



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

**ELETROFIS: Um aplicativo didático em Eletrodinâmica para Ensino Médio**

**Reges Carvalho dos Santos**

**TERESINA**

**2019**

**Reges Carvalho dos Santos**

**ELETROFIS: Um aplicativo didático em Eletrodinâmica para Ensino Médio**

Dissertação apresentada à Coordenação do Curso de Mestrado Profissional em Ensino de Física - Polo 26, da Universidade Federal do Piauí como requisito parcial para obtenção do grau de Mestre em Ensino de Física.

Orientador: Prof. Dr. Célio Aécio Medeiros Borges

**TERESINA**

**2019**

## **ELETROFIS: Um aplicativo Didático em Eletrodinâmica para Ensino Médio**

Dissertação apresentada à Coordenação do Curso de Mestrado Profissional em Ensino de Física - Polo 26, da Universidade Federal do Piauí como requisito parcial para obtenção do grau de Mestre em Ensino de Física.

Orientador: Prof. Dr. Célio Aécio Medeiros Borges

Teresina, 31 de maio de 2019.

Banca Examinadora

---

Prof. Dr. Célio Aécio Medeiros Borges  
Orientador – DF/CCN/UFPI

---

Prof. Dr. Alexandre de Castro Maciel  
Examinador – DF/CCN/UFPI

---

Prof. Dr<sup>a</sup>. Janete Batista de Brito  
Examinador – UESPI Campus Teresina

FICHA CATALOGRÁFICA

Serviço de Processamento Técnico da Universidade Federal do Piauí  
Biblioteca Setorial de Ciências da Natureza - CCN

S231e Santos, Reges Carvalho dos..  
ELETROFÍS: um aplicativo didático em eletrodinâmica  
para ensino médio / Reges Carvalho dos Santos. – Teresina:  
2019.

119f.: il.

Dissertação (Mestrado Profissional) – Universidade  
Federal do Piauí, Centro de Ciências da Natureza, Pós-  
Graduação em Ensino de Física – MNPEF/UFPI, 2019.

Orientador: Prof. Dr. Célio Aécio Medeiros Borges.

1. Eletrodinâmica. 2. Física – Estudo e Ensino. 3. Didática  
– Aplicativo - Eletrofís. I. Título.

CDD 531

Bibliotecária: Caryne Maria da Silva Gomes CRB3 - 1461

Dedico este trabalho, primeiramente a Deus por sentir sua presença em todos os momentos da minha vida, me dando forças e motivos para continuar lutando. Em segundo lugar, ao meu pai, que apesar de não entender o que seja o mestrado, mas entende que significa muito pra mim.

A mente que se abre a uma nova ideia jamais  
voltará ao seu tamanho original.

Albert Einstein

## **AGRADECIMENTOS**

Primeiramente a Deus pelo dom da vida e pela graça de mais uma conquista;

Ao meu pai, pela paciência e tranquilidade com que nos ensina todos os dias e que, apesar das limitações educacionais e formais, compreende a importância de mais essa conquista;

A minha mãe (in memoriam) que sempre está nos meus pensamentos e se estivesse presente fisicamente estaria muito feliz;

À direção do CETI Candido Borges Castelo Branco em organizar os horários para que eu pudesse assistir às aulas na sexta e sábado na UFPI e permitir a aplicação deste trabalho;

Aos alunos da 3<sup>o</sup> série do CETI Candido Borges Castelo Branco, pela participação nos estudos desse trabalho;

Aos professores, pelos ensinamentos e todos que contribuíram diretamente para finalização de mais essa etapa;

Aos amigos e a todos que, de alguma forma, contribuíram para minha formação;

Ao meu orientador, Prof. Dr. Célio Aécio Medeiros Borges, pela paciência e orientações necessárias para eu conseguir esse título de Mestre, meu muito obrigado;

À UFPI por me proporcionar duas graduações e um mestrado;

À CAPES, SBF e MNPEF por essa oportunidade de cursar mestrado no ensino de Física;

## RESUMO

### **ELETROFIS: Um aplicativo didático em Eletrodinâmica para Ensino Médio**

Reges Carvalho dos Santos

Orientador:

Célio Aécio Medeiros Borges

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

Neste trabalho foi construído e utilizado um aplicativo desenvolvido para sistema Android como ferramenta didática com objetivo de facilitar o processo ensino e aprendizagem de eletrodinâmica no ensino médio, denominado **Eletrofis**. Teve como propósito responder à questão “É possível que a utilização do aplicativo Eletrofis como ferramenta didática para o ensino e aprendizagem da eletrodinâmica melhore a qualidade do processo?” Para isso, recorreremos aos estudos sobre a teoria sócio-histórico-cultural de Lev Semenovitch Vygotsky. Este aplicativo foi o produto educacional do Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física (MNPEF) da Universidade Federal do Piauí (UFPI). Essa pesquisa foi aplicada no Centro Estadual de Tempo Integral CETI Candido Borges Castelo Branco no município de Campo Maior-PI, para alunos da 3<sup>o</sup> série do Ensino médio, no qual os alunos foram divididos em grupos de três, e participaram de um pré-teste, utilização do aplicativo, um pós-teste e uma avaliação do aplicativo. Este trabalho teve uma abordagem qualitativa e quantitativa que juntas forneceram resultados de todo processo. Portanto, verificou-se que houve melhora expressiva no processo ensino e aprendizagem mediada por esse recurso, no qual obtivemos um aumento da quantidade de alunos com notas superiores em relação ao primeiro teste, elevando a média de 5,0 para 8,4.

**Palavras-chave:** Eletrodinâmica. Aplicativo. Eletrofis. Ensino. Física. Ensino Médio.

## **ABSTRACT**

### **ELETROFIS: Um aplicativo didático em Eletrodinâmica para Ensino Médio**

Reges Carvalho dos Santos

Orientador:

Célio Aécio Medeiros Borges

Master`s thesis submitted to the Graduate Programo of the Federal University of Piauí in the National Master Course in Professional Physical Education (MNPEF) as part of the requirements for obtaining the Master`s degree in Physics Teaching.

In this work we construct and use a mobile app developed for Android systems as a didactic tool to facilitate the teaching and learning process of electrodynamics in high school, called Eletrofis. Its purpose was to answer the question "Is it possible that the use of the Eletrofis mobile app as a didactic tool for teaching and learning electrodynamics improves the quality of the process?" For this reason, we turn to studies on the social-historical-cultural theory of Lev Semenovich Vygotsky. This mobile app was the educational product of the Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física (MNPEF) of the Universidade Federal do Piauí (UFPI). This research was applied in a Centro Estadual de Tempo Integral CETI Candido Borges Castelo Branco Branco in Campo Maior-PI, for students in the 3rd grade of High School, in which students were divided into groups of three, and participated in a pre- testing, mobile app usage, a post-test, and a mobile app evaluation. This research had a qualitative and quantitative approach that together provided results of the whole process. Therefore, it was verified that there was expressive improvement of the teaching-learning process mediated by this resource, in which we obtained an increase in the number of students with higher grades in relation to the first test, elevating on average from 5.0 to 8.4.

**Keywords:** Electrodynamics. Mobile App. Eletrofis. Teaching. Physics. High school.

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Corrente elétrica.....	22
Figura 2: Experimento de Oersted .....	23
Figura 3: direção e o sentido do campo magnético. ....	24
Figura 4: Campo magnético no ponto devido a carga em movimento.....	24
Figura 5: Um segmento de Fio reto .....	27
Figura 6: Eletrólise .....	30
Figura 7: corrente elétrica alternada de um gerador .....	32
Figura 8: corrente elétrica contínua .....	34
Figura 9: Bateria ligada a um dispositivo elétrico. ....	34
Figura 10: Circuitos elétricos .....	36
Figura 11: Lei de Ohm.....	37
Figura 12: segunda lei de Ohm .....	38
Figura 13- Associação em série .....	39
Figura 14: associação em paralelo.....	40
Figura 15: associação mista.....	42
Figura 16: circuito elétrico .....	42
Figura 17: Tela de abertura do aplicativo Eletrofis. ....	54
Figura 18: Tela de uma Seção Teoria. ....	55
Figura 19. Tela da seção “Quer saber mais? ” .....	55
Figura 20: Tela da Seção Exercícios.....	56
Figura 21: Tela Simulação.....	56
Figura 22: Resultado comparativo do desempenho dos grupos antes (a) e após (b) a aplicação do produto educacional.....	59
Figura 23: Resultado comparativo por grupo antes e depois da aplicação do produto educacional. ....	60

## SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO.....	13
2	FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA .....	17
	2.1 Teoria da Aprendizagem .....	17
	2.2 Teoria Sócio-histórica-cultural da aprendizagem .....	18
	2.3 A mediação .....	20
	2.4 Aprendizagem e desenvolvimento.....	21
3	ELETRODINÂMICA .....	22
	3.1 Corrente elétrica.....	22
	3.2 Efeito magnético da corrente elétrica em um fio condutor.....	23
	3.3 Efeito térmico da Corrente Elétrica em um condutor (Efeito Joule).....	28
	3.4 Efeitos químico da Corrente Elétrica (Eletrolise) .....	29
	3.5 Circuitos de corrente elétrica alternada.....	32
	3.6 Circuitos de corrente elétrica contínua .....	33
	3.7 Resistência Elétrica .....	37
	3.8 Associação de Resistores .....	39
	3.8.1 Associação em série .....	39
	3.8.2 Associação em paralelo .....	40
	3.8.3 Associação mista.....	41
	3.9 Potência Elétrica .....	42
	3.10 Energia Elétrica .....	44
4	APLICATIVOS ANDROID DESTINADOS AO APRENDIZADO DE FÍSICA .....	46
5	METODOLOGIA .....	48
	5.1 Local da pesquisa.....	49
	5.2 Eletrofís na promoção no ensino aprendizagem no Ensino Médio.....	51
	5.3 Instrumentos utilizados.....	52
	5.4 Descrição dos procedimentos .....	52
	5.5 Aplicação do pré-teste.....	53
	5.6 Aplicação do produto educacional.....	54
	5.6 Aplicação do pós-teste .....	57
	5.7 Avaliação do produto educacional como recurso didático.....	57
6	RESULTADOS .....	59
7	CONCLUSÕES.....	62
	REFERÊNCIAS.....	63

Apende A: Produto Educacional.....	67
Apêndice B: Termo de consentimento.....	109
Apêndice C: Questionário aplicado como pré-teste. ....	110
Apêndice D: Questionário aplicado como pós-teste.....	112
Apêndice E: Questionário avaliativo do produto educacional Eletrofis como ferramenta didática.....	114
Apêndice F: Pré-teste respondido pelo grupo 7 .....	115
Apêndice G: Pós-teste respondido pelo grupo 7 .....	117
Apêndice H: Questionário avaliativo do produto educacional respondido.....	119

## 1 INTRODUÇÃO

A Física, compreendida como "uma das disciplinas que fazem parte das chamadas ciências da natureza, tem como objetivo o estudo do mundo em seus fenômenos, da matéria e da energia" (POZO; CRESPO, 2009, p. 189). Seu conteúdo é inicialmente ministrado a partir do 9º ano do Ensino Fundamental através da disciplina Ciências Naturais e, posteriormente, no Ensino Médio.

Muito embora o conteúdo de Física tenha sua relevância incontestável, enquanto professor de Física do ensino médio, tenho observado ao longo da última década que a maioria dos alunos não apresenta habilidades mínimas esperadas. Segundo Cavalcante (2010), a falta de conhecimentos básicos em leitura, interpretação de textos e dificuldades com a matemática básica, são fatores que prejudicam a aprendizagem do estudante logo no primeiro contato com a Física no ensino médio. Isto acarreta diversas problemas, pois essa disciplina exige conhecimentos adquiridos ao longo do ensino fundamental.

Por outro lado, enquanto professor de Física do ensino médio, observa-se que a maioria dos alunos quando se depara com a referida disciplina não apresenta as habilidades mínimas esperadas pois, segundo Cavalcante (2010), a falta de conhecimentos básicos em leitura e interpretação de textos e dificuldades com a matemática básica, são fatores que prejudicam a aprendizagem do estudante logo no primeiro contato com a Física no ensino médio. Tudo isto, têm impactado em inúmeras dificuldades, pois essa disciplina exige diversos conhecimentos adquiridos ao longo do ensino fundamental.

Dessa forma, há necessidade da apropriação de conhecimentos, desenvolver novas ferramentas e, principalmente, maior empenho dos profissionais que atuam neste campo de saber. Para tanto, se faz necessário um investimento profissional no sentido de buscar novas estratégias metodológicas para facilitar o processo ensino e aprendizagem.

Sobre essa problemática, os PCN+ Ensino Médio, na área da Física – Orientações Educacionais Complementares aos Parâmetros Curriculares Nacionais (BRASIL, 2000, p. 2), diz que:

A Física deve apresentar-se, portanto, como um conjunto de competências específicas que permitam perceber e lidar com fenômenos naturais e tecnológicos, presentes tanto no cotidiano mais imediato quanto na compreensão do universo distante a partir de princípios, leis e modelos por ela construídos. Isso implica, também, na introdução à linguagem própria da Física, que faz uso de conceitos e terminologia bem definidos, além de suas formas de expressão, que envolvem, muitas vezes, tabelas, gráficos ou relações matemáticas. Ao mesmo tempo, a Física deve vir a ser reconhecida como um processo cuja construção ocorreu ao longo da história da humanidade, impregnado de contribuições culturais, econômicas e sociais, que vem resultando no desenvolvimento de diferentes tecnologias e, por sua vez, por elas impulsionado.

Nessa perspectiva, fica evidenciado que os conteúdos de Física não devem ser trabalhados de forma isolada, estanques e, sim, relacionando-os com os demais campos de saber, ou seja, de forma interdisciplinar. Nesse entendimento, o processo ensino e aprendizagem dessa disciplina terá melhor resultado quando os alunos atribuírem sentidos aos conteúdos e se sentirem motivados.

Para tanto, o ensino de Física deve apresentar-se como sendo um conjunto de competências a serem alcançadas, tais como, representação e comunicação; investigação e compreensão e contextualização sociocultural, que visem aprimorar tal ensino, ou melhor, torná-lo cada vez mais significativo para os discentes (BRASIL, 2000).

No entanto, não se pode garantir que essas competências sejam construídas no decorrer do ensino médio sem um caráter investigativo, onde os alunos questionem, problematizem os fenômenos presentes no seu cotidiano. Queremos dizer com isto que não apenas trabalhar de forma pragmática, imediata, mas, também ensinando os conteúdos da Física numa perspectiva em que esses alunos sejam estimulados às perguntas, sem o professor dar respostas a situações idealizadas (BRASIL, 2000). Para tanto, estas competências devem ser levadas em consideração de modo que o uso e a inserção das novas tecnologias como ferramentas mediadoras propiciem nesse processo ensino e aprendizagem em sala de aula mais eficazes.

Entendemos que a tecnologia faz parte do contexto atual contemporâneo, e a presença de dispositivos móveis (aplicativos) nas escolas é indiscutível, principalmente por parte dos alunos que geralmente utilizam estes dispositivos em espaços não escolares para acesso a redes sociais, sem a relação com as disciplinas que são ministradas.

Dessa forma, os professores se apropriando das novas tecnologias, provavelmente tornariam as aulas mais dinâmicas, contribuindo de forma positiva na relação professor e aluno. De acordo com os estudos de Chiofi e Oliveira (2014), é importante entender que o uso de tecnologias educacionais está relacionado com a qualidade do ensino, desde que as mesmas sejam utilizadas de forma planejada e com concepções filosóficas e educacionais. E assim, permitindo uma aplicabilidade pedagógica inovadora, fazendo a diferença nos resultados, além de fortalecer a democratização do acesso e apropriação do conhecimento e do ensino de qualidade. Como reforça Luíse (2013), na sala de aula, aplicativos para celulares, *tablets* e computadores são boas ferramentas pedagógicas e ajudam a desenvolver a autonomia dos alunos, afirmam especialistas em educação.

O ensino de Física vem ganhando cada vez mais espaço dentro do contexto tecnológico e o uso de *smartphone* e *tablets* é muito comum dentro das escolas. A partir desse entendimento e com o propósito de favorecer o processo ensino e aprendizagem desenvolvemos um aplicativo para sistema Android que trata especificamente do conteúdo de eletrodinâmica para o ensino médio apresentado de forma lúdica, dinâmica e resgata situações do cotidiano. Os conteúdos abordam a definição de corrente elétrica, intensidade da corrente elétrica, associação de resistores elétricos, potência elétrica, entre outros.

Este trabalho teve como produto educacional o aplicativo para sistema Android referido acima, chamado **Eletrofis**, que tem como principais características animações com simulação, curiosidades e listas de exercícios apresentadas de forma dinâmica, sempre buscando relacionar esses conteúdos com o cotidiano dos alunos, facilitando assim a abstração e as resoluções de problemas propostos.

Esta pesquisa se caracteriza por uma abordagem de natureza qualitativa e quantitativa, uma vez que ambas se complementam dentro desse trabalho. A natureza

da pesquisa é aplicada uma vez que teve aplicação do produto educacional. O trabalho teve cunho explicativo com a finalidade de esclarecer os conteúdos da eletrodinâmica e os procedimentos bibliográficos necessários para o levantamento de estudos de outros autores sobre o tema.

Diante do exposto, levantamos a questão norteadora deste estudo. É possível que a utilização do aplicativo **Eletrofis** como ferramenta didática para o ensino e aprendizagem da eletrodinâmica melhore a qualidade do processo? Para isso, recorreremos aos estudos de Lev Semenovich Vygotsky.

Assim, este trabalho teve como objetivo geral desenvolver um aplicativo para sistema *Android* como recurso didático para facilitar o processo ensino e aprendizagem da eletrodinâmica. Para isso, tivemos quatro objetivos específicos: 1) conhecer o nível de entendimento dos alunos acerca dos conteúdos da eletrodinâmica; 2) aplicar em sala de aula o aplicativo envolvendo os conteúdos da eletrodinâmica; 3) verificar se houve ou não a aprendizagem mediante o uso do aplicativo; 4) avaliar o aplicativo enquanto ferramenta didática.

A dissertação foi estruturada em sete seções. Na primeira seção, a Introdução apresenta o tema, objeto de estudo, justificativa, problema de pesquisa, objetivos e outros elementos. A segunda seção, trata do referencial teórico, recorrendo as contribuições da teoria da aprendizagem sócio-histórico-cultural de Vygotsky. A terceira seção, trata dos conteúdos da eletrodinâmica. A quarta seção, trata da contribuição dos aplicativos para *Android* no ensino de Física. Na quinta seção, descrevemos e explicamos a metodologia empregada nesta pesquisa, com destaque à caracterização da pesquisa, campo empírico/ambiente de pesquisa, sujeitos da pesquisa, instrumentos de produção de dados e o processo de análise de dados. Na sexta seção, apresenta a análise dos resultados de acordo com aplicação do produto educacional. Na sétima e última seção, as considerações finais desta pesquisa.

## 2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

### 2.1 Teoria da Aprendizagem

Vygotsky<sup>1</sup> dedicou-se principalmente ao estudo das funções psicológicas superiores ou processos mentais, no qual o ser humano tem a capacidade de imaginar eventos, objetos ausentes, planejar ações para momentos posteriores entre outros. Isso é possível pela interação com meio cultural e com ajuda de instrumentos que é um elemento interposto entre o trabalhador e o seu trabalho, e signos que são elementos necessários para o controle comportamental do próprio indivíduo com o meio. Esta etapa está relacionada ao entendimento de mediação, em que a utilização de instrumentos e signos tipifica a essência arquitetada da consciência do indivíduo, que para Vygotsky, o desenvolvimento humano é definido pela interiorização dos instrumentos e signos (Bessa, 2008).

Os processos elementares (como os reflexos) são de origem biológica e constituem a "pré-história" das funções superiores e conscientes (pensamento, linguagem, formação de conceitos, atenção voluntária) que são de origem sociocultural. Através da interação social é que os processos psicológicos superiores são desenvolvidos. Dessa forma o modelo de Piaget é diferente do modelo de Vygotsky, para Piaget a sociedade e a cultura não tem um papel na relação direta com as estruturas endógenas, mas tem como função a formação do indivíduo, já Vygotsky apresenta um modelo de arquitetura variável, na ontogênese, ou seja, o desenvolvimento do indivíduo está ligado a interação com meio cultural (Carrara, et al., 2004).

O conceito de *zona de desenvolvimento proximal* é que apresenta maior repercussão, pois, trata-se do que o indivíduo já sabe e o que ele pode fazer

---

1 **Lev Semenovich Vygotsky** foi um psicólogo bielorrusso, nasceu em 5 de novembro 1896, em Orcha, na Bielorrússia, mas, foi em Gomel que viveu desde o seu nascimento até mudar-se com a família para Moscou. Descoberto nos meios acadêmicos ocidentais depois da sua morte, aos 38 anos. Pensador importante foi pioneiro na noção de que o desenvolvimento intelectual das crianças ocorre em função das interações sociais e condições de vida (KOHL, 2010).

interagindo com outros, tudo dentro de nivelamento de conhecimento e assim ocorrendo aprendizagem que impulsionara o desenvolvimento. Por exemplo, o que aluno consegue realizar sozinho e que ele consegue fazer com a interação com o professor e com os demais colegas (Kohl, 2010).

Por isso, para Vygotsky, o bom ensino é aquele que garante aprendizagem e impulsiona o desenvolvimento. Ele não se dirige para um novo estágio do processo de desenvolvimento, mas, ao invés disso, vai a reboque desse processo. Assim, a noção de zona de desenvolvimento proximal capacita-nos a propor uma nova fórmula, a de que o "bom aprendizado" é somente aquele que se adianta ao desenvolvimento (OSTERMANN e CAVALCANTI, 2011).

Nesta perspectiva a escola tem um papel importante como motor do desenvolvimento onde Vygotski afirma:

[...] o aprendizado adequadamente organizado resulta em desenvolvimento mental e põe em movimento vários processos que, de outra forma, seriam impossíveis de acontecer. Assim, o aprendizado é um aspecto necessário e universal do processo de desenvolvimento das funções psicológicas culturalmente organizadas e especificamente humanas (VYGOTSKI, 1998, p. 118).

É destacada, portanto, a figura professor como essencial do saber, por representar um elo intermediário entre o aluno e o conhecimento disponível no ambiente. O professor utiliza os elementos mediadores para aprendizagem e impulsiona o desenvolvimento mental dos alunos, através de sistema de signos, linguagem, diagramas entre outros. Nesse caso, o papel da educação na perspectiva vygotskyana é o desenvolvimento da consciência humana construída culturalmente (OSTERMANN e CAVALCANTI, 2011).

## **2.2 Teoria Sócio-histórica-cultural da aprendizagem**

Diferentemente dos outros animais, que já trazem ao nascer habilidades específicas que se desenvolvem na fase adulta, o homem precisa aprender para se desenvolver. Em outras palavras podemos dizer, que aquilo que o animal aprende não passa para gerações futuras de sua espécie, diferentemente do homem que desde o princípio da história humana não parou de se desenvolver (Bessa, 2008).

Dessa forma, a teoria histórico-cultural mostra que o processo de desenvolvimento é o resultado do processo de aprendizagem, ou seja, a medida que o homem aprende mais, este transmite esse conhecimento para outros, e assim garantindo o desenvolvimento histórico para gerações seguintes. Esse processo de apropriação é sempre um processo de educação (Kohl, 2010).

Essa compreensão do desenvolvimento do homem é assumida por essa abordagem histórico-cultural, no qual surge a partir de condições adequadas de vida e de educação. Podemos citar como exemplo, as crianças que começam a se desenvolver mais intensamente, desde os primeiros anos de vida, através de diversas atividades práticas, intelectuais, artísticas, iniciando a formação de ideia, atitudes, hábitos morais, sentimentos, e o desenvolvimento na educação escolar (Carrara , et al., 2004), (Kohl, 2010).

Vygotsky, em sua abordagem sócio interacionista mostra que o homem se desenvolve como indivíduo a partir da sua relação com o meio físico e social. Dessa forma, os indivíduos humanos se desenvolvem ao longo do processo de interiorização de formas culturais e comportamentais do meio em que vive, originando suas características humanas que não estavam presentes ao nascer, mais que foram adquiridas no decorrer da interação social e cultural (Kohl, 2010).

Conforme Vygotsky, as funções psíquicas humanas, como a memória, o pensamento, a linguagem oral, a escrita, o cálculo, antes de serem internalizadas precisam ser vivenciadas nas relações com outros indivíduos, pois, essas funções não se desenvolvem espontaneamente. Ou seja, essa apropriação resulta de processos externos de outros indivíduos, como por exemplo, a ação do educador que é importante no processo educativo (Bessa, 2008) (Kohl, 2010).

Portanto, o progresso das funções psíquicas deve ser buscado nas relações sociais entre o indivíduo e o meio. E todo processo de desenvolvimento humano, se dar através da inserção de determinado grupo cultural. Desse modo, o indivíduo realiza uma ação externa que deve ser interpretada por outras pessoas ao seu redor, e de acordo com a reação dessas pessoas, que o indivíduo vai começar atribuir significados a suas ações e assim desenvolver seus processos psicológicos internos, no qual poderá ser interpretado por ele mesmo, ou pelo grupo, e assim passada a diante (Carrara , et al., 2004).

### 2.3 A mediação

Vygotsky dedicou-se mais aos estudos daquilo que chamamos funções psicológicas ou processo mentais superiores, onde interessou-se em compreender os mecanismos psicológicos mais complexos do ser humano, como o comportamento e ação intencional. Em outras palavras, apesar do suporte biológico, as funções psicológicas humanas firmam-se nas relações sociais entre o indivíduo e o mundo (Carrara , et al., 2004).

Outro ponto importante dentro das concepções vygotkianas sobre o funcionamento psicológico é o conceito de *mediação*, que é um elemento intermediário numa relação. Assim, a relação deixa de ser direta e passa a ser *mediada* por um sistema simbólico, que são elementos auxiliares, na atividade humana. Então, a relação do homem com seu meio se torna mais complexa quando mediadas por esses elementos. Vygotsky distinguiu dois tipos de elementos mediadores: os *instrumentos* e os *signos* (Carrara , et al., 2004).

O instrumento é um elemento interposto entre o trabalhador e o objeto de seu trabalho, capaz de alterar o meio em que vivem. As transformações da natureza e a formação da sociedade são frutos do trabalho individual e coletivo do homem. A utilização desses instrumentos como mediador da relação entre o indivíduo e o mundo é uma especificidade do homem, visto que os animais utilizam instrumentos de forma rudimentar e os mesmos não produzem esses elementos com objetivo específico e nem guardam para o uso futuro. Em outras palavras, a relação do homem com o meio, mediada por esses instrumentos é o que chamamos processo histórico-cultural (Carrara , et al., 2004).

O signo também chamado por Vygotsky de *instrumentos psicológicos* são orientados para dentro do próprio sujeito, ou seja, está voltado para o controle das ações psicológicas. O signo auxilia em diversas situações que exige memória ou atenção. Podemos citar como exemplo, fazer uma lista de compras por escrito, utilizar mapas para encontrar um determinado local, entre outros. Dessa forma desse modo, essa mediação possibilitou um comportamento e ação motora mais controlada, e as ações psicológicas mais sofisticadas, menos impulsiva. E com passar do tempo, os

indivíduos deixam de necessitar de meios externos (signos) e começam a internalizar situações e conhecimentos (Carrara , et al., 2004).

## 2.4 Aprendizagem e desenvolvimento

A compreensão de ser humano e de como ele reproduz para si as qualidades humanas está diretamente relacionada com os processos de desenvolvimento, e constitui o aspecto tanto na organização cultural quanto na organização das funções psicológicas. Os processos da aprendizagem recebem interferência do meio em que vive. Essa aprendizagem pode ser definida como sendo o despertar do interior do sujeito que não seria possível ocorrer, sem a interação com o ambiente cultural (Kohl, 2010).

Para Vygotsky esse ambiente cultural é de fundamental importância para o desenvolvimento, uma vez que criam aptidões e capacidades que não existem no indivíduo no nascimento e que são agregadas com essa interação. Isso nos permite dizer que o indivíduo aprende e impulsiona o desenvolvimento criando novas perspectivas. Temos como exemplo, uma criança sem o contato com a cultura, com os adultos, com crianças mais velhas não possível a mesma aprender, e dessa forma não ocorrera as aptidões humanas, ou seja, o desenvolvimento (Kohl, 2010).

Por isso, para Vygotsky, o bom ensino é aquele que garante aprendizagem e impulsiona o desenvolvimento, sendo possível quando conhecemos as especificidades de uma criança por exemplo, e a colocamos em um meio que possa agregar uma aprendizagem induzindo ao desenvolvimento, ou seja, o caminho que o indivíduo deve percorrer para desenvolver funções que estão inatas. Esse processo de amadurecimento tornará funções consolidadas de acordo com o nível de interação com o meio, é o que chamamos de zona de desenvolvimento proximal (Kohl, 2010).

Portanto, as contribuições da teoria Sócio-histórica-cultural da aprendizagem de Vygotsky foram de suma importância para o processo de aplicação e de avaliação do produto educacional **Eletrofis**, uma vez que a interação dos alunos contribuiu fortemente para compreensão dos conteúdos de eletrodinâmica abordados no aplicativo.

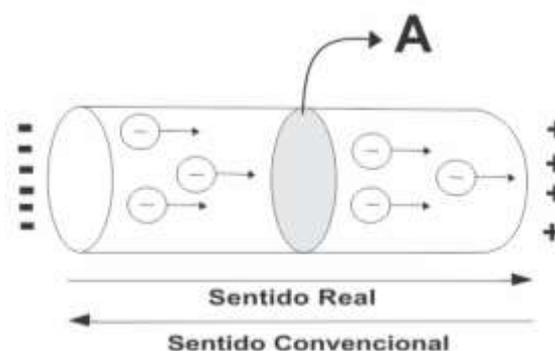
### 3 ELETRODINÂMICA

#### 3.1 Corrente elétrica

A eletrodinâmica é a parte da eletricidade que estuda o comportamento das *cargas elétricas* em movimento. Em um material condutor, há portadores livres de carga que, devido a agitação térmica, se movem desordenadamente sem uma direção preferencial. Um movimento ordenado destes portadores de carga torna-se possível quando se aplica uma diferença de potencial através deste material condutor, como por exemplo cobre. A este fluxo ordenado de portadores de cargas elétricas dá-se o nome de *corrente elétrica* (Halliday, Resnick, & Krane, Física 3, 2006).

