



Instituto Superior de Ciências da Educação

ISCED – HUÍLA

**A INTERDISCIPLINARIDADE NA RESOLUÇÃO DE PROBLEMAS
DE CIRCUITOS ELÉCTRICOS APLICANDO AS LEIS DE
KIRCHHOFF NA 12ª CLASSE**

Autor: André Quintas Longuenda

LUBANGO

2022



Instituto Superior de Ciências da Educação

ISCED – HUÍLA

**A INTERDISCIPLINARIDADE NA RESOLUÇÃO DE PROBLEMAS
DE CIRCUITOS ELÉCTRICOS APLICANDO AS LEIS DE
KIRCHHOFF NA 12ª CLASSE**

**Trabalho apresentado para a obtenção do
Grau de Licenciado no Ensino de Física**

Autor: André Quintas Longuenda

Tutor: Joaquim Pedro Kessongo, PhD.

LUBANGO

2022



INSTITUTO SUPERIOR DE CIÊNCIAS De EDUCAÇÃO DA HUÍLA
ISCED-Huíla

DECLARAÇÃO DE AUTORIA DO TRABALHO DE LICENCIATURA

Tenho consciência que a cópia ou o plágio, além de poderem gerar responsabilidade civil, criminal e disciplinar, bem como reprovação ou a retirada do grau, constituem uma grave violação da ética académica.

Nesta base, eu ANDRÉ QUINTAS LONGUENDA, estudante finalista do Instituto Superior de Ciências de Educação da Huíla (ISCED-Huíla) do curso de ENSINO DA FÍSICA, do Departamento de Ciências Exactas e da Natureza, declaro, por minha honra, ter elaborado este trabalho, só e somente com o auxílio da bibliografia que tive acesso e dos conhecimentos adquiridos durante a minha carreira estudantil e profissional.

Lubango, 05 de Outubro de 2022.

O Autor

André Quintas Longuenda

Agradecimentos

Das mais profundas palavras que vêm da alma, em primeiro lugar, agradeço à Deus o Todo-Poderoso, pelo fôlego.

À família pelo apoio incondicional, especialmente dos meus pais, Domingos Cambaca e Angelina Kapombo Capita, aos meus queridos irmãos, Gabriel Domingos Cambaca e Domingas Maria Capita.

À minha companheira, amiga, conselheira, confidente, esposa Cristina Nihova Muio, pela coragem, paciência, esforço por acreditar em mim e tornar o meu sonho possível.

À todos meus Professores deste o Ensino Primário até ao Ensino Superior, especialmente aos Professores do Departamento de Ciências Exactas, sobretudo da Secção de Ensino da Física, pelo apoio, carinho e ensinamento durante todo o curso.

Ao meu Orientador Professor Joaquim Pedro Kessongo PhD, pela generosidade, motivação, sacrifício e paciência que sempre demonstrou, dedicando muito do seu tempo para a realização deste trabalho.

Aos meus colegas, especialmente ao meu grupo de estudo e á turma dos Campeões, pela cumplicidade, companheirismo, amizade, auxílio durante o processo e incentivo em tantas horas longe da família para que pudéssemos ter um melhor desempenho académico.

Finalmente, a todos aqueles que directa e indirectamente, tornaram possível a realização de mais um passo na minha vida.

Dedicatória

Em memória aos meus amados e eternos avós, Jacinto Capita e Teresa Sapalo.

À família e especialmente a minha avô Domingas Maria Filipe, pela educação, colegas e amigos, por todo apoio recebido, pois, tem sido o incentivo das minhas motivações diárias.

Resumo

O presente trabalho foi desenvolvido com base nos resultados insatisfatórios observados na resolução de circuitos eléctricos complexos nos alunos da 12^a classe, Magistério Comandante Liberdade. Deste modo, este trabalho tem como objectivo melhorar o processo de ensino-aprendizagem (PEA) dos circuitos eléctricos de um modo interdisciplinar, particularmente na aplicação das Leis de Kirchhoff, por meio da resolução sistemas de equações lineares e diferenciais. Para o entendimento desta temática alguns conceitos fundamentais são indispensáveis, tais como: tensão, corrente eléctrica e resistência eléctrica, nó, malhas, sistemas de equações lineares e diferenciais. A investigação foi desenvolvida com base nas seguintes tarefas: 1. Diagnosticar o estado actual do PEA da Física, concretamente na resolução de problemas e exercícios relacionados com os circuitos eléctricos complexos de corrente contínua, na Escola Magistério Comandante Liberdade; 2. Fundamentação psicopedagógica do processo de ensino-aprendizagem da Física; 3. Elaborar uma proposta metodológica para melhorar a resolução de problemas d circuitos eléctricos complexos de corrente contínua aplicando as leis de Kirchhoff na 12^a classe na Magistério Comandante Liberdade.

Palavras-Chaves: Processo de Ensino e Aprendizagem (PEA); Circuito Complexo; Leis de Kirchhoff, interdisciplinaridade;

ABSTRACT

The present work was developed based on the unsatisfactory results observed in the resolution of complex electrical circuits in the students of the 12th class, of the school Magisterium Comandante Liberdade. In this way, PEA in an interdisciplinary circuit mode aims to operate, interdisciplinary, particularly electrical, through the application of the resolution, and aims to work, interdisciplinary, in an electrical way, through the application of the solution. For the set of these basic materials, and such as electrical materials, materials, materials, electrical materials, materials, electrical, electrical and electrical. The investigation was developed based on the following tasks: 1. Diagnose the current state of the PEA of Physics, specifically in the resolution of problems and exercises related to the complex electrical circuits of direct current, in Magisterium Comandante Liberdade; 2. Psychopedagogical foundation of the teaching-learning process of Physics; 3. Elaborate a methodological proposal to improve the resolution of problems of complex circuits of direct current applying as Kirchhoff's laws in the 10th grade in Magisterium Comandante Liberdade.

Key-Words: Teaching and Learning Process (PEA); Complex Circuit; Kirchhoff's Laws, interdisciplinarity

Índice

Índice de Figuras.....	VII
Índice de Equações.....	VIII
Índice de Gráficos	IX
Introdução	1
1.1 Algumas Teorias Aplicadas ao Processo de Ensino e Aprendizagem da Física.	8
1.1.1 Enquadramento das Leis de Kirchhoff na Teoria de Aprendizagem de Burrhus Frederic Skinner	8
1.1.3 Enquadramento da Teoria de David Ausubel nas Leis de Kirchhoff	10
2.2 O Que é Um Problema?.....	10
1.2 O Processo de Ensino e Aprendizagem no II Ciclo do Ensino Secundário	11
1.3 Análise dos Resultados dos Inquéritos Aplicados aos Professores e Alunos	13
1.3.1 Análise dos Resultados dos inquéritos aplicados aos alunos.....	13
1.3.2 Análise dos Resultados dos Inquéritos Aplicados aos Professores.....	15
Conclusões do Capítulo I	18
Capítulo II : Estratégia metodológica baseada na interdisciplinaridade para a Resolução de Problemas relacionados com os circuitos eléctricos utilizando as leis de Kirchhoff	19
2.1 Aspectos Históricos Sobre a Origem da Electricidade.....	19
2.1.1 Fundamentos da Electrodinâmica.....	21
2.1.2 Leis de Kirchhoff	25
2.3 Interdisciplinaridade Entre a Física e a Matemática	27
2.4 Estratégia Metodologia Da Aplicação Das Leis de Kirchhoff Em Circuitos Eléctricos Complexos.....	29
2.4.1 Exemplos de Tarefas docentes.....	30

Conclusão do Capítulo II.....	41
Conclusões Gerais e Recomendações.....	19
Conclusões gerais	40
Recomendações	41
Bibliografia	42

Índice de Figuras

Figura 1: Ilustração de uma fonte de f.e.m. Fonte: (Luz & Álvares, 2006)	23
Figura 2: Representação simbólica de um nó. Fonte: (Resende & Maria , 2010)	26
Figura 3: Circuito complexo.....	27
Figura 4: Circuito Complexo (Exemplar)	30
Figura 5: Circuito Complexo (Exemplar)	33
Figura 6: Circuito do tipo RCL	37
Figura 7: Circuito do tipo RCL (Exemplar).....	38

Índice de Equações

Equação 1: Expressão matemática de Coulomb.....	20
Equação 2: Expressão matemática do campo eléctrico	20
Equação 3: Lei de Volt ou Expressão matemática da tensão	21
Equação 4: Expressão matemática da corrente eléctrica	22
Equação 5: Expressão matemática da Lei de Ohm	23
Equação 6: Expressão matemática do trabalho eletromotriz	24
Equação 7: Expressão matemática para calcular a tensão eléctrica	24
Equação 8: Expressões matemáticas derivadas da equação anterior	24
Equação 9: Expressão Matemática. Fonte: (Meireles, 2007)	25
Equação 10: Expressão Matemática da 2ª lei de Kirchhoff. Fonte: (Young & Freedman, 2009).....	26
Equação 11: 1º grau com duas variáveis (exemplar)	32
Equação 12: Expressão matemática da 2ª Lei de Kirchhoff.....	39
Equação 13: Expressão matemática da Intensidade eléctrica	39
Equação 14: Diferencial por método de integração.....	39
Equação 15: Intensidade em função do tempo	40

Índice de Gráficos

Gráfico 1: Na pergunta nº 1	13
Gráfico 2: Na pergunta nº 2	13
Gráfico 3: Na pergunta nº 3	14
Gráfico 4: Na pergunta nº 4	15
Gráfico 5: Na pergunta nº 1	15
Gráfico 6: Na pergunta nº 4	16
Gráfico 7: Na pergunta nº 5	17
Gráfico 8: Na pergunta nº 6	18

Introdução

O homem desde sempre, sentiu-se atraído pela diversidade dos fenómenos que observa na natureza. Para compreender tais fenómenos, criou a religião, a arte e a ciência, que constituem conjuntos de conhecimentos organizados de maneira particular e racional, (Resende, 2010).

A Física é uma ciência natural que envolve o estudo da matéria e seu movimento através do espaço-tempo, juntamente com os conceitos relacionados como energia e força, (Ramos, 2006). É uma das disciplinas científicas fundamentais, que tem como a finalidade compreender o universo. A Física cruza com muitas áreas interdisciplinares de pesquisa e, as suas fronteiras são indefinidas. As ideias da Física, muitas vezes explicam os mecanismos fundamentais de outras ciências, abrindo desta forma novas linhas de pesquisa em áreas como a técnica.

Segundo Ramos (2011), citado por (Capitango, 2020), tradicionalmente, a Física é vista como uma disciplina difícil de ser ensinada e aprendida, por isso, os alunos apresentam desinteresse e dificuldades de aprendizagem dos conteúdos.

No ensino da Física é fundamental a resolução de exercícios, onde a maior dificuldade do aluno consiste na identificação da fórmula que possa utilizar. Esse tipo de questão, perde sentido quando se pretende desenvolver outras habilidades, razão pela qual, o ensino da Física deve estar centrado na resolução de problemas e exercícios, (Cristovão, 2017).

Segundo Mello (2003) citado por (Chiwale, 2018), para ser competente necessita-se de um domínio prévio de conhecimentos obtidos, isto é, saber aplicar os conhecimentos obtidos em situações pontuais e reais da vida, imobilizar para viabilizar a resolução de problemas, na tomada de decisão, criação de valores, habilidades e capacidades, enfim na facilidade da vida do homem como o único ser superior aos demais seres.

De acordo com Regina (2003) citado (Calenga L. M., 2019), para enfatizar os objectivos formativos e promover competências no ensino da Física, é imprescindível que os conhecimentos se apresentem como desafios, cuja solução, por parte dos alunos, envolva a mobilização de recursos cognitivos, investimento pessoal e perseverança para uma tomada de decisão.

Segundo o INIDE (2014), PEA da Física ocupa um lugar importante entre as diversas disciplinas inseridas no Plano Curricular do Ensino Secundário, pois, tem como objectivos, não só formarem os conceitos científicos do mundo físico que nos rodeia, criar bases de compreensão das novas técnicas e tecnologias e ampliar o horizonte intelectual, mas também proporcionar bases para o estudo de um conjunto de disciplinas técnicas.

O Ensino da Física em Angola, segundo o INIDE (2013), evidencia-se a necessidade de analisar a essência dos fenómenos físicos, de utilizar a abstracção, a generalização, a compreensão, as analogias, a classificação, a definição dos conceitos e a obtenção de conclusões por via da indução e da dedução. Neste contexto, o Professor favorece o desenvolvimento do pensamento lógico dos alunos. Entende-se que, a mudança de atitude nos alunos começa pela curiosidade de compreender o mundo e, principalmente, os fenómenos com os quais convivem diariamente e pode criar estreita ligação na extrapolação dos conhecimentos da Física para a compreensão e resolução de situações quotidianas.

O PEA da Física apresenta características peculiares na compreensão e aquisição de conceitos, onde necessita-se de muita abstracção, interpretação e reflexão. O Ensino da Física procura sempre avançar na busca de melhorias desse processo, através de pesquisas e da troca de conhecimentos, de maneira a proporcionar uma relação frutífera entre o aprendiz e a compreensão dos fenómenos físicos, (Baptista, 2004).

