

**UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA "JÚLIO MESQUITA FILHO"**  
**FACULDADE DE CIÊNCIAS E TECNOLOGIA**  
**MESTRADO NACIONAL PROFISSIONAL EM ENSINO DE FÍSICA**  
**POLO 16**

**Ely de Sousa Agudo**

**ENSINO DE ELETRODINÂMICA COM PRÁTICAS EXPERIMENTAIS:**  
**Sequências didáticas com uma abordagem significativa**

Presidente Prudente

2023

**Ely de Sousa Agudo**

**ENSINO DE ELETRODINÂMICA COM PRÁTICAS EXPERIMENTAIS:  
Sequências didáticas com uma abordagem significativa**

Dissertação apresentada ao Polo 16 do Programa de Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física da Universidade Estadual Paulista como requisito parcial à obtenção do título de Mestre em Ensino de Física.

**Área de concentração:** Física na Educação Básica.

Orientadora: Dra. Priscila Alessio Constantino

Presidente Prudente  
2023

A282e Agudo, Ely de Sousa  
Ensino de eletrodinâmica com práticas experimentais :  
sequências didáticas com uma abordagem significativa / Ely de  
Sousa Agudo. -- Presidente Prudente, 2023  
107 p. : il., tabs., fotos + objeto educacional

Dissertação (Mestrado profissional - Ensino de Física  
(MNPEF)) - Universidade Estadual Paulista (Unesp), Faculdade  
de Ciências e Tecnologia, Presidente Prudente  
Orientadora: Priscila Alessio Constantino

1. Ensino de Física. 2. Eletrodinâmica. 3. Experimentação. I.  
Título.

Sistema de geração automática de fichas catalográficas da Unesp. Biblioteca da  
Faculdade de Ciências e Tecnologia, Presidente Prudente. Dados fornecidos pelo  
autor(a).

Essa ficha não pode ser modificada.

**CERTIFICADO DE APROVAÇÃO**

TÍTULO DA DISSERTAÇÃO: ENSINO DE ELETRODINÂMICA COM PRÁTICAS EXPERIMENTAIS:  
Sequências didáticas com uma abordagem significativa

**AUTOR: ELY DE SOUSA AGUDO**

**ORIENTADORA: PRISCILA ALESSIO CONSTANTINO**

Aprovado como parte das exigências para obtenção do Título de Mestre em Ensino de Física, área:  
Física na Educação Básica pela Comissão Examinadora:

Profa. Dra. PRISCILA ALESSIO CONSTANTINO (Participação Virtual)  
Departamento de Física / Unesp - Faculdade de Ciências e Tecnologia de Presidente Prudente

Prof. Dr. MOACIR PEREIRA DE SOUZA FILHO (Participação Virtual)  
Departamento de Física / Unesp - Faculdade de Ciências e Tecnologia de Presidente Prudente

Prof. Dr. OTÁVIO AUGUSTO CAPELOTO (Participação Virtual)  
Instituto de Saúde e Biotecnologia de Coari / Universidade Federal do Amazonas

Presidente Prudente, 18 de setembro de 2023



Documento assinado digitalmente  
PRISCILA ALESSIO CONSTANTINO  
Data: 18/09/2023 11:36:50-0300  
Verifique em <https://validar.it.gov.br>

## DEDICATÓRIA

Ao meu querido pai João Agudo (in memoriam), que dedicou a sua vida a família, não deixando nos faltar nada e sendo o melhor exemplo de pai e trabalhador.

## **AGRADECIMENTOS**

Agradeço à minha esposa Priscila Alves Macanhã que esteve ao meu lado me apoiando e não me deixando desistir nos momentos mais difíceis que tive em minha vida e que me deu o presente mais valioso que poderia ter, que é o nosso filho João Hélio.

À minha família que sempre me motivou a novas conquistas e sempre foram o meu refúgio em tempos difíceis.

À minha orientadora Priscila Alessio Constantino que é um exemplo de profissional a ser seguido. Mesmo com todos os momentos adversos que passei, foi compreensiva, paciente e não desistiu de mim mesmo eu pensando em desistir diversas vezes.

Aos demais professores do programa de pós-graduação do MNPEF que mesmo durante a pandemia não deixaram de fazer seu papel com excelência.

Aos colegas de curso que infelizmente o isolamento não permitiu que pudéssemos criar vínculos mais fortes.

Aos meus alunos que participaram do produto educacional.

À CAPES, pela concessão da bolsa de estudos. O presente trabalho foi realizado com o apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – Brasil (CAPES) – código de financiamento 001.

À SBF, pelo importante papel do programa de mestrado profissional em ensino de física.

## RESUMO

A compreensão da física se torna desinteressante quando o aluno não vê relevância naquilo em que é ensinado e tem aulas pouco dinâmicas ou carregadas de cálculos pouco significativos. Este trabalho possui o intuito de colaborar com outros professores de física do ensino médio a promover o aprendizado dos alunos, fornecendo formas alternativas de se trabalhar física na sala de aula. A experimentação no ensino de física tem grande relevância para auxiliar o professor a enfrentar esses problemas, no entanto o tempo para isso se torna outro grande desafio. O ensino de eletrodinâmica necessita de certa abstração na compreensão de seus conceitos, sendo assim, demonstrações experimentais, uso de softwares e manuseio de dispositivos eletrônicos podem ser ferramentas potencialmente facilitadoras no processo de aprendizagem. A proposta é desenvolver atividades fundamentadas na aprendizagem significativa concebida por David Ausubel, no qual investigamos os conhecimentos prévios dos alunos com um questionário e desenvolvemos conceitos teóricos baseados nesses subsunçores juntamente com demonstrações e práticas experimentais. Para trazer a compreensão de circuitos, desenvolvemos uma casa em miniatura para entender como funciona a distribuição da energia elétrica quando acendemos lâmpadas, e com isso é possível explorar conceitos como: corrente elétrica, resistência elétrica, associação de resistores, potência e consumo de energia e formação de circuitos simples com interruptores. O resultado dessas atividades promoveu maior participação e interesse pela matéria, e ao final foi aplicado outro questionário com questões conceituais que também apresentou resposta bem positiva ao aproveitamento das aulas mostrando que o produto educacional tem potencial para ser usado em sala de aula como uma ferramenta auxiliadora para professores de física. A implementação do produto educacional foi realizada em tempos de pandemia da COVID-19 de forma presencial, onde a situação estava parcialmente controlada, onde os alunos frequentavam a escola seguindo as orientações sanitárias vigentes do momento e não houve necessidade de fazer outras adaptações.

Palavras-chave: Ensino de física; Eletrodinâmica; Experimentação.

## ABSTRACT

The understanding of physics becomes uninteresting when the student does not see relevance in what he is taught and has classes that are not very dynamic or full of insignificant calculations. This work has the intention of collaborating with other high school physics teachers to promote student learning by providing alternative ways to teach physics in the classroom. Experimentation in physics teaching is of great relevance to help teachers face these problems, however the time for this becomes another major challenge. The teaching of electrodynamics needs a certain abstraction in the understanding of its concepts, therefore, experimental demonstrations, use of software and handling of electronic devices can be potentially facilitating tools in the learning process. The proposal is to develop activities based on the meaningful learning conceived by David Ausubel, in which we investigate students' prior knowledge with a questionnaire and develop theoretical concepts based on these subsumers together with demonstrations and experimental practices. To bring understanding of circuits, we developed a miniature house to understand how the distribution of electrical energy works when we turn on light bulbs, and with that it is possible to explore concepts such as: electric current, electrical resistance, association of resistors, power and energy consumption and formation of simple circuits with switches. The result of these activities promoted greater participation and interest in the subject, and in the end another questionnaire was applied with conceptual questions that also presented a very positive response to the use of classes, showing that the educational product has the potential to be used in the classroom as an auxiliary tool. for physics teachers. The implementation of the educational product was carried out in times of the COVID-19 pandemic in person, where the situation was partially controlled, where students attended school following the health guidelines in force at the time and there was no need to make other adaptations.

Keywords: Physics teaching; Electrodynamics; Experimentation.

## SUMÁRIO

|                                                                  |    |
|------------------------------------------------------------------|----|
| 1. INTRODUÇÃO.....                                               | 7  |
| 2. REFERENCIAL TEÓRICO .....                                     | 10 |
| 2.1. Experimentação no ensino de física.....                     | 10 |
| 2.2. Base nacional comum curricular.....                         | 14 |
| 2.3. Aprendizagem significativa de david ausubel.....            | 16 |
| 2.3.1. Condições para aprendizagem significativa.....            | 18 |
| 2.3.2. Indicadores de aprendizagem significativa.....            | 18 |
| 2.3.3. Tipos de aprendizagem significativa .....                 | 19 |
| 2.3.4. Formas de aprendizagem significativa .....                | 19 |
| 3. ELETRODINÂMICA.....                                           | 23 |
| 3.1. Campo elétrico .....                                        | 23 |
| 3.2. Potencial elétrico .....                                    | 24 |
| 3.3. Corrente elétrica .....                                     | 25 |
| 3.4. Resistência elétrica .....                                  | 28 |
| 3.5. Choque elétrico .....                                       | 29 |
| 3.6. Força eletromotriz (fem) em circuitos .....                 | 31 |
| 3.7. Potência elétrica.....                                      | 32 |
| 3.7.1. Consumo de energia.....                                   | 33 |
| 3.8. Circuitos elétricos .....                                   | 34 |
| 3.8.1. Associação de resistores em série.....                    | 35 |
| 3.8.2. Associação de resistores em paralelo.....                 | 36 |
| 3.8.3. Medidores elétricos .....                                 | 40 |
| 4. METODOLOGIA .....                                             | 43 |
| 4.1. CARACTERIZAÇÃO DA PESQUISA .....                            | 43 |
| 4.2. Localização e sujeitos da pesquisa .....                    | 43 |
| 4.3. Etapas da pesquisa .....                                    | 44 |
| 4.4. Questionário de sondagem de interesse na aprendizagem ..... | 45 |
| 4.5. Levantamento de conhecimentos prévios .....                 | 55 |
| 4.6. Aula expositiva com recursos digitais.....                  | 70 |
| 4.7. Atividades experimentais.....                               | 71 |
| 5. RESULTADOS E DISCUSSÕES.....                                  | 76 |
| 5.1. Análise qualitativa das aulas com recurso digitais.....     | 76 |

|                                           |     |
|-------------------------------------------|-----|
| 5.2. APLICAÇÃO DO EXPERIMENTO.....        | 77  |
| 5.3. RESPOSTAS DO QUESTIONÁRIO FINAL..... | 80  |
| 6. CONSIDERAÇÕES FINAIS.....              | 99  |
| REFERÊNCIAS.....                          | 102 |

## 1. INTRODUÇÃO

O ensino de física encontra diversas barreiras a serem quebradas ao longo do ensino médio nas escolas, como professores despreparados, escolas sem recurso, salas de aulas cheias além do desafio de uma geração de alunos que cresceram com a tecnologia e possuem a necessidade do imediatismo por estarem acostumados a receberem diversas informações através da internet e seus smartphones. Estes alunos, quando se deparam com a obrigatoriedade de frequentar escolas por cinco dias da semana nas quais devem permanecer sentados por mais de cinco horas por dia de maneira passiva, não apresentam empolgação para obter conhecimento. O profissional da educação acaba sendo desafiado a desenvolver criatividade e dinamismo para tornar a matéria interessante com boa assimilação. Daí surge a necessidade de uma reformulação das metodologias e adaptação às características dessa nova geração.

Diversos estudos mostram que a utilização de atividades experimentais se torna um meio favorável para o ensino em geral, e, na física, isso não é diferente. O experimento deve cumprir um papel não simplesmente visual de seus efeitos, mas sim de trazer ao aluno o significado e importância daquilo para sua vida fora da escola. Guimarães (2009) disse que o professor muitas vezes apresenta aos alunos diversas informações sem respeitar ou investigar o seu cotidiano e seu conhecimento prévio sobre a temática, tornando a aprendizagem sem significado e relevância em sua vida, e que um experimento dado sem fundamentação não irá surtir o efeito esperado.