A Figura 1 ilustra um fio condutor de seção transversal de área  $A$  submetido a uma diferença de potencial elétrico, produzindo um movimento ordenado de portadores de carga.

Figura 1: Corrente elétrica



Fonte: Autor, 2019.

Quando  $n$  portadores de carga atravessa a seção transversal de área  $A$  do fio condutor em um dado intervalo de tempo, a *intensidade da corrente elétrica* é definida como esta quantidade total ( $q=n.e$ ) que atravessou a seção por unidade de tempo  $t$ , *i.e.*,

$$i = \frac{dq}{dt} \quad (1)$$

Considerando coulomb (C) e segundo (s) as correspondentes unidades de medida de carga elétrica e de tempo no SI, a unidade de medida de corrente elétrica

é expressa por C/s, nomeadamente, ampère (A). De modo que,  $1\text{C/s} = 1\text{A}$  (Nussenzveig, 1997).

O sentido convencional da corrente elétrica é tal que se opõe ao sentido real dos portadores de carga, como também é ilustrado na Figura 1.

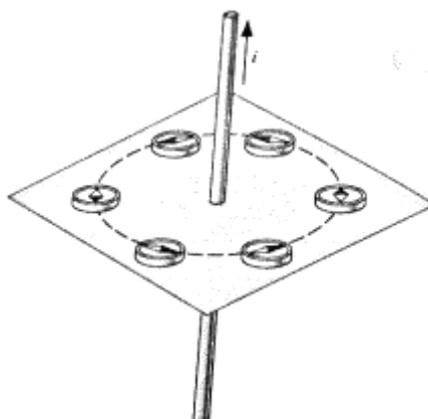
A quantidade total de cargas elétricas  $q$  que atravessa a seção transversal do condutor durante um intervalo de tempo ( $dt$ ) é obtida por integração direta da eq. (1),

$$q = \int dq = \int_0^t i dt \quad (2)$$

### 3.2 Efeito magnético da corrente elétrica em um fio condutor

O primeiro registro de evidências do efeito de uma corrente elétrica em um fio condutor foi registrado por *Hans Christian Oersted* (1820). Ele observou que quando uma bússola é colocada próxima de fio reto conduzindo uma corrente elétrica, a agulha da bússola alinhava-se de modo a ficar tangente a um círculo desenhado em torno do fio (Figura 2). Essa descoberta de *Oersted* forneceu a primeira evidência do efeito magnético de uma corrente elétrica (Halliday, Resnick, & Krane, Física 3, 2006).

Figura 2: Experimento de Oersted



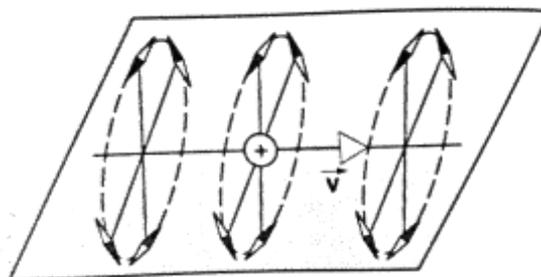
Fonte: HALLIDAY; RESNICK; CRAMER, 2006.

Apesar do campo magnético de uma única carga ser extremamente pequeno, conceitualmente é mais fácil iniciar o estudo das fontes do campo magnético com uma discussão sobre como uma única carga em movimento produz um campo magnético.

Dessa forma, conduz-se um “experimento mental” no qual projeta-se uma única carga  $q$  com velocidade  $\vec{v}$  e detecta-se o campo com uma agulha magnética suspensa que é livre para girar em qualquer direção.

A Figura 3 mostra os resultados deste experimento. A carga em movimento estabelece um campo magnético  $\vec{B}$  e a agulha indica a direção e o sentido do campo em qualquer posição (Halliday, Resnick, & Krane, Física 3, 2006).

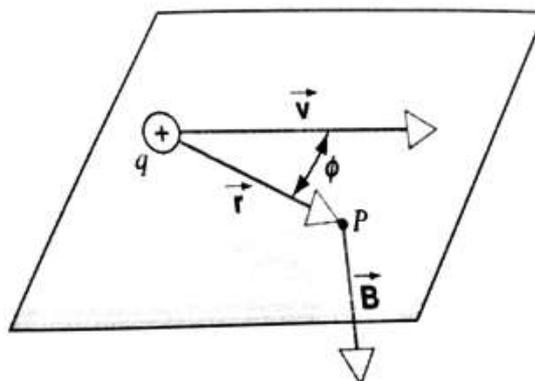
Figura 3: direção e o sentido do campo magnético.



Fonte: HALLIDAY; RESNICK; CRAMER, 2006.

Para definir o campo magnético  $\vec{B}$  em um ponto arbitrário  $P$ , deve-se observar se  $\vec{B}$  é perpendicular ao plano determinado por  $\vec{v}$  e  $\vec{r}$  (vetor que posiciona  $P$  em relação a  $q$ ), conforme ilustra Figura 4

Figura 4: Campo magnético no ponto devido a carga em movimento



Fonte: HALLIDAY; RESNICK; CRAMER, 2006.

Verifica-se que a intensidade de  $\vec{B}$  obedece relações de proporcionalidade tais que  $\vec{B} \propto \frac{q \cdot \vec{v}}{r^2}$ , bem como  $B \propto \sin \phi$  e que varia com o inverso do quadrado da distância  $r$ , i.e.,  $B \propto 1/r^2$ . Dessa forma, temos

$$B\alpha \frac{qv \text{sen}\phi}{r^2} \quad (3)$$

A direção de  $\vec{B}$  em relação a  $\vec{v}$  e  $\vec{r}$  remete ao produto vetorial. Assim, pode-se escrever a eq.(3) na forma vetorial como

$$\vec{B} = K \frac{q\vec{v} \times \vec{r}}{r^2} \quad (4)$$

Onde K é uma constante de proporcionalidade a ser determinada. Aqui  $\hat{r}$  é um vetor unitário na direção de  $\vec{r}$ . Uma vez que  $\hat{r} = \vec{r}/r$ , pode-se escrever a eq.(4) como

$$\vec{B} = K \frac{q\vec{v} \times \vec{r}}{r^3} \quad (5)$$

mesmo que exista um fator  $r^3$  no denominar, o campo varia  $1/r^2$ , porque também existe um fator  $r$  no numerador. A constante de proporcionalidade é definida nas unidades do SI para ter o valor exato de  $10^{-7}$  tesla.metro/ampère (T.m/A). Entretanto, assim como no caso de eletrostática, é conveniente escrever-se a constante de uma forma diferente:

$$K = \frac{\mu_0}{4\pi} = 10^{-7} T \cdot \frac{m}{A}$$

A constante  $\mu_0$  tem sido historicamente conhecida como a constante de permeabilidade, e nesse contexto será denominada constante magnética. Agora pode-se escrever a expressão completa para o campo magnético devido a uma carga em movimento

$$\vec{B} = \frac{\mu_0}{4\pi} \frac{q\vec{v} \times \hat{r}}{r^2} = \frac{\mu_0}{4\pi} \frac{q\vec{v} \times \vec{r}}{r^3} \quad (6)$$

Pode-se escrever a intensidade de  $\vec{B}$  como

$$\vec{B} = \frac{\mu_0}{4\pi} \frac{q v \text{sen}\phi}{r^2} \quad (7)$$

onde  $\phi$  é o ângulo entre  $\vec{v}$  e  $\vec{r}$ .

Sabendo que a força exercida sobre uma carga individual em movimento é  $\vec{F}_B = q\vec{v} \times \vec{B}$ , e a força magnética exercida sobre um elemento de corrente,  $d\vec{F}_B = i d\vec{L} \times \vec{B}$ , nessa equação  $d\vec{L}$  é um vetor cujo comprimento é igual ao comprimento do elemento de fio e cuja direção e sentido são iguais à direção e sentido naquele elemento.

Podemos modificar a eq.(7) buscando a contribuição de  $d\vec{B}$  para o campo magnético devido a um elemento de corrente, o qual pode ser representado por um elemento de carga  $dq$  se movendo com velocidade  $\vec{v}$

$$d\vec{B} = \frac{\mu_0}{4\pi} \frac{dq\vec{v}x\hat{r}}{r^2} \quad (8)$$

Podemos escrever a velocidade com  $\vec{v} = d\vec{S}/dt$ , de modo que a carga  $dq$  se move através do deslocamento  $d\vec{S}$  durante o intervalo de tem  $dt$ . Agora, temos

$$dq\vec{v} = dq \frac{d\vec{S}}{dt} = \frac{dq}{dt} d\vec{S} = id\vec{S} \quad (9)$$

Substituindo a eq.(9) em eq. (8), obtemos

$$d\vec{B} = \frac{\mu_0}{4\pi} \frac{id\vec{S}x\hat{r}}{r^2} = \frac{\mu_0}{4\pi} \frac{id\vec{S}x\hat{r}}{r^3} \quad (10)$$

Esta expressão é conhecida como a *lei de Biot- Savart*. A direção e o sentido de  $d\vec{B}$  são os mesmos de  $d\vec{S} \times \vec{r}$ . A intensidade do elemento de campo  $d\vec{B}$  é

$$dB = \frac{\mu_0}{4\pi} \frac{id\vec{S} \text{sen}\phi}{r^2} \quad (11)$$

Onde  $\phi$  é o ângulo entre o vetor  $d\vec{S}$  o qual indica o sentido da corrente, o vetor  $\vec{r}$  que vai do elemento de corrente ao ponto de observação P. Logo, para determinar o campo total  $\vec{B}$  devido a toda distribuição de corrente, é necessário integrar sobre todos os elementos de corrente  $i d\vec{S}$ , e assim temos

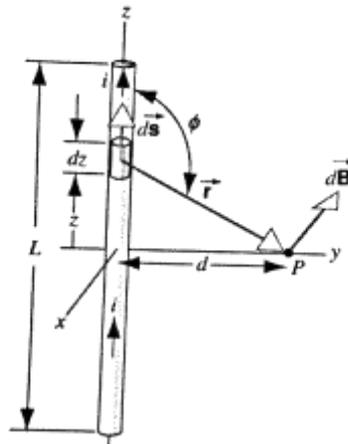
$$\vec{B} = \int d\vec{B} = \frac{\mu_0}{4\pi} \int \frac{id\vec{S}x\hat{r}}{r^2} = \frac{\mu_0}{4\pi} \int \frac{id\vec{S}x\vec{r}}{r^3} \quad (12)$$

Portanto, podemos aplicar a lei de *Biot-Savart* para calcular os campos magnéticos de alguns fios condutores de corrente em diferentes formas.

A Figura 5 ilustra a utilização da lei de *Biot-Savart* aplicando-a ao cálculo do campo magnético devido a uma corrente  $i$  em um segmento de fio reto de comprimento  $L$ . O fio esta ao longo do eixo  $z$  e para determinar  $\vec{B}$  no ponto  $P$  sobre o eixo  $y$ , a uma distância  $d$  do fio. O centro do fio está na origem, de modo que  $P$  está sobre o bissetor perpendicular do fio. Utilizando a regra da mão direita, pode-se mostrar que  $d\vec{S} \times \vec{r}$  é um vetor que aponta no sentido negativo de  $x$  e que todo

elemento  $i d\vec{s}$  do fio fornece um  $d\vec{B}$  no sentido negativo de  $x$  e, portanto, quando se adicionam todos os elementos  $d\vec{B}$  observa-se que o campo total está no sentido negativo de  $x$  (Halliday, Resnick, & Krane, Física 3, 2006).

Figura 5: Um segmento de Fio reto



Fonte: HALLIDAY; RESNICK; CRAMER, 2006.

Com  $d\vec{s}$  na direção  $z$  tem-se  $ds = dz$  e  $z$  será a variável de integração, indo de  $-L/2$  até  $+L/2$ . Para integrar eq.(11) primeiro é necessário expressar  $\phi$  e  $r$  em termos da variável de integração  $z$ .

$$r = \sqrt{z^2 + d^2}$$

onde,  $\text{sen}\Phi = \text{sen}(\pi - \alpha)$ ;  $\text{sen}\Phi = \text{sen}\pi \cdot \text{cos}\alpha - \text{sen}\alpha \cdot \text{cos}\pi$ ;

$$\text{sen}\Phi = \text{sen}(\pi - \phi) = \frac{d}{\sqrt{z^2 + d^2}}$$

Efetuada estas substituições na eq.(11), obtém-se

$$dB = \frac{\mu_0 i dz \text{sen}\Phi}{4\pi r^2} = \frac{\mu_0 i}{4\pi} \frac{d}{(z^2 + d^2)^{1/2}} \frac{dz}{(z^2 + d^2)}$$

$$dB = \frac{\mu_0 i}{4\pi} \frac{d}{(z^2 + d^2)^{3/2}} dz \quad (13)$$

Desenvolvendo-se a integração, obtém-se o campo total:

$$B = \frac{\mu_0 i d}{4\pi} \int_{-L/2}^{+L/2} \frac{dz}{(z^2 + d^2)^{3/2}}$$

onde,  $z = d \text{tg}\alpha$ ;  $dz = d \text{sec}^2 \alpha d\alpha$

$$B = \frac{\mu_0 i d}{4\pi} \int \frac{\sec^2 \alpha d\alpha}{(d^2 + \alpha^2 \operatorname{tg}^2 \alpha)^{3/2}} = \frac{\mu_0 i}{4\pi d^3} \int \frac{\sec^2 \alpha d\alpha}{[1 + \operatorname{tg}^2 \alpha]^{3/2}} = \frac{\mu_0 i}{4\pi d} \int \frac{\sec^2 \alpha d\alpha}{[\sec^2 \alpha]^{3/2}}$$

$$= \frac{\mu_0 i}{4\pi d} \int \frac{d\alpha}{\sec \alpha}$$

$$B = \frac{\mu_0 i}{4\pi d} \cdot \int \cos \alpha d\alpha; \quad \cos \Phi = \cos(\pi - \alpha) = \operatorname{sen} \pi \cdot \operatorname{sen} \alpha + \cos \pi \cdot \cos \alpha$$

$$B = \frac{\mu_0 i}{4\pi d} \cdot [\operatorname{sen} \alpha] = \frac{\mu_0 i}{4\pi d} \left[ \frac{z}{(z^2 + d^2)^{1/2}} \right]_{z=-\frac{L}{2}}^{z=\frac{+L}{2}} = \frac{\mu_0 i}{4\pi d} \cdot \left[ \frac{\frac{L}{2}}{\left(\frac{L^2}{4} + d^2\right)^{1/2}} + \frac{\frac{L}{2}}{\left(\frac{L^2}{4} + d^2\right)^{1/2}} \right]$$

$$B = \frac{\mu_0 i}{4\pi d} \frac{L}{(L^2/4 + d^2)^{1/2}} \quad (14)$$

No limite para um fio muito longo, *i.e.*,  $L \gg d$ , a eq.(14) torna-se

$$\frac{L}{\left(\frac{L^2}{4} + d^2\right)^{1/2}} = \frac{L}{\left[L^2 \left(\frac{L^2}{4} + \frac{d^2}{L^2}\right)\right]^{1/2}} = \frac{L}{L \left(\frac{1}{4} + \frac{d^2}{L^2}\right)^{1/2}} = 2$$

$$B = \frac{\mu_0 i}{2\pi d} \quad (15)$$

A lei de campos magnéticos, a lei de Ampère, a qual é similar a lei de Gauss no sentido em que ela simplifica os cálculos de campo magnéticos em casos com alto grau de simetria (Halliday, Resnick, & Krane, Física 3, 2006).

### 3.3 Efeito térmico da Corrente Elétrica em um condutor (Efeito Joule)

Para transportar uma carga  $dq$  através de uma diferença de potencial  $U$  (por exemplo, de um ao outro eletrodo da bateria), é preciso fornecer-lhe uma energia ( $dq$ )  $U$ . Logo, para manter uma corrente  $i = dq/dt$  durante um tempo  $dt$  através de  $U$ , é preciso fornecer uma energia

$$dW = (i \cdot dt) \cdot U \quad (16)$$

O que corresponde a uma *potência dissipada* (energia por unidade de tempo).

$$\frac{dW}{dt} = P = i \cdot U \quad (17)$$

Para uma corrente num trecho  $dl$  de um condutor de secção  $S$ , no qual a queda de potencial é  $dU$ , temos

$$dP = \frac{i \cdot dU}{dl} = i \cdot dl \cdot E = j \cdot S \cdot dl \cdot E = j \cdot E \cdot dv \quad (18)$$

Onde  $dv = S \cdot dl$  é o volume do elemento de condutor considerado, e  $\mathbf{j}$  é paralelo a  $\mathbf{E}$ . Logo, a *densidade de potência* (potência por unidade de volume) é

$$\frac{dP}{dv} = j \cdot E \quad (19)$$

Para um condutor ôhmico, com  $\mathbf{j} = \delta \mathbf{E}$ , isto dá

$$\frac{dP}{dv} = \delta E^2 = \frac{j}{\delta} \quad (20)$$

O que acontece com essa potência? Como em outros processos onde há atrito, ela é dissipada sob forma de calor (por exemplo, num chuveiro elétrico) podendo também produzir radiação térmica visível, como no aquecimento ao rubro da resistência de um aquecedor ou fogão elétrico. Em termos da resistência  $R$  do condutor, fica

$$P = i^2 \cdot R = \frac{U^2}{R} \quad (21)$$

Essa conversão de energia elétrica em calor é conhecida como *efeito joule*: foi descoberta por James Prescott Joule no decurso de suas experiências sobre equivalente mecânico do calor. Em termos microscópicos, o calor corresponde à energia de vibração da rede, resultante da interação elétron-fônon. O “atrito” transfere energia da corrente para os fônons. (Nussenzveig, 1997).

### 3.4 Efeitos químico da Corrente Elétrica (Eletrolise)

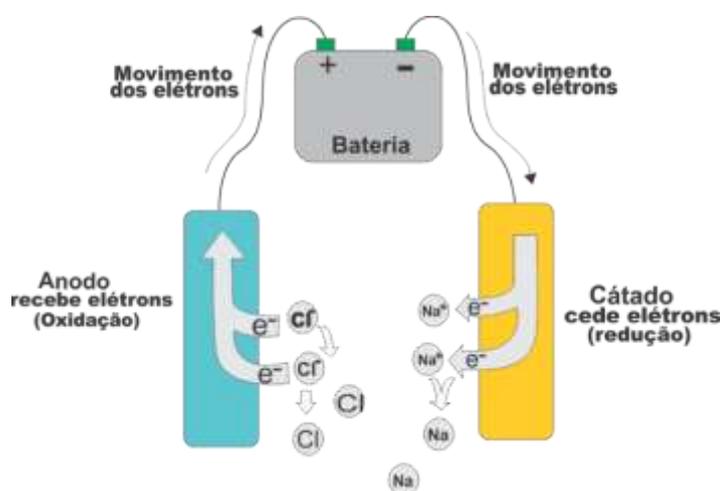
As células voltaicas são baseadas nas reações redox (*oxidação e redução*) espontâneas. Também é possível fazer com que reações redox não espontâneas ocorram, mas usando energia elétrica para promovê-las. Por exemplo, a eletricidade

pode ser utilizada para decompor o cloreto de sódio fundido em seus elementos constituintes Na e Cl<sub>2</sub>. Tais processos, produzidos por uma fonte externa de energia elétrica, são chamadas de reações de eletrólise e ocorrem em células eletrolíticas (Atkins & Loretta, 2012).

Uma célula eletrolítica consiste de dois eletrodos em um sal fundido ou uma solução. Uma bateria ou qualquer outra fonte de corrente elétrica contínua age como uma bomba de elétrons, empurrando elétrons para o eletrodo e puxando-os do outro. Assim como nas células voltaicas, o eletrodo em que ocorre redução é chamado cátodo, e o eletrodo em que ocorre oxidação é chamado ânodo (Atkins & Loretta, 2012).

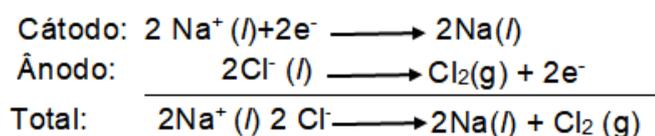
Na eletrólise de NaCl fundido, ilustrado na Figura 6, os íons Na<sup>+</sup> recebem elétrons e são reduzidos a Na no cátodo à medida que os íons Na<sup>+</sup> da solução migram em sua direção.

Figura 6: Eletrólise



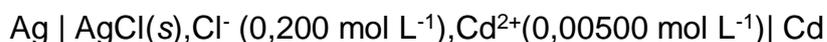
Fonte: autor, 2018.

Analogamente, existe um movimento efetivo de íons Cl<sup>-</sup> para ânodo, onde são oxidados. As reações de eletrodo para a eletrólise de NaCl fundido são resumidas como descrito a seguir:



Nesse exemplo sobre a eletrólise de NaCl, os eletrodos são inertes, ou seja, eles não reagem, mas servem como a superfície onde ocorrem a oxidação e a redução. No entanto, várias aplicações práticas em eletroquímica são baseadas em eletrodos ativos, aqueles que participam do processo de eletrólise.

Portanto, a corrente elétrica tem efeito no potencial da célula, quando existe uma corrente líquida em uma célula eletroquímica, o potencial medido entre os dois eletrodos não corresponde mais simplesmente à diferença entre os dois potenciais de eletrodo, da maneira como calculado pela equação de Nernst. Dois fenômenos adicionais, a queda  $i.R$  e a polarização, devem ser considerados quando uma corrente se faz presente. Por causa desses fenômenos, potenciais superiores aos potenciais termodinâmicos são necessários para operar uma célula eletrolítica. Quando presentes em uma célula galvânica, a queda  $i.R$  e a polarização resultam no desenvolvimento de potenciais menores que aqueles previstos. Vamos examinar esses dois fenômenos detalhadamente. Como exemplo, considere a seguinte célula eletrolítica para a determinação de cádmio(II) em soluções de ácido clorídrico por eletrogravimetria ou coulometria:



Células similares podem ser utilizadas para determinar Cu(II) e Zn(II) em soluções ácidas. Nessa célula, o eletrodo do lado direito é um eletrodo de metal que foi recoberto com uma camada de cádmio. Como este é o eletrodo no qual ocorre a redução de íons  $\text{Cd}^{2+}$ , esse eletrodo de trabalho funciona como cátodo. À esquerda encontra-se o eletrodo de prata/cloreto de prata cujo potencial de eletrodo se mantém mais ou menos constante durante a análise. O eletrodo da esquerda é, portanto, o eletrodo de referência.

Para calcularmos a quantidade de produto formada por uma determinada quantidade de eletricidade, utilizamos as observações feitas por Michael Faraday, que diz que a quantidade de produto formado ou do reagente consumido por uma corrente elétrica é estequiometricamente equivalente à quantidade de elétrons fornecidos. Nesse sentido, para determinar a quantidade de elétrons fornecida por uma determinada carga, usamos a constante de Faraday  $F$ , a quantidade de carga por mol

de elétrons, como fator de conversão, como a carga é  $Q = n.F$ , em que  $n$  é número de mols de elétrons, segue-se que

$$n = \frac{Q}{F} = \frac{i.t}{F} \quad (22)$$

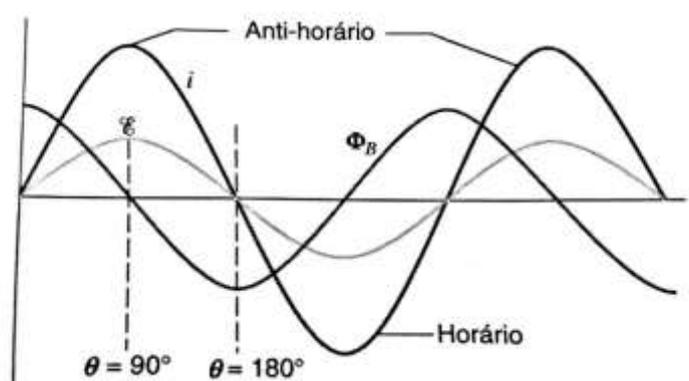
Assim, a medida da corrente e do tempo de aplicação permite determinar a quantidade de elétrons fornecidos. A combinação da quantidade de elétrons fornecidos com a razão molar decorrente da estequiometria da reação do eletrodo, permite a dedução da quantidade do produto obtido (Atkins & Loretta, 2012).

### 3.5 Circuitos de corrente elétrica alternada

Circuitos de corrente elétrica alternada (CA) são utilizadas em sistemas de distribuição de energia elétrica, em rádios, televisões, em outros dispositivos de comunicação e em uma grande variedade de motores elétricos. A designação alternada significa que a corrente elétrica muda de sentido, alternando periodicamente de um sentido para outro (Halliday, Resnick, & Krane, Física 3, 2006).

As oscilações de um circuito contendo resistor  $R$ , um capacitor  $C$  e um indutor  $L$ , ou simplesmente, circuito  $RLC$ , não são amortecidas se uma fonte de tensão externa fornece energia suficiente para compensar a energia dissipada na resistência  $R$ . Portanto, considera-se a *fem* (*força eletromotriz*) de alimentação originada de um gerador que varia senoidalmente como mostra a Figura 7.

Figura 7: corrente elétrica alternada de um gerador



Fonte: HALLIDAY; RESNICK; CRAMER, 2006.

No qual representar-se através dessa equação

$$\mathcal{E}(t) = \mathcal{E}_m \text{sen} \omega t \quad (23)$$

onde  $\mathcal{E}_m$  é a amplitude da *fem* variável e  $\omega$  é a sua frequência angular (em rad/s), relacionada com frequência  $f$  (em Hertz) por  $\omega = 2\pi f$ . À medida que a *fem* varia entre os valores positivos e negativos em cada ciclo, a corrente muda de sentido, caracterizando um circuito de corrente alternada (CA).

Durante um curto período de tempo após a *fem* ter sido inicialmente aplicada ao circuito, a corrente varia de forma irregular com o tempo. Essas variações, chamadas de transientes, rapidamente desaparecem, após os quais verifica-se que a corrente varia senoidalmente com a mesma frequência angular da fonte de *fem*. Admite-se que se está examinando o circuito após este ter sido posto nesta condição, na qual a corrente pode ser escrita como

$$i = i_m \text{sen}(\omega t - \phi) \quad (24)$$

onde  $i_m$  é a amplitude de corrente e  $\phi$  é a constante de fase ou ângulo de fase que indica a relação de fase entre  $\mathcal{E}$  e  $i$ .

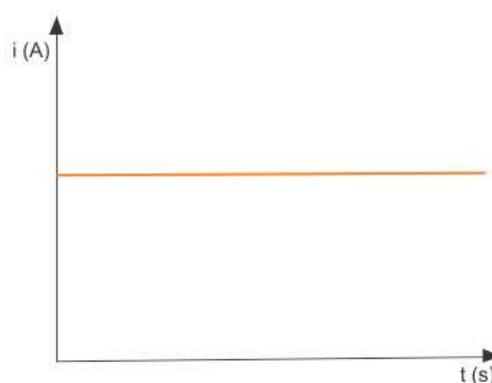
Supõe-se que  $\mathcal{E}_m$ ,  $\omega$ ,  $R$ ,  $L$  e  $C$  são conhecidos. O objetivo dos cálculos é encontrar  $i_m$  e  $\phi$ , para que a eq.(24) caracterize completamente a corrente. Utiliza-se um método geral para circuitos *RLC* série; um procedimento semelhante pode ser utilizado para analisar circuitos mais complexos (que contém elementos com várias combinações em série e em paralelo). Pode ser ainda aplicado para *fems* não-senoidais, pois, *fems* mais complexas podem ser escritas em termos de *fems* senoidais utilizando-se as técnicas da análise de Fourier e a corrente resultante pode, similarmente, ser considerada como superposição de muitos termos da eq.(24). O entendimento do funcionamento de circuitos *RLC* série alimentados por uma *fem* senoidal é, portanto essencial para o entendimento do comportamento de todos os circuitos dependentes do tempo (Halliday, Resnick, & Krane, Física 3, 2006).

### 3.6 Circuitos de corrente elétrica contínua

Os circuitos de corrente contínua (CC), nos quais o sentido da corrente não muda com tempo como mostra a Figura 8. Em circuitos CC que contém apenas baterias e resistores, a intensidade da corrente não varia com tempo, enquanto em

circuitos CC que contem capacitores, a intensidade de corrente pode ser dependente do tempo.

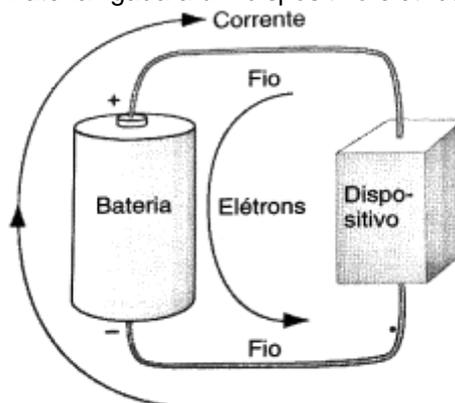
Figura 8: corrente elétrica contínua



Fonte: Autor, 2018.

Na Figura 9 mostra uma bateria conectada ao “dispositivo”. O dispositivo pode ser um único elemento de circuito, como um resistor ou um capacitor, ou pode ser uma combinação de elementos do circuito (Halliday, Resnick, & Krane, Física 3, 2006).

Figura 9: Bateria ligada a um dispositivo elétrico.



Autor: HALLIDAY; RESNICK; CRAMER, 2006.