De acordo com Moreira (1999) citado por (Calenga, 2019), a Física escolar deve contemplar, a escolha cuidadosa dos elementos principais mais importantes presentes na estrutura conceitual da Física como uma disciplina científica, uma área do conhecimento sistematizado, em termos de conceitos e definições, princípios e leis, modelos e teorias, fenómenos e processos, como também deve incorporar um tratamento articulado desses elementos entre si e com outras áreas disciplinares, bem como os aspectos históricos, tecnológicos, sociais, económicos e ambientais, de modo a proporcionar a aprendizagem significativa.

No contexto escolar angolano, o livros de Física é muito importante enquanto recurso didáctico, pelo que se deve apresentar tecnicamente bem elaborado e deve se prestada atenção a todos factores que concorrem para se fazer as actualizações e reformulações permanentes, necessárias para que se possa cumpra efectivamente o seu papel. À luz desta realidade, o Governo Angolano criou a Comissão Multisectorial para Actualizar e Corrigir os Manuais Escolares do I e II Ciclos com o objectivo de se fazer o ajustamento adequado dos conteúdos dos manuais.

Segundo a (Angop, 2020), o grupo coordenado pela Ex-Ministra de Estado para a Área Social, Carolina Cerqueira, tem a missão de proceder à análise técnica, pedagógica e literária dos conteúdos. Cabe igualmente à comissão elaborar um plano para a introdução de novos conteúdos e conceitos actualizados, realizar a triagem dos conteúdos temáticos, propor a actualização de acordo com o contexto histórico, geográfico e das ciências da natureza, bem como avaliar os programas curriculares dos diferentes níveis do ensino: pré-escolar, primário e secundário e sugerir a devida actualização. É nesta perspectiva que se enquadra a presente proposta, para intervir na resolução de problemas sobre os circuitos eléctricos complexos de corrente contínua aplicando as leis de Kirchhoff.

Com base nas averiguações feitas na fase exploratória do presente trabalho, os alunos e professores da 12ª Classe do curso Formação de Professores, na Escola Magistério Comandante Liberdade, têm-se deparado com inúmeras dificuldades resultantes das insuficiências que apresenta o manual de Física, entre as quais, se destaca a forma como são tratados os exercícios ou problemas relacionados com os circuitos eléctricos complexos. Estes aparecem pouco sensíveis a assimilação do aluno, uma vez que:

- Os problemas modelos resolvidos não se apresentam de forma detalhadas e em alguns casos, até as fórmulas e indicações para a resolução não existem;
- Em alguns casos, os problemas são apresentados sem obedecer ao princípio da sistematicidade (do fácil ao complexo), contribuindo para a desmotivação do aluno;
- A sua formulação, na maior parte dos casos, é muito distante da realidade dos alunos, dificultando a sua relação com o quotidiano dos mesmos;

- Ausência de um modelo didáctico, constituído por acções sistemáticas e concretas, que permite ao aluno resolver qualquer tipo de problema relacionado com os circuitos eléctricos complexos. Pois, um modelo didáctico é um esquema mediador entre a realidade educativa e o pensamento do professor, por um lado, e por outro lado, o modelo didáctico é também um recurso de desenvolvimento e de fundamentação para a prática pedagógica.

A realidade acima exposta, é agravada pelo facto de haver muitos professores que leccionam a disciplina sem a formação mínima para o efeito, tendo o livro didáctico como seu meio de eleição, sem a capacidade de poder adequá-lo ao contexto pedagógico em que trabalham. Tendo em conta estas limitações que o manual apresenta, deixa o aluno unicamente focado no talento do professor e na sua capacidade de resolução dos referidos problemas, não permitindo ao aluno uma alternativa viável para a resolução de novos problemas e exercícios.

Daí que se formula o seguinte. **Problema de Investigação:** como melhorar o processo de Ensino e Aprendizagem da resolução de problemas que envolvem circuitos eléctricos complexos de corrente contínua aplicando as leis de Kirchhoff na 12ª classe?

Objecto de Investigação: Processo de ensino e aprendizagem da Física na 12ª classe.

Diante do problema formulado o presente trabalho tem o seguinte **objectivo de Investigação:** Elaborar uma proposta metodológica para melhorar a resolução de problemas de circuitos eléctricos complexos de corrente contínua aplicando as leis de Kirchhoff na 12ª classe.

Os elementos anteriores permitem precisar como **Campo de Acção:** resolução de problemas sobre os circuitos eléctricos complexos de corrente eléctrica contínua.

Neste sentido, defende-se a seguinte, **Ideia Básica:** A implementação de uma proposta metodologia baseada num conjunto de procedimentos sistematizados das leis de Kirchhoff pode melhorar a resolução de problemas sobre os circuitos eléctricos complexos de corrente eléctrica contínua na 12ª classe.

Em correspondência com o objectivo anteriormente formulado, formulou-se as seguintes:

Tipo de investigação: Aplicada

Tarefas da investigação

1. Diagnosticar o estado do PEA da Física, concretamente na resolução de problemas e exercícios relacionados com os circuitos eléctricos complexos de corrente contínua, na Escola Magistério Comandante Liberdade.
2. Fundamentação psicopedagógica do processo de ensino-aprendizagem da Física;
3. Elaborar uma proposta metodológica para melhorar a resolução de problemas de circuitos eléctricos complexos de corrente contínua aplicando as leis de Kirchhoff na 12^a classe na Escola Magistério Comandante Liberdade.

Métodos de investigação

Métodos Teóricos

Análise e Síntese: análise bibliográfica de literaturas que retratam sobre a resolução de problemas, bem como outros meios de informações que fornecem dados para a compreensão da temática.

Dedutivo – Indutivo: empregue para realizar generalizações sobre a base de estudo do problema, assim como a compreensão das particularidades.

Métodos Empíricos

4. **Análise Documental:** foi utilizado no estudo de documentos oficiais, como o programa de Física da 12^a classe na Escola Magistério Comandante Liberdade, para ter um conhecimento abrangente do que é, e como é ensinado.
5. **Inquéritos:** utilizado para recolher opiniões dos professores e alunos sobre o PEA dos circuitos eléctricos complexos de corrente contínua aplicando as leis de Kirchhoff, da 12^a classe na Escola Magistério Comandante Liberdade.

Métodos Estatísticos: utilizado para analisar e processar os resultados dos inquéritos aplicados.

6. **População:** foi constituída por 70 alunos da 13ª classe na Escola Magistério Comandante Liberdade, matriculados no ano lectivo de 2021/2022, distribuídos por duas turmas cada 35 com alunos, respectivamente, e 2 professores de Física da referida escola, perfazendo um total de 70.

Amostra: A amostra seleccionada de forma aleatória e composta de 42 alunos correspondentes 60 % aproximadamente da população

A contribuição prática da investigação consiste numa metodologia para o conteúdo das leis de Kirchhoff, na disciplina de Física da 12ª classe do IIº Ciclo do Ensino Secundário, que permita elevar o nível de abordagem desta problemática.

Estrutura do Trabalho de Licenciatura

Introdução

Capítulo I: Fundamentos teóricos e psicopedagógica do processo de ensino e aprendizagem da Física, em particularmente das leis de Kirchhoff, para resolução de problemas que envolvem circuitos eléctricos complexos de corrente contínua.

Capítulo II: Proposta Metodológica de Resolução de Problemas das leis de Kirchhoff, nos circuitos complexos de corrente contínua.

Conclusões gerais

Recomendações.

Bibliografia

Anexos

Capítulo I: Fundamentos Psicopedagógicos Do Processo de Ensino e Aprendizagem da Física

O presente capítulo descreve a abordagem de algumas teorias do processo de ensino e aprendizagem da Física, e a decorrência do Processo de Ensino e Aprendizagem no II Ciclo do Ensino Secundário e, finalmente, faz-se a análise dos resultados dos inquéritos aplicados aos alunos e aos professores.

1.1 Algumas Teorias Aplicadas ao Processo de Ensino e Aprendizagem da Física.

1.1.1 Enquadramento das Leis de Kirchhoff na Teoria de Aprendizagem de Burrhus Frederic Skinner

Para Skinner (1988) citado por (Cavalcanti, 2011) o processo de aprendizagem está relacionado com a questão de modificação e desempenho. O bom ensino depende de organizar eficientemente as condições estimuladoras, de modo que o aluno saia da situação de aprendizagem diferente de como entrou.

Os professores devem criarem situações que visa a conhecerem os interesses actuais dos alunos, para felicitarem o processo de ensino e aprendizagem de modo a orientarem e mantarem os alunos na sala de aula, (Martins, 2002).

Neste contexto o professor de Física, precisa fazer uma interpretação a tempo precisa, de maneira a entender quais atitudes e metodologias a utilizar, para leccionar a sua aula inovadora, com intuito de cooptarem os interesses dos seus alunos e desenvolverem as capacidades críticas face a fenómenos do quotidiano.

Não obstante, o elemento primordial na aprendizagem tem sido a personalidade do professor. A personalidade influencia de tal maneira que, se o docente for um indivíduo que apresenta carácter crítico, influenciará de modo significativa o processo de ensino e aprendizagem, porque é tido como mediador (espelho), (Ostermann & Cavalcanti, 2011).

Para que alguém aprenda é necessário que queira aprender; ninguém consegue ensinar nada a uma pessoa que não quer aprender. Por isso é muito importante que o professor saiba motivar seus alunos, através de uma variedade de recursos, métodos e procedimentos, (Piletti, 2004).

1.1.2 Enquadramento da Teoria de Lev Semenovitch Vygotsky nas Leis de Kirchhoff

A teoria de Vygotsky, no PEA da Física, aparece como aquela que estabelece a interacção entre professores e alunos, o que conduz à formação válida dos conceitos físicos, (Prass, 2012). Esta teoria tem forte impacto na actividade de resolução de exercícios de circuitos eléctricos complexos de corrente contínua com as leis de Kirchhoff e não só, ajuda o aluno no seu crescimento intelectual sob orientação e inspeção contínua do professor, intermédio do processo exercitação. Neste contexto, é muito importante que o docente consiga seleccionar os exercícios mais adequados, factíveis para os alunos, de modo definir zona do desenvolvimento proximal.

De acordo Novak (1999), citado por (Morreira, 1999), o processo educativo é uma acção de troca de significados e sentimentos entre o aluno e o docente. O mesmo envolve elementos, tais como: aluno, docente, conhecimento, contexto e avaliação, nesta ampla situação, o aprendiz (aluno), interagindo com o docente, constrói dentro de um determinado contexto, juntos conhecimentos e destes elementos sofre um processo de avaliação (o aluno é avaliado quanto a sua aprendizagem e o docente quanto a sua actuação).

Devemos realçar que, o termo avaliação não pode ser compreendida como uma aferição, muito menos aprovação ou reprovação, mas sim, como uma análise do caminho seguido pelo aluno no processo de aprendizagem, reconhecendo seus avanços e perdas como partes integrantes do processo e lembrando que cada aluno tem o seu tempo e sua maneira de construir seu próprio conhecimento. Portanto, a avaliação assume uma função diagnóstica, orienta o planeamento e replanejamento de acções a partir da sua análise (Grilo, 2000).

Para Lippe, Alves & Camargo, citados por (Sathler, 2012), o processo de ensino e aprendizagem, devem permitir as trocas interactivas entre os intervenientes. Compete ao professor, nas suas altas responsabilidades, investigar formas eficazes, para que o aluno obtenha o universo do saber sistematizado, concedendo grande parte do suporte necessário para a sua participação activa sociocultural, de salientar que postura adoptada pelo professor em sala de aula determina a aprendizagem do aluno. Assim, podemos alegar que a teoria de

Vygotsky conduz o trabalho de excitação, no ensino das leis de Kirchhoff, para estabelecer a aquisição proporcionando aprendizagem significativa, em consonância com a teoria de Ausubel.

1.1.3 Enquadramento da Teoria de David Ausubel nas Leis de Kirchhoff

O conceito central da teoria de Ausubel é a aprendizagem significativa, processo consiste na informação do indivíduo relacionando-se de maneira não eventual e substantiva a um aspecto proeminente da estrutura cognitiva. Para Ausubel (2003) citado por (Ostermann & Cavalcanti, 2011) o conhecimento adquirido torna-se significativo, quando prévio que existe na estrutura cognitiva relaciona-se, com o novo transmitido pelo professor, de forma que interactuem e se transformem em conhecimento científico.

Segundo Ausubel et al (1980), citado por (Abel, 2018), a aprendizagem significativa é um processo contínuo e activo de conhecimento, que vai sendo construído pouco á pouco, diferenciando-se assim, da aprendizagem mecânica.

Neste âmbito, os problemas-exercícios de circuitos eléctricos complexos de corrente contínua que envolvem as leis de Kirchhoff, terão melhores impactos satisfatórios se, os alunos nas classes anteriores já trataram de conceitos como, a electricidade, tensão eléctrica, corrente eléctrica, resistência externa e interna, força electromotriz, circuitos e a lei de Ohm uma porção do circuito, etc...

