty}^{r_{12}} Q_2 \left( \frac{1}{4\pi\epsilon} \frac{Q_1}{r} \hat{r} \right) \cdot (dr\hat{r}) = -\Delta U = -[U(r) - U(\infty)]$$

$$-\Delta U = \frac{1}{4\pi\epsilon} Q_1 Q_2 \int_{\infty}^{r_{12}} \frac{1}{r^2} dr = \frac{1}{4\pi\epsilon} Q_1 Q_2 \left[ -\frac{1}{r} \right]_{\infty}^{r_{12}} = -\frac{1}{4\pi\epsilon} \frac{Q_1 Q_2}{r_{12}} + 0 \rightarrow$$

$$U_{12} = \frac{1}{4\pi\epsilon} \frac{Q_1 Q_2}{r_{12}} = Q_2 V_1 \quad (13)$$

$$W_3 = \int (\vec{F}_{13} + \vec{F}_{23}) \cdot d\vec{\ell}$$

$$= \int Q_3 (\vec{E}_1 + \vec{E}_2) \cdot d\vec{\ell} = \int_{\infty}^{r_{13}} Q_3 \left( \frac{1}{4\pi\epsilon} \frac{Q_1}{r} \hat{r} \right) \cdot (dr\hat{r}) + \int_{\infty}^{r_{23}} Q_3 \left( \frac{1}{4\pi\epsilon} \frac{Q_2}{r} \hat{r} \right) \cdot (dr\hat{r})$$

$$= -\Delta U \quad (14)$$

$$U_{13} + U_{23} = \frac{1}{4\pi\epsilon} \frac{Q_1 Q_3}{r_{13}} + \frac{1}{4\pi\epsilon} \frac{Q_2 Q_3}{r_{23}} = Q_3 V_1 + Q_3 V_2 \quad \rightarrow \quad U = U_{12} + U_{13} + U_{23} \quad (15)$$

$$U = U_{12} + U_{13} + U_{23} = \frac{1}{2} \sum_{i=1}^3 \sum_{j=1}^3 U_{ij} = \frac{1}{2} \sum_{i=1}^3 Q_i V_i \quad (16)$$

com  $i$  diferente de  $j$ .

O termo  $1/2$  é introduzido para não contar duas vezes a energia entre mesmas duas cargas, pois  $U_{ij} = U_{ji}$ . Termos  $U_{ii}$  não são considerados. Para  $n$  cargas pontuais

$$U = \frac{1}{2} \sum_{i=1}^n Q_i V_i \quad (17)$$

Por analogia, para uma distribuição superficial de cargas em um corpo metálico

$$U = \frac{1}{2} QV \quad (18)$$

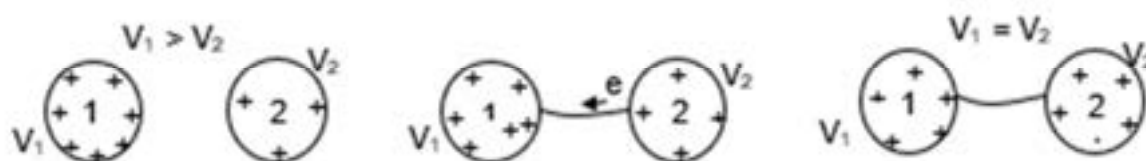
onde  $Q$  é a carga total e  $V$  é o potencial elétrico ao qual o corpo está sujeito.

#### 4. OS CAPACITORES COMO ARMAZENADORES DE CARGAS ELÉTRICAS

Agora investiguemos como é possível utilizar a energia potencial eletrostática de uma maneira útil para o homem?

Consideremos duas esferas condutoras de raio “ $a$ ” cujos centros geométricos distam “ $r$ ” um do outro. Analisemos duas situações possíveis.

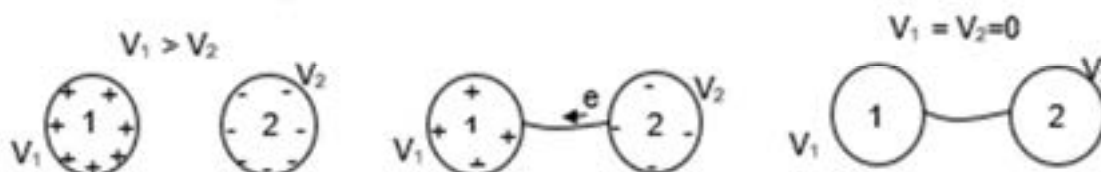
Figura A1.7 – Representação de duas esferas condutoras, 1 e 2, inicialmente carregadas com diferentes quantidades de cargas positivas cujos valores definem os potenciais  $V_1$  e  $V_2$ .