A bateria mantém o terminal superior  $V_+$  e o terminal inferior a um potencial  $V_-$ . Para uma bateria ideal, a diferença de potencial  $V_+ - V_-$  entre os terminais é independente da quantidade de corrente que está sendo suprida ao circuito.

No caso eletrostático, no qual os condutores são equipotenciais, o potencial  $V_+$  no terminal positivo da bateria caracterizaria todo o fio que conecta a parte superior do dispositivo à bateria. Neste caso, a diferença de potencial  $V_+ - V_-$  entre os terminais iria também surgir entre os terminais superior e inferior do dispositivo. Quando a corrente está fluindo pelos fios, as conclusões da eletrostática não são mais

válidas, e quando a corrente  $i$  flui em um condutor existe a diferença de potencial  $\Delta U = iR$  entre os terminais do condutor.

Porém, a resistência dos fios é normalmente muito pequena se comparada à resistência do dispositivo do circuito, portanto, justifica-se a não inclusão do efeito dos fios; em particular, supõe-se que não há queda potencial nos fios e, neste caso a diferença de potencial total dos terminais da bateria surge entre os terminais do dispositivo.

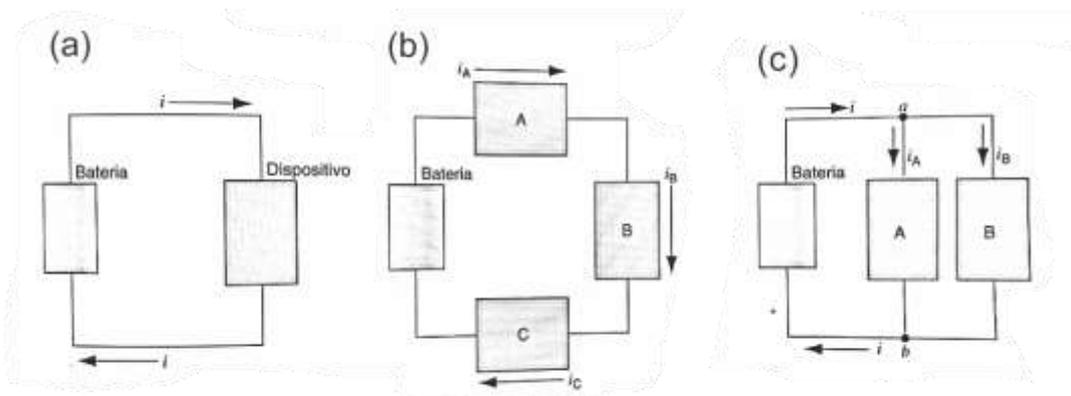
A bateria pode ser considerada uma “bomba” de carga, como se estivesse trazendo carga positiva através da bateria, do terminal negativo para o terminal positivo. A função da bateria no circuito é a de manter uma diferença de potencial que permita o fluxo de cargas. A bateria não é uma fonte de elétrons. Os elétrons passam através da bateria e tem as energias aumentadas à medida que se deslocam dentro da bateria, do terminal positivo para o terminal negativo. Quando se diz que uma bateria está descarrega, isto não significa que ela está esgotada em seu estoque de elétrons; em vez disso, significa que ela exauriu a fonte de energia (muitas vezes uma reação química) que era responsável pelo aumento da energia dos elétrons. Note na Figura 9 que os elétrons se movem através de todo circuito, eles não são gerados na bateria.

Quando se conecta pela primeira vez a bateria a um dispositivo, o circuito se comporta de forma irregular. Uma situação parecida com que ocorre quando se abre uma torneira conectada, através de uma mangueira, a um aspersor de jardim. No começo, a água percorre a mangueira, criando turbilhões e redemoinhos. Quando alcança o aspersor, a água emerge ao acaso de alguns dos furos e não de outros. Após, alguns segundos, um fluxo estacionário é estabelecido e a água flui de qualquer furo a uma taxa constante.

Supõe-se que, sob condições de regime permanente, a carga não se acumula ou é drenada de nenhum ponto do fio idealizado, dessa forma, conclui-se que a taxa se mantém constante, mesmo que seção transversal varie. O fluido escoar mais rapidamente onde o tubo é mais estreito e mais lentamente onde este é mais largo, mas o fluxo volumétrico, medido, por exemplo, em litros/segundo, permanece constante. Da mesma forma, a corrente elétrica  $i$  é a mesma para todas as seções transversais de um condutor, mesmo que a área da seção transversal possa ser

diferente em diferentes pontos. A densidade de corrente  $j$  (corrente por unidade de área) irá mudar à medida que a área de seção transversal mudar, mas a corrente  $i$  permanecerá a mesma.

Figura 10: Circuitos elétricos



Fonte: HALLIDAY; RESNICK; CRAMER, 2007

A Figura 10(a) mostra um circuito em uma notação mais simples. O dispositivo é representado apenas por uma caixa. Note que a corrente que entra no dispositivo é a mesma que sai deste. Este é um exemplo de conservação de carga, nenhuma carga resultante é retida pelo dispositivo, para cada elétron que entra em um terminal, um elétron sai no outro terminal.

A Figura 10(b) mostra um outro circuito no qual a corrente passa em sucessão através de três dispositivos, nomeados de A, B e C. A corrente  $i_A$  no dispositivo A é exatamente a mesma corrente  $i_B$  no dispositivo B e ainda é a mesma corrente  $i_C$  no dispositivo C, isto é  $i_A = i_B = i_C$ . Nenhuma corrente é “gasta” na passagem por qualquer dispositivo de circuito. Esse circuito é um exemplo de elementos associados em série, na qual a mesma corrente deve passar em sucessão através de cada elemento do circuito.

A Figura 10(c) mostra a corrente em diferentes arranjos de elementos de circuito. Aqui, a corrente deve dividir-se quando alcança o ponto **a** do circuito, com quantidade  $i_A$  passando através do dispositivo A e quantidade  $i_B$  passando através do dispositivo B. No ponto **b** as correntes devem se juntar. Como nenhuma carga é retirada no ponto **a**, a corrente que entra neste ponto deve ser exatamente a mesma que sai, ou  $i = i_A + i_B$ . De forma semelhante, a corrente que entra no ponto **b** deve ser a mesma que sai, ou  $i_A + i_B = i$ . Isto é, normalmente, chamado de lei dos nós para análise

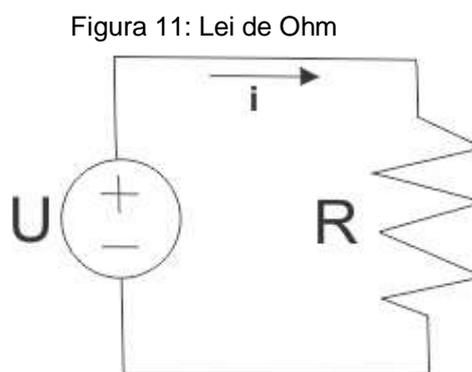
de circuitos. Em que qualquer nó em um circuito elétrico, a corrente total que entra no nó deve ser igual à corrente total que sai do nó. Lei dos nós, também conhecida como lei de *Kirchhoff* (Halliday, Resnick, & Krane, Física 3, 2006).

### 3.7 Resistência Elétrica

Quando aplicamos a mesma diferença de potencial às extremidades de barras de mesmas dimensões feitas de cobre e de vidro, os resultados são muito diferentes. A característica do material que determina a diferença é a resistência elétrica. Medimos a resistência entre dois pontos de um condutor aplicando uma diferença de potencial  $U$  entre esses pontos e medindo a corrente  $i$  resultante. A resistência  $R$  é dada por:

$$R = \frac{U}{i} \quad (25)$$

Portanto, a Figura 11 mostra um circuito simples no qual um fio condutor está ligado a uma bateria de diferença de potencial  $U$ , e conseqüentemente uma corrente elétrica  $i$ .



Fonte: Autor, 2018.

A unidade de resistência do SI é o volt por ampère. Essa combinação ocorre com tanta frequência que uma unidade especial, o *ohm* ( $\Omega$ ), é usada para representá-la.

O resistor é um condutor com um valor específico de resistência. A resistência de um resistor não depende do valor absoluto e do sentido (*polaridade*) da diferença de potencial aplicada. Outros componentes, porém, podem ter uma resistência que

varia de acordo com a diferença de potencial aplicada (HALLIDAY; RESNICK; CRAMER, 2016).

Por outro lado, podemos considerar um ponto de vista que enfatize mais o material que o dispositivo. Por isso, se concentrarmos a atenção, não na diferença de potencial  $U$  entre os terminais de um resistor, mas no campo elétrico  $E$  que existe em um ponto do material resistivo, ou seja, no lugar focar na corrente elétrica  $i$ , focarmos na densidade de corrente  $J$  no ponto em questão. Em vez de falar da resistência  $R$  de um componente, falamos da resistividade  $\rho$  do material.

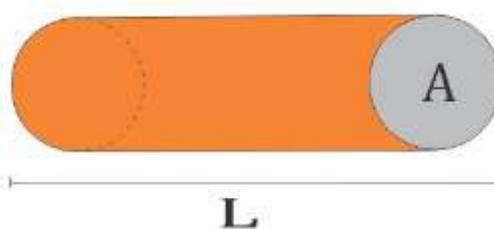
$$\rho = \frac{E}{J} \quad (26)$$

Combinando as unidades de  $E$  e  $J$  do SI de acordo com a equação obtemos, para a unidade de  $\rho$ , o ohm-metro ( $\Omega \cdot m$ ).

$$\frac{\text{Unidade de } E}{\text{Unidade de } J} = \frac{\frac{V}{m}}{A/m^2} = \frac{V}{A} m = \Omega \cdot m$$

Quando conhecemos a resistividade de um material, como cobre por exemplo, podemos calcular a resistência de um fio desse material. Sejam  $A$  a área da seção reta,  $L$  o comprimento e  $U$  a diferença de potencial entre as extremidades do fio, como mostra a Figura 12.

Figura 12: segunda lei de Ohm



Fonte: Autor, 2019.

Se as linhas de corrente que representam a densidade de corrente são uniformes ao longo de toda a seção reta, o campo elétrico  $E$  eq.(27) e a densidade de corrente  $J$  eq. (28) são iguais em todos os pontos do fio.

$$E = \frac{U}{L} \quad (27) \quad e \quad J = \frac{i}{A} \quad (28)$$

Dessa forma combinando a eq. (27) com eq. (28) temos

$$\rho = \frac{E}{J} = \frac{U/L}{i/A} \quad (29)$$

como  $U/i$  é Resistência, podemos reescrever da seguinte forma:

$$R = \frac{\rho \cdot L}{A} \quad (30)$$

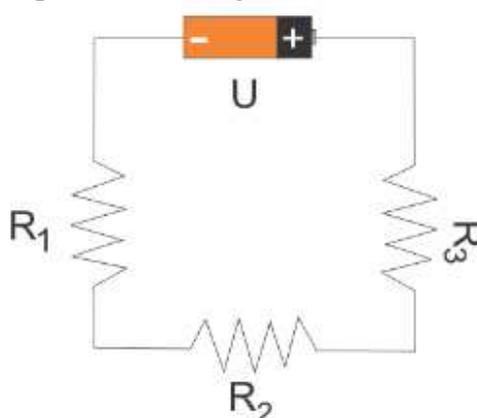
No qual é a segunda lei de Ohm. No SI as unidades da resistividade  $\rho$ , depende do material do condutor e de sua temperatura ( $\Omega \cdot m$ ), o comprimento  $L$  do condutor (m) e a área  $A$  da seção transversal ( $m^2$ ) (Halliday, Resnick, & Cramer, Fundamentos de Física, 2016).

### 3.8 Associação de Resistores

#### 3.8.1 Associação em série

Quando dois ou mais resistores estão conectados como  $R_1$ ,  $R_2$  e  $R_3$  como mostra a Figura 13 de forma tal que, devido a maneira como eles estão conectados, a corrente elétrica em cada resistor é a mesma, dizemos que eles estão em série (Halliday, Resnick, & Cramer, Fundamentos de Física, 2016).

Figura 13- Associação em série



Fonte: Autor, 2018.

A queda de potencial de  $R_1$  é  $iR_1$ , a queda de potencial de  $R_2$  é  $iR_2$  e a queda de potencial de  $R_3$  é  $iR_3$ , onde  $i$  é a corrente elétrica de cada resistor. A queda de potencial nos três resistores é a soma da queda de potencial nos resistores individuais (Halliday, Resnick, & Cramer, Fundamentos de Física, 2016).

$$U = iR_1 + iR_2 + iR_3 = i(R_1 + R_2 + R_3) \quad (31)$$

A resistência equivalente  $R_{eq}$  que corresponde à mesma queda de potencial total  $U$  quando conduz a mesma corrente  $i$  é determinada igualando  $U$  a  $iR_{eq}$ , ou seja,  $U = iR_{eq}$ , que substituindo na eq.(31), temos

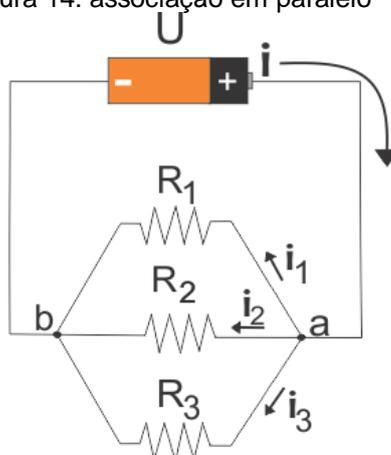
$$iR_{eq} = i(R_1 + R_2 + R_3)$$

$$R_{eq} = R_1 + R_2 + R_3 \quad (32)$$

### 3.8.2 Associação em paralelo

Três resistores conectados como mostra a Figura 14 de forma tal que, devido à maneira como estão ligados eles têm a mesma diferença de potencial, estão conectados em paralelo.

Figura 14: associação em paralelo



Fonte: Autor, 2018.

Observe que, devido à maneira como o circuito está ligado, um terminal de cada resistor está no potencial do ponto **a** e outro terminal de cada resistor está no potencial do ponto **b**. Seja  $i$  a corrente no fio que chega ao ponto **a**. No ponto **a**, o circuito se separa em três ramos e a corrente  $i$  se divide em três partes. Corrente  $i_1$  no ramo superior contendo  $R_1$ , corrente  $i_2$  ramo do meio contendo  $R_2$  e  $i_3$  ramo inferior contendo  $R_3$ . A soma das correntes  $i_1$ ,  $i_2$ ,  $i_3$  é igual a corrente  $i$  no fio que conduz ao ponto **a** (Halliday, Resnick, & Cramer, Fundamentos de Física, 2016).

$$i = i_1 + i_2 + i_3 \quad (33)$$

No ponto **b**, as correntes nos ramos se recombinaem e a corrente que sai do ponto **b** também é igual a  $i = i_1 + i_2 + i_3$ . A queda de potencial  $U$  em cada resistor,  $U = U_a - U_b$  está relacionada às correntes elétrica que passa por cada resistor que é determinada da seguinte forma

$$i_1 = U/R_1 \quad i_2 = U/R_2 \quad i_3 = U/R_3 \quad (34)$$

Aplicando a regra dos nós ao ponto **a**, e substituindo as correntes por seus valores, temos

$$i = i_1 + i_2 + i_3 = U \left( \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3} \right) \quad (35)$$

A resistência equivalente  $R_{eq}$  para os resistores em paralelo é requer a mesma queda de potencial  $U$ . Portanto, a intensidade de corrente é

$$i = \frac{U}{R_{eq}} \quad (36)$$

relacionando as Eqs. (35) e (36) para  $i_1$ ,  $i_2$  e  $i_3$  e substituindo  $i = i_1 + i_2 + i_3$ , temos

$$\frac{U}{R_{eq}} = \frac{U}{R_1} + \frac{U}{R_2} + \frac{U}{R_3} = U \left( \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3} \right) \quad (37)$$

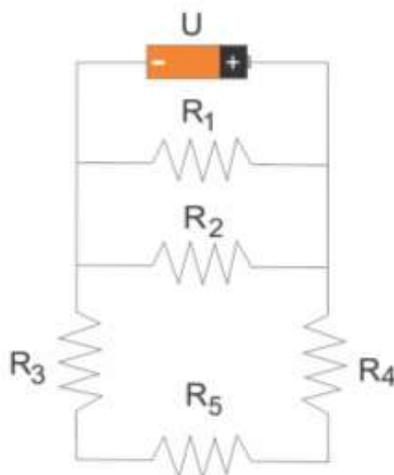
dividindo ambos os lados por  $U$ , obtemos

$$\frac{1}{R_{eq}} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3} \quad (38)$$

### 3.8.3 Associação mista

Uma associação mista consiste em uma combinação, em um mesmo circuito, de associações em série e em paralelo, como ilustrado na Figura 15.

Figura 15: associação mista



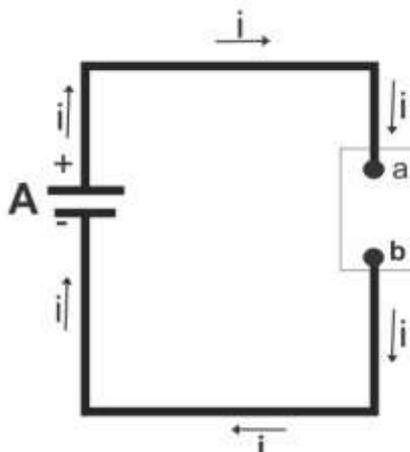
Fonte: Autor, 2018.

Em cada parte do circuito, a tensão e intensidade da corrente serão calculadas com base no que se conhece sobre circuitos série e paralelos (Halliday, Resnick, & Cramer, Fundamentos de Física, 2016).

### 3.9 Potência Elétrica

A Figura 16 mostra um circuito formado por uma bateria A ligada por fios de resistência desprezível, uma bateria recarregável, e outro dispositivo elétrico (Halliday, Resnick, & Cramer, Fundamentos de Física, 2016).

Figura 16: circuito elétrico



Fonte: Autor, 2019.

A bateria mantém uma diferença de potencial de valor absoluto  $U$  entre os seus terminais e, portanto (graças aos fios de ligação), entre os terminais do componente, com um potencial mais elevado no terminal  $a$  do componente que no terminal  $b$ . Como existe um circuito fechado ligando os terminais da bateria, e a diferença de potencial produzida pela bateria é constante, uma corrente constante  $i$  atravessa o circuito, no sentido do terminal  $a$  para o terminal  $b$ . A quantidade de carga  $dq$  que atravessa o circuito em um intervalo de tempo  $dt$  é igual a  $idt$ . Ao completar o circuito, a carga  $dq$  tem seu potencial reduzido de  $V$  e, portanto, sua energia potencial é reduzida de um valor dado por:

$$dU = dqV = idtV \quad (39)$$

De acordo com a lei de conservação da energia, a redução da energia potencial elétrica no percurso de  $a$  a  $b$  deve ser acompanhada por uma conversão da energia para outra forma qualquer. A potência  $P$  associada a essa conversão é a taxa de transferência de energia  $dU/dt$ , que, de acordo com a Eq. (39) pode ser expressa na forma

$$P = U \cdot i \quad (40)$$

Além disso,  $P$  é a taxa com a qual a energia é transferida da bateria para o componente. Se o componente é um motor acoplado a uma carga mecânica, a energia se transforma no trabalho realizado pelo motor sobre a carga. Se o componente é uma bateria recarregável, a energia se transforma na energia química armazenada na bateria. Se o componente é um resistor, a energia se transforma em energia térmica e tende a provocar um aquecimento do resistor.

De acordo com a Eq. (40) a unidade de potência elétrica é o volt-ampère (V·A), mas a unidade de potência elétrica também pode ser escrita na forma

$$1V \cdot A = \left(1 \frac{J}{C}\right) \left(1 \frac{C}{S}\right) = 1 \frac{J}{S} = 1W$$

Quando um elétron atravessa um resistor com velocidade de deriva constante, sua energia cinética média permanece constante e a energia potencial elétrica perdida é convertida em energia térmica do resistor. Em escala microscópica, essa conversão

de energia ocorre por meio de colisões entre os elétrons e as moléculas do resistor, o que leva a um aquecimento do resistor. A energia mecânica convertida em energia térmica é dissipada (perdida), já que o processo não pode ser revertido (Nussenzveig, 1997).

No caso de um resistor ou outro componente resistivo, podemos combinar as equações  $R = U/i$  e  $P = U.i$  para obter a taxa de dissipação de energia elétrica devido à resistência, as seguintes expressões:

$$P = i^2.R \quad (41)$$

$$P = \frac{U^2}{R} \quad (42)$$

### 3.10 Energia Elétrica

A energia, em suas mais variadas formas, sempre foi recurso essencial para o funcionamento e manutenção da vida em sociedade. A eletricidade é de fundamental para realização das mais diversas atividades diárias. Nas grandes cidades, por exemplo permanecemos constantemente conectados e a eletricidade é essencial para diversas tarefas, como conservar alimentos, para comunicação e obtenção de informações, lazer, trabalho, estudos, dentre outros.

Portanto, o desenvolvimento da sociedade e o consumo de energia elétrica se apresentam diretamente ligado em determinados aspectos, estabelecendo uma relação de causa e efeito, ou seja, e um deles podemos destacar o maior consumo de energia elétrica dentro das residências.

Podemos descrever esse consumo da seguinte forma, a quantidade total  $E$  de energia elétrica (em Joule) consumida em uma residência que geralmente vem registrado nos boletos de consumo apresentados pelas companhias fornecedoras de energia elétrica tem como unidade de medida o quilowatt-hora ou kWh, que certamente é uma unidade de medida de energia assim como é o Joule (J) (Hewitt, 2002).

Para mostra que estas duas quantidades medida de energia elétrica consumida são equivalentes, basta lembrar que  $W=J/s$ . Então, considerando esta correlação entre  $W$  (Watt) e o Joule por segundo ( $J/s$ ), teremos que:

$$1\text{kWh} = 1 \times 10^3 \left(\frac{J}{s}\right) (3600 \text{ s})$$

$$1\text{kWh} = 3,6 \times 10^6 \text{ J}$$

O que implica que 1kWh representa, assim como o Joule (J), uma unidade de medida de energia consumida equivalente a  $3,6 \times 10^6$  Joules.

Portanto, se 120 kWh representa o consumo de energia elétrica no mês em sua casa, uma regra de três, como indicada abaixo, apresentará o valor equivalente da quantidade energia consumida em unidade de Joule (J).

$$1\text{kWh} \rightarrow 3,6 \times 10^6 \text{ J}$$

$$120 \text{ kWh} \rightarrow x \text{ (consumo em J)}$$

$$x \text{ (consumo em J)} = (120 \text{ kWh})(3,6 \times 10^6 \text{ J}) / (1\text{kWh}) = 432 \times 10^6 \text{ J}.$$

Por outro lado, torna-se útil saber o consumo de energia (em kWh) que um dispositivo, por exemplo, churrasqueira elétrica, geladeira, televisor, entre outros, consume por mês. Para isto é necessário conhecer apenas a potência do dispositivo, que é a taxa de energia por unidade de tempo que ele consumo normalmente disponível em uma placa impressa no dispositivo.

Vejamos o seguinte problema: Se uma churrasqueira apresenta potência  $P=2000\text{W}$ , qual o consumo em kWh (quilo-watts-hora) se permanecer ligada continuamente por 5 horas?

$$P = \frac{E}{t}$$

Substituindo estas duas quantidades nos correspondentes termos desta equação, teremos que o consumo  $E$  em kWh, a saber,

$$2\text{kW} = \frac{E}{5\text{h}}$$

$$E = (2\text{kW})(5\text{h}) = 10\text{kWh}.$$

#### 4 APLICATIVOS ANDROID DESTINADOS AO APRENDIZADO DE FÍSICA

As Tecnologias da Informação e Comunicação estão cada vez mais presente dentro da sala de aula, trazendo a escola para dentro do mundo dos estudantes. Dessa forma, diversos recursos são capazes de facilitar a visualização de conceitos abstratos dentro da Física, tornado a pratica de sala de aula mais lúdica e interativa. No intuito de integrar a educação formal à realidade do estudante, é importante trazer para a escola os recursos tecnológicos que ele utiliza diariamente, destacando-se aí os *tablets* e os *smartphones* (Perez; Viali; Lahm, 2016).

Segundo Carvalho (2012), em diversos níveis de ensino, materiais didáticos digitais vêm sendo cada vez mais produzidos e utilizados. Os mesmos proliferam na internet e disponíveis ao usuário, como recurso educacional para facilitar a aprendizagem.

Portanto, em meio esses diversos recursos, este trabalho se destinou ao desenvolvimento de um aplicativo para sistema *Android*, com o conteúdo de eletrodinâmica, abordando de forma mais específica corrente elétrica, efeitos da corrente elétrica, corrente elétrica contínua e corrente elétrica alternada, resistência elétrica e associação de resistores elétricos.

Existem alguns aplicativos disponíveis para sistema Android que podem ser utilizados como material didático na aprendizagem da eletrodinâmica. Como o **Física Interativa** que é um aplicativo com resumos e fórmulas de todos os conteúdos de Física (cinemática, dinâmica, estática, hidrostática, hidrodinâmica, gravitação, termologia, Óptica, ondas, eletrostática, eletrodinâmica e eletromagnetismo). A principal característica é apresentar os conceitos e leis da Física, podendo ser utilizado off-line. Tem também o **Física Básica** que é um aplicativo que apresenta todo o conteúdo de física clássica: mecânica, termodinâmica, óptica, ondulatória, eletromagnetismo e fluidos. Além de calculadoras de fórmulas, para auxiliar o estudante a resolver exercícios e um conversor de unidades de medida. Também possui animações e exercícios com solução. Tem o **Eletrodroid** que é um aplicativo que apresenta ferramentas eletrônicas e as características de cada uma, como também mostra fórmulas usuais para calcular resistência equivalente em cada tipo de

associação (série, paralelo e mista). A principal função é mostrar todas as ferramentas que podem conter em um circuito elétrico. Tem o **Phet**, aplicativo que apresenta um conjunto de simulações interativas, explorando conceitos da Física e matemática. O mesmo é bastante conhecido e utilizado em sala de aula, pois apresenta simulações de todas as áreas da Física. (Google Play, 2018). Esses e muitos outros aplicativos que tratam do mesmo tema são disponíveis gratuitamente no *play Store* para todo sistema *Android*. No entanto, quase todos apresentam apenas resumos e fórmulas, e alguns exercícios, sem animação e/ou interação com usuário.

Por outro lado, a aplicativo **Eletrofis** oferece a diversas ferramentas, tais como, animações, simulação dos circuitos (associação de resistores em série, em paralelo e misto), lista de exercícios, entre outros. Além disto, o aplicativo possibilita ao usuário alterar valores referentes a resistência elétrica em cada dispositivo (lâmpadas), como também o valor da tensão elétrica fornecida pela bateria. Em cada sessão contém uma janela com informações relevantes através de perguntas e respondidas apenas com a interação do usuário. Os exercícios são distribuídos no decorrer dos conteúdos, todas as questões possuem quatro alternativas com apenas uma correta e com opção de “ajuda” para facilitar a resolução das mesmas e disponibilizando um placar de pontuação. Sendo assim, este apresenta diversas vantagens em relação aos já existentes e disponibilizados no *play store*.

O aplicativo foi criado pelo autor da dissertação (Reges Carvalho dos Santos), um programador (Francisco das Chagas Soares) com as orientações do professor Célio Aécio Medeiros Borges.

## 5 METODOLOGIA

O objetivo geral dessa pesquisa foi desenvolver um aplicativo para o sistema *Android* como recurso didático para facilitar o processo ensino e aprendizagem da eletrodinâmica. Esta pesquisa possui abordagem qualitativa devido análises realizadas antes e após os resultados obtidos com aplicação do produto educacional. Para Minayo; 2009, a pesquisa qualitativa corresponde a um universo da produção humana que pode ser resumido no mundo das relações, das representações e da intencionalidade e que dificilmente pode ser traduzido em números e indicadores quantitativos.

Para atingirmos os objetivos específicos que foram verificar o conhecimento acerca dos conteúdos da eletrodinâmica antes (pré-teste) e após aplicação do produto educacional (pós-teste) e avaliar o aplicativo como ferramenta didática (questionário de avaliação do aplicativo *Eletrofis*) recorreremos a abordagem quantitativa para a contabilização dos dados, fornecidos pelos os questionários aplicados. Dessa forma, trabalhar com essa abordagem quali-quantitativa permite recolher mais informações do que se poderia conseguir isoladamente.

Outra característica dessa pesquisa é por apresentar objetivo explicativo, pois tem como foco, explicar os conteúdos da eletrodinâmica, procurando maior aproximação dos alunos com o conhecimento científico. O método adotado foi a pesquisa de campo, realizada dentro do ambiente escolar e com embasamento bibliográfico, pois recorreremos a trabalhos de outros autores dessa área de pesquisa.

Neste sentido, o presente trabalho se engajou em fatores determinantes para a construção do conhecimento científico, tais como: utilização das novas tecnologias para aprendizagem, e aproximação do conteúdo com situações do cotidiano de maneira mais descontraído.

A utilização do aplicativo **Eletrofis** para o sistema *Android*, facilitou enormemente a execução da nossa proposta devido a ampla utilização deste sistema nos dispositivos utilizados pelos alunos. E o processo ocorreu da seguinte forma: 1) aplicação do pré-teste; 2) Utilização do produto educacional, o aplicativo **Eletrofis**; 3) aplicação do pós-teste; 4) aplicação do questionário de avaliação do aplicativo

**Eletrofis** como recurso didático. Os resultados obtidos nos questionários serão mostrados na seção de resultados e análises.

### **5.1 Local da pesquisa**

A pesquisa se deu na escola de tempo integral da rede estadual do Piauí CETI Cândido Borges Castelo Branco, localizada na rua São Paulo S/N, no centro, na zona urbana do município de Campo Maior-PI. A escola em estudo funciona com curso técnico profissionalizante e ensino médio integral. A escola oferece Técnico de meio ambiente, Técnico de informática, Técnico de enfermagem, Técnico de segurança do trabalho, Técnico de Vigilância em saúde, atendendo em média 300 alunos.