2.2 O Que é Um Problema?

Lester (1982) citado por (Coelho, 2014), define problema como sendo uma situação que um indivíduo ou grupo quer ou precisa resolver e para qual não dispõe de um caminho rápido e directo que o leve à solução. Neste contexto, qualquer situação que exija o pensamento adequado com a finalidade de solucionar-lo torna-se problema. Também podemos enfatizar que a resolução está extremamente ligado ao raciocínio lógico, de modo reflectir qual é a estratégia a utilizar, no sentido de aprimorar a inteligência, curiosidade, pensamento e estrutura cognitiva.

Segundo Polya (1997, p.2), citado por (Rios, 2012) considera que, “resolver problema é a realização específica da inteligência, e sendo o intelecto é o dom exclusivo do homem”. Assim, resolver problema eleva a capacidade humana, pois

faz com que o aluno pense, interprete, elabora estratégia e formule caminho, a utilizar mediante de cálculos, levando-o à solução.

No ensino secundário e não só, os professores e os livros apresentam os problemas para ilustrarem conceitos, princípios, procedimentos e clarifiquem os fenómenos. As tarefas para casas e os exames escolares contêm exercícios, assim, os professores de Física aplicam a resoluções de exercícios para promoverem a aprendizagem e avaliarem, (José, 2009).

O professor que deseja desenvolver ao aluno o espírito de solucionar e a capacidade de resolver problema, deve inculcar em sua mente algo interessante, proporcionar-lhe-ia muita oportunidade de imitar e de praticar. Além disso, quando o professor resolve um problema na sala de aula, deve dramatizar um pouco a sua ideia e fazer a si próprio as mesmas indagações que utiliza para ajudar o aluno, por meio orientação, o aluno acabará por descobrir o uso correcto da indagação e sugestão e, ao fazê-lo, adquirirá algo mais importante do que o simples conhecimento (Polya, 2006).

Para Dante (1991) citado por (Rios2, 2012) durante a resolução de problema, o professor deve ter o cuidado em não dar resposta directa. O cálculo a ser utilizado precisa uma reflexão profunda, efectuado assim, este procedimento, obrigará o aluno a caminhar por sua conta, sem que o professor desenvolver a sua estratégia de resolução na primeira instância, ele precisa pensar qual é o método, procedimento e via adequada a utilizar. O professor deve incentivá-lo e orientá-lo, fazendo assim, as seguintes perguntas: vamos pensar juntos? Pense um pouco mais? o problema está pedindo para fazer isto? Por outro lado, o aluno deve discutir como os seus colegas, como resolver o problema, caso o solucione, deve apresentar a caminho que utilizou.

1.2 O Processo de Ensino e Aprendizagem no II Ciclo do Ensino Secundário

O ensino da Física ocupa um lugar de importância e fundamental entre as diversas disciplinas inseridas no Plano Curricular do Ensino Secundário. A função desta disciplina, dentro da educação e formação integral da personalidade do aluno, é uma das mais importantes. Pois, neste quadro, a Física tem como objectivos, não só formar os conceitos científicos do mundo físico que nos rodeia, criar as bases para a compreensão das novas técnicas e tecnologias e ampliar o

horizonte intelectual, mas também criar as bases para o estudo de uma série de disciplinas técnicas e especiais (INIDE, 2014). O objectivo geral do estudo da Física, neste ciclo, é transmitir aos alunos conhecimentos sobre fenómenos, factos, termos, leis, grandezas e modelos físicos, com as respectivas aplicações no quadro de uma formação geral aprofundada para uma formação superior; e criar também pressupostos para uma formação profissional fora do ensino superior. A eficácia do Processo de Ensino e Aprendizagem consiste na resposta dar na à adequação dos conhecimentos, ao desenvolvimento intelectual e físico dos alunos, à formação sócio-afectiva, qualidades e valores, que alcancem os objectivos gerais e específicos propostos em cada nível de ensino de diferentes instituições, conduzindo a uma posição transformadora, que promova as acções colectivas, a solidariedade e o viver em comunidade.

As resoluções de exercícios práticos, a interpretações de dados e gráficos, bem como as experiências de laboratoriais devem servirem para desenvolverem as abstrações, deduções, argumentações, previsões e a habilidades de manipulações dos objectos, (INIDE, 2014).

As Resoluções de exercícios e soluções de Problemas constituem uma das actividades fundamentais da Física, põem a finalidade da mesma é, preocupa-se com a identificação de problema e posteriormente com as devidas descobertas e das respectivas soluções, utilizando expressões Matemáticas e envolve raciocínio lógico (Rios R., 2012).

1.3 Análise dos Resultados dos Inquéritos Aplicados aos Professores e Alunos

1.3.1 Análise dos Resultados dos inquéritos aplicados aos alunos.

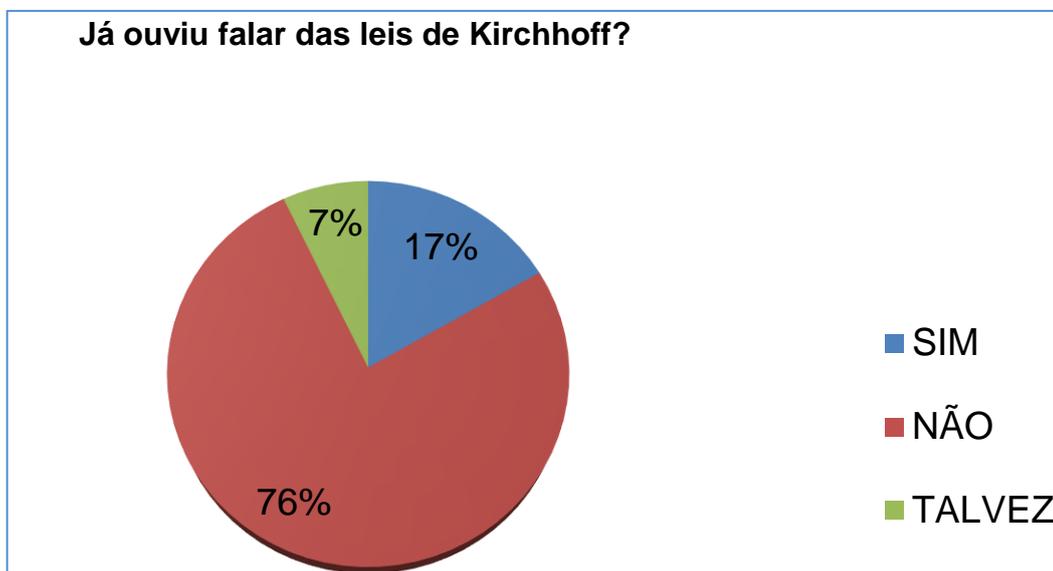


Gráfico 1: Da pergunta nº 1

Procurou-se saber, se os alunos já ouviram falarem das leis de Kirchhoff. Dos 42 alunos inquiridos, equivalente á 100%, 7 alunos que perfazem 17% responderam sim, 32 alunos equivalente 76% responderam não e 3 alunos perfazendo assim 7% responderam talvez.

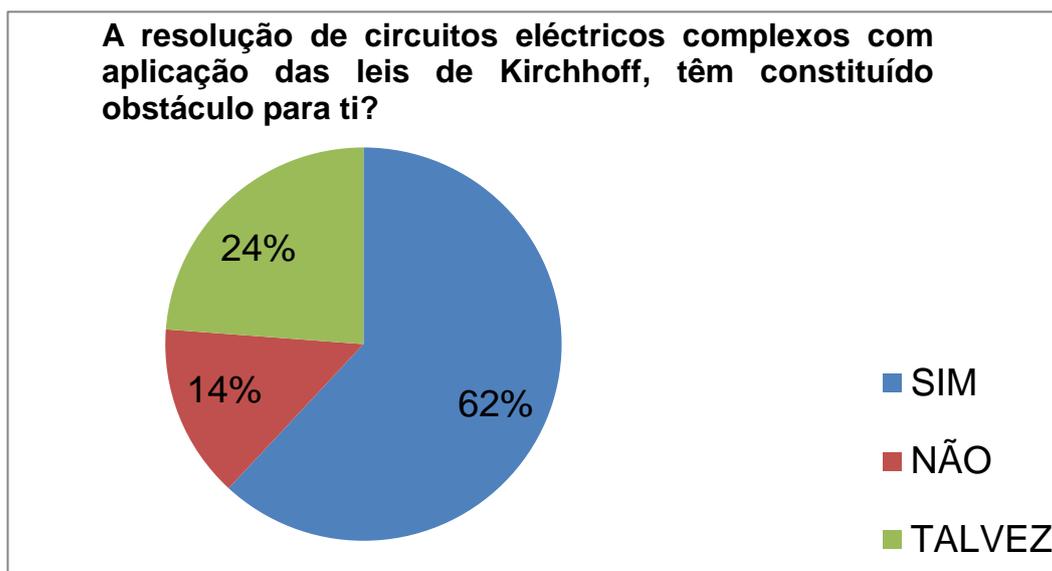
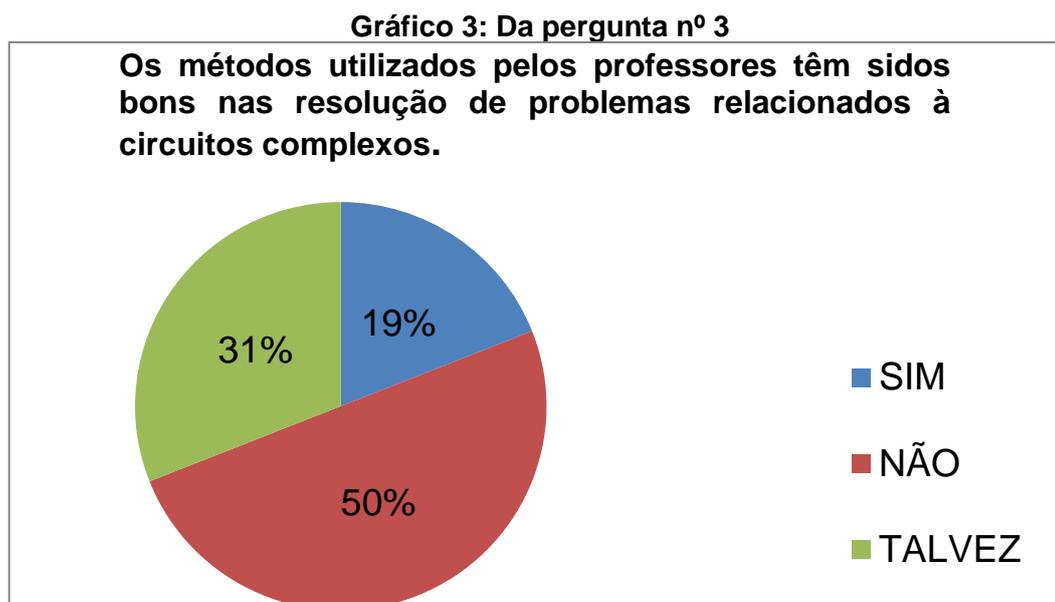


Gráfico 2: Da pergunta nº 2

De igual modo, se a resolução de circuitos eléctricos complexos com aplicação das leis de Kirchhoff, tem constituído obstáculo. Dos 42 alunos inquiridos, equivalente a 100%, 26 alunos perfazendo 62% responderam sim, 6 alunos equivalente a 14% responderam não e 10 alunos equivalente 24% disseram talvez.



Na mesma senda, os métodos utilizados pelos professores têm sido bons na resolução de problemas relacionados à circuitos complexos. Dos 42 alunos inquiridos, equivalente a 100%, 8 alunos que perfazem 19% responderam sim, 21 alunos perfazendo assim 50% responderam não e 13 alunos, equivalente 31% frisam talvez.

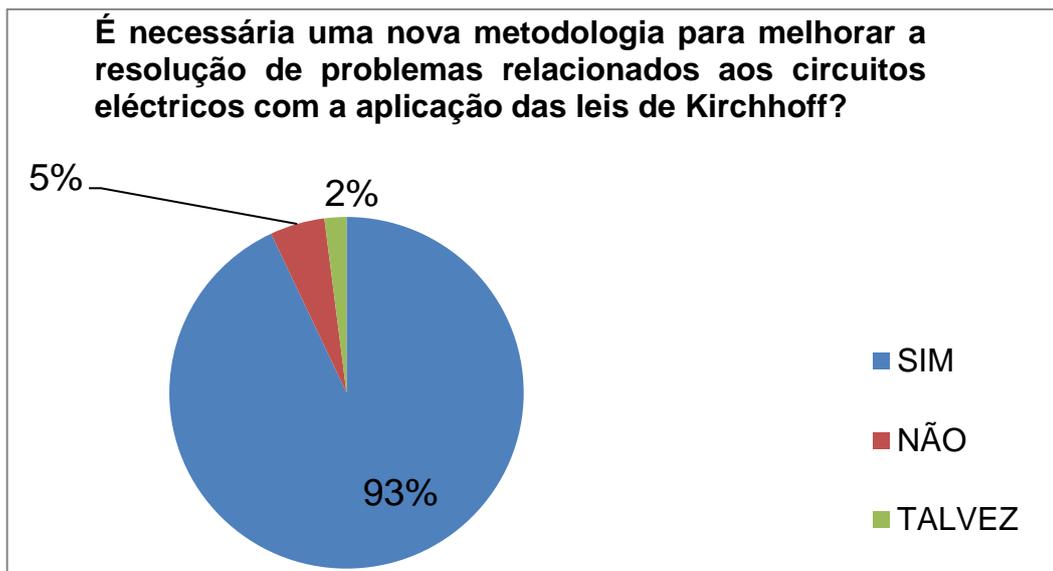


Gráfico 4: Da pergunta nº 4

Procurou-se saber, se era necessária uma nova metodologia para melhorar a resolução de problemas relacionados aos circuitos eléctricos complexos. Dos 42 alunos inquiridos, equivalente a 100%, 39 equivalente à 93% responderam sim, 2 equivalente a 5% responderam não e 1 aluno equivalente 2% afirmou talvez.