Fonte: produção do autor

Na primeira, figura A1.7, as esferas estão carregadas com cargas positivas,  $Q_1$  e  $Q_2$  ( $Q_1 > Q_2$ ), distribuídas nas superfícies, ficando sujeitas aos potenciais  $V_1$  e  $V_2$  ( $V_1 > V_2$ ), respectivamente. Estes potenciais tem como referência o potencial zero no infinito. Trabalho foi realizado para estabelecer esta configuração de cargas, acumulando energia potencial. As duas esferas carregadas permitem acumular energia potencial elétrica, entretanto não é possível extrair toda ela deste arranjo. Ligando um fio de uma à outra, cargas irão fluir e se redistribuir em uma configuração de menor energia, mas ainda assim há energia acumulada no sistema de cargas restante.

Figura A1.8 – Representação de duas esferas condutoras, 1 e 2, inicialmente carregadas com diferentes quantidades de cargas de sinais opostos cujos valores definem os potenciais  $V_1$  e  $V_2$ .



Fonte: produção do autor

Na segunda situação, representada na figura A1.8, inicialmente  $Q_1 = Q$ ,  $Q_2 = -Q$ ,  $V_1 > V_2$ , e, diferente da situação anterior, toda energia potencial elétrica é extraída do sistema, compondo um arranjo mais útil que o primeiro.

Logo o carregamento das esferas com quantidades de cargas iguais e de sinais opostos oferece a máxima eficiência de recuperação da energia armazenada no sistema.

Admitindo que a distância “ $r$ ” é muito grande quando comparada com os raios “ $a$ ” das esferas,  $a \ll r$ , podemos ignorar a redistribuição de cargas nas esferas devido à indução eletrostática mútua<sup>iii</sup>, e os potenciais das esferas, relativos ao infinito, se tornam:



$$V_1 = \frac{1}{4\pi\epsilon} \left( \frac{Q}{a} - \frac{Q}{r} \right), \quad V_2 = \frac{1}{4\pi\epsilon} \left( \frac{Q}{r} - \frac{Q}{a} \right), \quad (19)$$

onde  $Q$  representa a quantidade de cargas nas esferas, sendo estas de sinais opostos. A diferença de potencial entre as esferas é então expressa por:

$$V_1 - V_2 = \frac{1}{4\pi\epsilon} Q \left[ \left( \frac{1}{a} - \frac{1}{r} \right) - \left( \frac{1}{r} - \frac{1}{a} \right) \right] = \frac{1}{4\pi\epsilon} \frac{(r-a)}{ar} 2Q \approx \frac{1}{2\pi\epsilon a} Q. \quad (20)$$

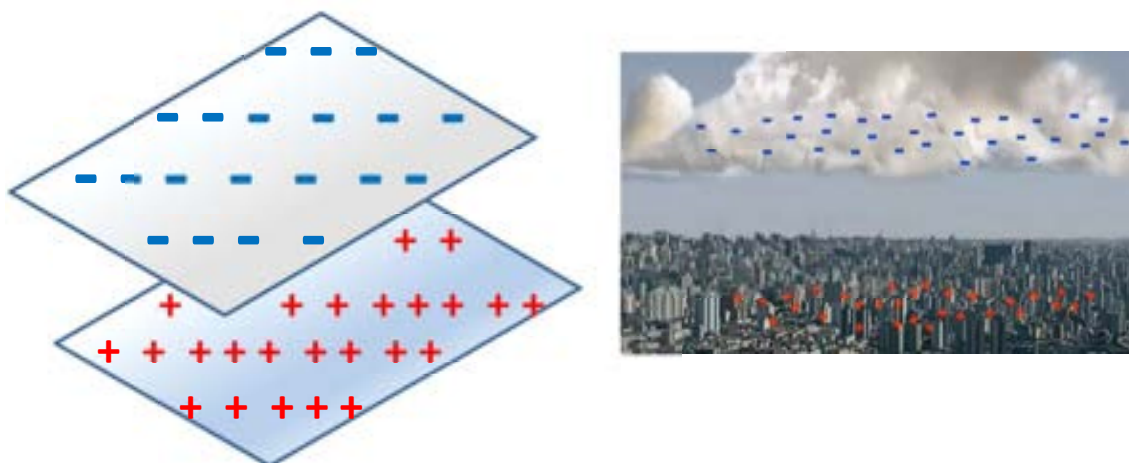
Verifica-se que a diferença de potencial entre as esferas é diretamente proporcional à carga  $Q$  e o inverso da constante de proporcionalidade  $\left( \frac{1}{2\pi\epsilon a} \right)$  é nomeada capacitância ( $C$ ) do sistema; então:

$$C = \frac{Q}{V} \quad \rightarrow \quad C = 2\pi\epsilon a \quad (21)$$

depende de parâmetro geométrico ( $a$ ) e da permissividade elétrica ( $\epsilon$ ) do meio que separa os dois condutores. A unidade de capacitância é o Farad (F) e **os dois condutores formam um dispositivo, denominado capacitor, capaz de acumular a energia elétrica**. Os condutores que compõem o capacitor são denominados, genericamente, de placas do capacitor.

As nuvens podem ser modeladas por um capacitor de placas paralelas como representado na figura A1.9.

Figura A1.9 – Duas placas paralelas carregadas compondo um capacitor traçando uma analogia com as nuvens carregadas.



Fonte: produção do autor

O campo elétrico entre as placas pode ser determinado usando a lei de Gauss como segue:

$$\oint \vec{E} \cdot d\vec{A} = \frac{Q}{\epsilon_0} \quad \rightarrow \quad Q = \epsilon_0 EA \quad \rightarrow \quad E = \frac{Q}{\epsilon_0 A}$$

A ddp entre as placas é:

$$V_A - V_B = \int \vec{E} \cdot d\vec{\ell} = E \cdot d = Q \frac{d}{\epsilon_0 A}$$

A razão  $\frac{Q}{V_A - V_B}$  é uma constante, a capacitância,  $C$ , expressa por

$$C = \frac{Q}{V_A - V_B} = \frac{\epsilon_0 EA}{Ed} \quad \rightarrow \quad C = \frac{\epsilon_0 A}{d}$$

A questão inicialmente posta foi respondida, sim é possível acumular a energia elétrica em capacitores.

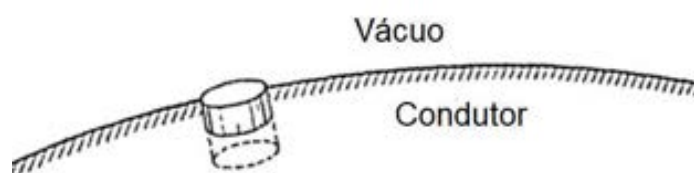
## 5. CONDUTORES COM CARGAS ELÉTRICAS EM EQUILÍBRIO

Quando cargas são depositadas em um condutor metálico, estas interagem via força de Coulomb e migram, se posicionando o mais afastas umas das outras, ou seja, vão se depositar na superfície do condutor. É importante notar que qualquer movimento de cargas é sempre na direção que resulte em uma redução do campo que produz o movimento, ou seja minimiza a energia do sistema de cargas. As flutuações de ponto a ponto dos campos atômicos locais desaparecem, em média. Não importa quão complicada seja a forma do condutor, o campo dentro dele será zero em todos os lugares quando todas as cargas alcançarem o repouso. Para a maioria dos metais, o intervalo de tempo para que o equilíbrio seja estabelecido é extremamente pequeno, da ordem de  $10^{-19}$  segundos.

Outra maneira de afirmar essa propriedade fundamental dos condutores é que quando as cargas depositadas em um condutor estão em repouso, o espaço central ou volume ocupado pelo material condutor é equipotencial. O vetor campo elétrico ( $\vec{E}$ ) será, portanto, perpendicular à cada ponto da superfície dos condutores e não haverá componente do campo tangente a nenhum ponto da superfície, que tenderia a mover as cargas superficiais. É evidente que a

densidade superficial de carga ( $\sigma$ ) deve, em geral, ter uma variação muito complexa sobre as superfícies dos condutores, podendo até ter sinais opostos em diferentes pontos do mesmo condutor.