Esta modalidade de Ensino está presente em Campo Maior-PI, desde o ano de 2009, e sendo a única escola de tempo integral e profissionalizante da cidade. Para ingressar os estudos nessa instituição, o (a) aluno(a) deve estar cursando o último ano do ensino fundamental, e participar de uma seleção (prova escrita ou análise do histórico escolar). E caso seja selecionado (a), deverão optar pelo curso técnico desejado, e assim permanecer no mesmo até o final, ou seja, 3º ano do Ensino Médio.

A escola consta de 28 professores, divididos entre base curricular comum e dos cursos específicos, no qual todos professores da base comum trabalham em regime de tempo integral. A instituição também possui 8 funcionários para apoio técnico (diretora da escola, diretora financeira, bibliotecária, coordenadora pedagógica, e secretarias), além de vigias, zeladoras e funcionários da cantina.

Quanto a estrutura da escola é composta por:

- 1 sala de professores climatizada, contendo um armário individual para todos professores que trabalham em regime de tempo integral, bancada para computadores e um computador de mesa, bebedouro, cadeiras, mesa e dois banheiros e mesa para café, e TV LED de 32 polegadas;
- 1 sala da secretaria climatizada com 4 mesas com computadores, armários com arquivos;

- 1 sala da diretoria, com armário, um aparelho de TV com todo equipamento de monitoramento de vigilância que é espalhado em todas as repartições da escola, geladeira, e aparelhos de som e microfones.
- 1 sala da coordenação pedagógica climatizada com 4 mesas e armários para guardar arquivos e multimeios utilizado pelos funcionários da escola.
- 8 salas de aulas climatizadas com cadeiras suficientes para todos os alunos e 1 mesa e cadeira para professor.
- 1 cozinha contendo: fogão industrial, geladeira, um freezer, liquidificador industrial, botijão de gás, banheiro e dispensa.
- Refeitório climatizado com 10 mesas e 8 cadeiras cada mesa.
- 2 banheiros e 2 vestiários para os discentes.
- 1 biblioteca climatizada para monitoria, estudos, leitura, reuniões, com acervo bibliográficos de aproximadamente 500 volumes, dois armários, 5 mesas e cadeiras.
- 1 laboratório de informática climatizado contendo 25 computadores, cadeiras estofadas, 25 estabilizadores e 2 roteadores.
- 1 laboratório climatizado de biologia e de química equipados.
- 1 laboratório climatizado de enfermagem e equipado.
- 1 quadra poliesportiva com arquibancada.
- Espaços com lixeiros, bancos, mesas para estudo, bebedouro e quadros informativos.

Portanto, o público alvo dessa pesquisa, foram os alunos das três salas da 3ª série (Técnico em Meio Ambiente 21 alunos, Técnico em Informática 36 alunos e Técnico em Enfermagem 18 alunos) totalizando 75 alunos, sendo 43 do sexo masculino e 32 do sexo feminino, com faixa etária de 15 a 17 anos. Estes, foram divididos em grupos de 3, totalizando 25 grupos e assim o mesmo grupo participou de cada etapa de processo dessa pesquisa. Essa pesquisa foi fundamentada na teoria Sociocultural de Vygotsky que defende a interação social como um dos fatores determinantes para melhor aprendizado, por isso houve essa divisão em grupos.

## 5.2 Eletrofís na promoção no ensino aprendizagem no Ensino Médio.

O aplicativo foi construído como ferramenta facilitadora da aprendizagem no processo ensino e aprendizagem dos conteúdos de eletrodinâmica de maneira mais dinâmica e lúdica. O mesmo é fácil manuseio, com algumas animações, manipulação de circuitos associados em série, paralelo e misto, questões fechadas de múltipla escolha com recurso de ajuda, e seção de curiosidades. Esse produto educacional foi construído para sistema operacional *Android*.

O **Eletrofís**, aborda os conteúdos da eletrodinâmica organizados em seções (corrente elétrica, efeitos da corrente elétrica, corrente contínua e alternada, resistência elétrica, associação de resistores). Procurando relacionar com o cotidiano e contribuir para construção do conhecimento científico.

A sequência de aplicação do produto educacional, se deu seguindo uma ordem cronológica. Primeiramente, foi feito o levantamento da quantidade de alunos que tinham dispositivos moveis com sistema *Android*, e se utilizavam ou utilizam algum aplicativo para fins educacionais.

Tivemos como resposta, 100% dos alunos tinham um *smartphone* e 100% nunca utilizaram nenhum aplicativo de estudo. Porém, os mesmos afirmaram que utilizam bastante o celular para realizarem pesquisas de alguma disciplina.

E assim, constatamos que todos já tinham habilidades essenciais, para que pudéssemos relacionar o uso dessa mediação tecnológica e dessas habilidades, para uma melhor apropriação dos conteúdos.

De acordo com (Delavalli; Melo, 2014)

...dispositivos móveis, além da ampliação do uso dos recursos tecnológicos para a educação, proporcionaram a oportunidade de repensar as estratégias de ensino de forma a atender as necessidades da Geração Z (nascidos depois de 1995) e da sociedade contemporânea. Da mesma forma, o modo de ensinar e lidar com o conhecimento mudou. O professor de hoje não pode ignorar as mudanças que ocorrem na sociedade e o uso de novas tecnologias em seu dia-a-dia de trabalho, além de buscar inovar em seus métodos de ensino (Delavalli; Melo, 2014, p. 10).

Mostrando assim, a importância do uso dos recursos tecnológicos em sala de aula, a inovação dos métodos de ensino e sua importância no processo ensino e aprendizagem, nos diversos campo do saber.

### 5.3 Instrumentos utilizados

Foi utilizado para coleta dos dados, três questionários “*pré-teste*” e “*pós-teste*” cada um contendo 10 questões fechadas de múltipla escolha e uma avaliação com 8 itens que poderiam ser atribuídas notas de 1 a 5. O “*pré-teste*” e o “*pós-teste*” abordavam conceitos básicos, cálculos simples e aplicações de situações do cotidiano. O *pré-teste* foi aplicado com os alunos reunidos em grupos de 3 alunos, logo após a aplicação do pré-teste, procedeu-se com a utilização do aplicativo **Eletrofis** como produto educacional para o mesmo grupo e em seguida aplicação do pós-teste, com intervalo de uma semana para cada etapa. Após todo esse processo houve a avaliação do produto educacional como recurso didático, para isso, foi aplicado outro questionário individualmente com 73 alunos das 3 turmas.

Portanto, a partir dos resultados desses questionários foram gerados gráficos e tabela, como é mostrado na seção de resultados.

### 5.4 Descrição dos procedimentos

Todo o processo de aplicação e coleta de dados teve duração de quatro semanas, onde a primeira semana foi aplicação do pré-teste, com duração de duas horas aulas de 50 minutos cada. Na semana seguinte a utilização do **Eletrofis**, como o produto educacional, com as instruções do passo a passo de manuseio do aplicativo, este teve duração de três horas aulas, cada uma de 50 minutos. A terceira semana, foi dedicada à aplicação do pós-teste com duração de duas horas aulas. Na quarta semana procedeu-se com a avaliação do produto educacional, com duração de 30 minutos para avaliar 8 itens com notas de 1 a 5.

## 5.5 Aplicação do pré-teste

Primeiramente foi sugerido que os alunos se organizassem em grupos de 3 alunos, de acordo as afinidades entre eles. Logo após, a distribuição do pré-teste para cada grupo, discutirem as questões e chegarem em uma conclusão de resposta.

As duas primeiras questões envolviam aplicações do cotidiano em relação as associações de resistores elétricos em série e paralelo. Com elas objetivamos avaliar o conhecimento acerca de circuitos elétricos em serie e paralelo, e o que diferencia cada, partindo de situações do cotidiano como mostra as questões no anexo.

A terceira e a quarta questões envolviam o conhecimento sobre unidades de medida das grandezas: potência elétrica, diferença de potencial e energia elétrica. Nessas questões procurava-se avaliar o conhecimento dos alunos em relação a estas unidades de medida padrão, ou seja, associação da grandeza física com a unidade de medida.

A quinta questão, tratava de energia elétrica, e as grandezas necessárias para se calcular o consumo de energia elétrica residencial, esta questão buscou relacionar o conhecimento do aluno com o cotidiano, se os mesmos eram capazes de identificar essas grandezas.

Na sexta e na nona questões, procurou-se avaliar dos alunos o conhecimento sobre os efeitos da corrente elétrica, ou, pelo menos associar quais possíveis efeitos poderiam ser consequência da corrente elétrica.

A sétima, oitava e décima questões tratavam de cálculos simples, ou seja, as questões 7 e 10 disponibilizava duas grandezas e pedia o valor da corrente elétrica, e a questão 8 mostrava dois circuitos, um associado em série e o outro em paralelo e pedia para os mesmos calcularem a resistência equivalente de cada um dos circuitos e marcar opção com os valores encontrados. Nessas questões, procurou-se identificar a capacidade dos alunos de relacionar as grandezas em cálculos simples.

Em seguida, foi explicado para os alunos sobre o produto educacional, e objetivo do mesmo para o ensino de eletrodinâmica.

## 5.6 Aplicação do produto educacional

Na semana seguinte, após a aplicação do pré-teste, foi transferido APK (*aplicativo compactado*) do **Eletrofis**, do *notebook* para o aparelho celular de cada aluno, através de um cabo UBS. Esse procedimento durou cerca de 20 minutos, pois, o arquivo é leve e ocupa pouco espaço (7,34 MB) da memória do aparelho celular. Após, a instalação do APK mais uma vez os alunos foram separados por grupo, os mesmos grupos presentes no pré-teste. E assim começou-se apresentação e passo a passo do manuseio do aplicativo. A tela de abertura do aplicativo **Eletrofis** é mostrada na figura 17.

Figura 17: Tela de abertura do aplicativo Eletrofis.



Fonte: autor, 2018.

Nela há cinco menus com os temas, corrente elétrica, efeitos da corrente elétrica, corrente contínua e corrente alternada, resistência elétrica e associação de resistores, por último, janela com identificação da autoria. Além disto, consta no rodapé, mais duas janelas cujos conteúdos são Teoria e Exercícios. A figura 18 ilustra umas das janelas da seção teoria.

Figura 18: Tela de uma Seção Teoria.

Intensidade da corrente elétrica

$$i = \frac{Q}{t} \text{ ou } i = \frac{n \cdot e}{t}$$

É quantidade de carga elétrica que passa por uma seção transversal de um condutor durante um intervalo de tempo.

Unidades de medidas no S.I.:

Q = quantidade de carga elétrica (C),  $Q = n \cdot e$   
t = intervalo de tempo (s)  
i = intensidade de corrente (ampère = C/s)  
n = número de elétrons  
e = carga elementar ( $1,6 \cdot 10^{-19}$  C)

Medida da intensidade da corrente elétrica

O aparelho que nos permite medir o valor da intensidade da corrente elétrica é multímetro na função amperímetro.

QUER SABER MAIS?

EXERCÍCIOS

Conteúdo Teórico da Seção

Curiosidades e informações adicionais.

Exercícios da seção.

Fonte: autor, 2018.

Esta tela mostra a parte teórica, o mesmo acontece ao clicar em cada menu da tela principal, além de constar de mais duas opções, *quer saber mais?* e *exercícios*. E a clicar na primeira opção, abri a próxima tela, como é mostrado Figura 19.

Figura 19. Tela da seção “Quer saber mais?”

Por que valores intensos de corrente elétrica podem causar queimaduras no corpo humano?

Por que médicos fazem o uso do choque elétrico para corrigir o ritmo dos batimentos do coração?

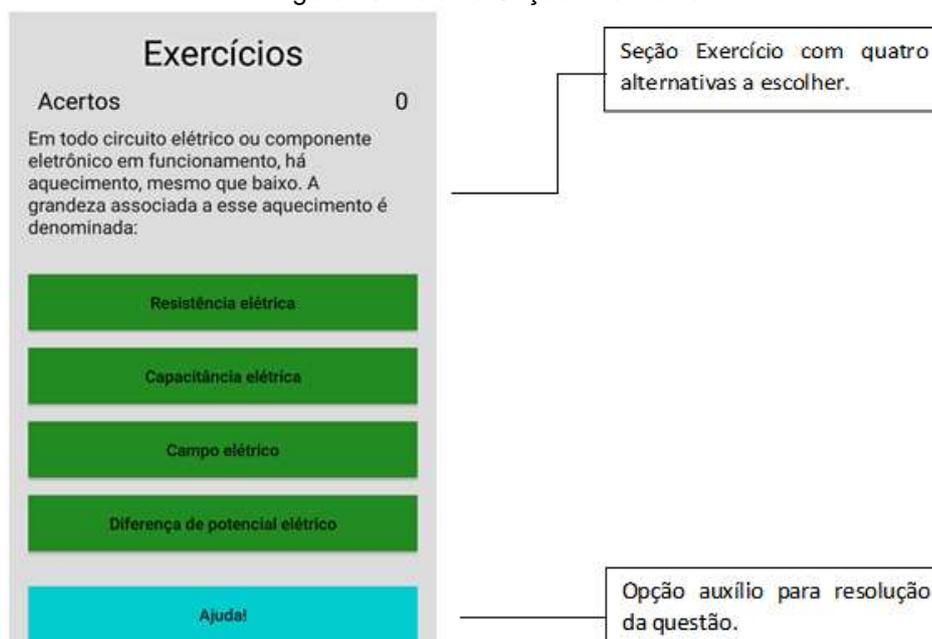
O efeito fisiológico, é caracterizado pelo choque elétrico. Você sabe quais os valores da intensidade corrente que o corpo humano pode suportar durante um choque?

Porque o corpo humano sofrera efeito joule, transformando energia elétrica em energia térmica.

Fonte: autor, 2018.

Esta janela, mostra algumas curiosidades e informações adicionais, ou seja, é uma complementação da Seção Teoria. E a figura 20 mostra a seção de exercícios.

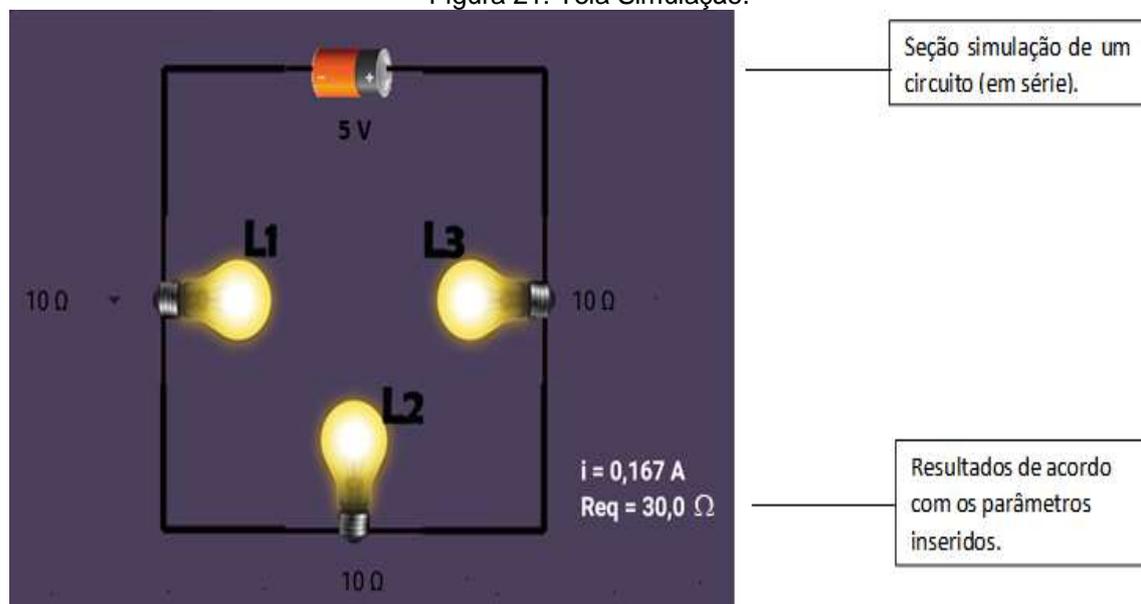
Figura 20: Tela da Seção Exercícios.



Fonte: autor, 2018.

A Figura 20 mostra um exemplo de um exercício, cada questão possui 4 alternativas e com a opção de Ajuda, caso seja necessário. A Figura 21 mostra a simulação de um circuito.

Figura 21: Tela Simulação.



Fonte: autor, 2018.

Esta tela da Figura 21 é esquema de uma associação de resistores em série, com opções para mudar os valores tanto de cada resistor, quando da bateria. E ao

lado aparece o resultado da corrente do circuito e da resistência equivalente. Isso acontece para a simulação dos circuitos em paralelo e mista.

Portanto, foram explicados passo a passo do manuseio de cada parte do aplicativo, propondo que os grupos discutissem a respeito dos conteúdos para construção do conhecimento científico.

## 5.6 Aplicação do pós-teste

Foi sugerido que os grupos estudassem pelo aplicativo e na semana seguinte foi realizada aplicação do pós-teste, este foi elaborado de acordo com o pré-teste, ou seja, as questões com o mesmo objetivo utilizando outra abordagem, como mostra o Apêndice D.

Os grupos foram os mesmos em todo processo, porém, o diferencial foi o comportamento dos mesmos. Dessa vez, os alunos demonstravam mais segurança em relação ao primeiro questionário, melhor interação e com respostas mais rápidas.

Com isso pôde-se observar a construção do conhecimento quando os alunos estão nessa interação social, com o uso da mediação e o professor como o intermediário, como é defendida na teoria sociocultural de Vygotsky.

Com base nos resultados desse questionário, fez-se a coleta de dados, dos dois questionários e um levantamento estatístico desses dados como é mostrado na seção de análise dos resultados, através de gráficos.

## 5.7 Avaliação do produto educacional como recurso didático

A última etapa do processo de aplicação do produto educacional, foi através de uma avaliação do mesmo como recurso didático. O aplicativo **Eletrofís** foi avaliado pelos alunos envolvidos através de um questionário com 8 itens, que são eles: *layout, manuseio, informações disponibilizadas, seção teoria, seção curiosidades, seção exercícios, seção simulação de circuito elétricos, recomendação do aplicativo.*

Em cada item os alunos iriam atribuir uma nota de 1 a 5 como mostra o Quadro 1.

Quadro 1: Avaliação do Produto Educacional.

N	Item	Nota				
		1	2	3	4	5
1	Layout					
2	Manuseio					
3	Informações disponibilizadas					
4	Seção teoria					
5	Seção curiosidades					
6	Seção exercícios					
7	Seção simulação dos circuitos elétricos					
8	Você recomendaria o aplicativo					

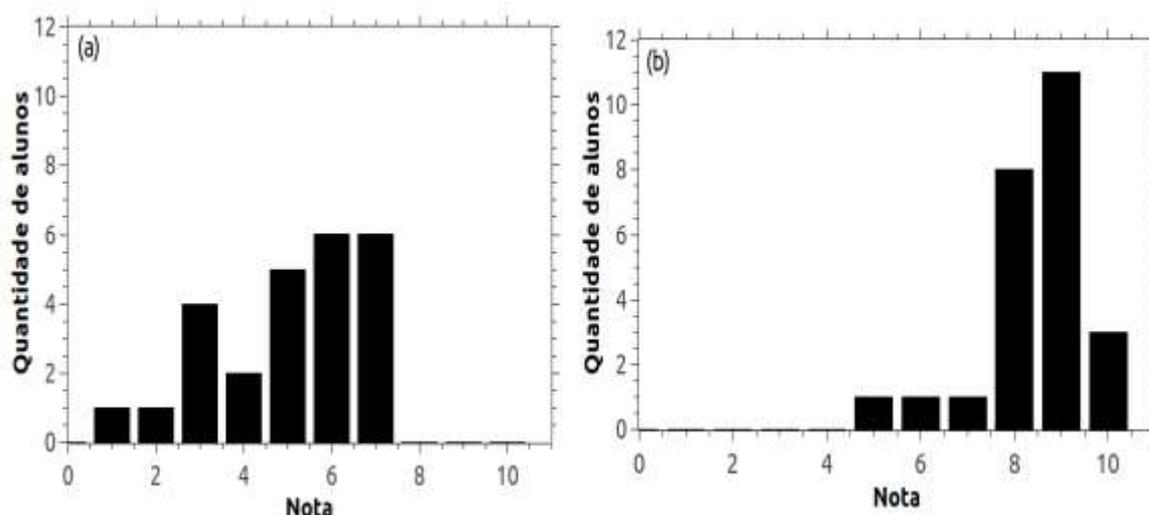
Esta avaliação foi realizada individualmente, com 73 alunos das três turmas envolvidas em todo o processo, no qual tiveram 30 minutos para responder.

O item 1, *Layout* é a design do aplicativo Eletrofís, se o mesmo oferecia um formato atrativo para o usuário. O item 2, *manuseio* se o mesmo oferecia um fácil acesso ao conteúdo. O item 3, *informações disponibilizadas* se o mesmo oferecia informações claras e suficientes para o aprendizado. O item 4, *seção teoria*, se foi o suficiente para os mesmos compreender o estudo da eletrodinâmica. O item 5, *seção curiosidades*, se todas que estão disponíveis no aplicativo era relevante dentro cotidiano. Item 6, *seção exercícios*, os exercícios disponíveis condizem com a teoria que disponibilizada no aplicativo, O item 7, *seção simulação* dos circuitos elétricos, a simulação dos circuitos oferece uma aproximação da realidade e os mesmos foram capaz de mostrar o funcionamento de um circuito. O item 8, *você recomendaria o aplicativo*, se os mesmos indicariam e/ou incentivaria a outras pessoas utilizarem o aplicativo.

## 6 RESULTADOS

O desempenho dos alunos nos dois questionários, aplicados (a) antes e (b) após a apresentação e manuseio do aplicativo **Eletrofis** é mostrado na Figura 22. Em (a) é mostrado claramente que as notas em uma escala de 0 a 10 obtidas pelos alunos são distribuídas em uma ampla faixa [1; 7] não havendo, inclusive, notas superior a 7. Ao passo que em (b) as notas são distribuídas quase que inteiramente em uma estreita faixa [8, 10]. Apenas 12% dos participantes não obtiveram notas dentre desta estreita faixa.

Figura 22: Resultado comparativo do desempenho dos grupos antes (a) e após (b) a aplicação do produto educacional.

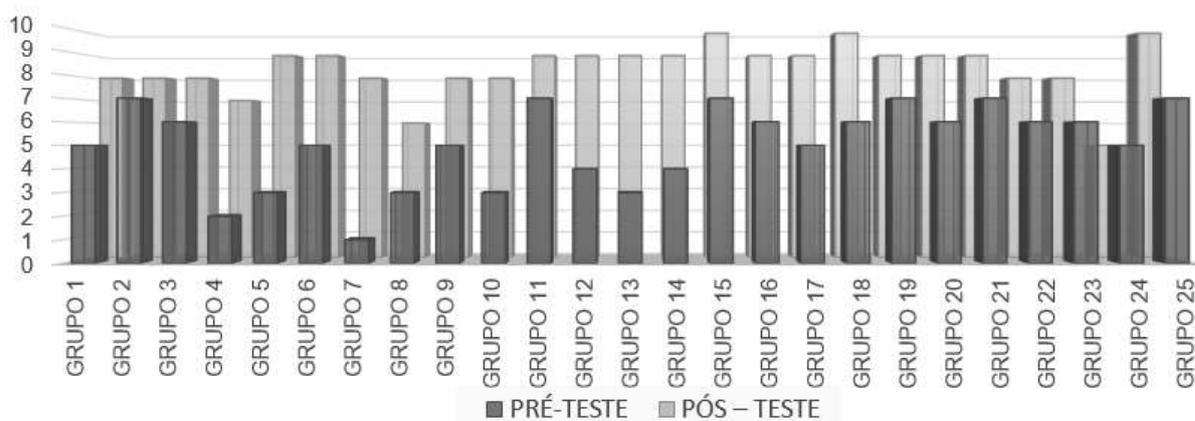


Fonte autor, 2018.

Ressalta-se que um episódio externo comprometeu o desempenho de um grupo. Muito provavelmente, o assalto seguido de roubo dos seus dispositivos fez com que estes participantes obtivessem notas fora da estreita faixa citada acima.

A Figura 23 mostra a dependência de notas por grupo de alunos participantes antes (pré-teste) e após (pós-teste) a utilização do produto educacional, sendo que cada grupo era composto por 3 participantes, totalizando 75 alunos. Este resultado nos permitiu comparar o desempenho e a evolução de cada grupo após terem tido o contato e o manuseio do aplicativo.

Figura 23: Resultado comparativo por grupo antes e depois da aplicação do produto educacional.



Fonte autor, 2018.

De uma maneira geral, este resultado mostra uma evolução no desempenho de praticamente todos dos alunos com a melhora de suas notas. Em média estas notas evoluíram de 5,0 para 8,4. O aumento mais significativo ficou por conta do grupo 7 que teve um crescimento em nota de 1 para 8. Observa-se ainda que apenas o grupo 24 permaneceu com a mesma nota<sup>2</sup>.

O aplicativo **Eletrofís** foi submetido a avaliação por 73 participantes. A Tabela 1 mostra os oito itens avaliados e as correspondentes notas (escala de 1 a 5) atribuídas pelos participantes, sendo 1 correspondendo ao conceito ruim e 5 o conceito excelente.

Tabela 1: Resultado da Avaliação do Produto Educacional.  
Nota

N	Item	1	2	3	4	5	Média Ponderada
1	Layout	0	1	1	11	60	4,48
2	Manuseio	0	1	1	10	61	4,79
3	Informações disponibilizadas	0	0	1	6	66	4,89
4	Seção teoria	0	0	0	9	64	4,87
5	Seção curiosidades	0	0	2	15	56	4,73
6	Seção exercícios	0	0	2	9	62	4,82
7	Seção simulação dos circuitos elétricos	0	0	0	7	66	4,90
8	Você recomendaria o aplicativo	0	0	3	1	69	4,90

Fonte autor, 2018.

<sup>2</sup> Neste caso, ocorreu um fato externo (roubo do celular) que impossibilitou o grupo de usar o aplicativo.

Pode-se notar que esta avaliação mostrou um aspecto bastante positivo, no sentido de que praticamente todos os itens foram bem-conceituados. A grande maioria dos participantes pontuaram todos os itens com notas 4 e 5.

De uma maneira geral, foi observado o entusiasmo dos alunos durante a avaliação do produto educacional. Relataram que seria muito bom se todos os métodos utilizados pelos professores fossem avaliados pelos alunos e assim mostrar o grau de satisfação.

Durante todo processo, houve bastante envolvimento dos alunos, debates em cada grupo em relação ao conteúdo do aplicativos, especialmente nas seções de exercícios e de simulação dos circuitos. Interessante notar que a seção simulação favoreceu uma discussão associando os resultados desta seção com situações do cotidiano. Observaram que a distribuição das lâmpadas da sala de aula era de tal forma semelhante ao circuito em paralelo do aplicativo. Porém, para que o interruptor ligasse e desligasse todas as lâmpadas de uma só vez, seria necessário que este estivesse em série, isto é, tratava-se de um circuito misto. Análise conclusiva feita pelos alunos em que o professor prontamente confirmou o fato.

## 7 CONCLUSÕES

Os resultados mostraram que o produto educacional **Eletrofís** apresentou resultados satisfatórios, pois, foi observado um aumento significativo da quantidade de alunos com notas superiores em relação ao primeiro teste. Outro fator observado que merece destaque foi a forte interação social entre os participantes, mediada pelo produto educacional **Eletrofís**, contribuindo deste modo para a construção do conhecimento científico. Como exemplo, pode-se citar a observação que os mesmos fizeram quando nas associações em paralelo e associação mista de resistores. Neste momento, foi percebido pelos alunos que quando pelo menos uma lâmpada do circuito apresentado pelo aplicativo era desligada, a luminosidade das demais apresentava mudança, o mesmo não acontecendo com a associação em série. Deste modo, foram percebendo o que poderiam ter errado no pré-teste.

O que foi bastante positivo nesta experiência foi perceber que os alunos puderam facilmente relacionar o conhecimento adquirido com os eventos do cotidiano. Neste sentido, considerando que os objetivos propostos foram alcançados de modo satisfatório, melhorando o processo ensino e aprendizagem da eletrodinâmica, a construção e uso especificamente deste recurso tecnológico contribui efetivamente para a melhora da qualidade de ensino de física no ensino médio.

## REFERÊNCIAS

ALMEIDA, M. J. P. M. D. Ensino de Física: para repensar algumas concepções. **Cad.Cat.Ens.Fís.** Florianópolis, v. 9, p. 20-26, Abr. 1992. ISSN 1.

ALVES, F. P.; MACIEL, C. A gamificação na educação: um panorama do fenômeno em ambientes virtuais de aprendizagem. **Researchgate**, nov. 2014.

ARAUJO, I. S.; VEIT, E. A.; MOREIRA, M. A. Um estudo sobre o desempenho de alunos de Física usuários da ferramenta computacional Modellus na interpretação de gráficos em Cinemática, Porto Alegre. Disponível em: <https://lume.ufrgs.br/handle/10183/2251>. Acesso em: 18 abr. 2018.

BESSA, V. D. H. **Teorias da Aprendizagem**. Curitiba: IESDE, Brasil S.A, 2008. 57-63 p. Disponível em: [http://files.psicologandoja.webnode.com.br/200000064-e4114e50b2/teorias\\_da\\_aprendizagem\\_online.pdf](http://files.psicologandoja.webnode.com.br/200000064-e4114e50b2/teorias_da_aprendizagem_online.pdf). Acesso em: 10 junho 2017.

BITTENCOURT, P. A. S.; ALBINO, J. P. O uso das tecnologias digitais na educação do século XXI. **Revista Ibero-Americana de Estudos em Educação**, v. 12, p. 205-215, 2017. ISSN 1.

BORDENAVE, J. D.; PEREIRA, A. M. **Estratégias de Ensino-Aprendizagem**. 30ª ed. Petrópolis, RJ: Vozes, 2010.