1.3.2 Análise dos Resultados dos Inquéritos Aplicados aos Professores

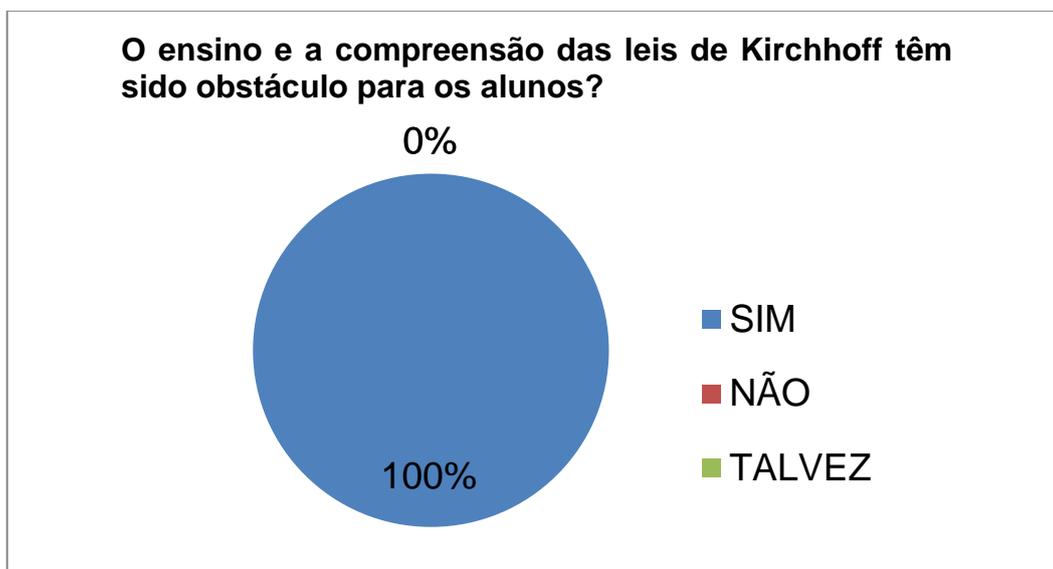


Gráfico 5: Da pergunta nº 1

Do mesmo modo, se o ensino e a compressão das leis de Kirchhoff têm sido obstáculo para os alunos. Dos 2 professores inquiridos, equivalente a 100%, afirmaram que, sim.

Questão nº 2- se sim, quais têm sido as dificuldades dos alunos na compreensão?

De igual modo, procurou-se, com base na resposta da pergunta anterior, quais têm sido as dificuldades dos alunos na compreensão. Dos 2 professores inquiridos, equivalente a 100%, afirmaram que: a falta de domínio Matemático, interesse, vontade, motivação e as experiências laboratoriais.

Ainda afirmaram dizendo que, existem uma grande dificuldade em compreender e ensinar os conteúdos de electromagnetismo, em particular as leis de Kirchhoff, por falta da claridade dos manuais de apoio e pelo facto de não haver aquisições fáceis de materiais, faz com que os conceitos são ensinados e compreendidos de forma a abstracta.

Questão nº 3- Como se têm ultrapassados tais obstáculos.

Procurou-se saber, como têm ultrapassado tais obstáculos. Dos 2 professores inquiridos, equivalente a 100%, 1 professor equivalente a 50% afirmou que, deve se procurar novas formas de motiva-los para mantê-los na sala e introduzir métodos que criam interesses. O outro professor, equivalente a 50% afirma que, nada tem feito, alegando que o Ministério da educação deve criar estratégias, promover assim, seminários e palestras, que visa a desenvolver a capacidade planificações dos professores.

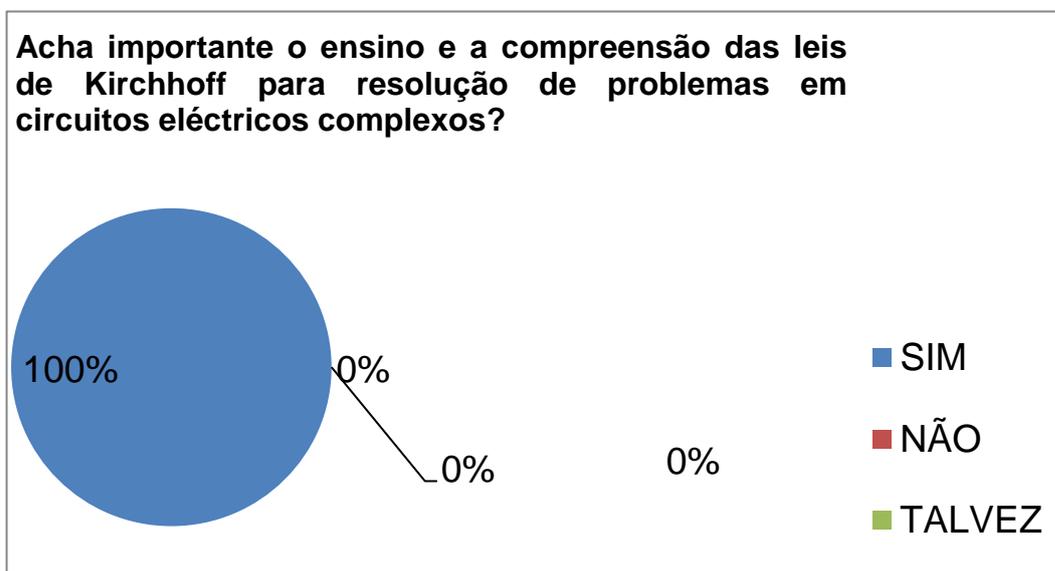


Gráfico 6: Da pergunta nº 4

Procurou-se saber, se aos professores achavam importante o ensino e a compressão das leis de Kirchhoff, para resolução de problemas em circuitos eléctricos complexos. Dos 2 professores inquiridos, responderam que, sim.

A metodologia utilizada tem sido satisfatória para a compreensão e aplicação das leis de Kirchhoff na resolução de problemas sobre circuitos eléctricos complexos de corrente contínua?

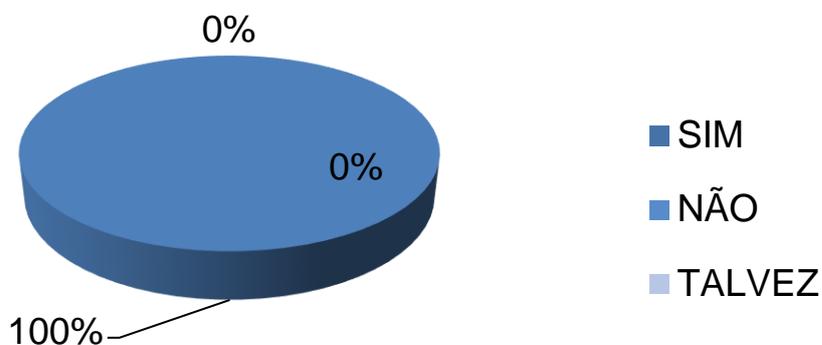


Gráfico 7: Da pergunta nº 5

Procurou-se saber, se a metodologia utilizada tem sido satisfatória para a compreensão e aplicação das leis de Kirchhoff, na resolução de problemas sobre circuitos eléctricos complexos de corrente contínua. Dos 2 professores inquiridos, equivalente a 100%, todos responderam não.

Considera que uma nova metodologia para ensino das leis de Kirchhoff, pode melhorar a resolução de problemas em circuitos eléctricos complexos de corrente contínua?

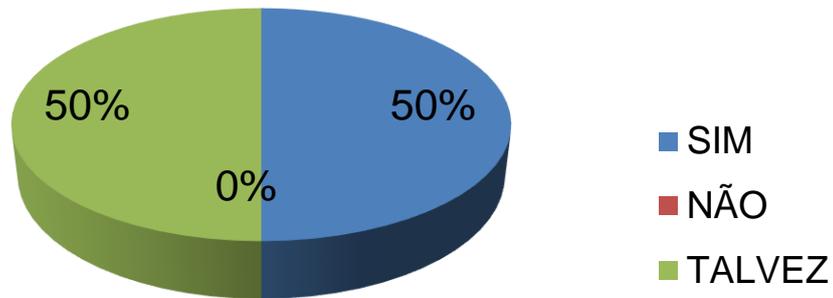


Gráfico 8: Da pergunta nº 6

Procurou-se saber, se considerar que uma nova metodologia para ensino das leis de Kirchhoff, pode melhorar a resolução de problemas em circuitos eléctricos complexos de corrente contínua. Dos 2 inquiridos que perfazem 100%, 1 perfazendo 50% respondeu sim e outro equivalente a 50%, disse que, talvez.

Conclusões do Capítulo I

1. A aprendizagem é um processo activo no qual o aprendiz usa os órgãos sensoriais para construir um significado em torno daquilo que aprende. Por isso, o conhecimento das teorias de aprendizagem de Vygotsky, Piaget e Ausebel, apresentadas neste

capítulo, são indispensáveis aos professores para produzirem uma aprendizagem significativa dos conteúdos de Física por parte dos alunos.

2. Os resultados obtidos dos inquéritos aplicados aos alunos e professores da 12^a Classe Escola Magistério Comandante Liberdade, permite afirmar que os mesmos passam por dificuldades quanto a resolução exercícios relacionados com os circuitos eléctricos que envolvem as leis de Kirchhoff, por isso há necessidade de se elaborar uma proposta metodológica para se melhorar o seu Processo de Ensino e Aprendizagem.

Capítulo-II: Estratégia metodológica baseada na interdisciplinaridade para a Resolução de Problemas relacionados com os circuitos eléctricos utilizando as leis de Kirchhoff.

Estratégia metodológica baseada na interdisciplinaridade para a Resolução de Problemas relacionados com os circuitos eléctricos utilizando as leis de Kirchhoff

A abordagem deste capítulo centra-se na proposta metodológica para melhorar o Processo de Ensino e Aprendizagem da Resolução de Problemas relacionados com os circuitos eléctricos, utilizando as leis de Kirchhoff, e finalmente apresenta-se um modelo de resolução de problemas relacionados com os circuitos eléctricos utilizando as leis de Kirchhoff, com método de Cramer e cálculos diferenciais.

2.1 Aspectos Históricos Sobre a Origem da Electricidade.

É importante evidenciar que, de entre os diferentes e inumeráveis fenómenos que se manifestam na natureza, os de natureza eléctrica são conhecidos há bastante tempo.

A história da electricidade inicia-se no século VI a.C. com uma descoberta feita pelo matemático e filósofo grego Tales de Mileto (640 – 546 a.C.), um dos sete sábios da Grécia antiga. Ele observou que o atrito entre uma resina fósil (o âmbar) e um tecido ou pele de animal produzia na resina a propriedade de atrair pequenos pedaços de palha e pequenas penas de aves. Como em grego a palavra usada para designar âmbar é *élektron*, dela vieram as palavras electrão e electricidade (Biscuola, Bôas, & Doca, 2016).

Por mais de vinte séculos, nada foi acrescentado à descoberta de Tales. No final do século XVI, William Gilbert (1540 – 1603), médico da rainha Elizabeth I, da Inglaterra, repetiu a experiência com o âmbar e descobriu que é possível realizá-la com outros materiais. (...) Gilbert fazia clara distinção entre a atracção exercida por materiais eletrizados por atrito e a atracção exercida por ímãs. Propunha também um modelo segundo o qual a Terra se comportava como um grande ímã. Hoje sabemos que as agulhas das bússolas se orientam na direcção norte-sul por causa dos polos magnéticos do planeta (Biscuola, Bôas, & Doca, 2016).