Se um condutor está imerso em um campo elétrico externo, sua superfície deve ser o limite de um volume equipotencial e, portanto, deve conter carga. O teorema de Gauss permite calcular a densidade de carga em termos do campo fora da superfície. Constrói-se uma superfície Gaussiana na forma de uma pequena caixa de comprimidos, com lados de altura infinitesimal e com o fundo da caixa dentro da superfície do condutor e paralelo a ele, sendo o topo no campo do lado de fora como na figura abaixo.



Então a intensidade do campo elétrico, que sai da superfície e passa pelo topo da caixa, é igual à carga por unidade de área, resultando que

$$E = \frac{\sigma}{\epsilon}$$

onde  $E$  se refere ao valor limite da intensidade do campo à medida que o ponto de observação se aproxima da superfície do lado de fora e  $\varepsilon$  é constante de permissividade elétrica do meio externo ao condutor. A direção de  $E$  é perpendicular à superfície que abriga a densidade superficial de carga  $\sigma$ .

Nos parágrafos anteriores se fez referência à maneira complicada pela qual a carga pode se distribuir em um conjunto arbitrário de condutores. É possível demonstrar de forma elementar que, se os  $N$  condutores de um dado conjunto recebem cargas líquidas denotadas por,  $Q_1, Q_2, \dots, Q_N$ , existe apenas uma maneira pela qual essas cargas podem se distribuir sobre os condutores e reduzir o campo elétrico a zero no interior de cada um. Se esta declaração não fosse verdadeira, poderia ser possível, por exemplo, obter resultados diferentes carregando os objetos um após o outro em ordens diferentes.

O princípio da superposição dos efeitos pode ser usado para demonstrar essa asserção. Admitamos a possibilidade de existência de duas distribuições de equilíbrio das mesmas cargas  $Q_1, \dots, Q_N$ , obtidas de forma diferente, e suponha temporariamente que as cargas estejam espalhadas de forma diferente em alguns dos condutores, nos dois casos. Cada uma destas distribuições torna equipotencial todos os volumes dos condutores.

Admitamos ainda que as duas diferentes distribuições de carga dos  $N$  condutores definem dois valores de densidades superficiais de carga,  $\sigma'$  e  $\sigma''$ , para os dois arranjos. A diferença entre estas densidades de carga,  $\sigma' - \sigma''$ , pode ser imaginada como um terceiro arranjo, no qual há em cada ponto de cada condutor uma densidade de carga  $\sigma''' = \sigma' - \sigma''$ . Uma vez que os dois primeiros arranjos de carga produziram uma distribuição de potencial que é constante dentro de cada condutor, o mesmo acontecerá com o terceiro e, portanto, será um arranjo de equilíbrio (não haverá forças elétricas que possam alterar  $\sigma'''$ ). Uma vez estabelecida a densidade de carga  $\sigma'''$ , esta permanecerá.

Se  $\sigma'''$  não for zero, haverá fluxo de campo elétrico deixando vários pontos nos condutores. No entanto, como a carga total em cada condutor foi a mesma, para  $\sigma'$  e  $\sigma''$ , resultará zero para  $\sigma'''$ . Assim, qualquer dos condutores que tenha  $\sigma'''$  diferente de zero em algum ponto de sua superfície deve ter valores positivos e negativos de  $\sigma'''$  e deve ter fluxo do campo elétrico entrando e saindo. Como uma linha de força começa e termina em diferentes potenciais, cada linha que entra ou sai de um condutor deve ter sua outra extremidade em outro condutor. Assim, cada condutor que carrega um  $\sigma'''$  que não se anula em algum ponto terá um potencial intermediário, entre dois outros condutores.

Qualquer condutor que estiver no potencial mais alto só teria fluxo de campo elétrico deixando-o, o que também é impossível. Portanto, o conjunto de condutores com carga líquida zero deve ter densidade de carga superficial zero em todos os pontos e nenhum campo em nenhum lugar. Portanto, as duas distribuições originais de  $\sigma$  devem ser idênticas e a asserção está provada<sup>iv</sup>.

O fato de que cargas se distribuam de uma única maneira em um determinado conjunto de condutores, conforme demonstrado anteriormente, resulta que a relação entre as cargas de um conjunto de condutores e os potenciais resultantes depende apenas do arranjo geométrico dos condutores.