CARRARA, K. et al. **Introdução à Psicologia da Educação**. São Paulo: AVERCAMP, 2004.

CARVALHO, C. M. D. UMA REVISÃO DE LITERATURA SOBRE O USO DE SOFTWARES/SIMULADORES/APPLETS E PRINCIPAIS REFERENCIAIS TEÓRICOS NO ENSINO DE FÍSICA. **PIBID**, 26 fevereiro 2012. 6.

CAVALCANTE, K. Canal do Educador. **Brasil Escola**. Disponível em: <http://educador.brasilecola.uol.com.br/estrategias-ensino/a-importancia-matematica-ensino-fundamental-na-fisica-.htm>. Acesso em: 23 jun. 2017.

DELAVALLI, C.; MELO, C. C. Informática na Educação: uso de aplicativos para estímulo do estudo em rede. **CENTRO DE CIÊNCIAS EXATAS E TECNOLOGIA ESCOLA DE INFORMÁTICA APLICADA ESCOLA DE INFORMÁTICA APLICADA**, Rio de Janeiro, junho 2014.

DIAS, R. F. N. C.; MACHADO DA FONSECA, AVALIAÇÃO DA APRENDIZAGEM NA METODOLOGIA PBL. **VIII Encontro de pesquisa em Educação- III Congresso Internacional- Trabalho Docente e processos Educativos**, Uberaba, Setembro 2015. 1-11.

FONSECA, J. J. S. D. **metodologia da pesquisa científica**. Fortaleza: [s.n.], 2002.

GARCIA, J. N. Manual de aprendizagem: linguagem, leitura e escrita Matemática, Porto Alegre, RS, 1998.

GOOGLE PLAY. Apps no Google Play. **Apps no Google Play**, 2018. Disponível em: [https://play.google.com/store/apps/details?id=com.fisicainterativa.app&hl=pt\\_BR](https://play.google.com/store/apps/details?id=com.fisicainterativa.app&hl=pt_BR). Acesso em: 14 jun. 2018.

GUIMARÃES, O.; PIQUEIRA, J. R.; CARRON, W. **Física (Ensino Médio)**. 1ª. ed. São Paulo, SP: Ática, v. 3, 2013.

HALLIDAY, D.; RESNICK, R.; CRAMER, J. **Fundamentos de Física**. 10ª. ed. Rio de Janeiro: LTC, v. 3, 2016.

HEWITT, P. G. **Física Conceitual** 12. ed. São Paulo, SP: Bookman, 2015.

KOHL, M. D. O. **VYGOTSKY aprendizado e desenvolvimento um processo sócio-histórico**. 5. ed. São Paulo: Scipione, 2010.

LECHETA, R. R. **Google Android aprenda a criar aplicações para dispositivos móveis com o Android SDK**. 4. ed. São Paulo: Novatec, 2015.

LUÍSE, D. **UOL EDUCAÇÃO**, 2013. Disponível em: <https://educacao.uol.com.br/noticias/2013/03/06/aplicativos-inovam-aprendizado-incentivando-postura-ativa-e-autonomia-do-aluno-conheca-jogos-e-programas-que-podem-tornar-a-aula-mais-divertida.htm>. Acesso em: 05 jul 2017.

MINAYO, M. C. D. S.; FERREIRA, S.; GOMES, R. **Teoria, método e criatividade**. 28. ed. Petrópolis: Vozes, 2009.

MINAYO, M. C. S. (Org.). **Pesquisa social: teoria, método e criatividade**. Petrópolis: Vozes, 2007.

NUSSENZVEIG, H. M. **Curso de Física Básica** 1. ed. São Paulo, SP: Editora Blucher, V. 3, 1998.

OKUMO, E.; CALDAS, I. L.; CHOW, C. **Física para Ciências Biológicas e Biomédicas**. São Paulo: Harbra Ltda, 1982.

OSTERMANN, F.; CAVALCANTI, C. J. D. H. **Teorias de Aprendizagem**. 1. ed. Porto Alegre: Biblioteca Central da UFRGS, 2011.

PCN+ - Ensino Médio Orientações Educacionais Complementares aos Parâmetros Curriculares Nacionais. Disponível em [http://www.sbfisica.org.br/arquivos/PCN\\_FIS.pdf](http://www.sbfisica.org.br/arquivos/PCN_FIS.pdf). Acesso 18 de jun. 2017.

PILETTI, Claudinho. Didática geral. São Paulo: Ática, 1995.

POZO, J. I.; CRESPO, M. A. G. **A aprendizagem e o ensino de ciências: do conhecimento cotidiano ao conhecimento científico**. 5. ed. Porto Alegre: Artmed, 2009.

REINALDO, F. et al. Impasse aos Desafios do uso de Smartphones em Sala de Aula: Investigação por Grupos Focais. **Revista Ibérica de Sistemas e Tecnologias de Informação**, set. 2016. ISSN 19.

REIS, L. Historia da eletricidade. **Mundo Ciência**, 2016. Disponível em: <http://www.mundociencia.com.br/fisica/historia-da-eletricidade/>. Acesso em: 30 jul. 2017.

SOUZA, S. C.; DOURADO, L. APRENDIZAGEM BASEADA EM PROBLEMAS (ABP): UM MÉTODO DE APRENDIZAGEM INOVADOR PARA O ENSINO EDUCATIVO. **HOLOS**, Ano 31, Vol. 5, Rio Grande do Norte, março-setembro 2015.

VIGOTSKII, L. S.; LURIA, A. R.; LEONTIEV, A. N. **Linguagem, desenvolvimento e aprendizagem**. 11. ed. São Paulo: Ícone Editora, 2010.

VYGOTSKY, L. S. A formação social da mente: o desenvolvimento dos processos psicológicos superiores. 6 ed. São Paulo: Martins Fontes, 1998.

YOUNG, H. D.; FREEDMAN, R. A. **Física**. 12. ed. São Paulo: Addison Wesley, v. 3, 2009.



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

**Reges Carvalho dos Santos**

**ELETROFIS: Um aplicativo didático em Eletrodinâmica para Ensino Médio  
(PRODUTO EDUCACIONAL)**

**TERESINA**

**2019**

## **Apende A: Produto Educacional**

### **INTRODUÇÃO**

A Física, compreendida como "uma das disciplinas que fazem parte das chamadas ciências da natureza, tem como objetivo o estudo do mundo em seus fenômenos, da matéria e da energia" (POZO; CRESPO, 2009, p. 189). Seu conteúdo, ministrado nos três anos do ensino médio, torna-se útil para melhor conhecimento da natureza e dos seus fenômenos naturais.

No entanto, tomando como base minha experiência enquanto professor de Física do ensino médio ao longo da última década, tenho observado que a maioria dos alunos quando se depara com a Física do ensino médio não apresenta as habilidades mínimas esperadas pois, segundo Cavalcante (2010), a falta de conhecimentos básicos em leitura e interpretação de textos e dificuldades com a matemática básica, são fatores que prejudicam a aprendizagem do estudante logo no primeiro contato com a Física no ensino médio. Tudo isto, têm impactado em inúmeras dificuldades, pois essa disciplina exige diversos conhecimentos adquiridos ao longo do processo ensino fundamental.

Dessa forma, há necessidade da apropriação de conhecimentos, desenvolver novas ferramentas e, principalmente, maior empenho dos profissionais que atuam nesse campo de saber. Para tanto, se faz necessário um investimento profissional no sentido de buscar novas estratégias metodológicas para facilitar o processo ensino e aprendizagem.

Para tanto, o ensino de Física deve apresentar-se como sendo um conjunto de competências a serem alcançadas, tais como, representação e comunicação; investigação e compreensão e contextualização sociocultural, que visem aprimorar tal ensino, ou melhor, torná-lo cada vez mais significativo para os discentes (BRASIL, 2000).

No entanto, não se pode garantir que essas competências sejam construídas no decorrer do ensino médio sem um caráter investigativo, onde os alunos questionem, problematizem os fenômenos presentes no seu cotidiano. Queremos dizer com isto que não apenas trabalhar de forma pragmática, imediata, mas, também ensinando os conteúdos da Física numa perspectiva em que esses alunos sejam estimulados às perguntas, sem o professor dar respostas a situações idealizadas (BRASIL, 2000).

Para tanto, estas competências devem ser levadas em consideração de modo que o uso e a inserção das novas tecnologias como ferramentas mediadoras nesse processo de ensino e aprendizagem em sala de aula.

Entendemos que a tecnologia faz parte do contexto atual contemporâneo, e a presença de dispositivos móveis (aplicativos) nas escolas é indiscutível, principalmente por parte dos alunos que geralmente utilizam estes dispositivos em espaços não escolares para acesso a redes sociais, sem a relação com as disciplinas que são ministradas.

Dessa forma, os professores se apropriando das novas tecnologias, provavelmente tornariam as aulas mais dinâmicas, contribuindo de forma positiva na relação professor e aluno. De acordo com os estudos de Chiofi e Oliveira (2014), é importante entender que o uso de tecnologias educacionais está relacionado com a qualidade do ensino, desde que as mesmas sejam utilizadas de forma planejada e com concepções filosóficas e educacionais. E assim, permitindo uma aplicabilidade pedagógica inovadora, fazendo a diferença nos resultados, além de fortalecer a democratização do acesso e apropriação do conhecimento e do ensino de qualidade. Como reforça Luíse (2013), na sala de aula, aplicativos para celulares, *tablets* e computadores são boas ferramentas pedagógicas e ajudam a desenvolver a autonomia dos alunos, afirmam especialistas em educação.

O ensino de Física vem ganhando cada vez mais espaço dentro do contexto tecnológico e o uso de *smartphone* e *tablets* é muito comum dentro das escolas. A partir desse entendimento e com o propósito de favorecer o processo ensino e aprendizagem desenvolvemos um aplicativo para sistema Android que trata especificamente do conteúdo de eletrodinâmica para o ensino médio apresentado de forma lúdica, dinâmica e resgata situações do cotidiano. Os conteúdos abordam a definição de corrente elétrica, intensidade da corrente elétrica, associação de resistores elétricos, potência elétrica, entre outros.

Este trabalho teve como produto educacional o aplicativo para sistema Android referido acima, chamado **Eletrofis**, que tem como principais características animações com simulação, curiosidades e listas de exercícios apresentadas de forma dinâmica, sempre buscando relacionar esses conteúdos com o cotidiano dos alunos, facilitando assim a abstração e as resoluções de problemas propostos.

## FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

### Teoria da aprendizagem

Vygotsky dedicou-se principalmente ao estudo das funções psicológicas superiores ou processos mentais, no qual o ser humano tem a capacidade de imaginar eventos, objetos ausentes, planejar ações para momentos posteriores entre outros. Isso é possível pela interação com meio cultural e com ajuda de instrumentos que é um elemento interposto entre o trabalhador e o seu trabalho, e signos que são elementos necessários para o controle comportamental do próprio indivíduo com o meio. Esta etapa está relacionada ao entendimento de mediação, em que a utilização de instrumentos e signos tipifica a essência arquitetada da consciência do indivíduo, que para Vygotsky, o desenvolvimento humano é definido pela interiorização dos instrumentos e signos (Bessa, 2008).

Os processos elementares (como os reflexos) são de origem biológica e constituem a "pré-história" das funções superiores e conscientes (pensamento, linguagem, formação de conceitos, atenção voluntária) que são de origem sociocultural. Através da interação social é que os processos psicológicos superiores são desenvolvidos. Dessa forma o modelo de Piaget é diferente do modelo de Vygotsky, para Piaget a sociedade e a cultura não tem um papel na relação direta com as estruturas endógenas, mas tem como função a formação do indivíduo, já Vygotsky apresenta um modelo de arquitetura variável, na ontogênese, ou seja, o desenvolvimento do indivíduo está ligado a interação com meio cultural (Carrara, et al., 2004).

O conceito de *zona de desenvolvimento proximal* é que apresenta maior repercussão, pois, trata-se do que o indivíduo já sabe e o que ele pode fazer interagindo com outros, tudo dentro de nivelamento de conhecimento e assim ocorrendo aprendizagem que impulsiona o desenvolvimento. Por exemplo, o que aluno consegue realizar sozinho e que ele consegue fazer com a interação com o professor e com os demais colegas (Kohl, 2010).

Por isso, para Vygotsky, o bom ensino é aquele que garante aprendizagem e impulsiona o desenvolvimento. Ele não se dirige para um novo estágio do processo de desenvolvimento, mas, ao invés disso, vai a reboque desse processo. Assim, a

noção de zona de desenvolvimento proximal capacita-nos a propor uma nova fórmula, a de que o "bom aprendiz" é somente aquele que se adianta ao desenvolvimento (OSTERMANN e CAVALCANTI, 2011).

Nesta perspectiva a escola tem um papel importante como motor do desenvolvimento onde Vygotski afirma:

...o aprendizado adequadamente organizado resulta em desenvolvimento mental e põe em movimento vários processos que, de outra forma, seriam impossíveis de acontecer. Assim, o aprendizado é um aspecto necessário e universal do processo de desenvolvimento das funções psicológicas culturalmente organizadas e especificamente humanas (VYGOTSKI, 1998, p. 118).

É destacada, portanto, a figura professor como essencial do saber, por representar um elo intermediário entre o aluno e o conhecimento disponível no ambiente. O professor utiliza os elementos mediadores para aprendizagem e impulsiona o desenvolvimento mental dos alunos, através de sistema de signos, linguagem, diagramas entre outros. Nesse caso, o papel da educação na perspectiva vygotskyana é o desenvolvimento da consciência humana construída culturalmente (OSTERMANN e CAVALCANTI, 2011).

### **Teoria Sócio-histórica-cultural da aprendizagem**

Diferentemente dos outros animais, que já trazem ao nascer habilidades específicas que se desenvolvem na fase adulta, o homem precisa aprender para se desenvolver. Em outras palavras podemos dizer, que aquilo que o animal aprende não passa para gerações futuras de sua espécie, diferentemente do homem que desde o princípio da história humana não parou de se desenvolver (Bessa, 2008).

Dessa forma, a teoria histórico-cultural mostra que o processo de desenvolvimento é o resultado do processo de aprendizagem, ou seja, a medida que o homem aprende mais, este transmite esse conhecimento para outros, e assim garantindo o desenvolvimento histórico para gerações seguintes. Esse processo de apropriação é sempre um processo de educação (Kohl, 2010).

Essa compreensão do desenvolvimento do homem é assumida por essa abordagem histórico-cultural, no qual surge a partir de condições adequadas de vida e de educação. Podemos citar como exemplo, as crianças que começam a se desenvolver mais intensamente, desde os primeiros anos de vida, através de diversas atividades práticas, intelectuais, artísticas, iniciando a formação de ideia, atitudes, hábitos morais, sentimentos, e o desenvolvimento na educação escolar (Carrara , et al., 2004), (Kohl, 2010).

Vygotsky, em sua abordagem sócio interacionista mostra que o homem se desenvolve como indivíduo a partir da sua relação com o meio físico e social. Dessa forma, os indivíduos humanos se desenvolvem ao longo do processo de interiorização de formas culturais e comportamentais do meio em que vive, originando suas características humanas que não estavam presentes ao nascer, mais que foram adquiridas no decorrer da interação social e cultural (Kohl, 2010).

Conforme Vygotsky, as funções psíquicas humanas, como a memória, o pensamento, a linguagem oral, a escrita, o cálculo, antes de serem internalizadas precisam ser vivenciadas nas relações com outros indivíduos, pois, essas funções não se desenvolvem espontaneamente. Ou seja, essa apropriação resulta de processos externos de outros indivíduos, como por exemplo, a ação do educador que é importante no processo educativo (Bessa, 2008) (Kohl, 2010).

Portanto, o progresso das funções psíquicas deve ser buscado nas relações sociais entre o indivíduo e o meio. E todo processo de desenvolvimento humano, se dar através da inserção de determinado grupo cultural. Desse modo, o indivíduo realiza uma ação externa que deve ser interpretada por outras pessoas ao seu redor, e de acordo com a reação dessas pessoas, que o indivíduo vai começar atribuir significados a suas ações e assim desenvolver seus processos psicológicos internos, no qual poderá ser interpretado por ele mesmo, ou pelo grupo, e assim passada a diante (Carrara , et al., 2004).

## **A mediação**

Vygotsky dedicou-se mais aos estudos daquilo que chamamos funções psicológicas ou processo mentais superiores, onde interessou-se em compreender os

mecanismos psicológicos mais complexos do ser humano, como o comportamento e ação intencional. Em outras palavras, apesar do suporte biológico, as funções psicológicas humanas firmam-se nas relações sociais entre o indivíduo e o mundo (Carrara , et al., 2004).

Outro ponto importante dentro das concepções vygotskianas sobre o funcionamento psicológico é o conceito de *mediação*, que é um elemento intermediário numa relação. Assim, a relação deixa de ser direta e passa a ser *mediada* por um sistema simbólico, que são elementos auxiliares, na atividade humana. Então, a relação do homem com seu meio se torna mais complexa quando mediadas por esses elementos. Vygotsky distinguiu dois tipos de elementos mediadores: os *instrumentos* e os *signos* (Carrara , et al., 2004).

O instrumento é um elemento interposto entre o trabalhador e o objeto de seu trabalho, capaz de alterar o meio em que vivem. As transformações da natureza e a formação da sociedade são frutos do trabalho individual e coletivo do homem. A utilização desses instrumentos como mediador da relação entre o indivíduo e o mundo é uma especificidade do homem, visto que os animais utilizam instrumentos de forma rudimentar e os mesmos não produzem esses elementos com objetivo específico e nem guardam para o uso futuro. Em outras palavras, a relação do homem com o meio, mediada por esses instrumentos é o que chamamos processo histórico-cultural (Carrara , et al., 2004).

O signo também chamado por Vygotsky de *instrumentos psicológicos* são orientados para dentro do próprio sujeito, ou seja, está voltado para o controle das ações psicológicas. O signo auxilia em diversas situações que exige memória ou atenção. Podemos citar como exemplo, fazer uma lista de compras por escrito, utilizar mapas para encontrar um determinado local, entre outros. Dessa forma desse modo, essa mediação possibilitou um comportamento e ação motora mais controlada, e as ações psicológicas mais sofisticadas, menos impulsiva. E com passar do tempo, os indivíduos deixam de necessitar de meios externos (signos) e começam a internalizar situações e conhecimentos (Carrara , et al., 2004).

## Aprendizagem e desenvolvimento

A compreensão de ser humano e de como ele reproduz para si as qualidades humanas está diretamente relacionada com os processos de desenvolvimento, e constitui o aspecto tanto na organização cultural quanto na organização das funções psicológicas. Os processos da aprendizagem recebem interferência do meio em que vive. Essa aprendizagem pode ser definida como sendo o despertar do interior do sujeito que não seria possível ocorrer, sem a interação com o ambiente cultural (Kohl, 2010).

Para Vygotsky esse ambiente cultural é de fundamental importância para o desenvolvimento, uma vez que criam aptidões e capacidades que não existem no indivíduo no nascimento e que são agregadas com essa interação. Isso nos permite dizer que o indivíduo aprende e impulsiona o desenvolvimento criando novas perspectivas. Temos como exemplo, uma criança sem o contato com a cultura, com os adultos, com crianças mais velhas não possível a mesma aprender, e dessa forma não ocorrera as aptidões humanas, ou seja, o desenvolvimento (Kohl, 2010).

Por isso, para Vygotsky, o bom ensino é aquele que garante aprendizagem e impulsiona o desenvolvimento, sendo possível quando conhecemos as especificidades de uma criança por exemplo, e a colocamos em um meio que possa agregar uma aprendizagem induzindo ao desenvolvimento, ou seja, o caminho que o indivíduo deve percorrer para desenvolver funções que estão inatas. Esse processo de amadurecimento tornará funções consolidadas de acordo com o nível de interação com o meio, é o que chamamos de zona de desenvolvimento proximal (Kohl, 2010).

Portanto, as contribuições da teoria Sócio-histórica-cultural da aprendizagem de Vygotsky foram de suma importância para o processo de avaliação e aplicação do produto educacional ***Eletrofis***, já que a interação dos alunos contribuiu fortemente para compreensão dos conteúdos de eletrodinâmica abordados no aplicativo.

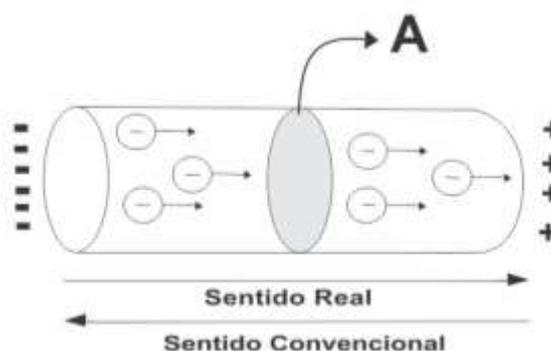
## ELETRODINÂMICA

### Corrente elétrica

A eletrodinâmica é a parte da eletricidade que estuda o comportamento das *cargas elétricas* em movimento. Em um material condutor, há portadores livres de carga que, devido a agitação térmica, se movem desordenadamente sem uma direção preferencial. Um movimento ordenado destes portadores de carga torna-se possível quando se aplica uma diferença de potencial através deste material condutor, como por exemplo cobre. A este fluxo ordenado de portadores de cargas elétricas dá-se o nome de *corrente elétrica* (Halliday, Resnick, & Krane, Física 3, 2006).

A Figura A 1 ilustra um fio condutor de seção transversal de área  $A$  submetido a uma diferença de potencial elétrico, produzindo um movimento ordenado de portadores de carga.

Figura A 1: Corrente elétrica



Fonte: Autor, 2019.

Quando  $n$  portadores de carga atravessa a seção transversal de área  $A$  do fio condutor em um dado intervalo de tempo, a *intensidade da corrente elétrica* é definida como esta quantidade total ( $q=n.e$ ) que atravessou a seção por unidade de tempo  $t$ , *i.e.*,

$$i = \frac{dq}{dt} \quad (1)$$

Considerando coulomb (C) e segundo (s) as correspondentes unidades de medida de carga elétrica e de tempo no SI, a unidade de medida de corrente elétrica

é expressa por C/s, nomeadamente, ampère (A). De modo que,  $1C/s = 1A$  (Nussenzveig, 1997).

O sentido convencional da corrente elétrica é tal que se opõe ao sentido real dos portadores de carga, como também é ilustrado na Figura A 1.

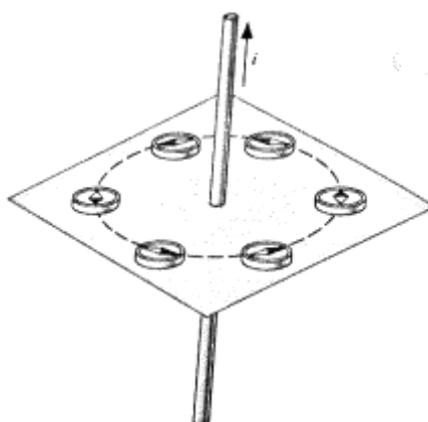
A quantidade total de cargas elétricas  $q$  que atravessa a seção transversal do condutor durante um intervalo de tempo ( $t$ ) é obtida por integração direta da eq. (1),

$$q = \int dq = \int_0^t i dt \quad (2)$$

### Efeito magnético da corrente elétrica em um fio condutor

O primeiro registro de evidências do efeito de uma corrente elétrica em um fio condutor foi registrado por *Hans Christian Oersted* (1820). Ele observou que quando uma bússola é colocada próxima de fio reto conduzindo uma corrente elétrica, a agulha da bússola alinhava-se de modo a ficar tangente a um círculo desenhado em torno do fio (Figura A 2). Essa descoberta de *Oersted* forneceu a primeira evidência do efeito magnético de uma corrente elétrica (Halliday, Resnick, & Krane, Física 3, 2006).

Figura A 2: Experimento de Oersted



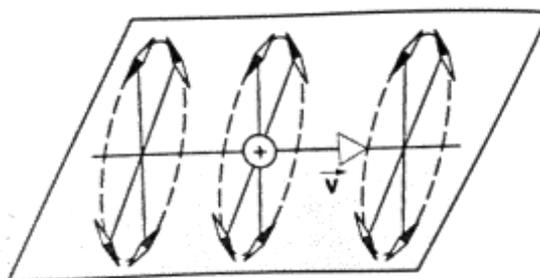
Fonte: HALLIDAY; RESNICK; CRAMER, 2006.

Apesar do campo magnético de uma única carga ser extremamente pequeno, conceitualmente é mais fácil iniciar o estudo das fontes do campo magnético com uma discussão sobre como uma única carga em movimento produz um campo magnético.

Dessa forma, conduz-se um “experimento mental” no qual projeta-se uma única carga  $q$  com velocidade  $\vec{v}$  e detecta-se o campo com uma agulha magnética suspensa que é livre para girar em qualquer direção.

A Figura A 3 mostra os resultados deste experimento. A carga em movimento estabelece um campo magnético  $\vec{B}$  e a agulha indica a direção e o sentido do campo em qualquer posição (Halliday, Resnick, & Krane, Física 3, 2006).

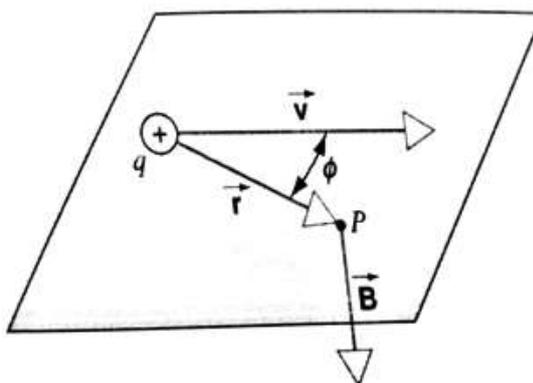
Figura A 3: direção e o sentido do campo magnético.



Fonte: HALLIDAY; RESNICK; CRAMER, 2006.

Para definir o campo magnético  $\vec{B}$  em um ponto arbitrário  $P$ , deve-se observar se  $\vec{B}$  é perpendicular ao plano determinado por  $\vec{v}$  e  $\vec{r}$  (vetor que posiciona  $P$  em relação a  $q$ ), conforme ilustra Figura A 4.

Figura A 4: Campo magnético no ponto devido a carga em movimento



Fonte: HALLIDAY; RESNICK; CRAMER, 2006.

Verifica-se que a intensidade de  $\vec{B}$  obedece relações de proporcionalidade tais que  $\vec{B} \propto \frac{q \cdot \vec{v}}{r^2}$ , bem como  $B \propto \sin \phi$  e que varia com o inverso do quadrado da distância  $r$ , *i.e.*,  $B \propto 1/r^2$ . Dessa forma, temos

$$B\alpha \frac{qv \text{sen}\phi}{r^2} \quad (3)$$

A direção de  $\vec{B}$  em relação a  $\vec{v}$  e  $\vec{r}$  remete ao produto vetorial. Assim, pode-se escrever a eq.(3) na forma vetorial como

$$\vec{B} = K \frac{q\vec{v}x\vec{r}}{r^2} \quad (4)$$

Onde K é uma constante de proporcionalidade a ser determinada. Aqui  $\hat{r}$  é um vetor unitário na direção de  $\vec{r}$ . Uma vez que  $\hat{r} = \vec{r}/r$ , pode-se escrever a eq.(4) como

$$\vec{B} = K \frac{q\vec{v}x\vec{r}}{r^3} \quad (5)$$

mesmo que exista um fator  $r^3$  no denominar, o campo varia  $1/r^2$ , porque também existe um fator  $r$  no numerador. A constante de proporcionalidade é definida nas unidades do SI para ter o valor exato de  $10^{-7}$  tesla.metro/ampère (T.m/A). Entretanto, assim como no caso de eletrostática, é conveniente escrever-se a constante de uma forma diferente:

$$K = \frac{\mu_0}{4\pi} = 10^{-7} T \cdot \frac{m}{A}$$

A constante  $\mu_0$  tem sido historicamente conhecida como a constante de permeabilidade, e nesse contexto será denominada constante magnética. Agora pode-se escrever a expressão completa para o campo magnético devido a uma carga em movimento

$$\vec{B} = \frac{\mu_0}{4\pi} \frac{q\vec{v}x\hat{r}}{r^2} = \frac{\mu_0}{4\pi} \frac{q\vec{v}x\vec{r}}{r^3} \quad (6)$$

Pode-se escrever a intensidade de  $\vec{B}$  como

$$\vec{B} = \frac{\mu_0}{4\pi} \frac{q v \text{sen}\phi}{r^2} \quad (7)$$

onde  $\phi$  é o ângulo entre  $\vec{v}$  e  $\vec{r}$ .

Sabendo que a força exercida sobre uma carga individual em movimento é  $\vec{F}_B = q\vec{v} \times \vec{B}$ , e a força magnética exercida sobre um elemento de corrente,  $d\vec{F}_B = i d\vec{L} \times \vec{B}$ , nessa equação  $d\vec{L}$  é um vetor cujo comprimento é igual ao comprimento do elemento de fio e cuja direção e sentido são iguais à direção e sentido naquele elemento.