Um átomo com igual número de protões e de electrões (átomo neutro) não produz forças eléctricas sobre outras partículas. Consequentemente, as duas cargas têm sido designadas de positiva e negativa; o facto de que as forças entre electrões ou protões tenham a mesma intensidade, é devido a que a carga de um electrão,

é exactamente igual à do protão, em valor absoluto, mas com sinal oposto. A carga total nula de um átomo neutro é, por tanto, consequência de que a soma das cargas dos electrões e protões seja nula. A convenção que foi adoptada historicamente é que os electrões têm carga negativa e os protões carga positiva (Villate, 2011). Este valor foi determinado experimentalmente pela primeira vez na experiência da gota de óleo, pelo físico norte-americano Robert Andrews Millikan (1868 – 1953), com o seguinte valor:

$$e = 1,602.10^{-19}C$$

De acordo com estes mesmos autores, Biscuola, Bôas, & Doca, (2016) para calcularmos a intensidade do vector campo eléctrico em um ponto P situado a uma distância d da carga fonte Q_1 , imagine uma carga de prova Q_2 nesse ponto. Nesta carga de prova actua uma força, cuja intensidade é dada pela lei do físico francês Charles Augustin Coulomb (1736 – 1806), (Lei de Coulomb):

$$F = K \frac{Q_1 Q_2}{r^2}$$

Equação 1: Expressão matemática de Coulomb

As cargas eléctricas modificam espaço ao seu redor, produzindo um campo vectorial denominado campo eléctrico. O campo eléctrico em qualquer ponto deste espaço, é um vector \vec{E} , que pode ser medido utilizando uma carga de prova q colocada neste ponto, sentindo a força que actua sobre ela. Por convenção, esta carga deve ser positiva e muito pequena (punctiforme). Do ponto de vista matemático, pode parecer que as forças electrostáticas podem ser calculadas sem esta noção de campo, mas com a evolução da Física, este conceito acabou por dominar, e hoje as interacções são sempre definidas em termos de campo e forças (Graça, 2012). Ou seja, em um dado ponto do espaço, o campo eléctrico é igual a força eléctrica por unidade de carga que actua sobre uma carga aí colocada. Podendo matematicamente ser escrito:

$$\vec{E} = \frac{\vec{F}}{q}$$

Equação 2: Expressão matemática do campo eléctrico

Denomina-se potencial eléctrico ou tensão a energia potencial por unidade de carga. Define-se o potencial eléctrico V em qualquer ponto de um campo eléctrico como a energia potencial U por unidade de uma carga de teste q neste ponto (Young & Freedman, 2009):

$$V = \frac{U}{q} \quad \text{ou} \quad U = qV$$

Equação 3: Lei de Volt ou Expressão matemática da tensão

A energia potencial e a carga são escalares, de modo que o potencial eléctrico é uma grandeza escalar. No Sistema Internacional de unidades, o potencial eléctrico é medido em volts (V) em homenagem ao físico italiano Alessandro Volt (1745 – 1827).

Obs: Ter cuidado em distinguir o V como potencial eléctrico e o V como unidade de medida do potencial eléctrico.

2.1.1 Fundamentos da Electrodinâmica

Um circuito eléctrico fornece, basicamente, um caminho para transferir a energia de um local para outro. À medida que as partículas carregadas fluem através do circuito, a energia potencial eléctrica é transferida de uma fonte (tal como uma bateria ou um gerador) até um dispositivo no qual esta energia é armazenada ou então convertida em outras formas de energia: em som de um sistema estéreo, em calor de uma torradeira ou em luz de uma lâmpada. Do ponto de vista tecnológico, os circuitos eléctricos são úteis porque permite que a energia seja transportada sem partes móveis (além do movimento das próprias partículas carregadas). Os circuitos eléctricos desempenham um papel crucial em lanternas, aparelhos de CD, computadores, sistemas de transmissão e recepção de rádio e de TV, aparelhos electrodomésticos e sistemas de distribuição de energia eléctrica. Os sistemas nervosos dos animais e do homem são circuitos eléctricos especiais que transmitem sinais vitais de uma parte do corpo à outra (Young & Freedman, 2009).

Corrente eléctrica: movimento dirigido das partículas electricamente carregadas, de um ponto de maior potencial para outro de menor potencial.

Ainda em consonância com Young & Freedman, (2009), em diferentes materiais que conduzem uma corrente, as cargas das partículas que se movem podem ser positivas ou negativas. Nos metais, as cargas que se movimentam são sempre electrões (negativos), enquanto em um gás ionizado (plasma) ou em uma solução iónica as partículas incluem electrões e iões positivos. Em um material semiconductor, tal como o germânio ou o silício, a condução pode ocorrer pelo movimento de electrões ou pelo movimento de vacâncias, mais conhecidas como buracos, que são locais da rede onde não exista electrões e que funciona como se fossem cargas positivas.

O movimento dirigido das cargas eléctricas num condutor em cujos extremos existe uma diferença de potencial (V) cria um campo eléctrico responsável pelo movimento das cargas eléctricas no condutor. Quando a diferença de potencial (d.d.p) nos extremos do condutor não varia de sentido, isto é, sempre positiva ou sempre negativa, então chama-se **corrente eléctrica continua** (Matias, 2015). A corrente eléctrica (I), matematicamente, é definida pela razão entre a quantidade de cargas eléctrica dQ que atravessa uma determinada área de secção transversal A por unidade de tempo dt :

$$I = \frac{dQ}{dt}$$

Equação 4: Expressão matemática da corrente eléctrica

Corrente convencional ou sentido convencional da corrente eléctrica é tratada como um fluxo de cargas positivas, embora as cargas livres no condutor sejam negativas ou positivas; isto é, partindo do borne positivo para o borne negativo, no mesmo sentido do campo eléctrico.

A **corrente contínua** (cuja sigla é CC ou DC, do inglês) possui tensão e corrente unidireccionais, exercendo sua função por meio do fluxo de electrões, portanto, seu circuito possui polaridade positiva e negativa, não comprometendo seu sentido de circulação (Markus, 2004). A corrente alternada, produzida por geradores de indução possui uma tensão de onda sinodal em contraste com a corrente contínua.

Resistência ou impedância é a propriedade que os materiais condutores possuem em dificultar o fluxo de cargas elétricas no interior do condutor; esta depende do tipo de material com que o condutor é feito (resistividade) e da temperatura. Quanto mais elétrons livres o material possuir, e quanto menor for a temperatura no condutor, menor será a sua resistência elétrica, vice-versa, (Gualter José Biscuola, 2016).

A razão V e I para um determinado condutor, é denominada resistência (R), sendo matematicamente dada por:

$$R = \frac{V}{I} \text{ ou } V = RI$$

Equação 5: Expressão matemática da Lei de Ohm

Esta expressão é geralmente chamada de Lei de Ohm para uma porção de circuito, descoberta em 1826 pelo físico alemão Georg Simon Ohm (1787 – 1854).

Existem vários outros dispositivos elétricos que, como uma bateria, são capazes de realizar um trabalho sobre as cargas elétricas que passam através delas, aumentando o potencial destas cargas. Tais dispositivos são denominados geradores de corrente ou geradores de força eletromotriz (geradores de f.e.m.). Assim, uma pilha ou bateria é um gerador de f.e.m., pois utiliza energia química que é transferida para as cargas sob forma de energia elétrica. Do mesmo modo, um dínamo, uma termopilha, uma bateria solar etc. são geradores de f.e.m., pois utilizando outras formas de energia (mecânica, térmica etc.), realizam trabalho sobre as cargas, aumentando sua energia elétrica, e sendo capazes de gerar uma corrente elétrica (Luz & Álvares, 2006).

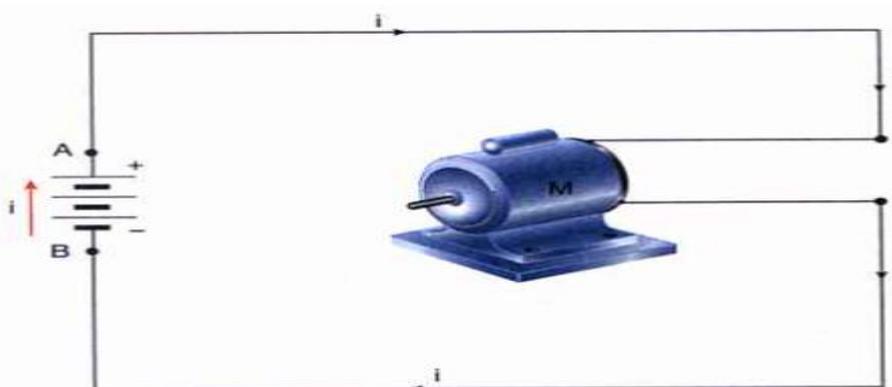


Figura 1: Ilustração de uma fonte de f.e.m. Fonte: (Luz & Álvares, 2006)

Consideremos uma carga q sendo transportada de B para A no interior da bateria. Seja T o trabalho que a bateria realiza sobre esta carga, elevando o valor de uma energia potencial eléctrica. Em outras palavras, T representa a energia que é transferida à carga q pela bateria. A relação entre estas duas grandezas é denominada força electromotriz (f.e.m.) ou electromotância da bateria, sendo usualmente representada por ε (Luz & Álvares, 2006). Portanto, desta relação tem-se:

$$\varepsilon = \frac{T}{q} \quad (6) \quad \text{em Volts (V)}$$

Equação 6: Expressão matemática do trabalho electromotriz

A diferença de potencial entre os terminais de uma fonte real não é igual à f.e.m. A razão disto é que a carga que se move no interior do material de qualquer fonte real encontra uma resistência chamada resistência interna da fonte (r). (...) A medida que a corrente se desloca através de r , ela sofre uma queda de potencial igual a Ir . Logo, quando uma corrente flui através de uma fonte do terminal negativo até o terminal positivo, a diferença de potencial V entre os terminais é dada por (Young & Freedman, 2009):

$$V = \varepsilon - Ir$$

Equação 7: Expressão matemática para calcular a tensão eléctrica

A corrente que passa no circuito externo conectado aos terminais da fonte é ainda determinada pela Lei de Ohm (para uma porção de circuito – equação (5), combinada com a equação (7), obtendo a seguinte equação:

$$\varepsilon - Ir = IR \quad \text{ou} \quad I = \frac{\varepsilon}{R + r}$$

Equação 8: Expressões matemáticas derivadas da equação anterior

Lei de Ohm para um circuito completo.

Um circuito é normalmente constituído por vários elementos ligados entre si, de forma que exista pelo menos um percurso fechado por onde a corrente possa circular. Cada um destes percursos designa-se por **ramo** (Moura, 2011).

2.1.2 Leis de Kirchhoff

Circuitos eléctricos simples, isto é, com apenas umas fontes de tensão podem ser facilmente resolvidas e solucionadas pela Lei de Ohm. Quando se trata de circuitos complexos – circuitos com mais de uma fonte de tensão, a Lei de Ohm deixa de ser suficiente para resolver e solucionar tais problemas; daí a necessidade de recorrer às Leis desenvolvidas pelo físico alemão Gustav Robert Kirchhoff (1824 - 1887) as Leis de Kirchhoff (Freedman, 2011).

Definem-se dois termos que serão usados frequentemente: uma junção ou um **nó** é um ponto do circuito onde ocorre a união de dois ou mais condutores. Um nó é também chamado de nodo ou ponto de ramificação. Denomina-se **malha** qualquer caminho condutor fechado, (Matias, 2015).

1ª Lei de Kirchhoff ou Lei dos Nós: em qualquer nó, a soma das correntes que convergem ao nó (cujo sentido é de aproximação do nó) é igual à soma das correntes que divergem do nó (cujo sentido é de afastamento do nó), (Meireles, 2007).

$$\sum I_{que\ convergem} = \sum I_{que\ divergem}$$

Equação 9: Expressão Matemática. Fonte: (Meireles, 2007)

Também podemos expressar esta lei das seguintes formas, se convencionarmos atribuir sinais às correntes que chegam ao nó (sinal positivo) e o sinal contrário às correntes que saem. Esta lei pode enunciar da seguinte maneira: em qualquer nó num circuito eléctrico a soma algébrica das correntes é nula. Esta lei decorre imediatamente do princípio da conservação da carga eléctrica, (Resende & Maria, 2010).

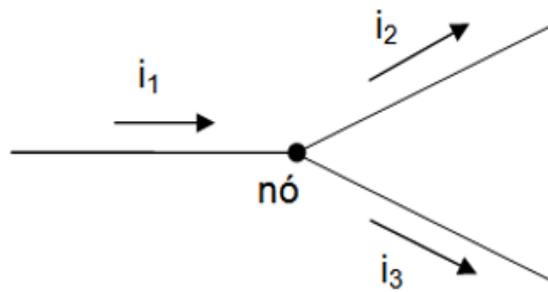


Figura 2: Representação simbólica de um nó. Fonte: (Resende & Maria , 2010)

De acordo com a representação acima, podemos obter as seguintes equações:

$$I_1 = I_2 + I_3$$

$$I_1 - I_2 - I_3 = 0 \quad (9)$$

2ª Lei de Kirchhoff ou Lei das Malhas: A soma algébrica de todas as diferenças de potenciais através de uma malha, incluindo os elementos resistivos e a f.e.m de todas as fontes, é necessariamente igual a zero, (Young & Freedman, 2009).

$$\sum V=0$$

Equação 10: Expressão Matemática da 2ª lei de Kirchhoff. Fonte: (Young & Freedman, 2009)

A lei das malhas é baseada na natureza conservativa das forças electrostáticas. Suponha que se percorre uma dada malha, medindo sucessivamente todas as diferenças de potenciais através dos elementos do circuito. Ao retomar ao ponto de partida, deve-se verificar que a soma algébrica de todas as diferenças de potencial é igual a zero; caso contrário, não se poderia associar um potencial definido para um referido ponto (Young & Freedman, 2009).