## **A2 - TUTORIAL PARA CRIAÇÃO DE HIPERMÍDIAS COM O PADLET CRIANDO HIPERMÍDIAS**

### **SUMÁRIO**

1. A ferramenta	84
2. Criando uma conta	84
3. Criando nossa própria hipermissão no Padlet.	84
4. Personalizando o Padlet	85
5. Elaborando um Padlet	87
6. Bibliografia	89

## 1. A FERRAMENTA

O **Padlet** é um software ou app online que permite disponibilizar vídeos, textos, imagens, simulações, animações, links, áudios etc. Funciona como uma lousa interativa que possibilita na área da educação, aulas ou cursos, síncronos ou assíncronos. Ampliando a possibilidade de aprendizagem e promovendo a interação em diversos níveis<sup>v</sup>.

O Padlet pode ser acessado em:

" <https://pt-br.padlet.com>

## 2. CRIANDO UMA CONTA

Para criar uma conta no Padlet é simples, acesse o do app. [tps://pt-br.padlet.com/dashboard](https://pt-br.padlet.com/dashboard) e clique em "Inscrever-se gratuitamente" para criar conta; e crie sua conta.



Escolha seu plano ele pode ser gratuito ou opção paga. No plano gratuito você pode ter até três painéis no máximo.

## 3. CRIANDO NOSSO PRÓPRIA HIPERMÍDIA NO PADLET.

clique em criar padlet, (+) , make



Você terá sete opções de modelos de padlets, conforme figura seguir.



#### Opções de Padlet

- **Mural**, nesse caso as mídias serão inseridas uma ao lado da outra, sem a possibilidade de movimentar os objetos e posicioná-los como quiser.
- **Lista**, os objetos serão inseridos um abaixo do outro, com a possibilidade de modificar a sequência.
- **Grade**, nesse caso pode-se organizar o conteúdo em linhas de caixas.
- **Coluna**, permite que o conteúdo seja disponibilizado em diversas colunas verticais.
- **Mapa**, o conteúdo pode ser distribuído em diversas posições sobre o mapa mundi.
- **Tela**, com essa opção é possível movimentar os objetos, disponibilizá-los de acordo com sua criatividade.
- **Linha do tempo**, é possível distribuir o conteúdo em uma ordem cronológica.

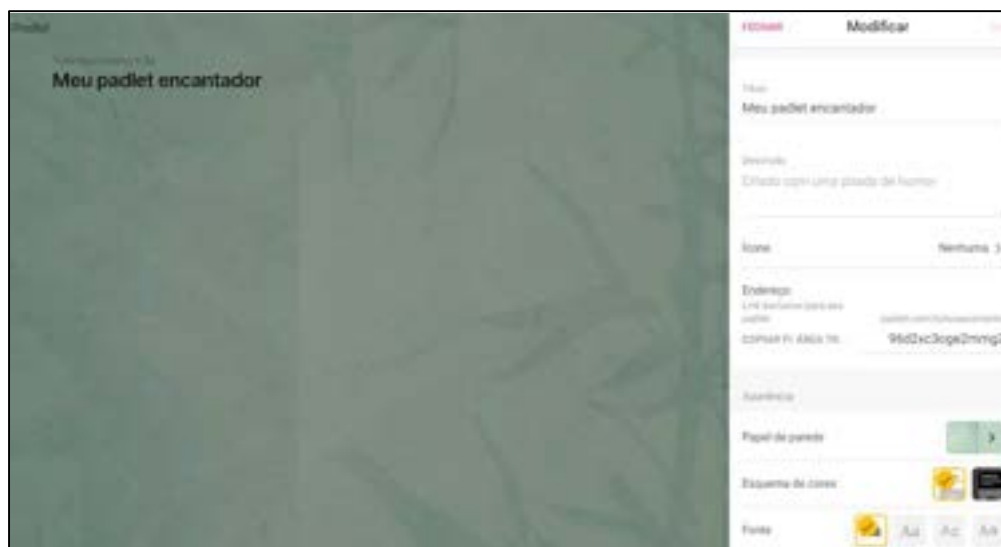
#### 4. PERSONALIZANDO O PADLET

As opções escolhidas vão determinar o formato de seu padlet o procedimento geral independe do padlet escolhido.