Podemos modificar a eq.(7) buscando a contribuição de  $d\vec{B}$  para o campo magnético devido a um elemento de corrente, o qual pode ser representado por um elemento de carga  $dq$  se movendo com velocidade  $\vec{v}$

$$d\vec{B} = \frac{\mu_0}{4\pi} \frac{dq\vec{v}x\hat{r}}{r^2} \quad (8)$$

Podemos escrever a velocidade com  $\vec{v} = d\vec{S}/dt$ , de modo que a carga  $dq$  se move através do deslocamento  $d\vec{S}$  durante o intervalo de tem  $dt$ . Agora, temos

$$dq\vec{v} = dq \frac{d\vec{S}}{dt} = \frac{dq}{dt} d\vec{S} = id\vec{S} \quad (9)$$

Substituindo a eq.(9) em eq. (8), obtemos

$$d\vec{B} = \frac{\mu_0}{4\pi} \frac{id\vec{S}x\hat{r}}{r^2} = \frac{\mu_0}{4\pi} \frac{id\vec{S}x\hat{r}}{r^3} \quad (10)$$

Esta expressão é conhecida como a *lei de Biot- Savart*. A direção e o sentido de  $d\vec{B}$  são os mesmos de  $d\vec{S} \times \vec{r}$ . A intensidade do elemento de campo  $d\vec{B}$  é

$$dB = \frac{\mu_0}{4\pi} \frac{id\vec{s} \text{sen}\phi}{r^2} \quad (11)$$

Onde  $\phi$  é o ângulo entre o vetor  $d\vec{s}$  o qual indica o sentido da corrente, o vetor  $\vec{r}$  que vai do elemento de corrente ao ponto de observação P. Logo, para determinar o campo total  $\vec{B}$  devido a toda distribuição de corrente, é necessário integrar sobre todos os elementos de corrente  $i d\vec{s}$ , e assim temos

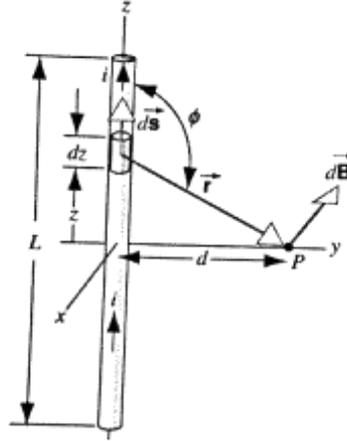
$$\vec{B} = \int d\vec{B} = \frac{\mu_0}{4\pi} \int \frac{id\vec{s}x\hat{r}}{r^2} = \frac{\mu_0}{4\pi} \int \frac{id\vec{s}x\vec{r}}{r^3} \quad (12)$$

Portanto, podemos aplicar a lei de *Biot-Savart* para calcular os campos magnéticos de alguns fios condutores de corrente em diferentes formas.

A Figura A 5 ilustra a utilização da lei de *Biot-Savart* aplicando-a ao cálculo do campo magnético devido a uma corrente  $i$  em um segmento de fio reto de comprimento  $L$ . O fio esta ao longo do eixo  $z$  e para determinar  $\vec{B}$  no ponto  $P$  sobre o eixo  $y$ , a uma distância  $d$  do fio. O centro do fio está na origem, de modo que  $P$  está sobre o bissetor perpendicular do fio. Utilizando a regra da mão direita, pode-se mostrar que  $d\vec{S} \times \vec{r}$  é um vetor que aponta no sentido negativo de  $x$  e que todo elemento  $i d\vec{S}$  do fio fornece um  $d\vec{B}$  no sentido negativo de  $x$  e, portanto, quando se

adicionam todos os elementos  $d\vec{B}$  observa-se que o campo total está no sentido negativo de x (Halliday, Resnick, & Krane, Física 3, 2006).

Figura A 5: Um segmento de Fio reto



Fonte: HALLIDAY; RESNICK; CRAMER, 2006.

Com  $d\vec{s}$  na direção z tem-se  $ds = dz$  e z será a variável de integração, indo de  $-L/2$  até  $+L/2$ . Para integrar eq.(11) primeiro é necessário expressar  $\phi$  e r em termos da variável de integração z.

$$r = \sqrt{z^2 + d^2}$$

onde,  $\sin\phi = \sin(\pi - \alpha)$ ;  $\sin\phi = \sin\pi \cdot \cos\alpha - \sin\alpha \cdot \cos\pi$ ;

$$\sin\phi = \sin(\pi - \phi) = \frac{d}{\sqrt{z^2 + d^2}}$$

Efetuando estas substituições na eq.(11), obtém-se

$$dB = \frac{\mu_0 i}{4\pi} \frac{dz \sin\phi}{r^2} = \frac{\mu_0 i}{4\pi} \frac{d}{(z^2 + d^2)^{1/2}} \frac{dz}{(z^2 + d^2)}$$

$$dB = \frac{\mu_0 i}{4\pi} \frac{d}{(z^2 + d^2)^{3/2}} dz \quad (13)$$

Desenvolvendo-se a integração, obtém-se o campo total:

$$B = \frac{\mu_0 i d}{4\pi} \int_{-L/2}^{+L/2} \frac{dz}{(z^2 + d^2)^{3/2}}$$

onde,  $z = d \tan\alpha$ ;  $dz = d \sec^2\alpha d\alpha$

$$B = \frac{\mu_0 i d}{4\pi} \int \frac{\sec^2 \alpha d\alpha}{(d^2 + \alpha^2 \operatorname{tg}^2 \alpha)^{3/2}} = \frac{\mu_0 i}{4\pi d^3} \int \frac{\sec^2 \alpha d\alpha}{[1 + \operatorname{tg}^2 \alpha]^{3/2}} = \frac{\mu_0 i}{4\pi d} \int \frac{\sec^2 \alpha d\alpha}{[\sec^2 \alpha]^{3/2}}$$

$$= \frac{\mu_0 i}{4\pi d} \int \frac{d\alpha}{\sec \alpha}$$

$$B = \frac{\mu_0 i}{4\pi d} \cdot \int \cos \alpha d\alpha; \quad \cos \Phi = \cos(\pi - \alpha) = \operatorname{sen} \pi \cdot \operatorname{sen} \alpha + \cos \pi \cdot \cos \alpha$$

$$B = \frac{\mu_0 i}{4\pi d} \cdot [\operatorname{sen} \alpha] = \frac{\mu_0 i}{4\pi d} \left[ \frac{z}{(z^2 + d^2)^{1/2}} \right]_{z=-\frac{L}{2}}^{z=\frac{L}{2}} = \frac{\mu_0 i}{4\pi d} \cdot \left[ \frac{\frac{L}{2}}{\left(\frac{L^2}{4} + d^2\right)^{1/2}} + \frac{\frac{L}{2}}{\left(\frac{L^2}{4} + d^2\right)^{1/2}} \right]$$

$$B = \frac{\mu_0 i}{4\pi d} \frac{L}{(L^2/4 + d^2)^{1/2}} \quad (14)$$

No limite para um fio muito longo, *i.e.*,  $L \gg d$ , a eq.(14) torna-se

$$\frac{L}{\left(\frac{L^2}{4} + d^2\right)^{1/2}} = \frac{L}{[L^2 \left(\frac{L^2}{4} + \frac{d^2}{L^2}\right)]^{1/2}} = \frac{L}{L \left(\frac{1}{4} + \frac{d^2}{L^2}\right)^{1/2}} = 2$$

$$B = \frac{\mu_0 i}{2\pi d} \quad (15)$$

A lei de campos magnéticos, a lei de Ampère, a qual é similar a lei de Gauss no sentido em que ela simplifica os cálculos de campo magnéticos em casos com alto grau de simetria (Halliday, Resnick, & Krane, Física 3, 2006).

### Efeito térmico da Corrente Elétrica em um condutor (Efeito Joule)

Para transportar uma carga  $dq$  através de uma diferença de potencial  $U$  (por exemplo, de um ao outro eletrodo da bateria), é preciso fornecer-lhe uma energia ( $dq$ )  $U$ . Logo, para manter uma corrente  $i = dq/dt$  durante um tempo  $dt$  através de  $U$ , é preciso fornecer uma energia

$$dW = (i \cdot dt) \cdot U \quad (16)$$

O que corresponde a uma *potência dissipada* (energia por unidade de tempo)

$$\frac{dW}{dt} = P = i \cdot U \quad (17)$$

Para uma corrente num trecho  $dl$  de um condutor de secção  $S$ , no qual a queda de potencial é  $dU$ , temos

$$dP = \frac{i \cdot dU}{dl} = i \cdot dl \cdot E = j \cdot S \cdot dl \cdot E = j \cdot E \cdot dv \quad (18)$$

Onde  $dv = S \cdot dl$  é o volume do elemento de condutor considerado, e  $\mathbf{j}$  é paralelo a  $\mathbf{E}$ . Logo, a *densidade de potência* (potência por unidade de volume) é

$$\frac{dP}{dv} = j \cdot E \quad (19)$$

Para um condutor ôhmico, com  $\mathbf{j} = \delta \mathbf{E}$ , isto dá

$$\frac{dP}{dv} = \delta E^2 = \frac{j}{\delta} \quad (20)$$

O que acontece com essa potência? Como em outros processos onde há atrito, ela é dissipada sob forma de calor (por exemplo, num chuveiro elétrico) podendo também produzir radiação térmica visível, como no aquecimento ao rubro da resistência de um aquecedor ou fogão elétrico. Em termos da resistência  $R$  do condutor, fica

$$P = i^2 \cdot R = \frac{U^2}{R} \quad (21)$$

Essa conversão de energia elétrica em calor é conhecida como *efeito joule*: foi descoberta por James Prescott Joule no decurso de suas experiências sobre equivalente mecânico do calor. Em termos microscópicos, o calor corresponde à energia de vibração da rede, resultante da interação elétron-fônon. O “atrito” transfere energia da corrente para os fônons. (Nussenzveig, 1997).

### **Efeitos químico da Corrente Elétrica (Eletrolise)**

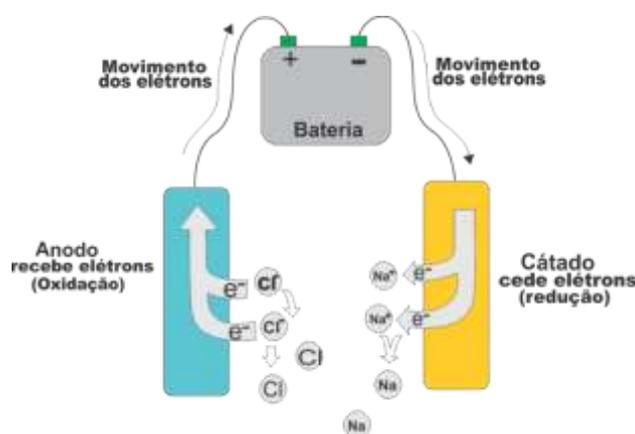
As células voltaicas são baseadas nas reações redox (*oxidação e redução*) espontâneas. Também é possível fazer com que reações redox não espontâneas

ocorram, mas usando energia elétrica para promovê-las. Por exemplo, a eletricidade pode ser utilizada para decompor o cloreto de sódio fundido em seus elementos constituintes Na e Cl<sub>2</sub>. Tais processos, produzidos por uma fonte externa de energia elétrica, são chamadas de reações de eletrólise e ocorrem em células eletrolíticas (Atkins & Loretta, 2012).

Uma célula eletrolítica consiste de dois eletrodos em um sal fundido ou uma solução. Uma bateria ou qualquer outra fonte de corrente elétrica contínua age como uma bomba de elétrons, empurrando elétrons para o eletrodo e puxando-os do outro. Assim como nas células voltaicas, o eletrodo em que ocorre redução é chamado cátodo, e o eletrodo em que ocorre oxidação é chamado ânodo (Atkins & Loretta, 2012).

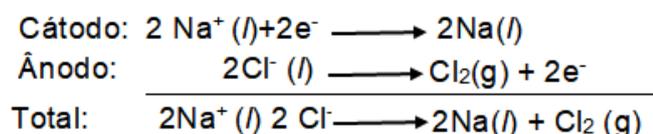
Na eletrólise de NaCl fundido, ilustrado na Figura A 6 os íons Na<sup>+</sup> recebem elétrons e são reduzidos a Na no cátodo à medida que os íons Na<sup>+</sup> da solução migram em sua direção.

Figura A 6: Eletrólise



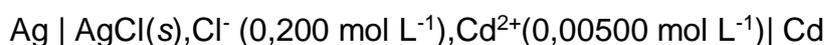
Fonte: autor, 2018.

Analogamente, existe um movimento efetivo de íons Cl<sup>-</sup> para ânodo, onde são oxidados. As reações de eletrodo para a eletrólise de NaCl fundido são resumidas como descrito a seguir:



Nesse exemplo sobre a eletrólise de NaCl, os eletrodos são inertes, ou seja, eles não reagem, mas servem como a superfície onde ocorrem a oxidação e a redução. No entanto, várias aplicações práticas em eletroquímica são baseadas em eletrodos ativos, aqueles que participam do processo de eletrólise.

Portanto, a corrente elétrica tem efeito no potencial da célula, quando existe uma corrente líquida em uma célula eletroquímica, o potencial medido entre os dois eletrodos não corresponde mais simplesmente à diferença entre os dois potenciais de eletrodo, da maneira como calculado pela equação de Nernst. Dois fenômenos adicionais, a queda  $i.R$  e a polarização, devem ser considerados quando uma corrente se faz presente. Por causa desses fenômenos, potenciais superiores aos potenciais termodinâmicos são necessários para operar uma célula eletrolítica. Quando presentes em uma célula galvânica, a queda  $i.R$  e a polarização resultam no desenvolvimento de potenciais menores que aqueles previstos. Vamos examinar esses dois fenômenos detalhadamente. Como exemplo, considere a seguinte célula eletrolítica para a determinação de cádmio(II) em soluções de ácido clorídrico por eletrogravimetria ou coulometria:



Células similares podem ser utilizadas para determinar Cu(II) e Zn(II) em soluções ácidas. Nessa célula, o eletrodo do lado direito é um eletrodo de metal que foi recoberto com uma camada de cádmio. Como este é o eletrodo no qual ocorre a redução de íons  $\text{Cd}^{2+}$ , esse eletrodo de trabalho funciona como cátodo. À esquerda encontra-se o eletrodo de prata/cloreto de prata cujo potencial de eletrodo se mantém mais ou menos constante durante a análise. O eletrodo da esquerda é, portanto, o eletrodo de referência.

Para calcularmos a quantidade de produto formada por uma determinada quantidade de eletricidade, utilizamos as observações feitas por Michael Faraday, que diz que a quantidade de produto formado ou do reagente consumido por uma corrente elétrica é estequiometricamente equivalente à quantidade de elétrons fornecidos. Nesse sentido, para determinar a quantidade de elétrons fornecida por uma determinada carga, usamos a constante de Faraday  $F$ , a quantidade de carga por mol de elétrons, como fator de conversão, como a carga é  $Q = n.F$ , em que  $n$  é número de mols de elétrons, segue-se que

$$n = \frac{Q}{F} = \frac{i \cdot t}{F} \quad (22)$$

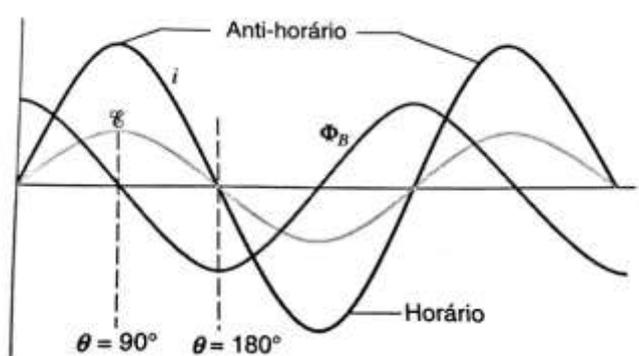
Assim, a medida da corrente e do tempo de aplicação permite determinar a quantidade de elétrons fornecidos. A combinação da quantidade de elétrons fornecidos com a razão molar decorrente da estequiometria da reação do eletrodo, permite a dedução da quantidade do produto obtido (Atkins & Loretta, 2012).

### Circuitos de corrente elétrica alternada

Circuitos de corrente elétrica alternada (CA) são utilizadas em sistemas de distribuição de energia elétrica, em rádios, televisões, em outros dispositivos de comunicação e em uma grande variedade de motores elétricos. A designação alternada significa que a corrente elétrica muda de sentido, alternando periodicamente de um sentido para outro (Halliday, Resnick, & Krane, Física 3, 2006).

As oscilações de um circuito contendo resistor  $R$ , um capacitor  $C$  e um indutor  $L$ , ou simplesmente, circuito  $RLC$ , não são amortecidas se uma fonte de tensão externa fornece energia suficiente para compensar a energia dissipada na resistência  $R$ . Portanto, considera-se a *fem* (*força eletromotriz*) de alimentação originada de um gerador que varia senoidalmente como mostra a Figura A 7.

Figura A 7: corrente elétrica alternada de um gerador



Fonte: HALLIDAY; RESNICK; CRAMER, 2006.

No qual representar-se através dessa equação

$$\mathcal{E}(t) = \mathcal{E}_m \text{sen} \omega t \quad (23)$$

onde  $\mathcal{E}_m$  é a amplitude da *fem* variável e  $\omega$  é a sua frequência angular (em rad/s), relacionada com frequência  $f$  (em Hertz) por  $\omega = 2\pi f$ . À medida que a *fem* varia entre

os valores positivos e negativos em cada ciclo, a corrente muda de sentido, caracterizando um circuito de corrente alternada (CA).

Durante um curto período de tempo após a *fem* ter sido inicialmente aplicada ao circuito, a corrente varia de forma irregular com o tempo. Essas variações, chamadas de transientes, rapidamente desaparecem, após os quais verifica-se que a corrente varia senoidalmente com a mesma frequência angular da fonte de *fem*. Admite-se que se está examinando o circuito após este ter sido posto nesta condição, na qual a corrente pode ser escrita como

$$i = i_m \text{sen}(\omega t - \phi) \quad (24)$$

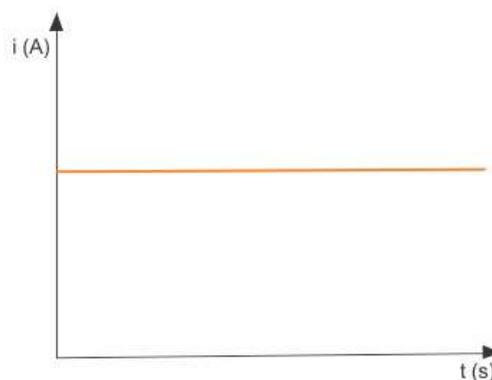
onde  $i_m$  é a amplitude de corrente e  $\phi$  é a constante de fase ou ângulo de fase que indica a relação de fase entre  $\mathcal{E}$  e  $i$ .

Supõe-se que  $\mathcal{E}_m$ ,  $\omega$ ,  $R$ ,  $L$  e  $C$  são conhecidos. O objetivo dos cálculos é encontrar  $i_m$  e  $\phi$ , para que a eq.(24) caracterize completamente a corrente. Utiliza-se um método geral para circuitos *RLC* série; um procedimento semelhante pode ser utilizado para analisar circuitos mais complexos (que contém elementos com várias combinações em série e em paralelo). Pode ser ainda aplicado para *fems* não-senoidais, pois, *fems* mais complexas podem ser escritas em termos de *fems* senoidais utilizando-se as técnicas da análise de Fourier e a corrente resultante pode, similarmente, ser considerada como superposição de muitos termos da eq.(24). O entendimento do funcionamento de circuitos *RLC* série alimentados por uma *fem* senoidal é, portanto essencial para o entendimento do comportamento de todos os circuitos dependentes do tempo (Halliday, Resnick, & Krane, Física 3, 2006).

### **Circuitos de corrente elétrica contínua**

Os circuitos de corrente contínua (CC), nos quais o sentido da corrente não muda com tempo como mostra a Figura A 8. Em circuitos CC que contém apenas baterias e resistores, a intensidade da corrente não varia com tempo, enquanto em circuitos CC que contem capacitores, a intensidade de corrente pode ser dependente do tempo.

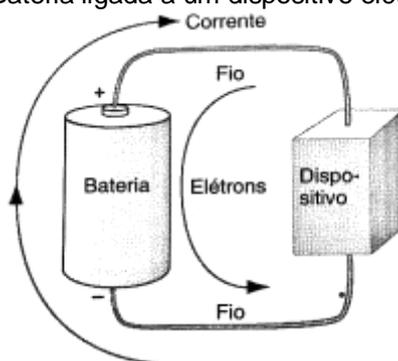
Figura A 8: corrente elétrica contínua



Fonte: Autor, 2018.

Na Figura A 9 mostra uma bateria conectada ao “dispositivo”. O dispositivo pode ser um único elemento de circuito, como um resistor ou um capacitor, ou pode ser uma combinação de elementos do circuito (Halliday, Resnick, & Krane, Física 3, 2006).

Figura A 9: Bateria ligada a um dispositivo elétrico.



Autor: HALLIDAY; RESNICK; CRAMER, 2006.

A bateria mantém o terminal superior  $V_+$  e o terminal inferior a um potencial  $V_-$ . Para uma bateria ideal, a diferença de potencial  $V_+ - V_-$  entre os terminais é independente da quantidade de corrente que está sendo suprida ao circuito.

No caso eletrostático, no qual os condutores são equipotenciais, o potencial  $V_+$  no terminal positivo da bateria caracterizaria todo o fio que conecta a parte superior do dispositivo à bateria. Neste caso, a diferença de potencial  $V_+ - V_-$  entre os terminais iria também surgir entre os terminais superior e inferior do dispositivo. Quando a corrente está fluindo pelos fios, as conclusões da eletrostática não são mais válidas, e quando a corrente  $i$  flui em um condutor existe a diferença de potencial  $\Delta U = iR$  entre os terminais do condutor.

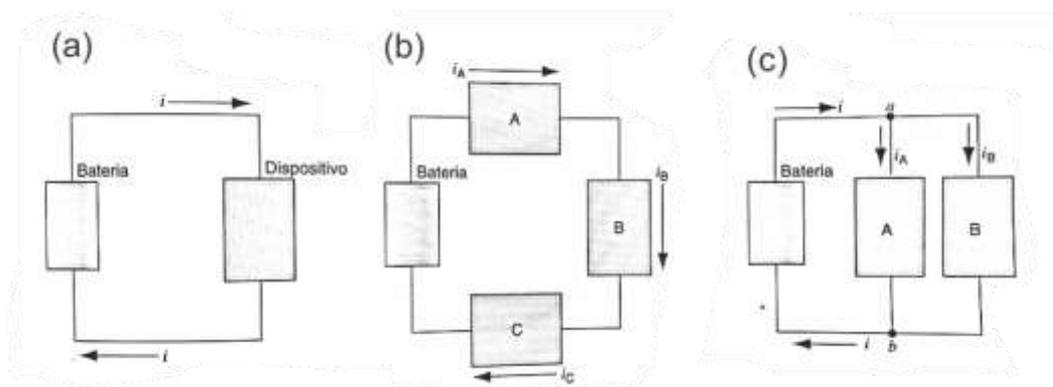
Porém, a resistência dos fios é normalmente muito pequena se comparada à resistência do dispositivo do circuito, portanto, justifica-se a não inclusão do efeito dos fios; em particular, supõe-se que não há queda potencial nos fios e, neste caso a diferença de potencial total dos terminais da bateria surge entre os terminais do dispositivo.

A bateria pode ser considerada uma “bomba” de carga, como se estivesse trazendo carga positiva através da bateria, do terminal negativo para o terminal positivo. A função da bateria no circuito é a de manter uma diferença de potencial que permita o fluxo de cargas. A bateria não é uma fonte de elétrons. Os elétrons passam através da bateria e tem as energias aumentadas à medida que se deslocam dentro da bateria, do terminal positivo para o terminal negativo. Quando se diz que uma bateria está descarrega, isto não significa que ela está esgotada em seu estoque de elétrons; em vez disso, significa que ela exauriu a fonte de energia (muitas vezes uma reação química) que era responsável pelo aumento da energia dos elétrons. Note na Figura A 9 que os elétrons se movem através de todo circuito, eles não são gerados na bateria.

Quando se conecta pela primeira vez a bateria a um dispositivo, o circuito se comporta de forma irregular. Uma situação parecida com que ocorre quando se abre uma torneira conectada, através de uma mangueira, a um aspersor de jardim. No começo, a água percorre a mangueira, criando turbilhões e redemoinhos. Quando alcança o aspersor, a água emerge ao acaso de alguns dos furos e não de outros. Após, alguns segundos, um fluxo estacionário é estabelecido e a água flui de qualquer furo a uma taxa constante.

Supõe-se que, sob condições de regime permanente, a carga não se acumula ou é drenada de nenhum ponto do fio idealizado, dessa forma, conclui-se que a taxa se mantém constante, mesmo que seção transversal varie. O fluido escoar mais rapidamente onde o tubo é mais estreito e mais lentamente onde este é mais largo, mas o fluxo volumétrico, medido, por exemplo, em litros/segundo, permanece constante. Da mesma forma, a corrente elétrica  $i$  é a mesma para todas as seções transversais de um condutor, mesmo que a área da seção transversal possa ser diferente em diferentes pontos. A densidade de corrente  $j$  (corrente por unidade de área) irá mudar à medida que a área de seção transversal mudar, mas a corrente  $i$  permanecerá a mesma.

Figura A 10: Circuitos elétricos



Fonte: HALLIDAY; RESNICK; CRAMER, 2007

A Figura A 10(a) mostra um circuito em uma notação mais simples. O dispositivo é representado apenas por uma caixa. Note que a corrente que entra no dispositivo é a mesma que sai deste. Este é um exemplo de conservação de carga, nenhuma carga resultante é retida pelo dispositivo, para cada elétron que entra em um terminal, um elétron sai no outro terminal.

A Figura A 10(b) mostra um outro circuito no qual a corrente passa em sucessão através de três dispositivos, nomeados de A, B e C. A corrente  $i_A$  no dispositivo A é exatamente a mesma corrente  $i_B$  no dispositivo B e ainda é a mesma corrente  $i_C$  no dispositivo C, isto é  $i_A = i_B = i_C$ . Nenhuma corrente é “gasta” na passagem por qualquer dispositivo de circuito. Esse circuito é um exemplo de elementos associados em série, na qual a mesma corrente deve passar em sucessão através de cada elemento do circuito.

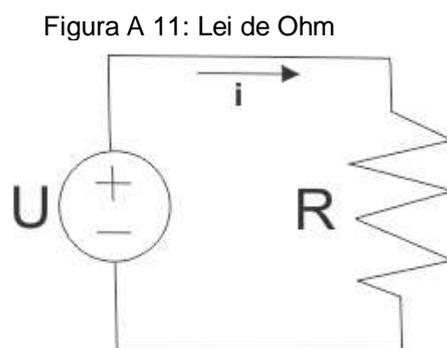
A Figura A 10(c) mostra a corrente em diferentes arranjos de elementos de circuito. Aqui, a corrente deve dividir-se quando alcança o ponto **a** do circuito, com quantidade  $i_A$  passando através do dispositivo A e quantidade  $i_B$  passando através do dispositivo B. No ponto **b** as correntes devem se juntar. Como nenhuma carga é retirada no ponto **a**, a corrente que entra neste ponto deve ser exatamente a mesma que sai, ou  $i = i_A + i_B$ . De forma semelhante, a corrente que entra no ponto **b** deve ser a mesma que sai, ou  $i_A + i_B = i$ . Isto é, normalmente, chamado de lei dos nós para análise de circuitos. Em que qualquer nó em um circuito elétrico, a corrente total que entra no nó deve ser igual à corrente total que sai do nó. Lei dos nós, também conhecida como lei de *Kirchhoff* (Halliday, Resnick, & Krane, Física 3, 2006).

## Resistência Elétrica

Quando aplicamos a mesma diferença de potencial às extremidades de barras de mesmas dimensões feitas de cobre e de vidro, os resultados são muito diferentes. A característica do material que determina a diferença é a resistência elétrica. Medimos a resistência entre dois pontos de um condutor aplicando uma diferença de potencial  $U$  entre esses pontos e medindo a corrente  $i$  resultante. A resistência  $R$  é dada por:

$$R = \frac{U}{i} \quad (25)$$

Portanto, a Figura A 11 mostra um circuito simples no qual um fio condutor está ligado a uma bateria de diferença de potencial  $U$ , e conseqüentemente uma corrente elétrica  $i$ .



Fonte: Autor, 2018.

A unidade de resistência do SI é o volt por ampère. Essa combinação ocorre com tanta frequência que uma unidade especial, o **ohm** ( $\Omega$ ), é usada para representá-la.

O resistor é um condutor com um valor específico de resistência. A resistência de um resistor não depende do valor absoluto e do sentido (*polaridade*) da diferença de potencial aplicada. Outros componentes, porém, podem ter uma resistência que varia de acordo com a diferença de potencial aplicada (HALLIDAY; RESNICK; CRAMER, 2016).

Por outro lado, podemos considerar um ponto de vista que enfatize mais o material que o dispositivo. Por isso, se concentrarmos a atenção, não na diferença de potencial  $U$  entre os terminais de um resistor, mas no campo elétrico  $E$  que existe em um ponto do material resistivo, ou seja, no lugar focar na corrente elétrica  $i$ , focarmos

na densidade de corrente  $J$  no ponto em questão. Em vez de falar da resistência  $R$  de um componente, falamos da resistividade  $\rho$  do material.

$$\rho = \frac{E}{J} \quad (26)$$

Combinando as unidades de  $E$  e  $J$  do SI de acordo com a equação obtemos, para a unidade de  $\rho$ , o ohm-metro ( $\Omega \cdot m$ ).

$$\frac{\text{Unidade de } E}{\text{Unidade de } J} = \frac{\frac{V}{m}}{A/m^2} = \frac{V}{A} m = \Omega \cdot m$$

Quando conhecemos a resistividade de um material, como cobre por exemplo, podemos calcular a resistência de um fio desse material. Sejam  $A$  a área da seção reta,  $L$  o comprimento e  $U$  a diferença de potencial entre as extremidades do fio, como mostra a Figura A 12.

Figura A 12: Segunda lei de Ohm



Fonte: Autor, 2019.