Ao aplicar a lei das malhas, precisa-se de algumas convenções de sinais. Sempre supondo um sentido da corrente eléctrica e marcando o sentido escolhido no diagrama do circuito. A seguir, partindo de qualquer ponto do circuito, percorre-se o circuito e adiciona-se os termos IR e cada f.e.m., à medida que se passa através dos elementos. Quando se atravessa uma fonte no sentido de – para +, a f.e.m deve ser considerada como positiva, e vice-versa. Quando se atravessa um resistor o mesmo sentido que se escolheu para a corrente, o termo IR é negativo,

porque a corrente está fluindo no sentido dos potenciais decrescentes, e vice-versa (Young & Freedman, 2009). As duas leis de Kirchhoff são muito usadas para resolver um grande número de problemas de circuitos elétricos. Geralmente, alguns valores da f.e.m das fontes, das correntes e das resistências são conhecidos e outros não. Usando as leis de Kirchhoff deve-se sempre obter um número de equações igual ao número de incógnitas, a fim de resolver simultaneamente o sistema de equações. Em geral, a parte mais trabalhosa da solução não é o entendimento dos princípios básicos envolvidos, porém o uso correto dos sinais algébricos.

Tendo como referência a figura (3) abaixo, pode-se extrair da seguinte maneira a leis das malhas:

Para a primeira malha (ABEF), tem-se:

$$v_{s1} - I_1 R_1 - I_3 R_3 - I_2 R_2 = 0 \quad (10)$$

Para a segunda malha (BCDE), tem-se:

$$-v_{s2} - I_4 R_4 - I_5 R_5 + I_3 R_3 = 0 \quad (11)$$

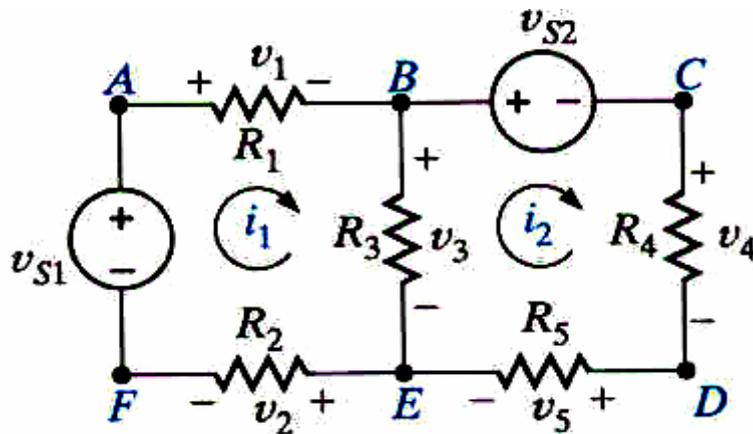


Figura 3: Circuito complexo

2.3 Interdisciplinaridade Entre a Física e a Matemática

Segundo Mónica, (2006) citada por (Silva, 2018), o termo interdisciplinaridade é composto por três termos: inter – que significa acção recíproca, acção de A sobre B e de B sobre A; disciplinar – termo que diz respeito à disciplina, do latim discere – aprender, discipulus – aquele que aprende. O termo dade corresponde à qualidade, estado ou resultado da acção. Desta forma, uma acção recíproca

disciplinar – entre disciplinas, ou de acordo com uma ordem – promovendo um estado, qualidade ou resultado da acção equivaleria ao termo interdisciplinaridade.

Entende-se por ponto de ligação interdisciplinar aquele conteúdo de um tema de uma disciplina, que inclui os conhecimentos, as habilidades e os valores associados a ele, que pode ser identificado a partir de sua estrutura temática, sua lógica interna e as relações interdisciplinares que têm a possibilidade de servir de apoio a um processo de ligação para obter uma formação mais completa de determinados conteúdos (Domingos, 2022).

De acordo com Batista & Mozolevski (2010) citados por (Domingos, 2022), neste sentido, observa-se a existência de dois universos quase que paralelos: De um lado, os matemáticos trabalham em teorias cada vez mais abstractas, por outro lado, os físicos trabalham a Matemática como uma ferramenta teórica para modelar seus fenómenos, para isto é necessário que haja uma ponte de contacto entre estas duas áreas do saber para fomentar o verdadeiro espírito científico, em nossa cultura, visto que, aos físicos é necessário um aprimoramento do rigor matemático e uma melhor compreensão das estruturas Matemáticas necessárias para a descrição dos fenómenos físicos e aos matemáticos, é necessária uma volta às origens, pois a Matemática, acima de tudo, consiste de construções abstractas elaboradas na tentativa de compreender melhor o mundo, visto que a maior parte das grandes teorias Matemáticas teve sua motivação no mundo físico, e até nos dias de hoje é possível observar esta relação.

A Física se utiliza da linguagem simbólica da Matemática, que dispõe de um conjunto de ferramentas e permite a aquisição de competências, como, por exemplo, o raciocínio lógico, as técnicas de resolução de problemas, e a capacidade de pensar em termos abstractos inerentes ao ensino da Física (Feroni, Adreão, & Galvão, 2016).

De acordo com Hedesa (2015) citado por (Domingos, 2022) A Física como disciplina possibilita apropriação de uma parte do sistema de conceitos, leis, modelos e teorias desta ciência. A respeito se expõe que, variados são os caminhos que se utilizam para o estudo dos conceitos no ensino da Física, tudo isso em correspondência com os objectivos gerais que se observam e o nível com

que se aprende os conteúdos de estudo. Entretanto, em todos eles se observa que os conceitos de fenómenos e modelos constituem uma das directrizes sobre as quais se estruturam os conteúdos desta disciplina; o qual é consequência directa do próprio objecto de estudo da Física como ciência e como disciplina, ao estudar as propriedades da matéria e suas diversas variações.

A interdisciplinaridade pode proporcionar um trabalho dinâmico e facilitar da aprendizagem, pois trabalha com componentes circulares interligados ente si, além de possibilitar uma maior motivação dos alunos envolvidos. Em tratar-se da Matemática e da Física a interdisciplinaridade torna-se ainda mais viável, pelo facto de a Física utilizar os recursos matemáticos para qualificarem e quantificarem os fenómenos físicos que ocorrem na sociedade (Feroi, 2016). Na Física utiliza-se linguagem simbólica e, por intermédio da Matemática, cria-se uma facilidade na compreensão e ensino da mesma, fazendo com que os alunos adquirem as técnicas de resoluções de problemas, raciocínio lógico e dispõem-se de ferramentas adequadas que permitirá que os mesmos possuem competências na área do saber, (Corradi, 2010).

Em suma, as resoluções de problemas dos circuitos eléctricos de corrente contínua, estão relacionados com os conceitos Matemáticos, sobretudo as resoluções de equações do 1º grau com duas variáveis, utilizado diversos como Cramer, Théven, Norton e não só. As formas, vias, procedimentos, estratégias e metodologias, constituem às bases fundamentais de trabalho, visto que o mesmo visa capacitar, o professor adquirir uma nova postura de ensinar as leis de kirchhoff, com a finalidade de formar individuo competente e útil de modo a solucionar os problemas sociais.

2.4 Estratégia Metodologia Da Aplicação Das Leis de Kirchhoff em Circuitos Eléctricos Complexos

Uma vez revelado um ponto de ligação interdisciplinar ou cognitivo é necessário identificar os objectivos conteúdos (conhecimentos, habilidades e valores) que resultarão do aperfeiçoamento e do desenvolvimento das relações interdisciplinares associadas entre eles (Domingos, 2022).

A definição de interdisciplinaridade assumida pelo autor desta investigação e a sua experiência como docente, permitiu elaborar a estrutura metodológica das tarefas docentes propostas da seguinte forma:

- Título;
- Objectivo;
- Conteúdo;
- Ponto de ligação interdisciplinar com os conteúdos de Matemática;
- Recomendações metodológicas;
- Avaliação.

2.4.1 Exemplos de Tarefas docentes

2.4.1.1 Tarefa Docente 01

Título – Determinação dos valores das intensidades das correntes do circuito.

Objectivo – Determinar os valores das intensidades correntes que circulam no circuito.

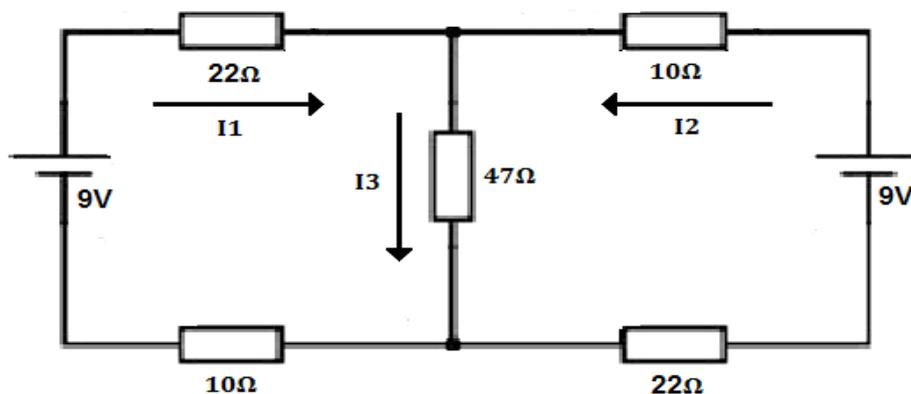


Figura 4: Circuito Complexo (Exemplar)

Conteúdo Físico

Resistências: $R_1 = 22\Omega$; $R_2 = 10\Omega$; $R_3 = 22\Omega$; $R_4 = 10\Omega$ e $R_5 = 10\Omega$;

Fontes: $E_1 = 9V$ e $E_2 = 9V$

- Observa-se que o circuito possui 2 nós e 3 malhas;
- Os sentidos de corrente e polaridades foram arbitrados correctamente.

Apresentando as respectivas leis de Kirchhoff, tem-se:

$$\begin{cases} I_1 + I_2 - I_3 = 0 & \rightarrow \text{Primeira Lei de Kirchhoff} \\ -9 + 22I_1 + 47I_3 + 10I_1 = 0 & \rightarrow \text{Segunda Lei de Kirchhoff (malha 1)} \\ -9 + 10I_2 + 22I_2 + 47I_3 = 0 & \rightarrow \text{Segunda Lei de Kirchhoff (malha 2)} \end{cases}$$

Sistema de equação resultante:

$$\begin{matrix} I \\ II \\ III \end{matrix} \begin{cases} I_1 + I_2 - I_3 = 0 \\ 32I_1 + 47I_3 = 9 \\ 32I_2 + 47I_3 = 9 \end{cases}$$

Em forma matricial tem-se:

$$\begin{vmatrix} 1 & 1 & -1 \\ 32 & 0 & 47 \\ 0 & 32 & 47 \end{vmatrix} \cdot \begin{vmatrix} I_1 \\ I_2 \\ I_3 \end{vmatrix} = \begin{vmatrix} 0 \\ 9 \\ 9 \end{vmatrix}$$

- Cálculo do determinante geral:

$$\Delta_G = \begin{vmatrix} 1 & 1 & -1 \\ 32 & 0 & 47 \\ 0 & 32 & 47 \end{vmatrix} \Rightarrow \Delta_G = \begin{vmatrix} 1 & 1 & -1 & 1 & 1 \\ 32 & 0 & 47 & 32 & 0 \\ 0 & 32 & 47 & 0 & 32 \end{vmatrix}$$

$$\Delta_G = [(-1) \times 32 \times 32] - [1 \times 47 \times 32 + 1 \times 32 \times 47]$$

$$\Delta_G = -1024 - 1504 - 1504 = 4032$$

- Cálculo do determinante da corrente I_1

$$\Delta_{I_1} = \begin{vmatrix} 0 & 1 & -1 \\ 9 & 0 & 47 \\ 9 & 32 & 47 \end{vmatrix} \Rightarrow \Delta_{I_1} = \begin{vmatrix} 0 & 1 & -1 & 0 & 1 \\ 9 & 0 & 47 & 9 & 0 \\ 9 & 32 & 47 & 9 & 32 \end{vmatrix}$$

$$\Delta_{I_1} = [(1) \times 47 \times 9 + (-1) \times 9 \times 32] - [1 \times 9 \times 47]$$

$$\Delta_{I_1} = 423 - 288 - 423 = -288$$

- Cálculo do determinante da corrente I_2

$$\Delta_{I_2} = \begin{vmatrix} 1 & 0 & -1 \\ 32 & 9 & 47 \\ 0 & 9 & 47 \end{vmatrix} \Rightarrow \Delta_{I_2} = \begin{vmatrix} 1 & 0 & -1 & 1 & 0 \\ 32 & 9 & 47 & 32 & 9 \\ 0 & 9 & 47 & 0 & 9 \end{vmatrix}$$

$$\Delta_{I_2} = [1 \times 9 \times 47 + (-1) \times 32 \times 9] - [1 \times 47 \times 9]$$

$$\Delta_{I_2} = 423 - 288 - 423 = -288$$

- Cálculo do determinante da corrente I_3

$$\Delta_{I_3} = \begin{vmatrix} 1 & 1 & 0 \\ 32 & 0 & 9 \\ 0 & 32 & 9 \end{vmatrix} \Rightarrow \Delta_{I_3} = \begin{vmatrix} 1 & 1 & 0 & 1 & 1 \\ 32 & 0 & 9 & 32 & 0 \\ 0 & 32 & 9 & 0 & 32 \end{vmatrix}$$

$$\Delta I_3 = -[1 \times 9 \times 32 + 1 \times 32 \times 9]$$

$$\Delta I_3 = -288 - 288 = -576$$

- Cálculo das correntes I_1 , I_2 e I_3

$$I_1 = \frac{\Delta I_1}{\Delta_G}; \quad I_2 = \frac{\Delta I_2}{\Delta_G} \quad e \quad I_3 = \frac{\Delta I_3}{\Delta_G}$$

$$I_1 = \frac{-288}{-4032}; \quad I_2 = \frac{-288}{-4032} \quad e \quad I_3 = \frac{-576}{-4032}$$

$$I_1 = \frac{-288}{-4032} = \frac{1}{14} A; \quad I_2 = \frac{-288}{-4032} = \frac{1}{14} A \quad e \quad I_3 = \frac{-576}{-4032} = \frac{1}{7} A$$

$$I_1 = 71,43mA; \quad I_2 = 71,42mA \quad e \quad I_3 = 142,86mA$$

Ponto de ligação interdisciplinar com os conteúdos de Matemática

A resolução de problema de circuitos eléctricos com as Leis de Kirchhoff, enquadra-se com o Tema – 1 no programa de Matemática da 10ª Classe, com o tema “Equações lineares”, no conteúdo equações do 1º grau com duas variáveis.

$$\begin{cases} 5x + 2y = 10 \\ 2x - 6y = 12 \end{cases}$$

Equação 11: 1º grau com duas variáveis (exemplar)

Recomendações metodológicas:

- **Identificar o tipo de circuito:**

Nota-se que este é um circuito complexos com duas fontes, com cinco resistências e dois sentidos que possa circular a corrente eléctrica.