No caso apareceu uma tela vazia para ser configurada e montada.



Clicando na engrenagem no alto a direita da página vamos configurar nosso padlet.



Vamos agora personalizar nosso padlet :

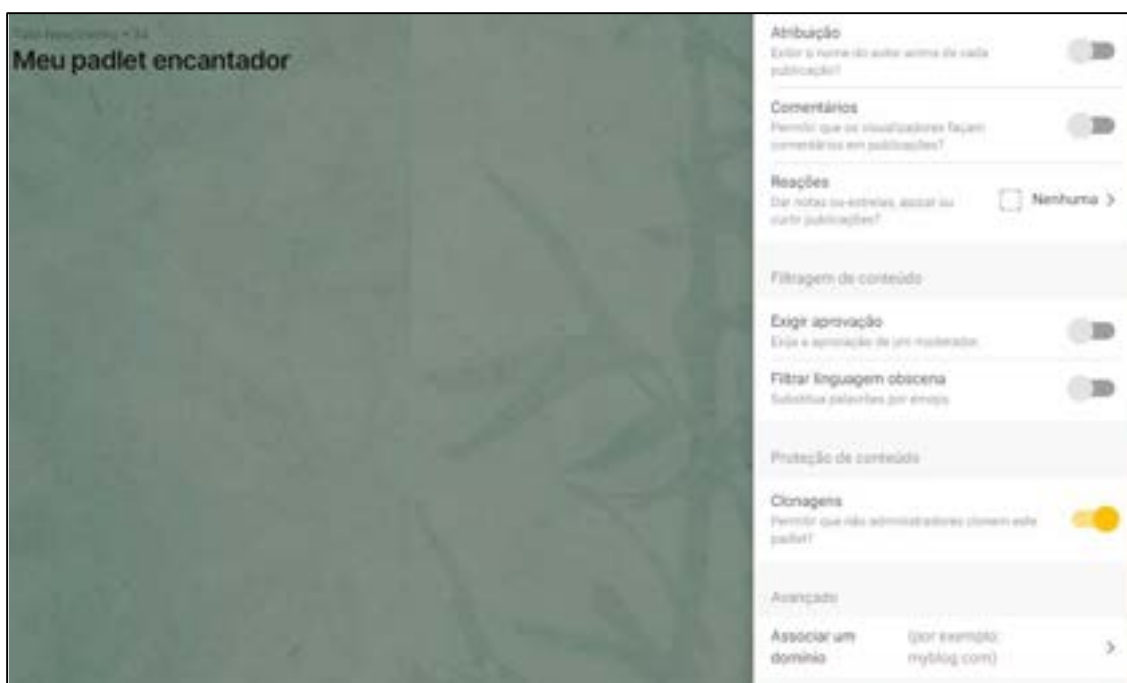
Você deve preencher os campos: Título; Descrição; Ícone, Aparência, etc.

O campo endereço é onde você obtém um link para divulgar o endereço de

seu padlet nas redes sociais, por email etc.

No padlet é possível que o público insira comentários e ou observações, os campos na figura abaixo, a direita, mostra como você administrar os comentários.

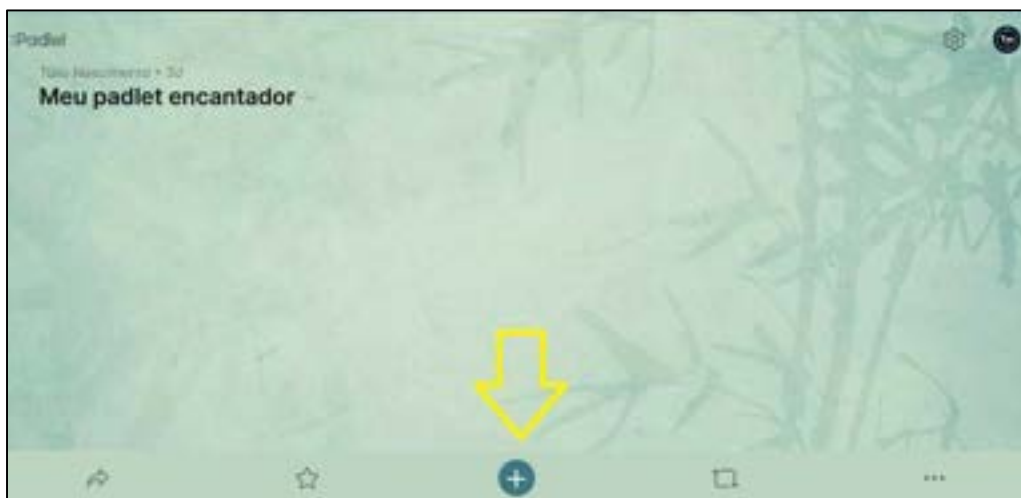
Após definir todas configurações, clique em modificar e salvar. Padlet pronto para ser construído. Posteriormente será possível alterar configurações.