No ensino de ciência, a experimentação pode ser uma estratégia eficiente para a criação de problemas reais que permitam a contextualização e o estímulo de questionamento de investigação. Nesta perspectiva, o conteúdo a ser trabalhado caracteriza-se como resposta aos questionamentos feitos pelos educandos durante a interação com o contexto criado (...). Fazer ciência, no campo científico, não é aleatório. Ao ensinar ciência, no âmbito escolar, deve-se também levar em consideração que toda observação não é feita num vazio conceitual, mas a partir de um corpo teórico que orienta a observação (GUIMARÃES, 2009, p.198).

É necessário que o conhecimento adquirido pelo aluno não seja transmitido apenas de forma passiva, recebendo as informações já sequenciadas. O

aluno necessita incorporar o ato de “experimental” no processo de ensino-aprendizado. Manusear, medir, sentir os equipamentos, ver de perto, são métodos para aguçar sua curiosidade. A metodologia de ensino com experimentação já é prevista nos parâmetros curriculares nacionais:

É indispensável que a experimentação esteja sempre presente ao longo de todo o processo de desenvolvimento das competências em Física, privilegiando-se o fazer, manusear, operar, agir, em diferentes formas e níveis. É dessa forma que se pode garantir a construção do conhecimento pelo próprio aluno, desenvolvendo sua curiosidade e o hábito de sempre indagar, evitando a aquisição do conhecimento científico como uma verdade estabelecida e inquestionável. (BRASIL, 2002, p. 84)

A fim de auxiliar os professores de física de todo o Brasil, essa pesquisa visa elaborar sequências didáticas que possam produzir discussões e ajudar os alunos a resolverem dificuldades reais sobre o tema de eletrodinâmica. Para isso, estão relatados o planejamento e a execução de atividades entrelaçadas com lógica sequencial para a obtenção e evolução do conhecimento sempre partindo dos conhecimentos prévios. De acordo com CACHAPUZ (2011) as metodologias de ensino que se baseiam na investigação se mostram uma maneira de pensar e repensar a prática pedagógica. Destaca-se que é necessário envolver os alunos sem oferecer as respostas prontas e envolvê-los tanto cognitivamente quanto afetivamente.

O uso de recursos digitais se torna praticamente obrigatório para a compreensão de certos conceitos, tanto que a Base Nacional Comum Curricular (BNCC) – documento para padronizar e instruir quais competências e habilidades os alunos de todo país devem desenvolver – apresenta dentro das ciências da natureza e o ensino de eletricidade e magnetismo a necessidade de realizar previsões qualitativas e quantitativas sobre o funcionamento de dispositivos eletrônicos, com base na análise dos processos de transformação e condução de energia envolvidos – com ou sem o uso de dispositivos e aplicativos digitais (BNCC, 2017).

O objetivo principal deste trabalho é fornecer uma sequência didática que esteja atrelada ao uso de recursos digitais, simuladores e experimentos com dispositivos eletrônicos através de uma abordagem significativa para o ensino da eletrodinâmica. Para isso serão considerados alguns pontos no processo de ensino-aprendizagem de David Ausubel, onde verificaremos as condições de aprendizagem

dos alunos e seus conhecimentos prévios. O trabalho será aplicado com alunos do 3º ano do ensino médio de um colégio particular de presidente prudente. Antes e após a aplicação dos roteiros, serão aplicados questionários para verificar os conhecimentos prévios dos alunos e também, ao final, verificar o que foi aprendido. A sequência didática será baseada em roteiros interligados onde serão abordados os tópicos principais da BNCC sobre eletrodinâmica, buscando alcançar as competências exigidas com aulas teóricas e auxílio de experimentos. Um dos momentos da sequência será a realização de instalações elétricas em uma maquete de uma mini casa, para que os grupos de alunos possam compreender o comportamento da corrente elétrica em circuitos, podendo manusear dispositivos eletrônicos e medidores elétricos, a fim de aproximar a teoria com a prática, sempre com a supervisão do professor.

Para atingir esse propósito alguns objetivos específicos deverão ser alcançados, que são:

- Desenvolver competências e habilidades adequadas para o conhecimento de eletrodinâmica;
- Promover a curiosidade e interesse do aluno com situações que estejam vinculadas ao seu cotidiano.
- Recorrer ao uso de tecnologias em sala de aula como computador com internet para reduzir a abstração de conceitos físicos.
- Aproximar o aluno ao uso de dispositivos eletrônicos na prática.

É importante salientar que este produto educacional era para ter sido aplicado em 2021, ano que o mundo estava passando pela pandemia do COVID-19 e todos os alunos estavam tendo aulas de forma remota. Portanto o autor dessa dissertação usou a prorrogação fornecida pelo MNPEF em acordo com a CAPES que também flexibilizou as formas de aplicação do produto e aplicou em 2022, onde ainda estávamos em pandemia, porém de forma controlada. Adicionado aos desafios existentes na educação básica, a pandemia trouxe novos problemas e dificuldades em sala de aula, no entanto foi possível manter a ideia original sem necessidade de alterações ou adaptações respeitando as orientações de cuidados sanitários, uma vez que os alunos estavam frequentando as aulas presencialmente.

## **2. REFERENCIAL TEÓRICO**

### **2.1. EXPERIMENTAÇÃO NO ENSINO DE FÍSICA**

Aproximar o estudante ao objeto de estudo é um desafio para professores de ciências, pois muitos acabam priorizando demonstrações matemáticas ou focam em resoluções de exercícios meramente numéricas sem dar prioridade a apresentação de conceitos que possam tornar a aprendizagem significativa. Bonadiman (2007) explica que múltiplas as causas que costumam dificultar a aprendizagem de física como:

(...) o enfoque demasiado na chamada Física matemática em detrimento de uma Física mais conceitual, o distanciamento entre o formalismo escolar e o cotidiano dos alunos, a falta de contextualização dos conteúdos desenvolvidos com as questões tecnológicas, a fragmentação dos conteúdos e a forma linear como são desenvolvidos em sala de aula, sem a necessária abertura para as questões interdisciplinares, a pouca valorização da atividade experimental e dos saberes do aluno, a própria visão da ciência, e da Física em particular, geralmente entendida e repassada para o aluno como um produto acabado (BONADIMAN, 2007).

Bonadiman (2007) também cita que os estudantes quando entram para o ensino médio, possuem grande curiosidade sobre novos conhecimentos, principalmente sobre fenômenos físicos e tecnológicos, entretanto em pouco tempo a vivência com a disciplina torna-se pouco prazerosa e a experiência estudantil frustrante.

Com o avanço tecnológico e o uso de recursos digitais como a internet, a juventude atual possui acesso rápido e fácil a informação, então a escola de ensino tradicional se mostra cada vez mais ultrapassada e monótona para o estudante. Quando um professor não relaciona o conteúdo com conhecimentos prévios do aluno, essa aprendizagem não será significativa. De acordo com Guimarães (2009) é necessário que os aprendizes encontrem problemas concretos para poderem criar o próprio conhecimento.

A utilização de experimentos no ensino de ciências pode ser usada como estratégia para a criação de problemas reais que podem induzir e estimular

questionamentos, entretanto essa estratégia não é tão simples. Segundo Guimarães (2009):

Essa metodologia não deve ser pautada nas aulas experimentais do tipo “receita de bolo”, em que os aprendizes recebem um roteiro para seguir e devem obter os resultados que o professor espera, tampouco apetrecher que o conhecimento seja construído pela mera observação. (Guimarães, 2009, p.198).

Deixar que o aluno consiga compreender a ideia sozinho sem nenhuma teoria anterior é a receita do fracasso experimental, é necessário que o professor consiga nortear o caminho através de um corpo teórico orientador. A utilização de experimentos costuma atrair as atenções, e com isso o professor ganha a oportunidade de dinamizar sua aula e contribuir na compreensão de certos conceitos envolvidos.

O educador, de acordo com Ferreira (1978), tem o papel de orientar a aprendizagem no aspecto da experimentação, para que os alunos promovam a realização dos trabalhos de maneira mais inteligente, sabendo selecionar os instrumentos adequados, as técnicas de laboratório e o acerto nos objetivos das atividades. Ferreira (1978) classifica algumas formas de trabalhar as atividades experimentais em diferentes óticas, aqui apresentaremos três:

- A experiência (ou laboratório) de Cátedra tem objetivo de aumentar a compreensão do aluno a respeito dos conceitos teóricos trabalhados pelo professor em sala de aula, ou a motivação para um futuro trabalho teórico em classe. Nesse tipo de experimentação, o professor atua apenas como demonstrador de fenômenos físicos que são ensinados em sala (MALHEIROS, 2016).
- O laboratório Tradicional tem por base a utilização e averiguação dos fenômenos físicos através do método científico, e de acordo com Malheiros (2016) neste modelo de experimentação, as atividades produzidas pelo professor já trazem todos os procedimentos que deverão ser alcançados pelo educando, sendo assim, o aluno apenas verifica as leis físicas envolvidas.

- Para a experimentação no estilo Laboratório Divergente, o aluno participa de diversos estágios do desenvolvimento, como observação e realização de procedimentos para adquirir as competências e habilidades do conteúdo contemplado com passos investigativos (MALHEIROS, 2016).

Dos três laboratórios citados anteriormente, os dois primeiros levam o aluno a ter papel apenas de observador e não é levado em consideração os seus conhecimentos prévios, podendo levar a uma aprendizagem mecânica sem significação. Entretanto, essas metodologias podem familiarizar o estudante ao método científico e o desenvolvimento de habilidades com a manipulação de instrumentos.

O laboratório divergente, de acordo com Malheiros (2016), promove que os estudantes desfrutem de plena liberdade para desenvolverem os experimentos. O aluno realiza todos os percursos investigativos para concluir a atividade de pesquisa experimental. Apesar de formas diferentes de apresentar a ideia, é essencial que o professor possua o desejo de mudança em sua forma de ensinar. As gerações mudam suas características comportamentais e devemos inovar de maneira significativa, transformar as atividades em problemas reais e despertar o desejo de aprender do aluno.

O ensino de ciências no Brasil apresenta algumas propostas de acordo com os PCN (Parâmetros Curriculares Nacionais para o Ensino Médio) em que o aprendiz necessita compreender as ciências como uma construção humana e que esse conhecimento adquirido e acumulado consegue transformar a sociedade, continuamente e com rupturas de paradigmas.

O conhecimento físico deve ser explicado como um processo histórico marcado por transformações humanas, que permite a interpretação dos fatos, fenômenos e processos naturais no qual o homem está inserido e faz parte da própria natureza, é necessário que haja o entendimento de que a cultura da Física é formada por um conjunto de procedimentos, técnicas e tecnologias presentes no cotidiano do indivíduo, que possui uma explicação lógica e científica. (BRASIL, 1999, p.229).

Os PCN também expõem que a experimentação possui um papel importante na construção conceitual, mesmo apresentada de diversas formas diferentes:

Para o aprendizado científico, matemático e tecnológico, a experimentação, seja ela de demonstração, seja de observação e manipulação de situações e equipamentos do cotidiano do aluno e até mesmo a laboratorial, propriamente dita, é distinta daquela conduzida para a descoberta científica e é particularmente importante quando permite ao estudante diferentes e concomitantes formas de percepção qualitativa e quantitativa, de manuseio, observação, confronto, dúvida e de construção conceitual. A experimentação permite ainda ao aluno tomadas de dados significativos, com as quais possa verificar ou propor hipóteses explicativas e, preferencialmente, fazer previsões sobre outras experiências não realizadas (BRASIL, 2002).

Até aqui percebemos que existem diversas formas de atividades experimentais, que apresentam vantagens e desvantagens, portanto, cabe ao professor reconhecer as características da turma e o contexto escolar, saber identificar os benefícios do experimento a ser utilizado, para que assim possa explorar os conceitos trabalhados de forma eficiente e significativa.