- Que se identifique primeiro os nós e malhas do circuito eléctrico;
- Que se defina a orientação das intensidades das correntes eléctricas do ramo do circuito eléctrico;
- Que se escrevam as equações utilizando as leis de Kirchhoff, em número igual ao de intensidades do ramo (incógnitas) existentes. Caso o total de nós e malhas no circuito eléctrico ultrapassar o número de incógnitas, sugere-se adoptar a regra:

$$\text{Nº de equações de malhas} = \text{nº de malhas} - \text{nº de nodos.}$$

As demais equações serão equações de nós (primeira lei de Kirchhoff).

- Que se resolva o sistema de equações lineares do 1º grau pelo método de Cramer. Caso uma ou mais intensidades tenham resultados diferente do estabelecido, deve ser interpretado como consequência de uma orientação invertida no sentido, porém o valor obtido em módulo é o correcto.

Avaliação

As intensidades das correntes eléctricas são todas de sinal positivo, porque o sentido que escolhemos é convencional da corrente. No diagrama do circuito acima, I_3 diverge. Segundo a lei dos nós, teria um valor com sinal negativo. Porém, o sinal não influencia no resultado; deve-se interpretar o valor obtido em módulo.

2.4.1.2 Tarefa Docente 02

Título – cálculos das intensidades das correntes eléctricas no circuito.

Objectivo – calcular o valor e o sentido correcto das correntes em cada ramo do circuito.

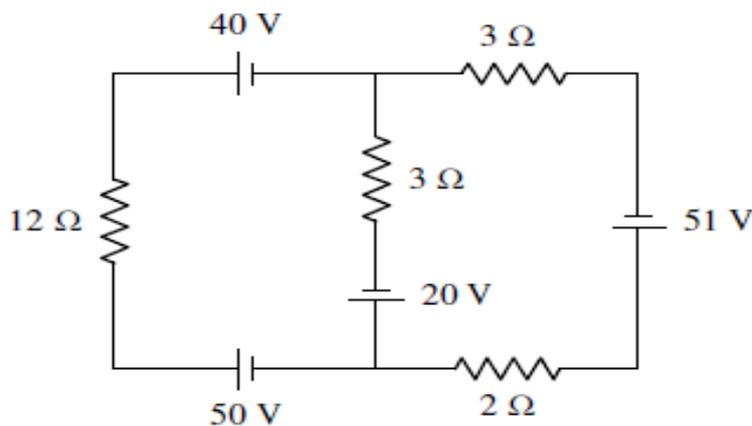
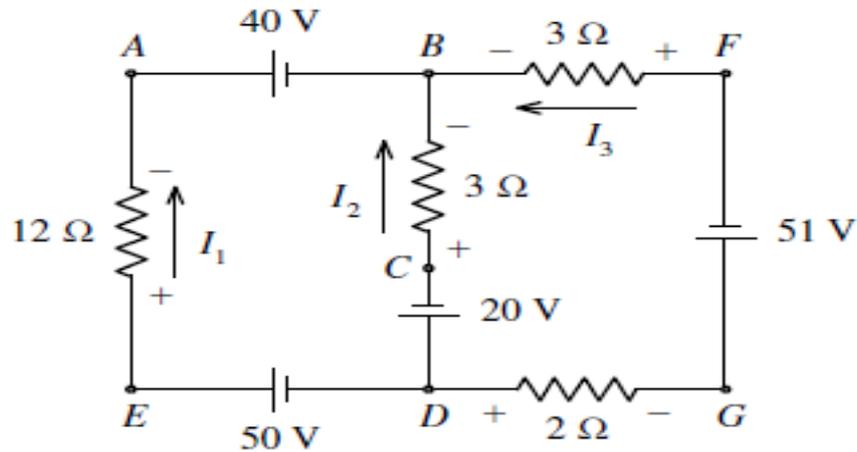


Figura 5: Circuito Complexo (Exemplar)

Conteúdo Físico

Resistências: $R_1 = 12\ \Omega$; $R_2 = 3\ \Omega$; $R_3 = 3\ \Omega$;

Fontes: $E_1 = 40\text{V}$; $E_2 = 51\text{V}$; $E_3 = 50\text{V}$, $E_4 = 20\text{V}$



- a) Observa-se que o circuito possui 2 nós e 3 malhas.
- b) Os sentidos de corrente e polaridades foram arbitrados conforme.

Arbitrando-se os sentidos das correntes nos ramos aplicando-se a lei das correntes de Kirchhoff ao nó B e a lei das tensões de Kirchhoff às malhas ABCDEA e BFGDCB, obtém-se:

$$\begin{cases} I_1 + I_2 + I_3 = 0 & \rightarrow \text{Lei das correntes no Nó B} \\ 40 - 3I_2 - 20 - 50 + 12I_1 = 0 & \rightarrow \text{Lei das tensões na malha ABCDA} \\ -3I_3 - 51 - 2I_3 + 20 + 3I_2 & \rightarrow \text{Lei das tensões na malha BFGDCB} \end{cases}$$

Substituindo-se os valores numéricos dos resistores e das fontes de tensão e rearranjando-se as correntes (incógnitas), obtém-se o seguinte sistema de equações lineares:

$$\begin{cases} I_1 + I_2 + I_3 = 0 \\ 12I_1 - 3I_2 = 30 \\ 3I_2 - 5I_3 = 31 \end{cases}$$

Este sistema de equação pode ser resolvido pelo método de Cramer da seguinte maneira:

- Cálculo do determinante principal

$$\Delta = \begin{vmatrix} 1 & 1 & 1 & 1 & 1 \\ 12 & -3 & 0 & 12 & -3 \\ 0 & 3 & -5 & 0 & 3 \end{vmatrix}$$

$$\Delta = [1(-3) \times (-5) + 1 \times 12 \times 3] - [1 \times 12 \times (-5)]$$

$$\Delta = 15 + 36 + 60 = 111$$

- Cálculo de determinante para a corrente I_1

$$\Delta I_1 = \begin{vmatrix} 0 & 1 & 1 & 0 & 1 \\ 30 & -3 & 0 & 30 & -3 \\ 31 & 3 & -5 & 31 & 3 \end{vmatrix}$$

$$\Delta I_1 = [1 \times 30 \times 3] - [1 \times (-3) \times 31 + 1 \times 30 \times (-5)]$$

$$\Delta I_1 = 90 + 93 + 150 = 333$$

- Cálculo de determinante para a corrente I_2

$$\Delta I_2 = \begin{vmatrix} 1 & 0 & 1 & 1 & 0 \\ 12 & 30 & 0 & 12 & 30 \\ 0 & 31 & -5 & 0 & 31 \end{vmatrix}$$

$$\Delta I_2 = [1 \times 30 \times (-5) + 1 \times 12 \times 31]$$

$$\Delta I_2 = -150 + 372 = 222$$

- Cálculo do determinante para a corrente I_3

$$\Delta I_3 = \begin{vmatrix} 1 & 1 & 0 & 1 & 1 \\ 12 & -3 & 30 & 12 & -3 \\ 0 & 3 & 31 & 0 & 3 \end{vmatrix}$$

$$\Delta I_3 = [1 \times (-3) \times 31] - [1 \times 30 \times 3 + 1 \times 12 \times 31]$$

$$\Delta I_3 = -93 - 90 - 372 = -555$$

- Cálculo da corrente I_1

$$I_1 = \frac{\Delta I_1}{\Delta} = \frac{333}{111} = 3A$$

- Cálculo da corrente I_2

$$I_2 = \frac{\Delta I_2}{\Delta} = \frac{222}{111} = 2A$$

- Cálculo da corrente I_3

$$I_3 = \frac{\Delta I_3}{\Delta} = \frac{-555}{111} = -5A$$

Ou, pela Lei das correntes, vem:

$$I_1 + I_2 + I_3 = 0 \Leftrightarrow I_3 = -I_1 - I_2 = -3A - 2A = -5A$$

Ponto de ligação interdisciplinar com os conteúdos de Matemática

A resolução de problema de circuitos eléctricos com as Leis de Kirchhoff, enquadra-se com o Tema – 1 no programa de Matemática da 10ª Classe, com o tema “Equações lineares”, no conteúdo equações do 1º grau com duas variáveis.

$$\begin{cases} 5x + 2y = 10 \\ 2x - 6y = 12 \end{cases}$$

Recomendações metodológicas:

- **Identificar o tipo de circuito**

Verifica-se que um circuito é complexo, com 4 fontes, com 4 resistências e dois sentidos, para a circulação da corrente eléctrica.

- Que se identifique primeiro os nós e malhas do circuito eléctrico;
- Que se defina a orientação das intensidades das correntes eléctricas do ramo do circuito eléctrico;
- Que se escrevam as equações utilizando as leis de Kirchhoff, em número igual ao de intensidades do ramo (incógnitas) existentes. Caso o total de nós e malhas no circuito eléctrico ultrapassar o número de incógnitas, sugere-se adoptar a regra:

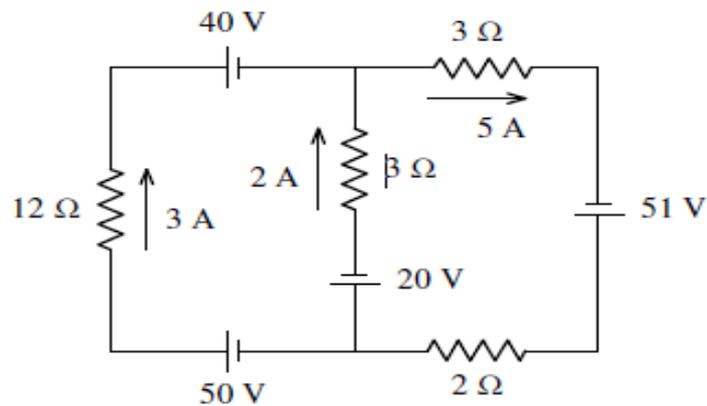
$$\text{Nº de equações de malhas} = \text{nº de malhas} - \text{nº de nodos.}$$

As demais equações serão equações de nós (primeira lei de Kirchhoff).

- Que se resolva o sistema de equações lineares do 1º grau pelo método de Cramer. Caso uma ou mais intensidades tenham resultados diferente do estabelecido, deve ser interpretado como consequência de uma orientação invertida no sentido, porém o valor obtido em módulo é o correcto.

Avaliação

Vimos nestes exercícios que a intensidade da corrente eléctrica I_3 possui valor com sinal negativo, invertido a orientação do sentido, pois o sinal não influencia no resultado; deve-se interpretar o valor obtido em módulo.



2.5. Equações diferenciais aplicadas em problemas de circuitos eléctricos

Os conhecimentos Matemáticos relacionados com as funções e integrais, de acordo com o Programa do Ensino Geral são abordados da Unidade - 6 INIDE (2017). Assim, a equação diferencial para encontrar a corrente eléctrica num circuito é dada por:

$$LI'' + RI' + \frac{I}{C} = E'(t)$$

.Onde: R é a resistência eléctrica, I é a intensidade da corrente eléctrica é $E'(t)$ é a tensão em função do tempo, (L) é a indutância e (C) é a capacitância, normalmente constantes ou os seus valores estarão apresentado no circuito.