Se as linhas de corrente que representam a densidade de corrente são uniformes ao longo de toda a seção reta, o campo elétrico  $E$  eq.(27) e a densidade de corrente  $J$  eq. (28) são iguais em todos os pontos do fio.

$$E = \frac{U}{L} \quad (27) \quad e \quad J = \frac{i}{A} \quad (28)$$

Dessa forma combinando a eq. (27) com eq. (28) temos

$$\rho = \frac{E}{J} = \frac{U/L}{i/A} \quad (29)$$

como  $U/i$  é Resistencia, podemos rescrever da seguinte forma:

$$R = \frac{\rho \cdot L}{A} \quad (30)$$

No qual é a segunda lei de Ohm. No SI as unidades da resistividade  $\rho$ , depende do material do condutor e de sua temperatura ( $\Omega.m$ ), o comprimento  $L$  do condutor

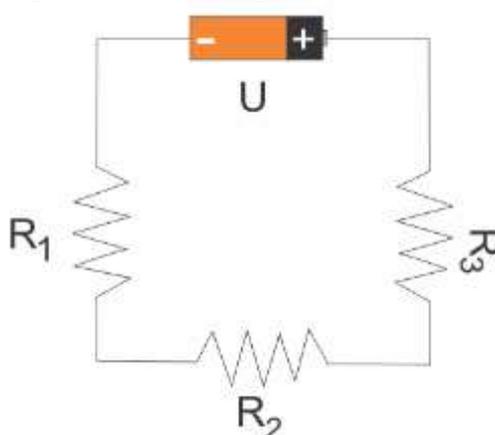
(m) e a área  $A$  da secção transversal ( $m^2$ ) (Halliday, Resnick, & Cramer, Fundamentos de Física, 2016).

## Associação de Resistores

### Associação em série

Quando dois ou mais resistores estão conectados como  $R_1$ ,  $R_2$  e  $R_3$  como mostra a Figura A 13 de forma tal que, devido a maneira como eles estão conectados, a corrente elétrica em cada resistor é a mesma, dizemos que eles estão em série (Halliday, Resnick, & Cramer, Fundamentos de Física, 2016).

Figura A 13: Associação em série



Fonte: Autor, 2018.

A queda de potencial de  $R_1$  é  $iR_1$ , a queda de potencial de  $R_2$  é  $iR_2$  e a queda de potencial de  $R_3$  é  $iR_3$ , onde  $i$  é a corrente elétrica de cada resistor. A queda de potencial nos três resistores é a soma da queda de potencial nos resistores individuais (Halliday, Resnick, & Cramer, Fundamentos de Física, 2016).

$$U = iR_1 + iR_2 + iR_3 = i(R_1 + R_2 + R_3) \quad (31)$$

A resistência equivalente  $R_{eq}$  que corresponde à mesma queda de potencial total  $U$  quando conduz a mesma corrente  $i$  é determinada igualando  $U$  a  $iR_{eq}$ , ou seja,  $U = iR_{eq}$ , que substituindo na eq.(31), temos

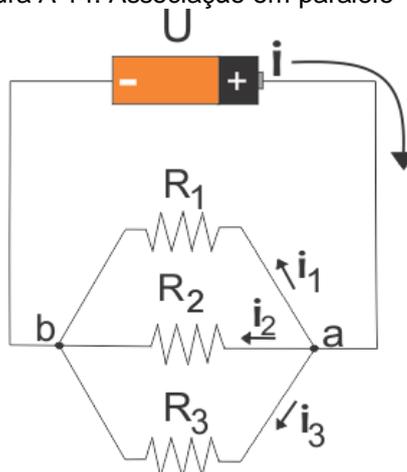
$$iR_{eq} = i(R_1 + R_2 + R_3)$$

$$R_{eq} = R_1 + R_2 + R_3 \quad (32)$$

## Associação em paralelo

Três resistores conectados como mostra a Figura A 14 de forma tal que, devido à maneira como estão ligados eles têm a mesma diferença de potencial, estão conectados em paralelo.

Figura A 14: Associação em paralelo



Fonte: Autor, 2018.

Observe que, devido à maneira como o circuito está ligado, um terminal de cada resistor está no potencial do ponto **a** e outro terminal de cada resistor está no potencial do ponto **b**. Seja  $i$  a corrente no fio que chega ao ponto **a**. No ponto **a**, o circuito se separa em três ramos e a corrente  $i$  se divide em três partes. Corrente  $i_1$  no ramo superior contendo  $R_1$ , corrente  $i_2$  ramo do meio contendo  $R_2$  e  $i_3$  ramo inferior contendo  $R_3$ . A soma das correntes  $i_1$ ,  $i_2$ ,  $i_3$  é igual a corrente  $i$  no fio que conduz ao ponto **a** (Halliday, Resnick, & Cramer, Fundamentos de Física, 2016).

$$i = i_1 + i_2 + i_3 \quad (33)$$

No ponto **b**, as correntes nos ramos se recombina e a corrente que sai do ponto **b** também é igual a  $i = i_1 + i_2 + i_3$ . A queda de potencial  $U$  em cada resistor,  $U = U_a - U_b$  está relacionada às correntes elétrica que passa por cada resistor que é determinada da seguinte forma

$$i_1 = U/R_1 \quad i_2 = U/R_2 \quad i_3 = U/R_3 \quad (34)$$

Aplicando a regra dos nós ao ponto **a**, e substituindo as correntes por seus valores, temos

$$i = i_1 + i_2 + i_3 = U \left( \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3} \right) \quad (35)$$

A resistência equivalente  $R_{eq}$  para os resistores em paralelo é requer a mesma queda de potencial  $U$ . Portanto, a intensidade de corrente é

$$i = \frac{U}{R_{eq}} \quad (36)$$

relacionando as Eqs. (35) e (36) para  $i_1$ ,  $i_2$  e  $i_3$  e substituindo  $i = i_1 + i_2 + i_3$ , temos

$$\frac{U}{R_{eq}} = \frac{U}{R_1} + \frac{U}{R_2} + \frac{U}{R_3} = U \left( \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3} \right) \quad (37)$$

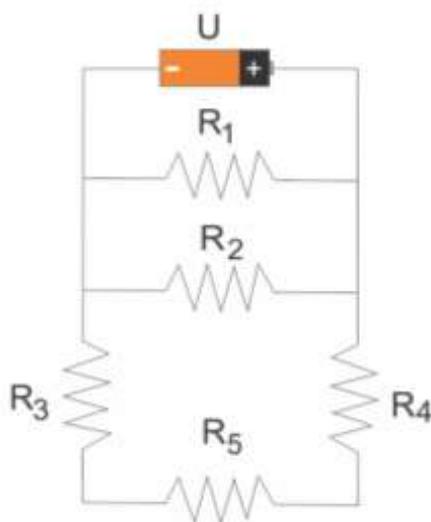
dividindo ambos os lados por  $U$ , obtemos

$$\frac{1}{R_{eq}} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3} \quad (38)$$

### Associação mista

Uma associação mista consiste em uma combinação, em um mesmo circuito, de associações em série e em paralelo, como ilustrado na Figura A 15.

Figura A 15: Associação mista



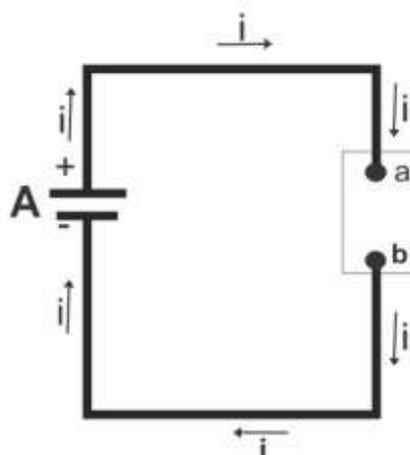
Fonte: Autor, 2018.

Em cada parte do circuito, a tensão e intensidade da corrente serão calculadas com base no que se conhece sobre circuitos série e paralelos (Halliday, Resnick, & Cramer, Fundamentos de Física, 2016).

### Potência Elétrica

A Figura A 16 mostra um circuito formado por uma bateria A ligada por fios de resistência desprezível, uma bateria recarregável, e outro dispositivo elétrico (Halliday, Resnick, & Cramer, Fundamentos de Física, 2016).

Figura A 16: Circuito elétrico



Fonte: Autor, 2019.

A bateria mantém uma diferença de potencial de valor absoluto  $U$  entre os seus terminais e, portanto (graças aos fios de ligação), entre os terminais do componente, com um potencial mais elevado no terminal **a** do componente que no terminal **b**. Como existe um circuito fechado ligando os terminais da bateria, e a diferença de potencial produzida pela bateria é constante, uma corrente constante  $i$  atravessa o circuito, no sentido do terminal **a** para o terminal **b**. A quantidade de carga  $dq$  que atravessa o circuito em um intervalo de tempo  $dt$  é igual a  $idt$ . Ao completar o circuito, a carga  $dq$  tem seu potencial reduzido de  $V$  e, portanto, sua energia potencial é reduzida de um valor dado por:

$$dU = dqV = idtV \quad (39)$$

De acordo com a lei de conservação da energia, a redução da energia potencial elétrica no percurso de **a** a **b** deve ser acompanhada por uma conversão da energia para outra forma qualquer. A potência  $P$  associada a essa conversão é a taxa de transferência de energia  $dU/dt$ , que, de acordo com a Eq. (39) pode ser expressa na forma

$$P = U \cdot i \quad (40)$$

Além disso,  $P$  é a taxa com a qual a energia é transferida da bateria para o componente. Se o componente é um motor acoplado a uma carga mecânica, a energia se transforma no trabalho realizado pelo motor sobre a carga. Se o componente é uma bateria recarregável, a energia se transforma na energia química armazenada na bateria. Se o componente é um resistor, a energia se transforma em energia térmica e tende a provocar um aquecimento do resistor.

De acordo com a Eq. (40) a unidade de potência elétrica é o volt-ampère (V·A), mas a unidade de potência elétrica também pode ser escrita na forma

$$1V \cdot A = \left(1 \frac{J}{C}\right) \left(1 \frac{C}{S}\right) = 1 \frac{J}{S} = 1W$$

Quando um elétron atravessa um resistor com velocidade de deriva constante, sua energia cinética média permanece constante e a energia potencial elétrica perdida é convertida em energia térmica do resistor. Em escala microscópica, essa conversão de energia ocorre por meio de colisões entre os elétrons e as moléculas do resistor, o que leva a um aquecimento do resistor. A energia mecânica convertida em energia térmica é dissipada (perdida), já que o processo não pode ser revertido (Nussenzweig, 1997).

No caso de um resistor ou outro componente resistivo, podemos combinar as equações  $R = U/i$  e  $P = U \cdot i$  para obter a taxa de dissipação de energia elétrica devido à resistência, as seguintes expressões:

$$P = i^2 \cdot R \quad (41)$$

$$P = \frac{U^2}{R} \quad (42)$$

## Energia Elétrica

A energia, em suas mais variadas formas, sempre foi recurso essencial para o funcionamento e manutenção da vida em sociedade. A eletricidade é de fundamental para realização das mais diversas atividades diárias. Nas grandes cidades, por exemplo permanecemos constantemente conectados e a eletricidade é essencial para

diversas tarefas, como conservar alimentos, para comunicação e obtenção de informações, lazer, trabalho, estudos, dentre outros.

Portanto, o desenvolvimento da sociedade e o consumo de energia elétrica se apresentam diretamente ligado em determinados aspectos, estabelecendo uma relação de causa e efeito, ou seja, e um deles podemos destacar o maior consumo de energia elétrica dentro das residências.

Podemos descrever esse consumo da seguinte forma, a quantidade total  $E$  de energia elétrica (em Joule) consumida em uma residência que geralmente vem registrado nos boletos de consumo apresentados pelas companhias fornecedoras de energia elétrica tem como unidade de medida o quilowatt-hora ou kWh, que certamente é uma unidade de medida de energia assim como é o Joule (J) (Hewitt, 2002).

Para mostra que estas duas quantidades medida de energia elétrica consumida são equivalentes, basta lembrar que  $W=J/s$ . Então, considerando esta correlação entre  $W$  (Watt) e o Joule por segundo ( $J/s$ ), teremos que:

$$1\text{kWh} = 1 \times 10^3 \left(\frac{J}{s}\right) (3600 \text{ s})$$

$$1\text{kWh} = 3,6 \times 10^6 \text{ J}$$

O que implica que 1kWh representa, assim como o Joule (J), uma unidade de medida de energia consumida equivalente a  $3,6 \times 10^6$  Joules.

Portanto, se 120 kWh representa o consumo de energia elétrica no mês em sua casa, uma regra de três, como indicada abaixo, apresentará o valor equivalente da quantidade energia consumida em unidade de Joule (J).

$$1\text{kWh} \rightarrow 3,6 \times 10^6 \text{ J}$$

$$120 \text{ kWh} \rightarrow x \text{ (consumo em J)}$$

$$x \text{ (consumo em J)} = (120 \text{ kWh})(3,6 \times 10^6 \text{ J}) / (1\text{kWh}) = 432 \times 10^6 \text{ J}.$$

Por outro lado, torna-se útil saber o consumo de energia (em kWh) que um dispositivo, por exemplo, churrasqueira elétrica, geladeira, televisor, entre outros, consome por mês. Para isto é necessário conhecer apenas a potência do dispositivo, que é a taxa de energia por unidade de tempo que ele consumo normalmente disponível em uma placa impressa no dispositivo.

Vejam os seguintes problemas: Se uma churrasqueira apresenta potência  $P=2000W$ , qual o consumo em kWh (quilo-watts-hora) se permanecer ligada continuamente por 5 horas?

$$P = \frac{E}{t}$$

Substituindo estas duas quantidades nos correspondentes termos desta equação, teremos que o consumo  $E$  em kWh, a saber,

$$2kW = \frac{E}{5h}$$

$$E = (2kW)(5h) = 10kWh.$$

## APLICATIVOS ANDROID DESTINADOS AO APRENDIZADO DE FÍSICA

As Tecnologias da Informação e Comunicação estão cada vez mais presente dentro da sala de aula, trazendo a escola para dentro do mundo dos estudantes. Dessa forma, diversos recursos são capazes de facilitar a visualização de conceitos abstratos dentro da Física, tornado a pratica de sala de aula mais lúdica e interativa. No intuito de integrar a educação formal à realidade do estudante, é importante trazer para a escola os recursos tecnológicos que ele utiliza diariamente, destacando-se aí os *tablets* e os *smartphones* (Perez; Viali; Lahm, 2016).

Segundo Carvalho (2012), em diversos níveis de ensino, materiais didáticos digitais vêm sendo cada vez mais produzidos e utilizados. Os mesmos proliferam na internet e disponíveis ao usuário, como recurso educacional para facilitar a aprendizagem.

Portanto, em meio esses diversos recursos, este trabalho se destinou ao desenvolvimento de um aplicativo para sistema *Android*, com o conteúdo de eletrodinâmica, abordando de forma mais específica corrente elétrica, efeitos da corrente elétrica, corrente elétrica contínua e corrente elétrica alternada, resistência elétrica e associação de resistores elétricos.

Existem alguns aplicativos disponíveis para sistema Android que podem ser utilizados como material didático na aprendizagem da eletrodinâmica. Como o **Física Interativa** que é um aplicativo com resumos e fórmulas de todos os conteúdos de Física (cinemática, dinâmica, estática, hidrostática, hidrodinâmica, gravitação, termologia, Óptica, ondas, eletrostática, eletrodinâmica e eletromagnetismo). A principal característica é apresentar os conceitos e leis da Física, podendo ser utilizado off-line. Tem também o **Física Básica** que é um aplicativo que apresenta todo o conteúdo de física clássica: mecânica, termodinâmica, óptica, ondulatória, eletromagnetismo e fluidos. Além de calculadoras de fórmulas, para auxiliar o estudante a resolver exercícios e um conversor de unidades de medida. Também possui animações e exercícios com solução. Tem o **Eletrodroid** que é um aplicativo que apresenta ferramentas eletrônicas e as características de cada uma, como também mostra fórmulas usuais para calcular resistência equivalente em cada tipo de associação (série, paralelo e mista). A principal função é mostrar todas as ferramentas

que podem conter em um circuito elétrico. Tem o **Phet**, aplicativo que apresenta um conjunto de simulações interativas, explorando conceitos da Física e matemática. O mesmo é bastante conhecido e utilizado em sala de aula, pois apresenta simulações de todas as áreas da Física. (Google Play, 2018).

Esses e muitos outros aplicativos que tratam do mesmo tema estão disponíveis gratuitamente no *play Store* para todo sistema *Android*. Portanto, em quase todos apresentam apenas resumos e fórmulas, sem animação e/ou interação com usuário e alguns exercícios.

Por outro lado, a aplicativo **Eletrofis** oferece a diversas ferramentas, tais como, animações, simulação dos circuitos (associação de resistores em série, em paralelo e misto), lista de exercícios, entre outros. Além disto, o aplicativo possibilita ao usuário alterar valores referentes a resistência elétrica em cada dispositivo (lâmpadas), como também o valor da tensão elétrica fornecida pela bateria. Em cada sessão contém uma janela com informações relevantes através de perguntas e respondidas apenas com a interação do usuário. Os exercícios são distribuídos no decorrer dos conteúdos, todas as questões possuem quatro alternativas com apenas uma correta e com opção de “*ajuda*” para facilitar a resolução das mesmas e disponibilizando um placar de pontuação. Sendo assim, este apresenta diversas vantagens em relação aos já existentes e disponibilizados no *play store*.

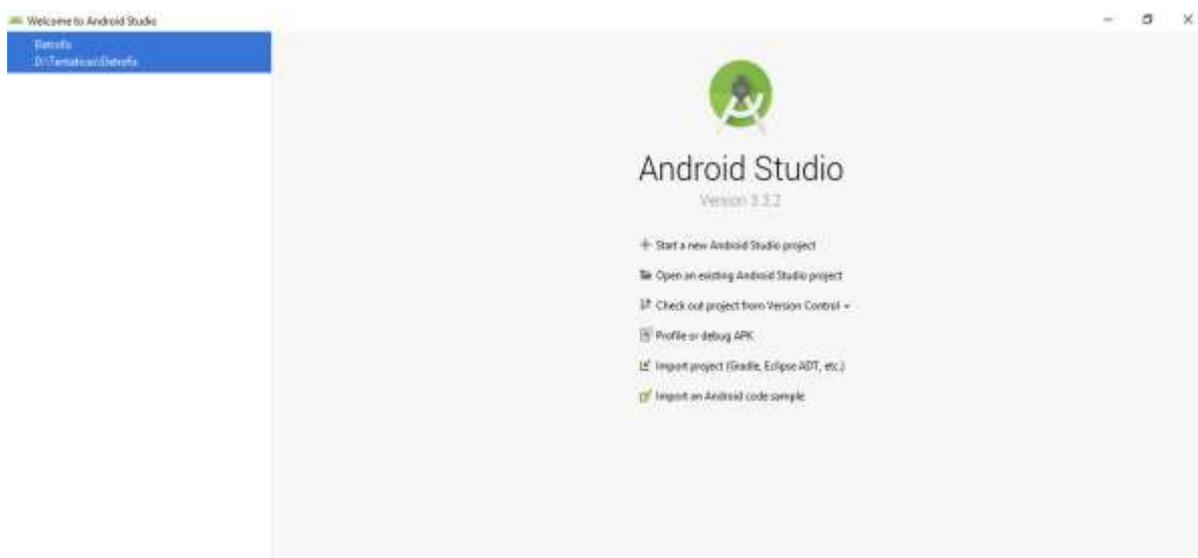
O aplicativo foi criado pelo autor da dissertação (Reges Carvalho dos Santos), um programador (Francisco das Chagas Soares) com as orientações do professor Célio Aécio Medeiros Borges.

## CONSTRUÇÃO DO APLICATIVO

Para a construção do aplicativo Eletrofis utilizou-se o ambiente de desenvolvimento integrado ou IDE (do inglês, *Integrated Development Environment*) *Android Studio*, disponibilizado gratuitamente pela empresa Google. Para a criação de aplicativos e jogos há uma variedade de IDE's e, a escolha do *Android Studio* se deu pelo programa disponibilizar maior número de recursos. Para a elaboração de aplicativos e jogos utilizando essa IDE, é necessário conhecimento da linguagem Java.

O download da IDE e do manual de instruções podem ser realizados pelo site (<https://developer.android.com/studio/?hl=pt-br>) onde é possível escolher também em que sistema operacional se pode instalar a IDE (Windows, Linux ou Mac). No caso do Windows, há a possibilidade de instalação no sistema de 32 bits e no sistema de 64 bits. No caso particular da construção do Eletrofis, a IDE Android Studio foi instalada em uma máquina com Windows 10 de 64 bits por ter uma resposta melhor aos comandos executados. A Figura A 17 mostra a tela inicial do Android Studio.

Figura A 17: Tela inicial do Android Studio

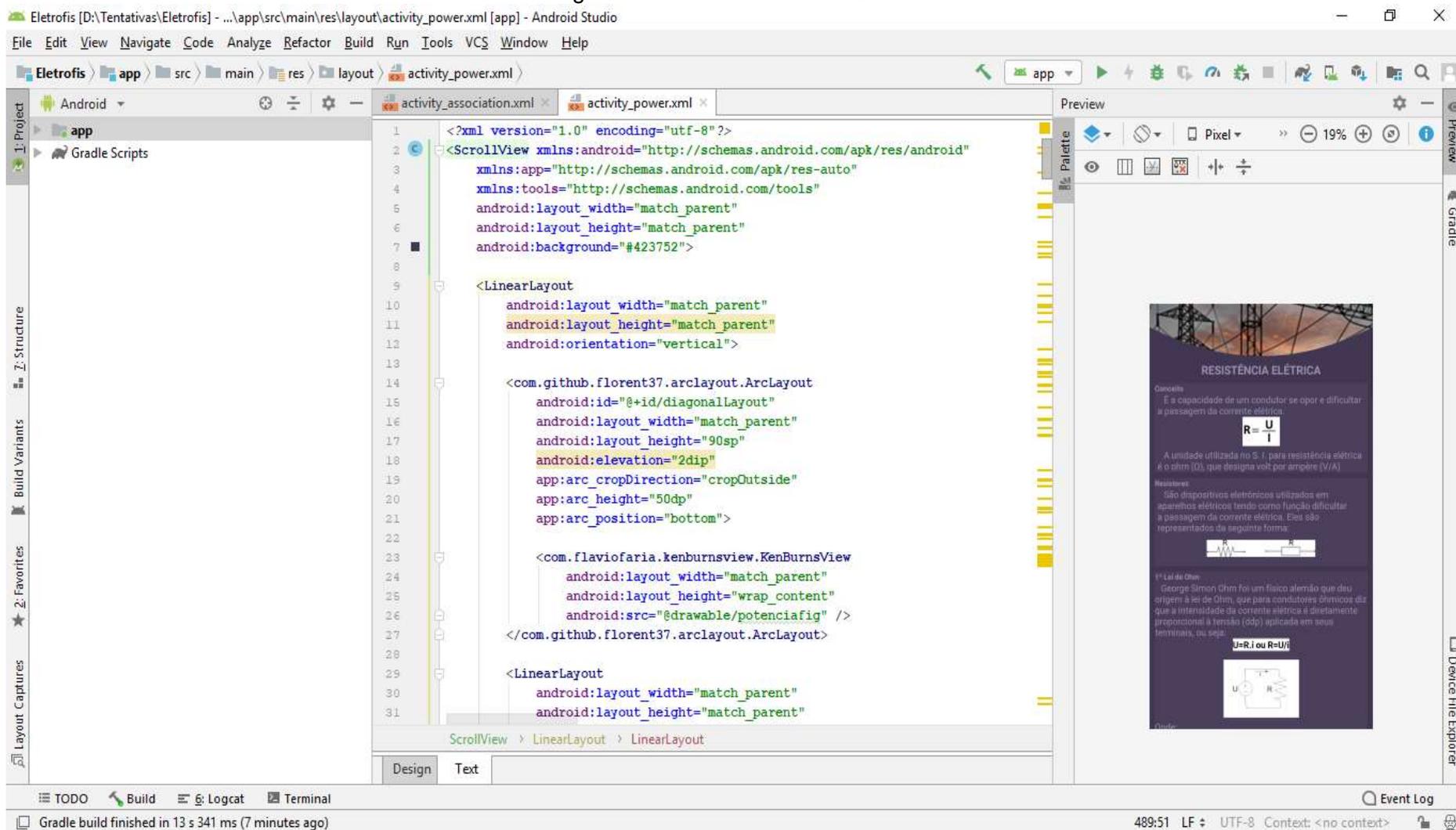


Fonte autor, 2018.

Após clicar em “iniciar um novo projeto”, abre-se uma tela com três áreas. A área central insere-se os códigos do aplicativo Figura A 18. A área à direita visualiza-se a construção de cada tela e a área à esquerda mostrar os trabalhos (telas criadas) salvas.

A Figura A 18 mostra uma tela do *Android Studio* com códigos para a construção de uma tela que será exibida no *Smartphone*.

Figura A 18: Tela do *Android Studio*



Fonte autor, 2018.

## CONHECENDO O APLICATIVO

O aplicativo **Eletrofis** possui o ícone de apresentação mostrado na Figura A 19.

Figura A 19: Ícone do Eletrofis



Fonte: autor, 2018.

Ao clicar neste ícone, abre-se a tela inicial com seis opções de tela, a saber, corrente elétrica, efeitos da corrente elétrica, corrente contínua e corrente alternada, resistência elétrica, associação de resistores e identificação de autoria. Além estas opções, também constam no rodapé, duas janelas cujos conteúdos são Teoria e Exercícios, conforme mostra a Figura A 20.

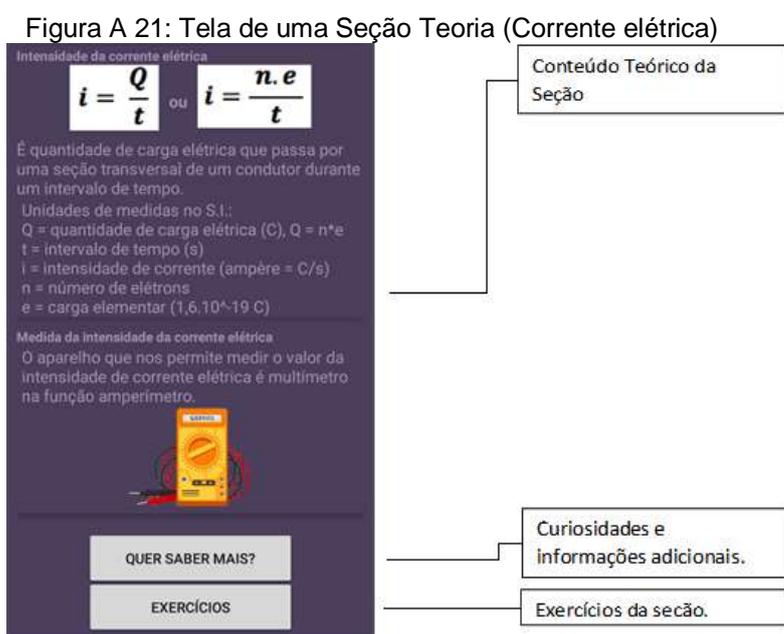
Figura A 20: Tela de abertura do aplicativo Eletrofis



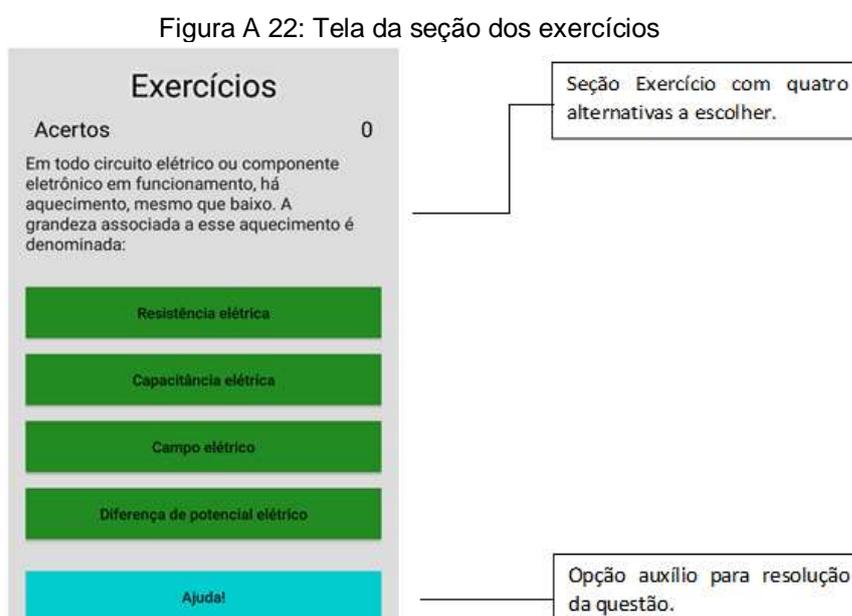
Fonte: autor, 2018.

Após escolher uma das seis opções, abre-se uma nova tela referente ao conteúdo escolhido. Como exemplo, clicando-se na opção “Corrente Elétrica”, a tela com “conteúdo teórico” e ícones para “exercícios” da seção e “*quer saber mais?*” é apresentada, conforme ilustra a Figura A 21.

A seção de exercícios é mostrada na Figura A 22. Cada questão possui 4 alternativas, além da opção de Ajuda que após escolher a alternativa o aplicativo passa adiantes ou disponibiliza ajuda, caso a alternativa escolhida esteja incorreta.



Fonte autor, 2018.



Fonte autor, 2018.

Clicando-se na opção “Efeitos da Corrente Elétrica”, a tela com “conteúdo teórico” é apresentada como mostra a Figura A 23. Nessa tela faz-se uma descrição de cada efeito originado pelo movimento de cargas elétricas em um condutor de eletricidade. Também são disponibilizadas as seções “*quer saber mais?*” E lista de exercícios do assunto.

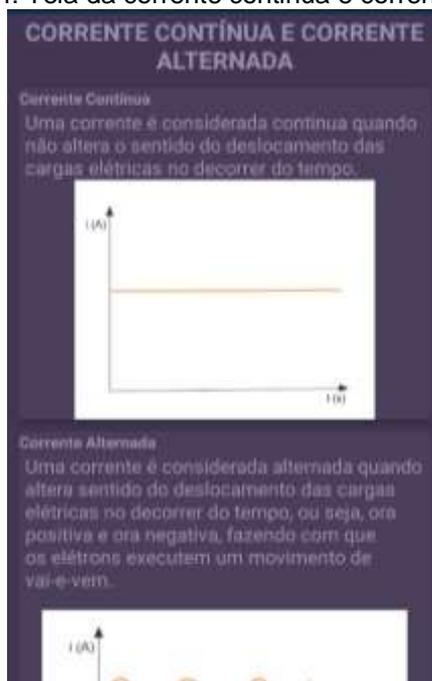
Figura A 23: Tela dos Efeitos da corrente elétrica



Fonte autor, 2018.