Oliveira (2010) afirma que a experimentação precisa se adequar ao ambiente escolar e que para que o professor consiga explorar todas suas potencialidades é preciso conhecer as diferenças e saber quando e como aplicá-las de acordo com as habilidades e objetivos que precisam ser desenvolvidos.

É importante ressaltar que a realidade do profissional da educação no Brasil é desafiadora, pois a falta de equipamentos na escola faz com que muitas vezes o professor precise adquirir materiais com recursos próprios. Além disso, outros desafios são encontrados como salas de aulas lotadas e pouco tempo de aula para ajudar a desenvolver habilidades importantes ao educando. Atualmente nas escolas públicas são reservadas duas aulas de física semanais, com quarenta e cinco minutos cada. Nesse pequeno intervalo de tempo é preciso trabalhar a teoria, organizar a sala (que normalmente é pequena para tantos alunos), orientar a experimentação e ter tempo para que haja ação e reflexão dos alunos, o que torna as atividades experimentais investigativas pouco utilizadas por professores.

Apesar do tempo limitado, aulas com atividades experimentais, devem ser planejadas de forma que o tempo de reflexão seja prioritário em relação ao tempo de metodologia, pois é mais importante a estruturação cognitiva do que o manuseio dos materiais. Segundo Hodson (1994) é de extrema importância a existência de debates e análise de ideias para evitar a passividade intelectual dos alunos e que haja conexão entre as atividades e o conteúdo trabalhado.

## **2.2. BASE NACIONAL COMUM CURRICULAR**

A Base Nacional Comum Curricular (BNCC) é um documento orientador para todos os currículos dos estados do Brasil para o ensino infantil, fundamental e médio. Este documento possui caráter normativo que define o conjunto de aprendizagens essenciais que o estudante necessita desenvolver durante sua trajetória na escola (BNCC, 2017).

Este documento estabelece, principalmente, conhecimentos, competências e habilidades que o aluno deverá obter durante seus anos na escola. A justificativa principal das escolhas é que a educação brasileira seja pautada em uma formação humana que possa desenvolver uma sociedade inclusiva, democrática e justa. A prioridade é que os assuntos tratados no Ensino Médio possuam relação com a vida e o trabalho desenvolvido pela sociedade, trazendo também uma aproximação entre as disciplinas que estão contidas no currículo.

A reforma do ensino médio possibilita que componentes curriculares adotem temas que não fazem parte do mesmo, e assegura que a BNCC será um documento a ser seguido, podendo ser apresentado como itinerários nas áreas de conhecimento e atuação profissional, deixando que os sistemas de ensino optem por quais áreas de ensino oferecer, sendo elas: Linguagens, Matemática, Ciências da Natureza, Ciências Humanas e formação técnica e profissional (BRASIL, 2016)

Sobre o ensino de física, a BNCC indica sua importância para a construção humana e formação cidadã e deverá apresentar seu desenvolvimento histórico e suas diversas interpretações para a compreensão da ciência. A física fará parte das Ciências da Natureza, que engloba também a química e a biologia, e deverá abranger tópicos como conservação, conversão e degradação de energia ou conservação da quantidade de movimento (BRASIL 2016).

As temáticas de conhecimento da física serão compostas por:

- Movimentos de objetos e sistemas;

- Energia e suas transformações
- Processos de comunicação e informação
- Eletromagnetismo – materiais e equipamentos
- Matéria e radiação – constituição e interações
- Terra e universo – formação e evolução.

A temática do produto educacional desta dissertação que é o ensino de eletrodinâmica não estará mais segmentada e provavelmente estará em “Eletromagnetismo – materiais e equipamentos” e deverá haver outras relações de interdisciplinaridade, ou fará parte de itinerários escolhidos pelos alunos.

Os materiais e o trabalho do docente devem promover o desenvolvimento de competências e habilidades específicas fornecidas pela BNCC, quando se trata do ensino de eletrodinâmica, a BNCC (2017) elenca as seguintes informações:

*COMPETÊNCIA ESPECÍFICA 1 Analisar fenômenos naturais e processos tecnológicos, com base nas interações e relações entre matéria e energia, para propor ações individuais e coletivas que aperfeiçoem processos produtivos, minimizem impactos socioambientais e melhorem as condições de vida em âmbito local, regional e global.*

*HABILIDADE (EM13CNT101) Analisar e representar, com ou sem o uso de dispositivos e de aplicativos digitais específicos, as transformações e conservações em sistemas que envolvam quantidade de matéria, de energia e de movimento para realizar previsões sobre seus comportamentos em situações cotidianas e em processos produtivos que priorizem o desenvolvimento sustentável, o uso consciente dos recursos naturais e a preservação da vida em todas as suas formas.*

*HABILIDADE (EM13CNT106) Avaliar, com ou sem o uso de dispositivos e aplicativos digitais, tecnologias e possíveis soluções para as demandas que envolvem a geração, o transporte, a distribuição e o consumo de energia elétrica, considerando a disponibilidade de recursos, a eficiência energética, a relação custo/benefício, as características geográficas e ambientais, a produção de resíduos e os impactos socioambientais e culturais.*

*HABILIDADE (EM13CNT107) Realizar previsões qualitativas e quantitativas sobre o funcionamento de geradores, motores elétricos e seus componentes, bobinas, transformadores, pilhas, baterias e dispositivos eletrônicos, com base na análise dos processos de transformação e condução de energia envolvidos – com ou sem o uso de dispositivos e aplicativos digitais –, para propor ações que visem a sustentabilidade.*

### **COMPETÊNCIA ESPECÍFICA 3**

*Investigar situações-problema e avaliar aplicações do conhecimento científico e tecnológico e suas implicações no mundo, utilizando procedimentos e linguagens próprios das Ciências da Natureza, para propor soluções que considerem demandas locais, regionais e/ou globais, e comunicar suas descobertas e conclusões a públicos variados, em diversos contextos e por meio de diferentes mídias e tecnologias digitais de informação e comunicação (TDIC).*

*HABILIDADE (EM13CNT301) Construir questões, elaborar hipóteses, previsões e estimativas, empregar instrumentos de medição e representar e interpretar modelos explicativos, dados e/ou resultados experimentais para construir, avaliar e justificar conclusões no enfrentamento de situações-problema sob uma perspectiva científica.*

*HABILIDADE (EM13CNT308) Investigar e analisar o funcionamento de equipamentos elétricos e/ou eletrônicos e sistemas de automação para compreender as tecnologias contemporâneas e avaliar seus impactos sociais, culturais e ambientais.*

O novo ensino médio entrou em vigor em 2021 e teve até 2022 para todas as escolas se adequarem, sendo públicas ou particulares. Entretanto, seu início foi segmentado, começando apenas o primeiro ano do ensino médio, tendo até 2024 todos os anos serem incluídos nas novas diretrizes.

## **2.3. APRENDIZAGEM SIGNIFICATIVA DE DAVID AUSUBEL**

David Ausubel foi professor emérito da Universidade de Columbia, médico-psiquiatra de formação, mas trabalhou durante a sua vida na psicologia da educação onde defendeu a teoria da aprendizagem significativa. Moreira (1999) distingue três

tipos de aprendizagem segundo a perspectiva de Ausubel: cognitiva, afetiva e psicomotora.

A aprendizagem significativa representa o armazenamento organizado na mente do aprendiz – essa organização é denominada estrutura cognitiva. O fator isolado que implica principalmente no aprendizado são os conhecimentos prévios, ou seja, o professor necessita identificar o que o aluno já sabe para que novas ideias sejam aprendidas e retidas, e caso os conceitos relevantes estejam claros na estrutura cognitiva, se tornam pontos de ancoragem para novas ideias e conceitos. Moreira (1999) ainda menciona que uma nova informação se relaciona com a estrutura do conhecimento específica na qual Ausubel define como subsunçor, que será o caminho para que essa nova ideia possa se ancorar. O acúmulo de informações no cérebro se organiza de maneira hierárquica de conceitos que foram coletados através de experiências do aprendiz. O conceito de força já existindo na estrutura cognitiva, servirá de subsunçor para compreender forças gravitacionais e eletromagnéticas, e conforme o aprendizado ocorra de maneira significativa, haverá crescimento dos conceitos subsunçores iniciais.

Moreira (1999) também cita o que Ausubel define como aprendizagem mecânica, esta que é caracterizada por obtenção de novas informações com pouca ou nenhuma interação com conceitos já existentes na estrutura cognitiva, sendo assim esse novo conceito fica solto na estrutura cognitiva e não se liga a subsunçores específicos. Um exemplo comum é quando um aluno apenas memoriza uma equação ou fórmulas, mas aquilo não tem sentido útil. Este exemplo pode indicar o surgimento de um novo subsunçor, ou seja, o aluno não possuía nenhum conhecimento prévio sobre o assunto, não tinha ancoramento para o aprendizado, portanto através da aprendizagem mecânica, também é possível que surjam novos elementos de conhecimento relevantes na estrutura cognitiva, assim a aprendizagem pode tornar-se significativa e esse novo subsunçor fique cada vez mais elaborado.

Ausubel recomenda o uso de organizadores prévios que sirvam de âncora para a nova aprendizagem e levem ao desenvolvimento de conceitos subsunçores que facilitem a aprendizagem subsequente. O uso de organizadores prévios é uma estratégia proposta por Ausubel para, deliberadamente, manipular a estrutura cognitiva, a fim de facilitar a aprendizagem significativa (MOREIRA. 1999 p.155).

Os organizadores prévios mencionados são materiais introdutórios que servirão como uma ponte entre o que já se sabe e o que deve se saber com certo grau de abstração e generalidade.

### **2.3.1 CONDIÇÕES PARA APRENDIZAGEM SIGNIFICATIVA**

Para que o aluno tenha uma aprendizagem significativa, uma das condições é que o material a ser aprendido seja relacionável (ou incorporável) à estrutura cognitiva, de maneira não arbitrária e não literal (AUSUBEL, 2003). O conteúdo deve ser relevante para o aprendiz e ele precisa ter disponível subsunções adequados.

Outra condição importante para que ocorra aprendizagem significativa é o fato de que o aluno tenha disposição para relacionar o novo material à sua estrutura cognitiva, ou seja, se o aluno estiver com a pretensão apenas de memorizar o conteúdo, nada adianta termos um material potencialmente significativo e a aprendizagem será mecânica.

### **2.3.2 INDICADORES DE APRENDIZAGEM SIGNIFICATIVA**

De acordo com Ausubel (2003), verificar se realmente houve uma aprendizagem significativa não é tarefa fácil, pois a posse de significados deve ser clara, precisa, diferenciáveis e transferíveis. Porém, simplesmente questionando o aluno sobre esse aprendizado, podemos correr o risco de verificar apenas uma aprendizagem mecânica de memorização.

Os testes de compreensão devem, no mínimo, ser expressos em diferentes linguagens e apresentados num contexto algo diferente do material de aprendizagem originalmente encontrado. Talvez a forma mais fácil de os fazer seja pedir aos estudantes que diferenciem ideias relacionadas (semelhantes), mas não idênticas, ou escolham os elementos que identificam um conceito ou uma proposição de uma lista que contenha os conceitos relacionados, bem como as proposições (testes de múltipla escolha). (Ausubel, 2003).

Uma forma de avaliar o aprendiz é formular questões de maneiras novas, onde é exigido uma máxima transformação do conhecimento adquirido. As questões da avaliação devem ser apresentadas de formas diferentes daquela mostrada no

material de instrução, só assim é possível evitar uma simulação de aprendizado significativo.

### **2.3.3 TIPOS DE APRENDIZAGEM SIGNIFICATIVA**

*Aprendizagem representacional:* esse tipo de aprendizagem relaciona o símbolo ao significado, ou seja, o aprendiz consegue relacionar o símbolo (palavras ou imagens) com seus referentes (objetos, conceitos).

*Aprendizagem de conceitos:* também pode ser considerada uma aprendizagem representacional, pois como já foi dito, conceitos também são representados como símbolos, entretanto estes são mais genéricos e necessitam de maiores abstrações dos atributos (MOREIRA, 1999).