Sendo assim, pode-se observarem que os problemas de circuitos eléctricos são, também, descritos por equações diferenciais lineares. Este circuito são do tipo RLC, composto por resistor, indutor e capacitor, conforme a baixo:

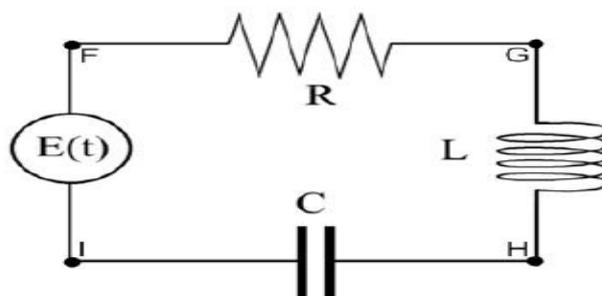


Figura 6: Circuito do tipo RCL

Tarefa Docente: 03

Título: Determine a intensidade eléctrica corrente do circuito, formado em série com uma fonte contínua de 20V, a resistência é de 100Ω e a indutância de 2H.

Objectivo: calcular o valor da corrente eléctrica num determinado tempo por intermédio da equação diferencial.

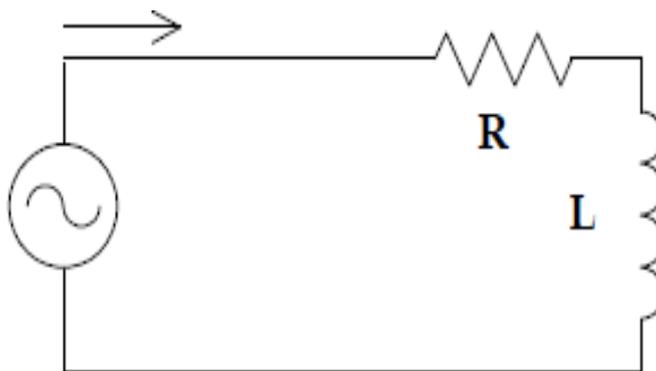


Figura 7: Circuito do tipo RCL (Exemplar)

Conteúdo Físico:

Tensão: $V=20V$,

Resistência: $R=100\ \Omega$

Indutância: $L=2H$

Ponto de ligação interdisciplinar com os conteúdos de Matemática:

A resolução deste circuito eléctrico com as leis de Kirchhoff, enquadra-se com o tema: funções e integrais, Unidade - 6 do conteúdo de aplicações aos cálculos de áreas, do Programa de Matemática do Ensino Geral, do curso de Ciências Físicas e Biológicas da 12ª Classe.

Recomendações metodológicas:

- Identificar o tipo de circuito:

Nota-se que este circuito apresenta uma única fonte, uma indutância e dois sentidos que possa circular a corrente eléctrica.

- **Definir a orientação da intensidade da corrente eléctrica;**

Neste caso, o sentido que escolhemos é convencional, de modo a facilitarem os cálculos e evitar que o valor final seja negativo.

- **Escrever as equações utilizando as leis de Kirchhoff, de modo a identificar a incógnita em questão:**

Pela 2ª Lei de Kirchhoff, pode-se afirmar que a igualdade a seguir é válida:

$$E(t) = V_R + V_L$$

Equação 12: Expressão matemática da 2ª Lei de Kirchhoff

Utilizando a relação da equação (11), podemos reescrever:

$$L I' + R I = E(t) \quad (11.1), \text{ ou ainda: } I' + \frac{R}{L} I = \frac{E(t)}{L} \quad (11.2)$$

Equação 13: Expressão matemática da Intensidade eléctrica

- **Resolver a equação por método de integração.**

A partir da equação diferencial linear de primeira ordem, podemos encontrar a solução desse tipo de equação faz-se uso do factor integrante:

$$\mu(t) = e^{\int 50 dt} = e^{50t} \quad t \geq 0$$

Equação 14: Diferencial por método de integração

Calculado o factor integrante, pode-se afirmar que a função da corrente é calculada da seguinte forma:

$$I(t) = \frac{1}{\mu(t)} \left[\int 10\mu(t) dt + C \right] \text{ ou ainda: } I(t) = e^{-50t} \left[\int 10e^{50t} dt + C \right]$$

A equação pode ser reescrita como:

$$I(t) = e^{-50t} \left[\int \frac{1}{5} e^{50t} dt + C \right].$$

Avaliação:

Assim sendo, a função que modela o comportamento da corrente no circuito em função do tempo é dada por: $I(t) = \frac{1}{5} + Ce^{-50t}$.

Para encontrar o valor da constante C, utiliza-se a condição inicial apresentada no problema, que diz que em $t=0$, a corrente é nula. Assim substituindo $t=0$ na equação acima obtém-se: $C = -\frac{1}{5}$

Deste modo, substituindo o valor de C em $I(t) = \frac{1}{5} + Ce^{-50t}$, a função que modela o comportamento da corrente no circuito em função do tempo é dada por:

$$I(t) = \frac{1}{5} (1 + Ce^{-50t}), \quad t \geq 0$$

Equação 15: Intensidade da corrente em função do tempo

Conclusão do Capítulo II

1. A interdisciplinaridade visa alterar o ensino de uma concepção fragmentada para uma concepção unitária, para isso precisa-se de uma escola participativa, que se torne espaço de reflexão, de trocas de conhecimentos entre as Ciências com base na clareza dos objectivos.

2. Os exemplos dos problemas resolvidos com base nas equações lineares e diferenciais constituem um contributo indispensável para a compreensão da resolução dos problemas de circuitos eléctricos aplicando as leis de Kirchhoff numa perspectiva interdisciplinar.

Conclusões Gerais e Recomendações

Conclusões gerais

1. Da análise feita aos inquéritos aplicados aos professores e alunos da 12^a Classe na Escola Magistério Comandante Liberdade, comprovou-se dificuldades nos procedimentos de resolução de circuitos eléctricos complexos aplicando as leis de Kirchhoff e a sua relação com o programa da disciplina de Matemática.
2. A estratégia metodológica que se propõe neste trabalho de investigação, pode contribuir para o desenvolvimento de habilidades cognitivas e intelectuais dos alunos, facilitando a compreensão dos conceitos físicos que envolvem a corrente eléctrica, a resolução de problemas usando as leis de Kirchhoff, e a sua relação com os conteúdos da Matemática.

Recomendações

1. Que os estimados professores e outros indivíduos interessados na área da Física, prossigam com a investigação desta temática para a melhoria do ensino da Física em Angola.

Bibliografia

- Afonso, F. (2011). *As leis de Kirchhoff*.
- Araújo, A., & Silva, T. (08 de 08 de 2018). Uma Abordagem Interdisciplinar Entre a Física, Matemática e Biologia. V CONEDU.
- Ausubel, D. (2011). *Teorias de aprendizagem*. Porto alegre: Evangraf.
- Biscuola, G., Bôas, N., & Doca, R. (2016). *Electricidade e Física Moderna* (3 ed., Vol. 3). SãoPaulo, Brasil: Saraiva.
- Calenga, L. (2019). *Estratégia metodológica baseada na actividade experimental para melhorar o Processo de Ensino-Aprendizagem da lei de Ohm para uma porção de circuito eléctrico, na 10ª classe*. Lubango.
- Cavalcanti. (2011). *Teorias de Aprendizagem*. Porto Alegre: Evangraf.
- Dante. (2014). Os Desafios da Escola Pública Paranaense. p. 12.
- Domingos, F. (2022). *Interdisciplinaridade no Processo de Ensino-Aprendizagem da Física da 7ª Classe*. Lubango.
- Feroi, A. &. (2016). Proposta de interdisciplinaridade entre Matemática e Física resultado na aprendizagem contextualizada. VII. São Salvador-Brasil.
- Feroni, R. C., Adreão, L., & Galvão, E. (2016). *Proposta de interdisciplinaridade entre Matemática e Física resultando na aprendizagem contextualizada*.
- Filoni, A. (2011). *As leis de kirchhoff*.
- Graça, C. (2012). *Electromagnetismo* (Vol. 3).
- Graeber. (2001). *Ensino da Física*.
- Grilo, E. (2000). *Processo de ensino da Física*.
- Guilhem, R., & Mário , S. (2012). *RESOLUÇÃO DE PROBLEMAS: uma ferramenta na aprendizagem da Matemática*. Brasil.
- INIDE. (2014). Programas de Física do II Ciclo. *2º Ciclo do Ensino Secundário*.
- Luz, A., & Álvares, B. (2006). *Física Ensino Médio* (1ª ed., Vol. 3). São Paulo, Brasil: scipione.

- Markus, O. (2004). *Circuitos elétricos (corrente contínua e corrente alternada)*. Érica Ltda.
- Marques, G. (2009/2010). *Sistemas Eléctricos e Electromecânicos*. Lisboa.
- Martins, J. (2002). *Aprendizagem Baseada em Problemas Aplicada a Ambiente Virtual de Aprendizagem*. Florianópolis.
- Matias, J. (2015). *Corrente contínua e eletromagnetismo*. Lisboa: Plátano.
- Meireles, V. (2007). *Circuitos eléctricos*. Lisboa-Porto: lidel.
- Monica, A. (30 de Jan/Mar de 2006). Interdisciplinaridade: da origem à atualidade. *Revista O Mundo da Saúde*, pp. 107-116.
- Moreira. (1999). *Aprendizagem significativa*.
- Moura. (2011). *circuitos complexos*.
- Ostermann, F., & Cavalcanti, C. (2011). *Teorias da Aprendizagem (1ª ed.)*. Rio Grande do Sul, Brasil: Evangraf.
- Piletti, C. (2004). *Didáctica Geral*. São Paulo-Brasil: Yangraf.
- Polya. (2006). *Os Desafios da Escola Pública Paranaense*.
- Prass. (2012). *teoria de aprendizagem do PEA da Física*.
- Resende, G., & Maria , J. (2010). *Circuitos electricos*.
- Rios. (2012). *o professor PDE e o desafios da escola pública de Paranaense. Brasil-Paraná*. Brasil.
- Rios, R. (2012). *O professor PDE e os defasios da escola pública paranaese*.
- Silva, A., & Thayze , M. (s.d.). Uma abordagem interdisciplinaridade entre a Física, Matemática e Biologia.
- Villate, J. (2011). *Electricidade e Magnetismo (2010 ed., Vol. 2)*. Porto, Brasil.
- Vygotsky, L. (2003). teoria de aprendizagem. pp. 117-118.
- Young, H., & Freedman, R. (2009). *Electromagnetismo (12ª ed., Vol. III)*. (A. S. Pace, Ed.) São Paulo, Brasil.

Anexos



Instituto Superior de Ciências de Educação da Huíla

Departamento de Ciências Exactas e natureza

Repartição de Ensino da Física

INQUÉRITO DIRIGIDO AOS ALUNOS

Prezado Aluno! O presente documento, traduz-se num instrumento de recolha de dados de Investigação para a Obtenção do Grau de Licenciatura em Ensino da Física, cujo o tema: **Interdisciplinaridade Entre a Física e a Matemática Na Resolução De Exercícios De Circuitos Eléctricos Complexos, Aplicando as Leis De Kirchhoff na 12ª Classe.**

Indicação para preenchimento do inquérito.

Assinale com “X” no quadro que melhor achares adequar-se ao seu ponto de vista.

Questão nº 1 – Já ouviu falar das leis de Kirchhoff?

Sim: Não: Talvez:

Questões nº 2 – A resolução de circuitos eléctricos complexos com aplicação das leis de Kirchhoff, têm constituído obstáculo para ti?

Sim: Não: Talvez:

Questão nº 3 – Os métodos utilizados pelos professores sido problemas nas resoluções de circuitos eléctricos aplicando as leis de Kirchhoff?

Sim: Não: Talvez:

Questão nº 4 – É necessária uma nova metodologia para melhorar a resolução de problemas relacionados aos circuitos eléctricos com a aplicação das leis de Kirchhoff?

Sim: Não: Talvez:

Obrigado pela atenção!



Instituto Superior de Ciências de Educação da Huíla
Departamento de Ciências Exactas e da natureza

INQUÉRITO DIRIGIDO AOS PROFESSORES

Prezado Professor! O presente documento, traduz-se num instrumento de recolha de dados de Investigação para a Obtenção do Grau de Licenciatura em Ensino da Física, cujo o tema: **Interdisciplinaridade Entre a Física e a Matemática Na Resolução De Exercícios De Circuitos Eléctricos Complexos, Aplicando as leis De Kirchhoff na 10ª Classe.**

Destinatário: _____.

Questão nº 1- O ensino e a compreensão das leis de Kirchhoff têm sido obstáculo para os alunos?

Sim: Não: Talvez:

Questão nº 2- se sim, quais têm sido as dificuldades dos alunos na compreensão

R: _____

Questão nº 3- Como se têm ultrapassados tais obstáculos?

R: _____

Questão nº 4- acha importante o ensino e a compreensão das leis de Kirchhoff para resolução de problemas em circuitos eléctricos complexos?

Sim: Não: Talvez:

Questão nº 5- A metodologia utilizada tem sido satisfatória para a compreensão e aplicação das leis de Kirchhoff na resolução de problemas sobre circuitos eléctricos complexos de corrente contínua?

Sim: Não: Talvez:

Questão nº 6- Considera que uma nova metodologia para ensino das leis de Kirchhoff, pode melhorar a resolução de problemas em circuitos eléctricos complexos de corrente contínua?

Sim: Não: Talvez:

Obrigado pela Atenção!