As opções acima determinam se o visitante pode inserir comentários ou publique algo em seu Padlet, cabe ao professor de acordo com o contexto a ser trabalhado, habilitar ou não cada opção<sup>vi</sup>.

## 5. ELABORANDO UM PADLET

Vamos começar a elaborar nosso produto padlet.



Independente das configurações escolhidas sempre aparecerá um círculo

com um + (mais) em seu interior no canto inferior da tela é por ai que vamos inserir os dados, ou dando duplo clique na tela, e construir o padlet. Ao clicar no + aparecerá a seguinte tela:



São inúmeras opções que temos para inserir na primeira tela aparece apenas cinco possibilidades

- 1. Upload , nesse caso você vai baixar um arquivo pessoal.
- 2. Tirar foto.
- 3. Link, você vai inserir um link a sua escolha.
- 4. Pesquisa de imagens.
- 5. Mais opções.

Clicando nos na última opção acima, os três pontinhos você encontrará mais uma série de outras possibilidades para inserir conteúdo em seu Padlet, as opções estão na tela abaixo. Para inserir o conteúdo que te interessa é só clicar no ícone do conteúdo.





Para inserir conteúdo clicamos no mais (+) ou damos duplo clique na tela, aparecerá uma caixa onde vamos determinar o conteúdo do referido painel.



As opções de inserir conteúdos aparecerão em uma caixa onde deve ser inserido (título, descrição, link, fotos, vídeos, etc.).

Para inserir novos painéis basta dar duplo clique na tela no local indicado ou no (+) e repita o procedimento.

Foi disponibilizado também um vídeo de como criar um Padlet que pode ser acessado em

<https://youtu.be/DvOTOeGuaxo>

## BIBLIOGRAFIA

---

- i CARVALHO, A.T.G. Abordagem desenvolvida nas aulas de Introdução ao Eletromagnetismo ministradas pelo prof. Alexandre Tadeu Gomes de Carvalho, 2018.
- ii SABA, M.M.F. A Física das Tempestades e dos Raios. **Física na Escola**, v. 2, n. 1, p.19. 2001.
- iii MATVEEV, A. N. **Electricity and Magnetism**, Moscow: Mir Publishers, 1986. p.112
- iv TAUSSIG SCOTT, W. **The Physics of Electricity and Magnetism**. 1<sup>st</sup>, USA: John Wiley & Sons, Inc, 1960.
- v MONTEIRO, J. C. S.; COSTA, M. J. M.; BOTTENTUIT JUNIOR, J. B. **App-learning hipertextual: repositórios virtuais de aprendizagem no Padlet**. In: 4<sup>o</sup> Encontro sobre Jogos e Mobile Learning, 2018, Coimbra. Atas do 4<sup>o</sup> Encontro sobre Jogos e Mobile Learning. Coimbra: Centro de Estudos Interdisciplinares do Século XX da Universidade de Coimbra - Coimbra, 2018. p. 216-225.
- vi SILVA, J. F.; MARTINS, T. C.; ALVES, E. J.; GARCIA, L. G.; NASCIMENTO, L. R.; MARTINS, J. L. et al. "A EPISTEMOLOGIA DA COMPLEXIDADE, DOCÊNCIA E DISCÊNCIA NA ERA DA INDÚSTRIA 4.0". In: GARCIA, L.G.; MARTINS, T. C. **"POSSIBILIDADES DE APRENDIZAGEM E MEDIAÇÕES DO ENSINO COM O USO DAS TECNOLOGIAS DIGITAIS: DESAFIOS CONTEMPORÂNEOS"**, VOLUME 1. Palmas, TO: EDUFT, 2021.