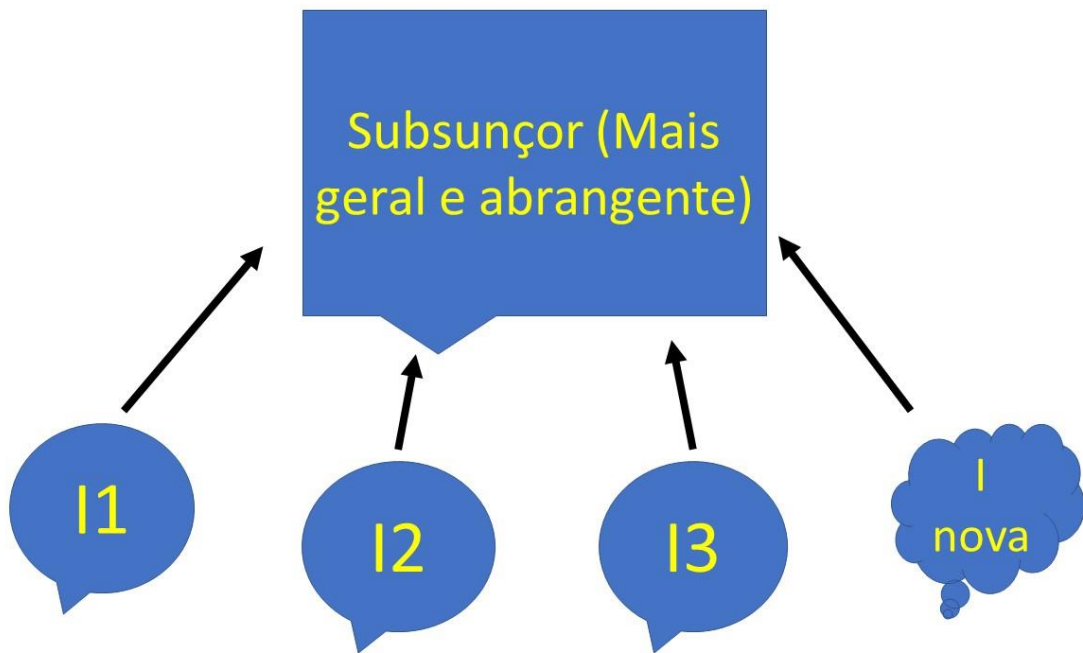
*Aprendizagem proposicional:* essa aprendizagem agora mostra o significado de ideias em forma de proposição e não mais símbolos isolados. A aprendizagem de conceitos é um pré-requisito para a formação de proposições, compreender o significado das ideias expressas verbalmente por meio desses conceitos sob forma de uma proposição (MOREIRA, 1999), é necessário compreender a proposição de maneira que não seja apenas o conjunto de significados de palavras.

Moreira (1999) ainda cita que para haver a assimilação da aprendizagem existem certas etapas que podem ser resumidas da seguinte forma: um novo conceito potencialmente significativo é assimilado através de uma ideia mais inclusiva que já faça parte da estrutura cognitiva, junto com esse subsunçor existente, essa nova ideia será ancorada e se transformará em um subsunçor mais elaborado e modificado. Concluímos então que o conceito se produz a medida em que se amplia o vocabulário, exemplificando, é ter conceitos de formas, tamanhos e cores e o aprendiz pode afirmar que uma bola é usada no futebol, cores preta e branca e possuir hexágonos na sua estrutura.

### **2.3.4 FORMAS DE APRENDIZAGEM SIGNIFICATIVA**

*Aprendizagem subordinada:* Ocorre quando um conceito é incorporado a uma estrutura maior, a ideia nova subordina-se a ideias pré-existentes mais gerais e abrangentes, ela adquire significado por meio de subsunçores. Não há alteração de conceitos anteriores, mas sim uma ampliação do significado dos conceitos.

Figura 1 - Esquema de aprendizagem subordinada

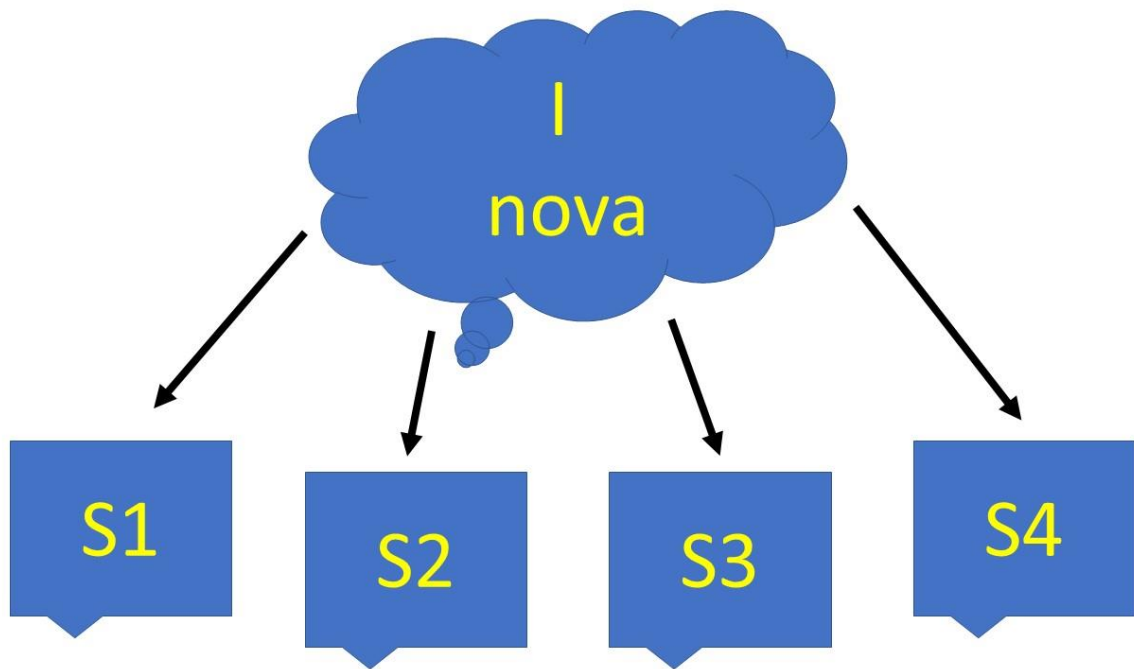


Fonte: O autor

A Figura 1 mostra "I1, I2, I3" como ideias já existentes e "I nova" como uma ideia nova conectada a um subsunçor mais geral e abrangente.

*Aprendizagem superordenada:* é a aprendizagem que acontece quando, a partir de uma série de conceitos existentes na estrutura cognitiva, surge uma proposição potencialmente significativa, mais abrangente, geral e inclusiva, que engloba e reúne os conceitos pré-existentes. Esses conceitos pré-existentes são identificados como instâncias mais específicas de uma nova ideia superordenada (MOREIRA, 1999).

Figura 2 - Esquema de aprendizagem superordenada

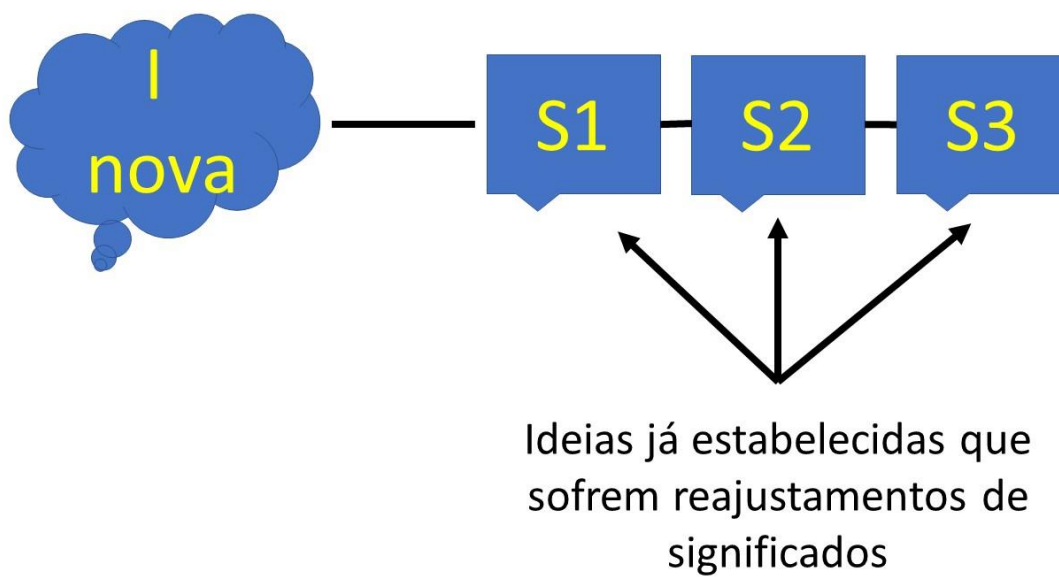


Fonte: O autor

Na Figura 2 a “I nova” representa uma ideia nova que se conectará com “S1, S2, S3 e S4” que representam subsunçores já existentes.

*Aprendizagem combinatória:* Proposições e/ou conceitos são adquiridos sem que exista uma relação de subordinação ou de superordenação com determinados conceitos especificamente relevantes, mas sim com um fundo conceitual mais amplo, que o indivíduo já adquiriu. Essa aprendizagem seria como se uma nova informação fosse potencialmente significativa por conseguir se relacionar a estrutura cognitiva de maneira geral, porém não a aspectos específicos. O aprendiz consegue apropriar-se de analogias como um ovo sendo uma célula, pois assim combina organizadores prévios com a ideia.

Figura 3 - Esquema de aprendizagem combinatória.



Fonte: O autor

Na Figura 3 "I nova" representa uma ideia nova que se combinará com "S1, S2 e S3" que são ideias já estabelecidas.

### 3. CONCEITOS FÍSICOS - ELETRODINÂMICA

A eletrodinâmica consiste em um ramo da física que estuda os efeitos causados pelos movimentos das cargas elétricas em condutores. Para que haja movimentação elétrica ordenada é necessário que exista uma diferença de potencial elétrico nesse condutor. Neste trabalho o foco será a análise de circuitos elétricos em condutores sólidos e o estudo das grandezas físicas envolvidas, como: corrente, tensão, resistência e potência elétrica. A seguir, o conceito e obtenção dessas variáveis serão apresentadas.

#### 3.1. CAMPO ELÉTRICO

O estudo de campo elétrico é visto no ramo da eletrostática, entretanto é fundamental que este assunto esteja bem compreendido antes de entrarmos com assuntos da eletrodinâmica, pois o campo elétrico é um campo de força que influencia corpos eletrizados de maneira a causar movimentos em cargas elétricas em um condutor que receberá o nome de corrente elétrica.

Para compreendermos o campo elétrico é interessante compará-lo com algumas semelhanças do campo gravitacional. As forças elétricas e as gravitacionais irão atuar em corpos que não estão em contato necessariamente, pois existirá um campo de forças que influencia nesses corpos, cargas elétricas irão interagir com outras cargas elétricas de forma semelhante como corpos massivos interagem com outros corpos massivos. O campo desempenha o papel de um intermediário na força entre os corpos (Hewitt, p;381). Quando soltamos uma bola no ar, ela irá cair pois está dentro do campo gravitacional da Terra, este “cair” será devido a atração que ocorre com a Terra por a bola ter massa. O mesmo se aplica com cargas, portanto a região ao redor de uma partícula carregada receberá o nome de campo elétrico e qualquer outra partícula carregada que se encontrar dentro desse campo elétrico estará sujeita a uma força.