A Figura A 24 mostra a janela que trata dos tópicos corrente elétrica contínua e corrente elétrica alternada. Nessa tela há a diferenciação entre as duas formas de condução da corrente elétrica. Há também a seção “*que saber mais?*” Onde se aborda curiosidades a respeito da corrente elétrica nas formas contínua e alternada.

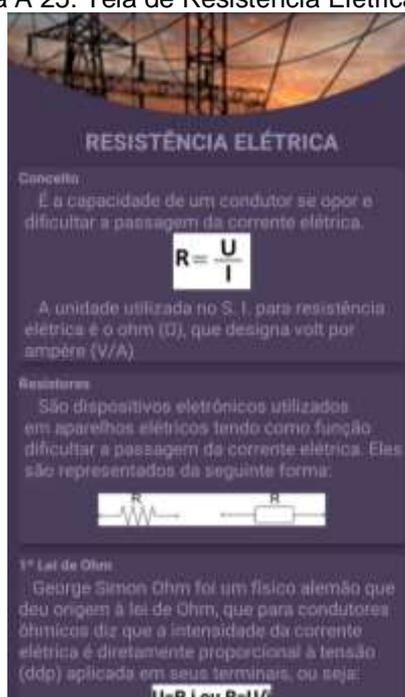
Figura A 24: Tela da corrente contínua e corrente alternada



Fonte autor, 2018.

A próxima janela aborda a resistência elétrica, nessa parte se apresentam os conceitos de resistência elétrica, resistividade, energia elétrica e potência elétrica. A tela com essas informações é mostrada na Figura A 25 Assim como nas outras janelas, essa também apresenta uma lista de exercícios e a seção “*quer saber mais?*”.

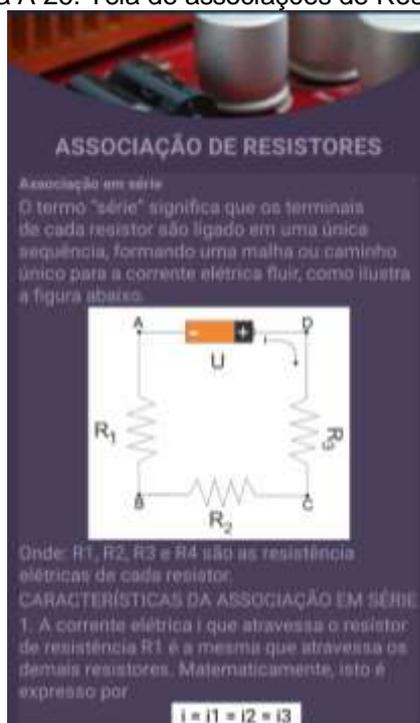
Figura A 25: Tela de Resistência Elétrica



Fonte autor, 2018.

A última opção da tela inicial aborda as associações de resistores elétricos em série, em paralelo e mista. Clicando nesta janela, a tela com o correspondente conteúdo é apresentada conforme mostra a Figura A 26. Nesta tela, foram acrescentadas simulações apresentando uma dinâmica de circuitos elétricos com resistores em série, em paralelo e de forma mista. Opção de ligar e desligar, modificar os valores de resistência e tensão, também foram disponibilizados.

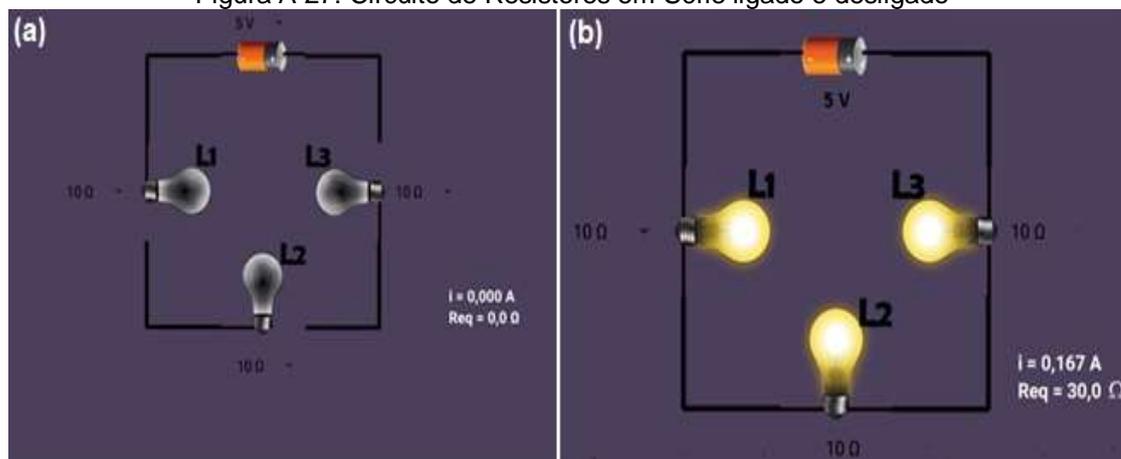
Figura A 26: Tela de associações de Resistores



Fonte autor, 2018.

Após a montagem do circuito, o aplicativo informa o valor da resistência equivalente e da corrente elétrica que percorre o circuito montado, conforme exemplificado na Figura A 27 que mostra o circuito de resistores em série nas situações (a) aberto e (b) circuito fechado.

Figura A 27: Circuito de Resistores em Série ligado e desligado



Fonte autor, 2018.

O circuito mostrado na Figura A 27, é uma associação de resistores em série, mas o aplicativo possibilita a montagem para cada tipo de associação de resistores (série, paralelo e mista). Optou-se por utilizar lâmpadas para representar o resistor elétrico por facilitar o entendimento de quando o circuito está em funcionamento e quando está desligado.

## CONCLUSÃO

O aplicativo **Eletrofis** foi construído como ferramenta facilitadora do processo ensino e aprendizagem dos conteúdos de eletrodinâmica. Consideramos que o aplicativo mostrou-se ser de fácil manuseio e as peculiaridades tais como animações, manipulação de circuitos associados em série, paralelo e misto, questões fechadas de múltipla escolha, recurso de ajuda e seção de curiosidades o tornaram atrativo, lúdico e dinâmico.

Desenvolvido como produto educacional do Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física, realizado pela Universidade Federal do Piauí (UFPI) e em parceria com a Sociedade Brasileira de Física, os resultados da aplicação deste produto educacional mostraram que o aplicativo possibilitou uma aprendizagem mais efetiva, tendo os participantes obtido melhores notas quando os testes antes e após a apresentação do aplicativo foram comparados.

Neste sentido, dois aspectos puderam ser considerados, a saber, que houve um deslocamento da curva de distribuição de notas para um patamar mais elevado e que também houve um salto ascendente na nota média dos participantes. Por fim, acreditamos que o aplicativo-produto-educacional aqui apresentado, atendeu às expectativas e propósitos do projeto. E o mesmo será publicado na loja de aplicativos do Google (Play Store).

## Apêndice B: Termo de consentimento

### TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO

Você está sendo convidado (a) para participar, como voluntário (a), do Projeto de Pesquisa sob o título “**ELETROFÍS**: Um aplicativo Didático em Eletrodinâmica para Ensino Médio.”. Meu nome é Reges Carvalho dos Santos, sou o pesquisador responsável e aluno do curso de mestrado profissional em Física, na Universidade Federal do Piauí. Este questionário insere-se no âmbito de uma pesquisa que será realizada com alunos das turmas de terceiro ano do ensino médio. Pretendemos analisar o aplicativo com relação à sua contribuição para o aprendizado dos alunos, estrutura e manuseio. O questionário demora cerca de 10 a 15 minutos para ser respondido. Não há respostas certas nem erradas, mas a sua sinceridade é fundamental para atingirmos o objetivo deste estudo. O questionário é anônimo, os dados preenchidos são confidenciais e apenas serão utilizados pela pesquisa. Não haverá nenhum tipo de pagamento pela participação e será garantido o sigilo que assegura a privacidade dos sujeitos que tiverem seus dados coletados.

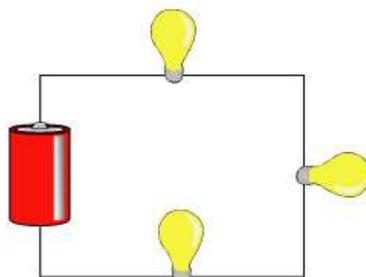
Em caso de dúvida sobre a pesquisa, você poderá entrar em contato com o pesquisador responsável no telefone (86) 99450-9605 ou pelo e-mail regescss@gmail.com. Dúvidas a respeito da ética aplicada nesta pesquisa poderão ser questionadas ao Comitê de Ética em Pesquisa da Universidade Federal do Piauí pelo telefone (86) 3237-2332.

#### Consentimento livre e esclarecido

Declaro que compreendi os objetivos desta pesquisa, como ela será realizada, os riscos e benefícios envolvidos e concordo em participar voluntariamente da pesquisa. Foi-me garantido que posso retirar meu consentimento a qualquer momento, sem que isto acarrete qualquer penalidade. Dou meu consentimento para que a equipe de pesquisadores que elaboraram o questionário utilize os dados por mim fornecidos, de forma anônima, em relatórios, artigos e apresentações.

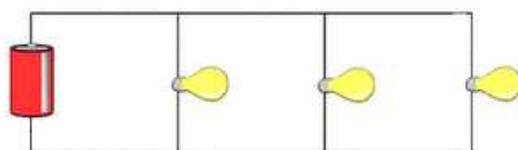
### Apêndice C: Questionário aplicado como pré-teste.

**01-** Na figura abaixo, mostra três lâmpadas acesas ligadas a uma bateria, caracterizando uma associação em série. O que acontece com as demais lâmpadas se uma delas queimar?



- As demais lâmpadas continuarão acesas
- Todas as lâmpadas irão queimar, pois, resultará em um curto circuito.
- As demais lâmpadas continuaram acesas, porém, com maior brilho já que a resistência diminui.
- Todas irão apagar, por que cada lâmpada funciona como um interruptor do circuito.

**02-** Estas lâmpadas estão associadas em paralelo, que permite afirmar que:



- Quando uma dessas lâmpadas queima as outras continuam acesas.
- Quando uma dessas lâmpadas queima as outras apagam.
- Apenas uma delas continua acesa.
- Todas lâmpadas irão queimar.

**03-** É muito comum você ver especificações elétricas em alguns eletrodomésticos como por exemplo: 100 **Watts** e 220 **Volts**. Nessa ordem, qual grandeza física representa essas unidades de medida?

- Corrente elétrica e potência elétrica
- Potência elétrica e voltagem
- Voltagem e potência elétrica
- Corrente elétrica e voltagem.

**04-** Dentre as opções abaixo, qual delas representa a unidade de medida da energia elétrica?

- Watts
- Quilowatts-hora
- Ampere
- Ohm

**05.** Dentre as opções abaixo, qual pode ajudar você na avaliação do consumo de energia elétrica?

- a. Amperagem x tempo
- b. Voltagem x tempo
- c. Potencia elétrica x tempo
- d. Frequência x tempo

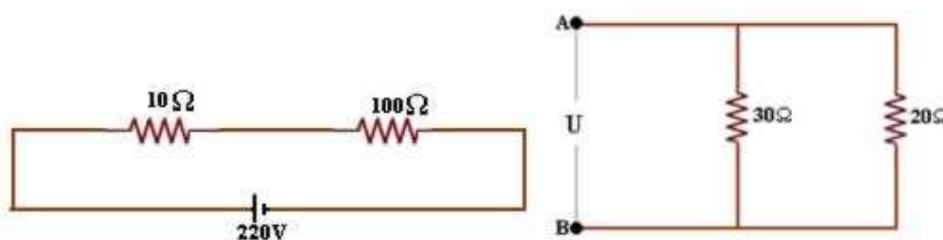
**06.** Os resistores elétricos são elementos de circuito que consomem energia elétrica, convertendo a energia elétrica em energia térmica. Portanto, essa conversão de energia elétrica em energia térmica é denominada como:

- a. Efeito Joule
- b. Efeito estufa
- c. Efeito Térmico
- d. Resistencia

**07.** Qual seria o valor da carga que passa através de uma seção transversal em 30 segundos, sabendo que a corrente elétrica tem intensidade de 5A?

- a. 120 C
- b. 150 C
- c. 180 C
- d. 200 C

**08.** Dado uma associação de resistores elétricos. Quais os valores da resistência equivalente em cada associação (serie e paralelo) respectivamente?



- a. 200  $\Omega$  e 9  $\Omega$
- b. 220  $\Omega$  e 10  $\Omega$
- c. 100  $\Omega$  e 11  $\Omega$
- d. 110  $\Omega$  e 12  $\Omega$

**09.** Marque alternativa **INCORRETA** que não corresponde aos efeitos da corrente elétrica.

- a. Efeito Joule
- b. Efeito Fisiológico
- c. Efeito químico
- d. Efeito Doppler

**10.** Uma ddp de 64 V foi aplicada a um resistor de 2000  $\Omega$ , resultando na formação de uma corrente elétrica no valor de:

- a. 30 mA
- b. 32 mA
- c. 34 mA
- d. 36 mA

**Apêndice D: Questionário aplicado como pós-teste.**

**01.** Se sua pele estiver muito úmida, de maneira que sua resistência seja de apenas  $1000 \Omega$ , e você tocar nos terminais de uma bateria de 15 volts, quanta corrente passara por seu corpo?

- a. 10 mA
- b. 12 mA
- c. 15 mA
- d. 20 mA

**02.** No laboratório de Física de sua escola tem uma associação de 10 lâmpadas em série. O que acontece à corrente nas lâmpadas se uma delas queimar?

- a. As demais lâmpadas continuarão acesas, pois, apenas uma queimou.
- b. Todas irão apagar, pois, o caminho que conecta os terminais será interrompido.
- c. Todas as lâmpadas irão queimar, pois, resultará em um curto circuito.
- d. As demais lâmpadas continuaram acesas, porém, com maior brilho já que a resistência diminui.

**03.** Uma corrente elétrica de intensidade igual a 6 A percorre um fio condutor. O valor da carga que passa através de uma seção transversal em 0,5 minuto é:

- a. 120 C
- b. 150 C
- c. 180 C
- d. 200 C

**04.** A respeito no que você aprendeu sobre os efeitos da corrente elétrica, veja as opções abaixo e marque a alternativa incorreta.

- a. Efeito magnético, se manifesta quando há o aparecimento de um campo magnético.
- b. Efeito fisiológico e efeito joule é praticamente iguais e ambos estão ligados ao choque
- c. Efeito químico, produz reações químicas.
- d. Efeito luminoso, gera luz.

**05.** Os faróis de um automóvel estão conectados em serie ou paralelo? E qual das opções mais se adequa a evidencia de sua resposta?

- a. Em série, porque quando uma se queima a outra se apaga.
- b. Em paralelo, porque quando uma se queima a outra se apaga.
- c. Em paralelo, porque quando uma se queima a outra continua acesa.
- d. Em série, porque quando uma se queima a outra continua acesa.

**06.** Quando você paga sua conta de luz no fim do mês, por quais dos seguintes itens você está pagando?

- a. voltagem
- b. corrente elétrica
- c. potencia elétrica
- d. energia elétrica

**07.** Das opções abaixo, qual apresenta a unidade de medida de potência elétrica e tensão elétrica, respectivamente?

- a. Watts e Ohm
- b. Ohm e Watts
- c. Watts e Volts
- d. ampere e ohm

**08.** Dispõe-se de dois resistores iguais  $R_1=R_2= 10 \Omega$ , quais os valores da resistência equivalente se forem associados em série e paralelo, respectivamente:

- a.  $20 \Omega$  e  $28 \Omega$
- b.  $20 \Omega$  e  $5 \Omega$
- c.  $5 \Omega$  e  $20 \Omega$
- d.  $26 \Omega$  e  $5 \Omega$

**09.** Em todo circuito elétrico ou componente eletrônico em funcionamento, há aquecimento, mesmo que baixo. A grandeza associada a esse aquecimento é denominada:

- a. resistência elétrica
- b. capacitância elétrica
- c. campo elétrico
- d. diferença de potencial elétrico.

**10.** Um ferro elétrico vem descrito as seguintes especificações: frequência 50 – 60 Hz; potência 1450W; voltagem 127 V. Se este ferro ficar ligado em média 1 hora por dia. Qual das alternativas abaixo pode ajudar na avaliação da energia elétrica?

- a. Potência elétrica e frequência
- b. Potência elétrica e tempo
- c. Frequência e tempo
- d. Voltagem e frequência

**Apêndice E: Questionário avaliativo do produto educacional Eletrofis como ferramenta didática.**

Caros alunos,

Pedimos a gentileza a avaliação do aplicativo ELETROFIS de autoria do prof. Reges Carvalho dos Santos com o objetivo de facilitar o processo ensino e aprendizagem dos alunos do ensino médio em tópicos relacionados a eletricidade.

N	Item	Nota				
		1	2	3	4	5
1	Layout					
2	Manuseio					
3	Informações disponibilizadas					
4	Seção teoria					
5	Seção curiosidades					
6	Seção exercícios					
7	Seção simulação dos circuitos elétricos					
8	Você recomendaria o aplicativo					

Obrigado!

## Apêndice F: Pré-teste respondido pelo grupo 7

### TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO

Você está sendo convidado (a) para participar, como voluntário (a), do Projeto de Pesquisa sob o título "ELETROFIS: aplicativo didático no processo ensino e aprendizagem da eletrodinâmica no Ensino Médio". Meu nome é Reges Carvalho dos Santos, sou o pesquisador responsável e aluno do curso de mestrado profissional em Física, na Universidade Federal do Piauí. Este questionário insere-se no âmbito de uma pesquisa que será realizada com alunos das turmas de terceiro ano do ensino médio. Pretendemos analisar o aplicativo com relação à sua contribuição para o aprendizado dos alunos, estrutura e manuseio. O questionário demora cerca de 90 minutos para ser respondido. Não há respostas certas nem erradas, mas a sua sinceridade é fundamental para atingirmos o objetivo deste estudo. O questionário é anônimo, os dados preenchidos são confidenciais e apenas serão utilizados pela pesquisa. Não haverá nenhum tipo de pagamento pela participação e será garantido o sigilo que assegure a privacidade dos sujeitos que tiverem seus dados coletados.

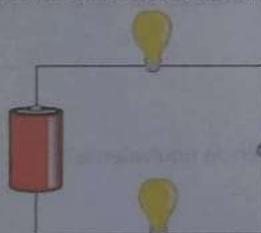
Em caso de dúvida sobre a pesquisa, você poderá entrar em contato com o pesquisador responsável no telefone (86) 99450-9605 ou pelo e-mail regescs@gmail.com. Dúvidas a respeito da ética aplicada nesta pesquisa poderão ser questionadas ao Comitê de Ética em Pesquisa da Universidade Federal do Piauí pelo telefone (86) 3237-2332.

#### Consentimento livre e esclarecido

Declaro que compreendi os objetivos desta pesquisa, como ela será realizada, os riscos e benefícios envolvidos e concordo em participar voluntariamente da pesquisa. Foi-me garantido que posso retirar meu consentimento a qualquer momento, sem que isto acarrete qualquer penalidade. Dou meu consentimento para que a equipe de pesquisadores que elaboraram o questionário utilize os dados por mim fornecidos, de forma anônima, em relatórios, artigos e apresentações.

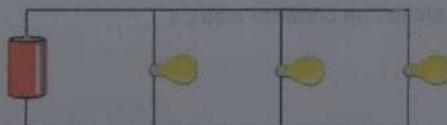
### 1º QUESTIONÁRIO

- 01- A figura abaixo, mostra três lâmpadas acesas ligadas a uma bateria, caracterizando uma associação em série. O que acontece com as demais lâmpadas se uma delas queimar?



- a. As demais lâmpadas continuarão acesas  
 b. Todas as lâmpadas irão queimar, pois, resultará em um curto circuito.  
 c. As demais lâmpadas continuaram acesas, porém, com maior brilho já que a resistência diminui.  
 d. Todas irão apagar, por que cada lâmpada funciona como um interruptor do circuito.

- 02- Estas lâmpadas estão associadas em paralelo, o que permite afirmar que:



- a. Quando uma dessas lâmpadas queima as outras continuam acesas.  
 b. Quando uma dessas lâmpadas queima as outras apagam.  
 c. Apenas uma delas continua acesa.  
 d. Todas lâmpadas irão queimar.

03- É muito comum você ver especificações elétricas em alguns eletrodomésticos como por exemplo: 300 Watts e 220 Volts. Nessa ordem, qual grandeza física representa essas unidades de medida?

- a. Corrente elétrica e potência elétrica
- b. Potência elétrica e voltagem
- c. Voltagem e potência elétrica
- d. Corrente elétrica e voltagem.

04- Dentre as opções abaixo, qual delas representa a unidade de medida de energia elétrica?

- a- Watt
- b- Quilowatt-hora
- c- Ampere
- d- Ohm

05- Dentre as opções abaixo, qual pode ajudar você na avaliação do consumo de energia elétrica?

- a- Amperagem x tempo
- b- Voltagem x tempo
- c- Potencia elétrica x tempo
- d- Frequência x tempo

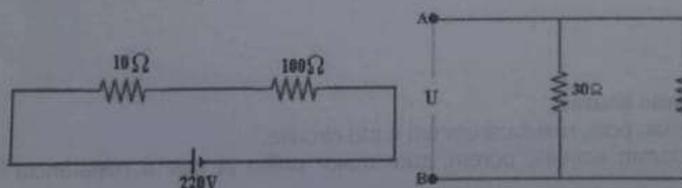
06- Os resistores elétricos são elementos de circuito que consomem energia elétrica, convertendo a energia elétrica em energia térmica. Portanto, essa conversão de energia elétrica em energia térmica é denominada como:

- a- Efeito Joule
- b- Efeito Estufa
- c- Efeito Químico
- d- Resistencia

07- Qual seria o valor da carga que passa através de uma seção transversal durante 30 segundos, sabendo que a corrente elétrica tem intensidade de 5A?

- a. 120 C
- b. 150 C
- c. 180 C
- d. 200 C

08. Dado uma associação de resistores elétricos. Qual o valor da resistência equivalente?



- a. 200  $\Omega$
- b. 220  $\Omega$
- c. 100  $\Omega$
- d. 110  $\Omega$

09. Marque a alternativa que **NÃO** corresponde aos efeitos da corrente elétrica.

- a. Efeito Joule
- b. Efeito Fisiológico
- c. Efeito químico
- d. Efeito Doppler

10. Uma ddp de 64 V foi aplicada a um resistor de 2000  $\Omega$ , resultando na formação de uma corrente elétrica no valor de:

- a- 30 mA
- b- 32 mA
- c- 34 mA
- d- 36 mA

## Apêndice G: Pós-teste respondido pelo grupo 7

### TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO

Você está sendo convidado (a) para participar, como voluntário (a), do Projeto de Pesquisa sob o título "ELETROFÍS: aplicativo didático da eletrodinâmica no Ensino Médio". Meu nome é Regés Carvalho dos Santos, sou o pesquisador responsável e aluno do curso de mestrado profissional em Física, na Universidade Federal do Piauí. Este questionário insere-se no âmbito de uma pesquisa que será realizada com alunos das turmas de terceiro ano do ensino médio. Pretendemos analisar o aplicativo com relação à sua contribuição para o aprendizado dos alunos, estrutura e manuseio. O questionário demora cerca de 90 minutos para ser respondido. Não há respostas certas nem erradas, mas a sua sinceridade é fundamental para atingirmos o objetivo deste estudo. O questionário é anônimo, os dados preenchidos são confidenciais e apenas serão utilizados pela pesquisa. Não haverá nenhum tipo de pagamento pela participação e será garantido o sigilo que assegura a privacidade dos sujeitos que tiverem seus dados coletados.

Em caso de dúvida sobre a pesquisa, você poderá entrar em contato com o pesquisador responsável no telefone (86) 99450-9605 ou pelo e-mail regescss@gmail.com. Dúvidas a respeito da ética aplicada nesta pesquisa poderão ser questionadas ao Comitê de Ética em Pesquisa da Universidade Federal do Piauí pelo telefone (86) 3237-2332.

### Consentimento livre e esclarecido

### 2º QUESTIONÁRIO

01. No laboratório de Física de sua escola tem uma associação de 10 lâmpadas em série. O que acontece à corrente nas demais lâmpadas se uma delas queimar?

- a. As demais lâmpadas continuarão acesas, pois, apenas uma queimou.
- b. Todas irão apagar, pois, o caminho que conecta os terminais será interrompido.
- c. Todas as lâmpadas irão queimar, pois, resultará em um curto circuito.
- d. As demais lâmpadas continuaram acesas, porém, com maior brilho já que a resistência diminui.

02. Os faróis de um automóvel estão conectados em série ou paralelo? E qual das opções mais se adequa à evidência de sua resposta?

- a. Em série, porque quando uma se queima a outra se apaga.
- b. Em paralelo, porque quando uma se queima a outra se apaga.
- c. Em paralelo, porque quando uma se queima a outra continua acesa.
- d. Em série, porque quando uma se queima a outra continua acesa.

03. Das opções abaixo, qual apresenta a unidade de medida de potência elétrica e tensão elétrica, respectivamente?

- a. Watt e Ohm
- b. Ohm e Watt
- c. Watt e Volt
- d. Ampere e Ohm

04. Quando você paga sua conta de luz no fim do mês, por quais dos seguintes itens você está pagando?

- a. voltagem observada
- b. corrente elétrica que circula
- c. potência elétrica gerada
- d. energia elétrica consumida

05. Um ferro elétrico vem descrito as seguintes especificações: frequência 50 – 60 Hz; potência 1450W; voltagem 127 V. Se este ferro ficar ligado em média 1 hora por dia. Qual das alternativas abaixo pode ajudar na avaliação da energia elétrica?

- a. Potência elétrica e frequência
- b. Potência elétrica e tempo
- c. Frequência e tempo
- d. Voltagem e frequência

06. Em todo circuito elétrico ou componente eletrônico em funcionamento, há aquecimento, mesmo que baixo. A grandeza associada a esse aquecimento é denominada:

- a. resistência elétrica
- b. capacitância elétrica
- c. campo elétrico
- d. diferença de potencial elétrico.

07. Uma corrente elétrica de intensidade igual a 6 A percorre um fio condutor. O valor da carga que passa através de uma seção transversal em 0,5 minuto é:

- a. 120 C
- b. 150 C
- c. 180 C
- d. 200 C

08. Dispõe-se de dois resistores iguais  $R_1 = R_2 = 10 \Omega$ , quais os valores da resistência equivalente se forem associados em série e paralelo, respectivamente:

- a.  $20 \Omega$  e  $28 \Omega$
- b.  $20 \Omega$  e  $5 \Omega$
- c.  $5 \Omega$  e  $20 \Omega$
- d.  $26 \Omega$  e  $5 \Omega$

09. A respeito do que você aprendeu sobre os efeitos da corrente elétrica, veja as opções abaixo e marque a alternativa **incorreta**.

- a. Efeito magnético, se manifesta quando há o aparecimento de um campo magnético.
- b. Efeito fisiológico e efeito joule são semelhantes, pois ambos estão relacionados a descarga elétrica.
- c. Efeito químico, produz reações químicas.
- d. Efeito luminoso, gera luz.

10. Se sua pele estiver muito úmida, de maneira que sua resistência seja de apenas  $1000 \Omega$ , e você tocar nos terminais de uma bateria de 15 volts, quanta corrente passara por seu corpo?

- a. 10 mA
- b. 12 mA
- c. 15 mA
- d. 20 mA

## Apêndice H: Questionário avaliativo do produto educacional respondido.

### TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO

Você está sendo convidado (a) para participar, como voluntário (a), do Projeto de Pesquisa sob o título "ELETROFÍS: aplicativo didático da eletrodinâmica no Ensino Médio". Meu nome é Reges Carvalho dos Santos, sou o pesquisador responsável e aluno do curso de mestrado profissional em Física, na Universidade Federal do Piauí. Este questionário insere-se no âmbito de uma pesquisa que será realizada com alunos das turmas de terceiro ano do ensino médio. Pretendemos analisar o aplicativo com relação à sua contribuição para o aprendizado dos alunos, estrutura e manuseio. O questionário demora cerca de 90 minutos para ser respondido. Não há respostas certas nem erradas, mas a sua sinceridade é fundamental para atingirmos o objetivo deste estudo. O questionário é anônimo, os dados preenchidos são confidenciais e apenas serão utilizados pela pesquisa. Não haverá nenhum tipo de pagamento pela participação e será garantido o sigilo que assegura a privacidade dos sujeitos que tiverem seus dados coletados.

Em caso de dúvida sobre a pesquisa, você poderá entrar em contato com o pesquisador responsável no telefone (86) 99450-9605 ou pelo e-mail regescss@gmail.com. Dúvidas a respeito da ética aplicada nesta pesquisa poderão ser questionadas ao Comitê de Ética em Pesquisa da Universidade Federal do Piauí pelo telefone (86) 3237-2332.

#### Consentimento livre e esclarecido

Caros alunos,

Pedimos a gentileza de avaliação do aplicativo **ELETROFIS** de autoria do prof. *Reges Carvalho dos Santos* com o objetivo de facilitar o processo ensino e aprendizagem dos alunos do ensino médio em tópicos relacionados a eletricidade.

N	Item	Nota				
		1	2	3	4	5
1	Layout					X
2	Manuseio					X
3	Informações disponibilizadas					X
4	Seção teoria					X
5	Seção curiosidades					X
6	Seção exercícios					X
7	Seção simulação dos circuitos elétricos					X
8	Você recomendaria o aplicativo					X

Obrigado!