A intensidade do campo elétrico pode ser determinada pela razão entre a força elétrica aplicada sobre uma carga de prova sobre o valor dessa carga:

$$E = \frac{F}{q} \quad \text{Eq. 1}$$

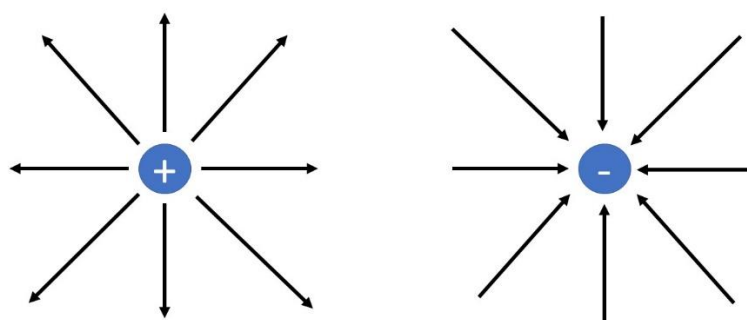
Caso o campo elétrico seja puntiforme, utilizando a lei de Coulomb, o módulo do vetor campo elétrico pode ser definido por:

$$E = \frac{k \cdot |Q|}{r^2} \quad \text{Eq. 2}$$

Em que  $k = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} = 8,99 \cdot 10^9 \text{ N} \cdot \text{m}^2/\text{C}^2$  que é a constante eletrostática, e  $\epsilon_0$  é a constante de permissividade elétrica.

Como o campo elétrico é uma grandeza vetorial, sua representação se dá por meio de flechas com direção e sentido pelo qual uma carga de prova positiva seria empurrada.

*Figura 4 - Vetor campo elétrico em cargas positivas e negativas*



*Fonte: Autor*

Cargas positivas geradoras de campo terão o vetor campo elétrico representado em direção radial “saindo” da carga, e ao contrário, cargas negativas terão o vetor “entrando” na carga.

De acordo com Hewitt (p.381) o conceito de campo elétrico também nos ajuda a compreender quando cargas elétricas se movimentam, pois, seus movimentos são transmitidos aos corpos eletrizados vizinhos causando perturbações do campo. A energia que se propaga com um campo elétrico pode ser direcionada e guiada através de fios condutores.

### 3.2. POTENCIAL ELÉTRICO

Para empurrar uma partícula eletrizada positivamente para próximo de outra esfera com carga positiva, você vai realizar um trabalho, pois precisará de energia para vencer a repulsão elétrica. Este trabalho, por consequência irá aumentar a energia do sistema, esta chamada de energia potencial elétrica pois depende de sua localização em relação a esfera. Caso a partícula for solta, ela será acelerada de maneira a se afastar, convertendo essa energia potencial em energia cinética

(situação análoga quando comparamos com objetos massivos dentro de campos gravitacionais).

Se repetíssemos a situação descrita no parágrafo anterior, porém agora com uma partícula com o dobro de carga, seria necessário realizar um trabalho duas vezes maior e a energia potencial que ela receberia também seria o dobro. O mesmo se repete se a carga for triplicada ou mais, sua proporção será sempre direta com o trabalho e a energia potencial elétrica, portanto é mais conveniente considerar a energia potencial elétrica por unidade de carga (HEWITT, p.385), esse conceito será denominado como potencial elétrico, ou seja,

$$\text{Potencial elétrico} = \frac{\text{Energia potencial elétrica}}{\text{carga}} \quad \text{Eq. 3}$$

No sistema internacional, a unidade de potencial elétrico será o volt (V), que representa 1 joule (J) por 1 coulomb (C) de carga.

Se uma bateria possui 1,5 volts, ela fornece 1,5 joules de energia para cada 1 coulomb de carga que a atravessa. Em baterias ou tomadas, temos dois terminais de conexão para fechar um circuito, caso uma bateria tenha 1,5 volts, significa que o terminal positivo é mantido a uma voltagem de 1,5 volts acima do terminal negativo, que chamaremos de diferença de potencial (d.d.p.). Caso um meio condutor unir esses dois terminais com d.d.p., as cargas existentes no condutor se movimentarão entre eles.

### 3.3. CORRENTE ELÉTRICA

É possível encontrar o estudo de correntes elétricas em diversas situações que envolvem influência de cargas elétricas, como a comunicação de neurônios através de duas sinapses que controlam músculos, partículas carregadas provenientes do sol e sua influência na telecomunicação, descargas atmosféricas em dias chuvosos e como proteger-se delas. Além desses exemplos, a corrente elétrica é fundamental para compreender o funcionamento de circuitos e a transmissão de energia para equipamentos elétricos, estes sendo de um pequeno celular, até grandes dispositivos de distribuição e obtenção de energia elétrica pelo país.

O termo corrente elétrica não se refere apenas à movimentação de cargas, mas sim a um fluxo líquido através de uma superfície. De acordo com Halliday (2016, p.320) em um fio condutor, elétrons de condução passarão nos dois sentidos bilhões

de vezes por segundo, mesmo assim não existirá corrente elétrica. Porém, se ligarmos este fio a uma bateria, os elétrons que movimentarão em um dos sentidos, será maior que o sentido contrário, formando assim um fluxo de cargas que representa a corrente elétrica.

Se dispusermos um condutor metálico, como um fio de cobre, de maneira que fique em um sistema fechado, não teríamos corrente elétrica pois todos os pontos possuem o mesmo potencial elétrico. Consequentemente não haverá campo elétrico e sem campo as cargas não sofrem ação de forças elétricas para colocá-las em movimento. Caso seja adicionado uma bateria a esse circuito, uma força sobre os elétrons os faz se moverem preferencialmente em um sentido (HALLIDAY, HESNICK E WALKER 2016, p.320).

Para determinarmos uma corrente elétrica  $i$ , uma carga  $dq$  deverá percorrer um plano em um intervalo de tempo  $dt$ :

$$i = \frac{dq}{dt} \quad \text{Eq. 4}$$

Podemos também determinar a carga elétrica  $q$  que atravessa um plano transversal ao condutor através da integral:

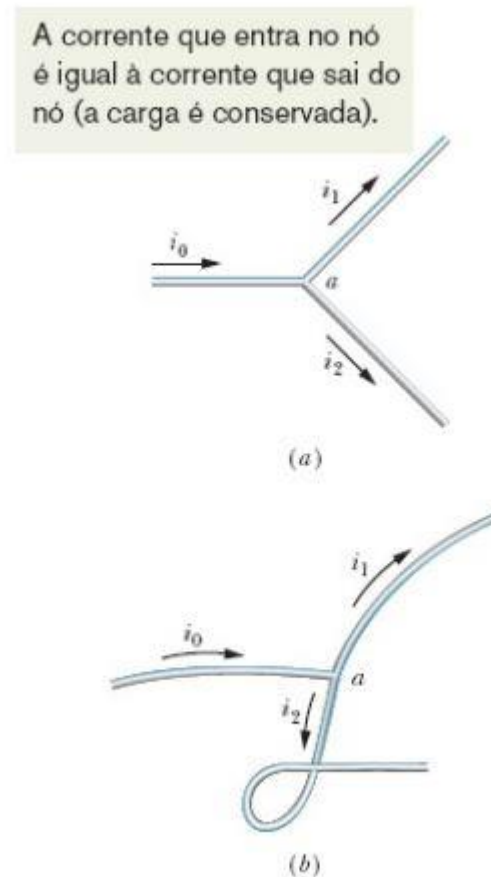
$$q = \int_0^t i \, dt \quad \text{Eq. 5}$$

Como a carga elétrica e o tempo são grandezas escalares, a corrente elétrica também será uma grandeza escalar, representada no sistema internacional de unidades de medidas pelo Ampère, com o símbolo A (1 A é equivalente a 1 Coulomb por segundo).

A Figura 5 representa parte de um circuito onde a corrente elétrica está passando e quando um condutor possui uma bifurcação (chamada de nó). A corrente elétrica ao passar por esse nós, será dividida de maneira em que haja conservação da carga elétrica:

$$i_0 = i_1 + i_2 \quad \text{Eq. 6}$$

Figura 5 – A somatória das correntes que chegam é igual a somatória das correntes que saem do nó



Fonte: Fundamentos de física, vol 3- Halliday

As setas representam apenas o sentido da corrente, esta que é representada por partículas positivamente carregadas. Porém, em um fio de cobre, o portador de carga é o elétron (carga negativa) que teria trajetória representada no sentido oposto. Por motivos históricos iremos convencionar esse movimento como se fosse de partículas carregadas positivamente (sentido convencional), pois mesmo o sentido sendo invertido, os efeitos não se alteram.

Em circuitos como o de uma lanterna, o sentido da corrente é sempre o mesmo, chamada de corrente contínua. Entretanto diversos eletrodomésticos como televisores, geladeiras, ventiladores (ou a grande maioria que possuímos em casa), a corrente muda de sentido com certa frequência, denominada corrente alternada.

Neste trabalho o foco principal são circuitos de corrente contínua, por apresentar um funcionamento mais simples e didático, porém resistores se comportam igualmente em ambos os tipos de corrente.

### 3.4. RESISTÊNCIA ELÉTRICA

Se pegarmos duas barras idênticas em suas dimensões, porém feitas de materiais diferentes e as sujeitarmos a uma mesma diferença de potencial, veremos que correntes elétricas diferentes irão atravessá-las. A propriedade que está relacionada a esse fenômeno é a resistência elétrica, que podemos definir como a dificuldade que o material apresenta em deixar atravessar uma corrente elétrica sobre ele. Essa resistência elétrica ( $R$ ) pode ser determinada pela relação entre a diferença de potencial ( $U$ ) que o material ficará sujeito e a corrente elétrica atravessada:

$$R = \frac{U}{i} \quad \text{Eq. 7}$$

A unidade de medida no S.I. é o ohm ( $\Omega$ ) em homenagem a Georg Simon Ohm que fez contribuições importantes a respeito do assunto. Além disso, serão chamadas de leis de Ohm as formas de determinar a resistência elétrica dos condutores. A unidade representa a equivalência de  $1 \Omega$  igual a  $1 \text{ V/A}$ .

O dispositivo que apresentará resistência elétrica à passagem da corrente elétrica é denominado resistor. As características físicas desse resistor influenciarão na passagem da corrente por ele. Uma outra forma de definir a resistência elétrica de condutores é:

$$R = \frac{\rho \cdot L}{A} \quad \text{Eq. 8}$$

Onde  $L$  representa o comprimento linear do condutor (medida em metro), a área de seção transversal é dada por  $A$  (medida em metro quadrado) e finalmente  $\rho$  representa a resistividade do material. Quanto maior for a resistividade, maior será o campo elétrico necessário para produzir uma dada densidade de corrente (YOUNG, 2009 p. 150).

Os materiais que apresentam as menores resistividade são os metais e as ligas metálicas, ou seja, materiais bons condutores possuem baixa resistividade.

Tabela 1 – Resistividade a temperatura de 20°C

| Substância |                                   | $\rho (\Omega \cdot m)$ | Substância             | $\rho (\Omega \cdot m)$ |
|------------|-----------------------------------|-------------------------|------------------------|-------------------------|
| Condutores |                                   |                         | Semicondutores         |                         |
| Metais     | Prata                             | $1,47 \times 10^{-8}$   | Carbono puro (grafite) | $3,5 \times 10^{-5}$    |
|            | Cobre                             | $1,72 \times 10^{-8}$   | Germânio puro          | 0,60                    |
|            | Ouro                              | $2,44 \times 10^{-8}$   | Silício puro           | 2.300                   |
|            | Alumínio                          | $2,75 \times 10^{-8}$   | <b>Isolantes</b>       |                         |
|            | Tungstênio                        | $5,25 \times 10^{-8}$   | Âmbar                  | $5 \times 10^{14}$      |
|            | Aço                               | $20 \times 10^{-8}$     | Vidro                  | $10^{10} - 10^{14}$     |
|            | Chumbo                            | $22 \times 10^{-8}$     | Lucita                 | $> 10^{13}$             |
|            | Mercúrio                          | $95 \times 10^{-8}$     | Mica                   | $10^{11} - 10^{15}$     |
| Ligas      | Manganina (Cu 84%, Mn 12%, Ni 4%) | $44 \times 10^{-8}$     | Quartzo (fundido)      | $75 \times 10^{16}$     |
|            | Constantan (Cu 60%, Ni 40%)       | $49 \times 10^{-8}$     | Enxofre                | $10^{15}$               |
|            | Nicromo                           | $100 \times 10^{-8}$    | Teflon®                | $> 10^{13}$             |
|            |                                   |                         | Madeira                | $10^8 - 10^{11}$        |

Fonte: Física III: Eletromagnetismo/Young e Freedman

A Tabela 1 nos mostra alguns materiais e suas resistividades, podemos observar que a prata é o metal com menor resistividade, seguido do cobre, principal material utilizado nas fiações elétricas. Materiais com maiores resistividades, como o âmbar, de resistividade  $5 \cdot 10^{14} \Omega m$ , ou maiores, são considerados materiais isolantes.

Os resistores terão seu funcionamento normal tanto em circuitos de corrente contínua quanto de corrente alternada, porém grande parte dos eletrodomésticos utilizam corrente alternada para o seu funcionamento.

### 3.5. CHOQUE ELÉTRICO

O choque elétrico no corpo humano é o resultado da passagem da corrente elétrica pelo corpo. Podemos deduzir pela lei de Ohm que tanto a tensão elétrica quanto a resistência do corpo interferem nos possíveis danos causados. De acordo com Hewitt (2009), a resistência de um corpo varia entre  $100 \Omega$  se a pele estiver encharcada em água salgada e pode chegar até  $500.000 \Omega$  se a pele estiver muito seca e já sabemos que quanto menor a resistência, maior a facilidade da passagem

da corrente. A Tabela 2 a seguir nos mostra os possíveis efeitos causados pela passagem de diferentes valores de corrente elétrica no corpo humano.

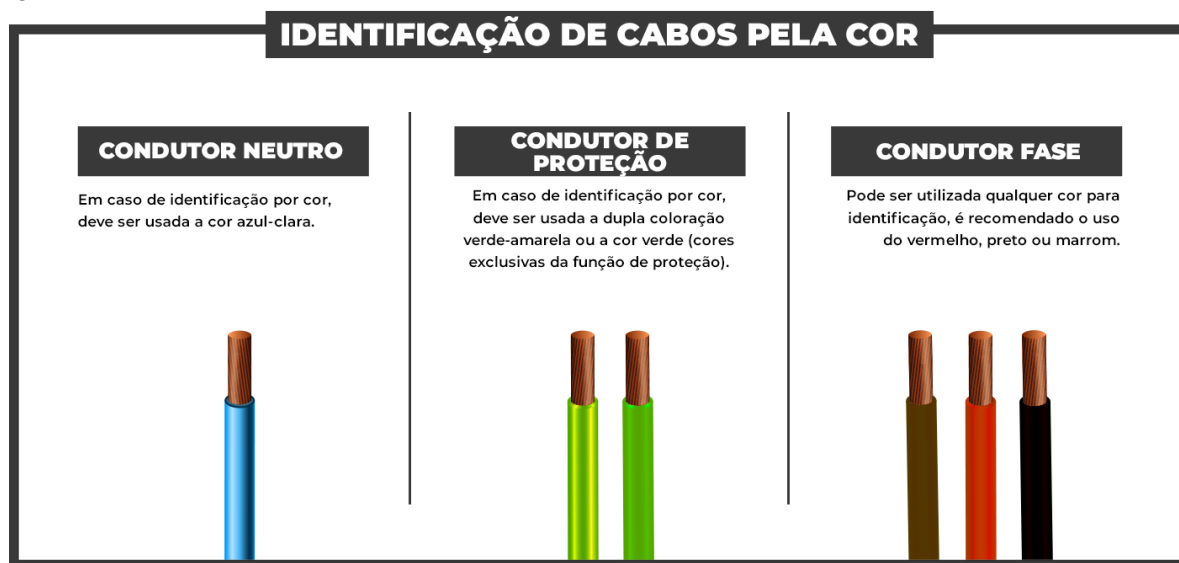
*Tabela 2 - Efeitos de correntes elétricas sobre o corpo humano*

| <i>Corrente (A)</i> | <i>Efeito</i>                                                                                          |
|---------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 0,001               | Pode ser sentida                                                                                       |
| 0,005               | É dolorosa                                                                                             |
| 0,010               | Causa a contração involuntária dos músculos (espasmos)                                                 |
| 0,015               | Causa perda do controle muscular                                                                       |
| 0,070               | Através do coração, causa rompimento sério; provavelmente fatal se a corrente perdurar por mais de 1s. |

*Fonte: Física Conceitual - Hewitt*

Para que haja choque elétrico é necessário que exista uma diferença de potencial entre uma parte do seu corpo e outra, e a corrente elétrica passará pelo caminho de menor resistência que conecta esses dois pontos (Hewitt, p.398). Os plugues de tomadas atuais possuem três pinos, sendo que dois são responsáveis pelo transporte da corrente, sendo um deles a fase (energizado), o qual caso seja tocado poderá causar choques elétricos, e o outro é o fio neutro. O terceiro fio é um dispositivo de segurança que está conectado à terra, de maneira que se o fio fase encostar na superfície do aparelho, evitará que o usuário se machuque pois o aparelho ficará com o mesmo potencial nulo do solo. De acordo com a NBR 5410: 2004, a coloração dos cabos deverá ser padronizada para evitar possíveis acidentes e facilitar as futuras manutenções nos sistemas elétricos.

Figura 6 - Padrão de cores de cabos de acordo com a NBR 5410



Fonte: Disponível em < <https://aprovadeexplosao.com.br/identificar-fios-e-cabos> >  
Acessado em 11 de janeiro de 2022

É importante frisar que mesmo existindo um padrão de cores recomendado pela associação brasileira de normas técnicas (ABNT), isso não quer dizer que todos os circuitos residenciais (ou quaisquer outros circuitos) estejam de acordo com a norma, podendo o fio fase estar com outra cor e induzindo o choque elétrico, portanto sempre é recomendado verificar com a ajuda de aparelhos adequados.

### 3.6. FORÇA ELETROMOTRIZ (FEM) EM CIRCUITOS

Para existir uma corrente estacionária em um condutor, é necessário que ele esteja em um circuito fechado. Quando uma carga atravessa um circuito e retorna ao seu ponto de partida, a energia potencial no final da trajetória é igual à energia no início dela. Ocorre que haverá uma perda de energia potencial no movimento das cargas pelo material de acordo com a resistência. Para que seja possível a energia potencial no final da trajetória ser igual à energia no início é necessário então que o circuito tenha algum dispositivo para que essa energia potencial volte a aumentar.

O dispositivo capaz de elevar a energia potencial elétrica é denominado fonte de força eletromotriz (fem). As pilhas podem ser consideradas fontes de fem e possuem geralmente  $\varepsilon = 1,5 \text{ V}$ , ou seja, a pilha é capaz de realizar 1,5 J de trabalho a cada coulomb de carga que a atravessará (YOUNG, 2009, p.157). Existem diversos outros dispositivos que são fontes de fem, cada um transformando uma forma de energia em energia elétrica.

Uma fonte de fem ideal é aquela que mantém a diferença de potencial em seus terminais independentemente do valor da corrente elétrica que a atravessa.

$$U = \varepsilon \quad \text{Eq. 9}$$

Em circuitos conectados a uma fonte de fem ideal, podemos associar a Eq. 7 com a Eq. 9 e chegarmos na seguinte situação:

$$\varepsilon = R \cdot i \quad \text{Eq. 10}$$

Na prática sabemos que é praticamente impossível trabalhar com fontes ideais pois essas apresentam uma resistência interna ( $r$ ), de maneira que ela não consegue fornecer uma diferença de potencial igual a sua fem. De acordo com Young (2009), quando essa resistência segue a lei de Ohm,  $r$  deve ser constante e a queda de potencial é equivalente ao produto  $r \cdot i$ , ou seja, a diferença de potencial elétrico nos terminais da fonte é dada por:

$$U = \varepsilon - r \cdot i \quad \text{Eq. 11}$$

Através da equação 11, podemos determinar a corrente de curto-circuito, ou seja, se conectarmos um condutor nos terminais de uma fonte de fem, não haverá mais diferença de potencial e a única resistência a passagem da corrente será a resistência interna da fonte, sendo assim, a corrente de curto circuito será:

$$i_{cc} = \frac{\varepsilon}{r} \quad \text{Eq. 12}$$

### 3.7. POTÊNCIA ELÉTRICA

Em um circuito fechado, ligado nos terminais da bateria e com uma diferença de potencial constante, fará com que uma corrente elétrica flua de um terminal a outro, a quantidade de carga  $dq$  que atravessa em um intervalo de tempo  $dt$  é igual a  $i \cdot dt$ . Quando a carga completa o circuito, o seu potencial ( $U$ ) é reduzido e sua energia potencial ( $E$ ) é reduzida:

$$dE = dq \cdot U = i \cdot dt \cdot U \quad \text{Eq. 13}$$

Quando o percurso do circuito é completado, de acordo com a lei de conservação de energia, a energia potencial elétrica se transforma em outra forma de energia qualquer, e a grandeza física que representa essa taxa de conversão de energia ( $dE/dt$ ) é a potência, que de acordo com a Eq. 13, pode ser expressa por:

$$P = i \cdot U \quad \text{Eq. 14}$$

A unidade de medida relacionada a potência de acordo com a Eq. 14 é o V.A, que é equivalente ao  $(1 \text{ J/C}) \cdot (1 \text{ C/s}) = 1 \text{ J/s}$  que é representado como 1 W.

De acordo com Halliday, Resnick e Walker (2016, p.346), quando um elétron atravessa um resistor com velocidade de deriva constante, a energia cinética permanece constante e terá sua energia potencial elétrica convertida em calor, causada entre as colisões entre o elétron e as partículas do material condutor. Essa transformação de energia no resistor também é chamada de efeito Joule.

Quando se trata de resistores elétricos, podemos associar a equação 5 com a equação 13 para obter a taxa de transformação de energia elétrica em térmica:

$$P = R \cdot i^2 \quad \text{Eq. 15}$$

$$P = \frac{U^2}{R} \quad \text{Eq. 16}$$

### 3.7.1. CONSUMO DE ENERGIA

Já sabemos que potência representa a taxa de energia (E) consumida por unidade de tempo e pode ser definida como:

$$P = \frac{\Delta E}{\Delta t} \quad \text{Eq. 17}$$

Quando estamos falando de aparelhos elétricos, podemos propor que ao colocarmos um equipamento elétrico em um circuito fechado e sujeito a uma diferença de potencial, uma certa quantidade de energia será utilizada para realizar um trabalho sobre as cargas elétricas que irão atravessar o dispositivo e este transformá-la em outra forma de energia.

De acordo com a equação 17, essa energia (E) depende apenas da potência do aparelho e quanto tempo ele ficará ligado. De acordo com Máximo e Alvarenga (2014 p.125), quanto maior for a potência de um aparelho e quanto maior o tempo em que ficar ligado, maior será o consumo de energia elétrica por ele. Em um circuito com vários dispositivos instalados (como uma residência por exemplo) terá um consumo total de energia igual a somatória de todos os consumos individuais de cada aparelho em funcionamento. As companhias elétricas utilizam de medidores instalados em frente às residências e realizam suas medições mensalmente.

A unidade de medida para energia é o joule (J), entretanto, por representar valores pequenos diante ao consumo mensal de uma residência, é coerente utilizar a unidade quilowatt-hora (kWh) que se torna uma unidade usual capaz de reduzir o valor numérico da energia no S.I., pois o *k* representa  $10^3$  e uma hora representa 3600 s, então:

$$1 \text{ kWh} = 1 \cdot 10^3 \cdot 3600 \text{ J}$$

Apresenta a seguinte equivalência:

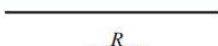
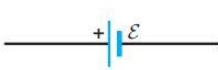
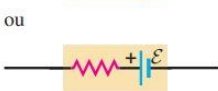
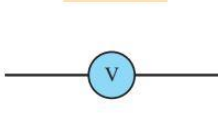
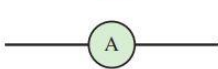
$$1 \text{ kWh} = 3,60 \cdot 10^6 \text{ J}$$

### **3.8. CIRCUITOS ELÉTRICOS**

De acordo com Hewitt (2009), qualquer caminho no qual os elétrons fluem é denominado circuito elétrico, e para que esse fluxo seja contínuo, não deverá haver interrupções, essas que podem ser feitas com chaves elétricas (interruptores). A grande maioria dos circuitos possui mais do que um dispositivo instalado, e este pode ser conectado de duas formas: em série ou paralelo. A conexão em série é formada por um único caminho para a passagem da corrente elétrica, já a conexão em paralelo, o caminho percorrido pela corrente elétrica passa por ramificações. As duas conexões apresentam características próprias que logo serão detalhadas.

Quando representamos um diagrama de um circuito elétrico, é de extrema importância compreender quais dispositivos estão incluídos nele, para isso é utilizado alguns símbolos representados na tabela seguinte:

*Tabela 3 - Simbologia no diagrama de circuitos*

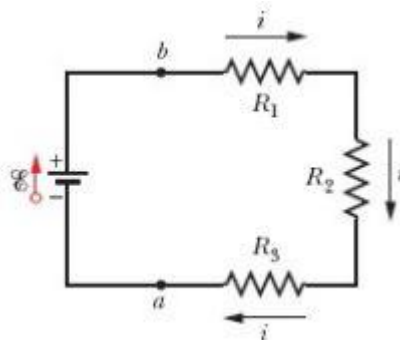
|                                                                                                                                                                              |                                                                                                                         |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|                                                                                             | Condutor com resistência desprezível                                                                                    |
|                                                                                             | Resistor                                                                                                                |
|                                                                                             | Fonte de fem (a linha vertical mais longa indica o terminal positivo, geralmente terminal com o potencial mais elevado) |
| <br>ou<br> | Fonte de fem com resistência interna $r$ (a resistência interna $r$ pode ser colocada em qualquer lado)                 |
|                                                                                             | Voltímetro (mede uma diferença de potencial entre seus terminais)                                                       |
|                                                                                             | Amperímetro (mede uma corrente que passa através dele)                                                                  |

Fonte: Física III: Eletromagnetismo – Young

### 3.8.1. ASSOCIAÇÃO DE RESISTORES EM SÉRIE

A principal característica de um circuito em série, é o fato de que a mesma corrente se estabelece em todos os resistores. Os elétrons livres de todas as partes do circuito movimentam-se juntos por um único caminho, passando pela bateria, pela fiação e pelos resistores e caso haja alguma interrupção no caminho acarretará a interrupção da corrente.

Figura 7 - Associação de resistores  $R_1$ ,  $R_2$  e  $R_3$  em série com a fonte  $\mathcal{E}$ .



Fonte: Fundamentos de física, vol 3- Halliday

Como não há outro percurso para a corrente elétrica ( $i$ ) atravessar, então as correntes que atravessam cada resistor apresentam valores idênticos:

$$i = i_1 = i_2 = i_3 \quad \text{Eq. 18}$$

Outra informação importante é que a tensão fornecida pelos terminais da fonte de fem, será a somatória das tensões de cada elemento resistivo:

$$U_{ab} = U_1 + U_2 + U_3 \quad \text{Eq. 19}$$

Relacionando a equação 18, com a 19 e 5, podemos chegar em uma informação importante que é a resistência equivalente, esta que representa o valor de todas as resistências do circuito:

$$R_{eq} \cdot i = R_1 \cdot i + R_2 \cdot i + R_3 \cdot i$$

Logo,

$$R_{eq} = R_1 + R_2 + R_3 \quad \text{Eq. 20}$$

A equação 20 pode ser generalizada para qualquer quantidade de resistores conectados em série, e quanto mais resistores conectados, maior será a resistência equivalente.

$$R_{eq} = \sum_1^n R_n \quad \text{Eq. 21}$$

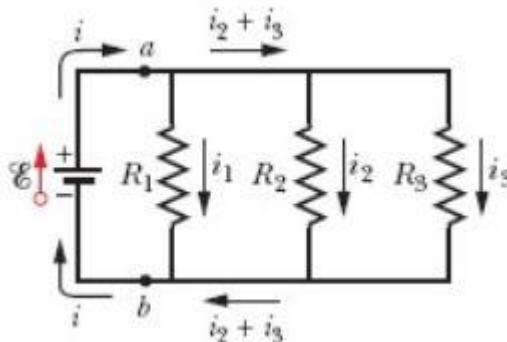
### 3.8.2. ASSOCIAÇÃO DE RESISTORES EM PARALELO

O significado de associação em paralelo indica que os resistores estão conectados entre si em suas duas extremidades, e estes ligados a uma fonte de força eletromotriz, no qual indica que todos os resistores estão sujeitos a mesma diferença de potencial elétrico.

Logo chegamos na primeira conclusão:

$$U_{ab} = U_1 = U_2 = U_3 \quad \text{Eq. 22}$$

Figura 8 - Associação de resistores  $R_1$ ,  $R_2$  e  $R_3$  em paralelo com a fonte  $\mathcal{E}$ .



Como cada resistor pode apresentar resistências a passagem da corrente com valores diferentes, então as correntes não precisam necessariamente ser iguais. Para determiná-las, podemos utilizar novamente a equação 4:

$$i_1 = \frac{U_1}{R_1} \quad i_2 = \frac{U_2}{R_2} \quad i_3 = \frac{U_3}{R_3} \quad \text{Eq. 23}$$

De acordo com Young (2009, p.182), como a carga não pode se acumular nem ser extraída do ponto a, pelo princípio da conservação da carga elétrica, a corrente total deve ser igual à somatória de todas as correntes que passam em cada resistor.

$$i_{total} = i_1 + i_2 + i_3 \quad \text{Eq. 24}$$

Relacionando a equação 23 com a equação 24, podemos representar da seguinte forma:

$$\frac{U_{ab}}{R_{eq}} = \frac{U_1}{R_1} + \frac{U_2}{R_2} + \frac{U_3}{R_3} \quad \text{Eq. 25}$$

Realizando as simplificações da equação 25 com as considerações da equação 21, podemos determinar a resistência equivalente de um circuito em paralelo da seguinte maneira:

$$\frac{1}{R_{eq}} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3} \quad \text{Eq. 26}$$

A partir da equação 26, é possível realizar uma generalização para qualquer número de resistores conectados em paralelo:

$$\frac{1}{R_{eq}} = \sum_{j=1}^n \frac{1}{R_j} \quad \text{Eq. 27}$$

Ainda é possível concluir que o inverso da resistência equivalente de uma combinação em paralelo é igual à soma dos inversos das resistências individuais. Young (2009, p.183)

Algumas situações de associação de resistores são comuns de acontecerem em circuitos simples: apenas dois resistores em paralelo ou vários resistores idênticos conectados em paralelo. Para isso é possível simplificar a equação 26.

Para apenas dois resistores em paralelo temos que:

$$\frac{1}{R_{eq}} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2}$$

Realizando o mínimo múltiplo comum, chegamos na seguinte forma:

$$\frac{1}{R_{eq}} = \frac{R_1 + R_2}{R_1 \cdot R_2}$$

Logo, podemos determinar a resistência equivalente como:

$$R_{eq} = \frac{R_1 \cdot R_2}{R_1 + R_2} \quad \text{Eq. 28}$$

Outra situação para vários resistores idênticos poderá ser representada como:

$$\frac{1}{R_{eq}} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \dots + \frac{1}{R_n}$$

Realizando o mínimo múltiplo comum e considerando os valores das resistências iguais a R, temos:

$$\frac{1}{R_{eq}} = \frac{n}{R}$$

Onde (n) representa o número de resistores idênticos conectados em paralelo, logo concluímos que:

$$R_{eq} = \frac{R}{n} \quad \text{Eq. 29}$$

Outro ponto importante que devemos mencionar é que, diferente da associação em série, a associação em paralelo apresenta uma resistência equivalente menor quanto maior for o número de resistores conectados, promovendo uma corrente elétrica total cada vez maior.

Em uma residência, para que todos os eletrodomésticos fiquem sujeitos à mesma tensão elétrica (normalmente 110V, 127V ou 220V, dependendo do padrão da concessionária local), as tomadas e lâmpadas são associadas em paralelo, sendo assim, quanto mais equipamentos conectados ao circuito, maior a corrente fornecida pelas linhas de transmissão, podendo ultrapassar os limites seguros, gerando calor e essa sobrecarga causar um incêndio. Para evitar que exista sobrecargas em um circuito, alguns dispositivos de segurança poderão ser instalados em série no circuito. Os dois dispositivos mais comuns são o fusível e o disjuntor.

O fusível é construído de maneira que no seu interior existe um filamento metálico que quando ultrapassar a corrente limite permitida, irá derreter e interromper a passagem da corrente, evitando danificar outros componentes eletrônicos. Para que o circuito volte a funcionar, é necessário realizar sua troca, entretanto é necessário investigar a causa da sobrecarga e solucioná-la antes (HEWITT, 2015 p.403).

*Figura 9 - Diversos modelos de fusíveis*



*Fonte: Disponível em < <http://tudosobrefusíveis.blogspot.com/2014/08/fusíveis-protecao-contra-elevacoes-de.html> > Acessado em 12 de janeiro de 2022*

Para evitar a troca de fusíveis, as residências e qualquer outro sistema predial, a utilização mais cômoda são os disjuntores, que consistem em interruptores que utilizam ímãs ou tiras bimetálicas que abrem uma chave quando a corrente for excessiva (HEWITT, 2015 p.403) e para restabelecer o funcionamento do circuito, basta rearmá-lo.

Figura 10 - Exemplo de disjuntores

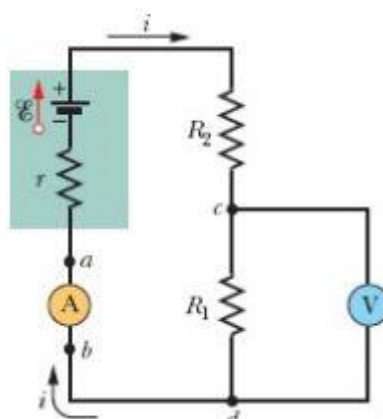


Fonte: Disponível em < <https://www.mundodaeletrica.com.br/quais-sao-e-para-que-servem-as-curvas-dos-disjuntores/> > Acessado em 12 de janeiro de 2022

### 3.8.3. MEDIDORES ELÉTRICOS

Tanto o voltímetro quanto o amperímetro são equipamentos medidores elétricos que tem o objetivo obter informações do circuito. O voltímetro, por medir a diferença de potencial, deve ser instalado de maneira paralela ao que se deseja medir e sua resistência deve tender ao infinito para interferir o mínimo possível no circuito. O amperímetro mede a corrente elétrica que passa através dele, ou seja, deve ser instalado em série, e sua resistência interna deve tender a zero para que não interfira no sistema. Um cuidado importante deve ser levado em consideração, se um amperímetro for instalado em paralelo ao dispositivo, por apresentar uma resistência interna muito baixa, causará um curto-circuito na malha analisada, e possivelmente danificará o medidor.

Figura 11 - Exemplo de circuito com medidores elétricos (Voltímetro – V e Amperímetro – A) e suas conexões



Fonte: Fundamentos de física, vol 3- Halliday

Na Figura 11 temos um circuito em série com um gerador real com sua força eletromotriz  $\mathcal{E}$  e resistência interna  $r$ , ligado em série com dois resistores  $R_1$  e  $R_2$  sendo atravessado por uma corrente  $i$ . Nota-se que existe um amperímetro A ligado em série e um voltímetro V ligado em paralelo com o resistor  $R_1$ . Nesse caso a medição do amperímetro é da corrente elétrica total do circuito e a medição do voltímetro é a medição da tensão apenas do resistor  $R_1$ .

A Figura 12 representa um multímetro digital, que pode ser encontrado com facilidade em lojas de produtos eletrônicos.

*Figura 12 - Multímetro digital*



*Fonte: Autor*

O multímetro apresenta as funções amperímetro e voltímetro tanto para fontes de corrente contínua quanto para fontes de corrente alternada, podendo ser uma ferramenta facilitadora para as medições do circuito.

## **4. METODOLOGIA**

### **4.1. CARACTERIZAÇÃO DA PESQUISA**

A metodologia aplicada neste trabalho utilizou uma abordagem qualitativa e de natureza descritiva. De acordo com Neves (1996) alguns pontos são fundamentais para essa caracterização, como desenvolver a pesquisa na escola e ter o professor como instrumento essencial, além de considerar as características do ambiente dos participantes da pesquisa (alunos). Outro ponto é o cunho descritivo dos resultados, pois os dados foram registrados, analisados e correlacionados com fatos e fenômenos. Outro aspecto que também caracteriza a abordagem qualitativa é a intuição do pesquisador em alguns detalhes, além de haver análise do significado atribuído pelos alunos com o conhecimento científico e tecnológico.

### **4.2. LOCALIZAÇÃO E SUJEITOS DA PESQUISA**

O projeto de produto educacional foi aplicado e avaliado no COLÉGIO CRIARTE, escola particular pertencente a diretoria de ensino de Presidente Prudente – SP. O trabalho foi realizado com as duas turmas de terceiro ano do ensino médio, totalizando 47 alunos regularmente matriculados. O material didático utilizado pelo colégio trabalha os conceitos de eletrostática no 2º ano do ensino médio e eletrodinâmica no começo do ano letivo do 3º, e tem todo o primeiro bimestre para ser realizado. Portanto, de acordo com o calendário letivo de 2022, tivemos 6 semanas para aplicar as aulas. A proposta de pesquisa foi apresentada à direção pedagógica do colégio que prontamente foi autorizada, e a adesão e participação voluntária dos alunos também foi aceita.

O colégio não dispõe de um laboratório de física, portanto todas as etapas do processo de ensino e aprendizagem foram realizadas dentro da sala de aula. Um fator muito importante a ser exposto é que o ano de 2022 foi o primeiro ano no qual os alunos voltaram integralmente para as aulas presenciais após a pandemia da COVID-19. Portanto, este ano tivemos pontos positivos e negativos a serem considerados:

- A escola se reformulou tecnologicamente, todas as salas de aula agora estão equipadas com televisores e computadores conectados à internet, fato importante pois agora é possível apresentar vídeos, softwares e simuladores sem a necessidade de mover-se até a sala de multimídia;

- A escola também expandiu o acesso à internet para os alunos, sendo assim foi possível que eles utilizassem os próprios celulares para responderem os questionários individualmente sem a necessidade do uso da sala de informática;
- Muitos alunos relataram que não conseguiram aprender quase nada de física enquanto o ensino foi remoto, pois apresentavam pouca ou nenhuma motivação para se empenhar nos estudos, fato que refletiu negativamente seus pré-requisitos ao retornarem.

#### **4.3. ETAPAS DA PESQUISA**

Logo na primeira aula foi realizado um questionário de sondagem de interesse dos alunos na aprendizagem (em anexo), pois baseado nas respostas foi possível determinar o perfil dos alunos e como deveria ser realizada as sequências didáticas em cada sala de acordo com seus interesses e objetivos.

Neste colégio, os alunos aprenderam eletrostática no 2º ano do ensino médio e, portanto, o primeiro assunto a ser trabalhado no 3º ano é a eletrodinâmica. Sendo assim em um segundo momento foi aplicado outro questionário aos alunos, este agora para o levantamento dos conhecimentos prévios (em anexo) que com a ajuda da tecnologia foi possível ter certas generalizações sobre quanto os alunos já sabem com seus subsunçores, que ajudarão na ancoragem de novos conhecimentos. Ainda nessa aula foi usado o tempo restante para um bate-papo com os alunos para poder conhecê-los melhor, saber de seus sonhos e a motivação que tinham no momento. Essa conversa foi de grande importância pois foi nítida em boa parte dos alunos uma compreensão da importância dos estudos para a vida e não apenas para conseguirem notas.

Para as aulas posteriores foi necessário um estudo e planejamento de tempo para aplicar a sequência didática, o experimento e as avaliações para conseguir trabalhar sempre da melhor forma de aproveitamento possível dentro das limitações. A sequência didática procura contemplar as etapas para um ensino significativo que são:

- Levantamento de conhecimentos prévios;
- Problematização – Pergunta norteadora;
- Apresentação do conteúdo – textos de apoio, vídeos e softwares;
- Realização do experimento (quando indicado);

- Sistematização do novo conhecimento;
- Avaliação;

A sequência didática é uma ferramenta organizadora que facilita a consolidação do conhecimento a partir dos conhecimentos que os alunos já possuem. Ao final, um último questionário de verificação do aprendizado (em anexo), também realizado pelo *Google Forms*, apenas com questões (mais conceituais) que caíram em provas do ENEM (exame nacional do ensino médio).

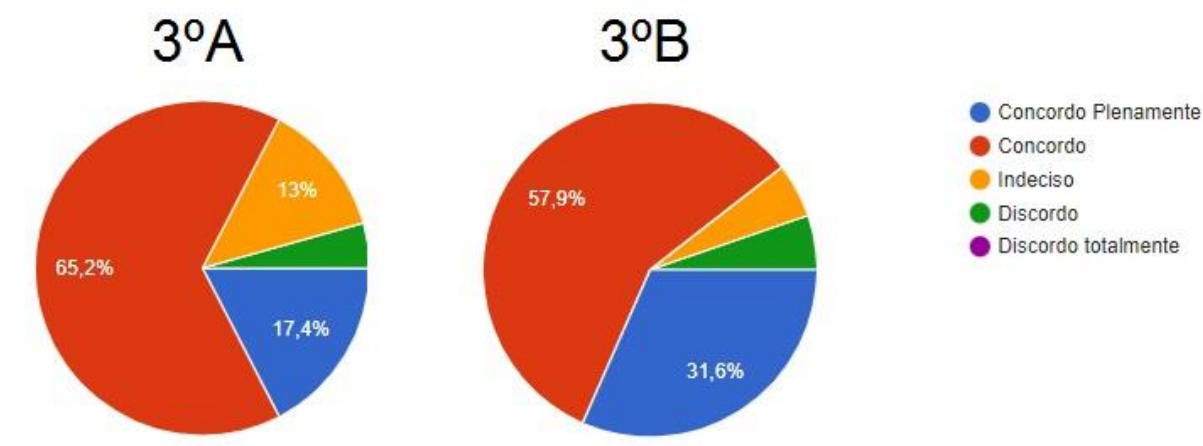
#### **4.4. QUESTIONÁRIO DE SONDAGEM DE INTERESSE NA APRENDIZAGEM**

Uma grande dificuldade encontrada pelos professores é que muitos alunos parecem não ter interesse algum em aprender. Para Tapia (1999, pg 13) essa desmotivação pode vir das condições em que trabalhamos, como muitos alunos por sala, falta de materiais adequados, influência negativa da família, perspectivas de futuro negativas, o que nos faz acreditar na grande dificuldade que será motivar esses alunos. Precisamos reconhecer que os alunos não estão desmotivados abstratamente, e sim em função do significado do trabalho que tem que realizar.

De acordo com Tapia (1999, pg 17) existem certos comportamentos dos alunos que se observados podem nos ajudar a compreender sua motivação, como reconhecer suas conquistas, obter a atenção do professor ou os comentários feitos em sala. Neste trabalho, antes de dar início às aulas, foi feita uma sondagem sobre a disposição que os alunos tinham em obter novos conhecimentos, verificar seu interesse e as formas em que eles gostariam de aprender. Sendo assim é possível que o professor conheça um pouco o perfil de seus alunos e consiga direcionar suas aulas de acordo as expectativas dos alunos e motivá-lo a aprender.

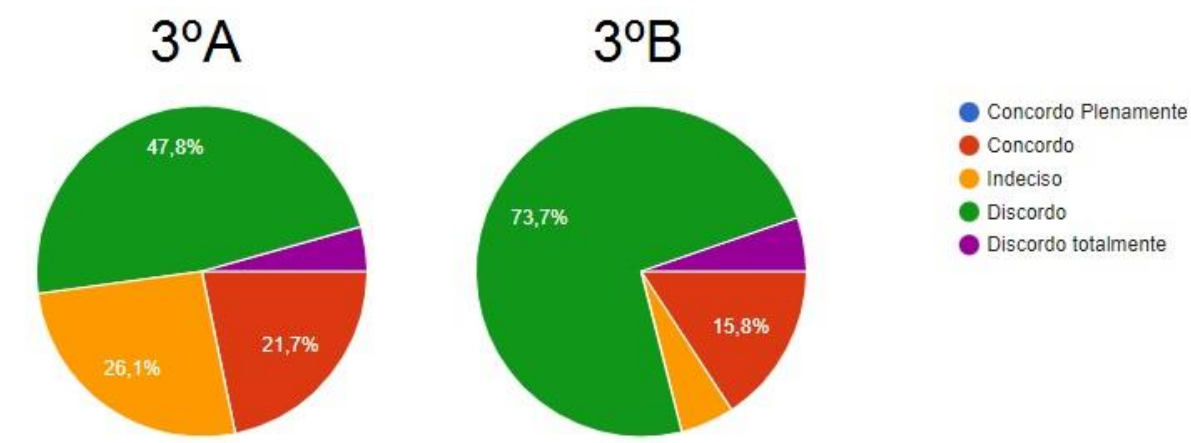
O questionário de sondagem de interesse foi elaborado, respondido e tabulado através do *Google Forms*, ferramenta digital facilitadora, porém também poderia facilmente ser realizado em papel impresso, as afirmações ditas no questionário também se encontram no APÊNDICE 1 do produto educacional. As duas turmas responderam separadamente as 15 questões e suas respostas foram apresentadas de acordo com os gráficos a seguir.

*"Eu tenho disposição em sempre adquirir novos conhecimentos"*



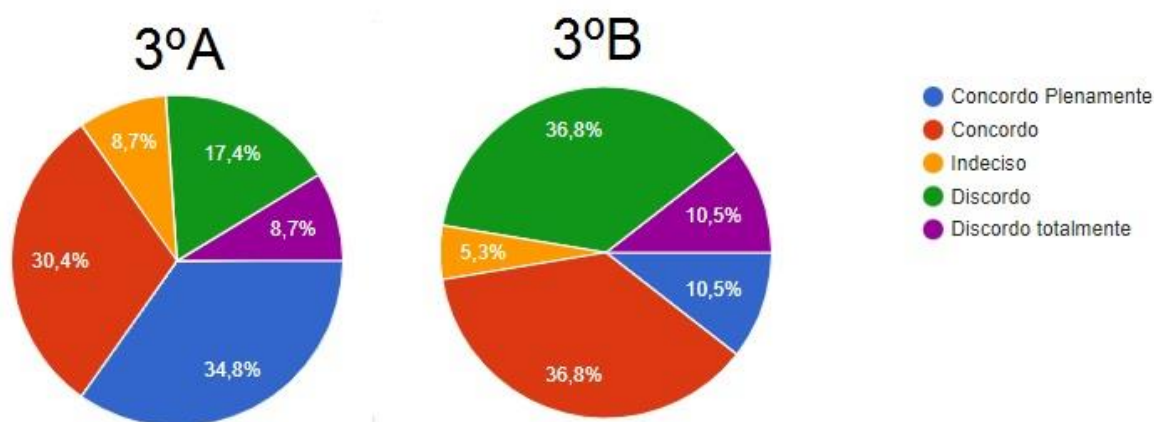
Aqui podemos verificar que mais de 80% das duas turmas possuem disposição em aprender

*"Venho para a escola pois sou obrigado, pois aprendo muito mais com o uso da internet ou outras fontes de informações"*



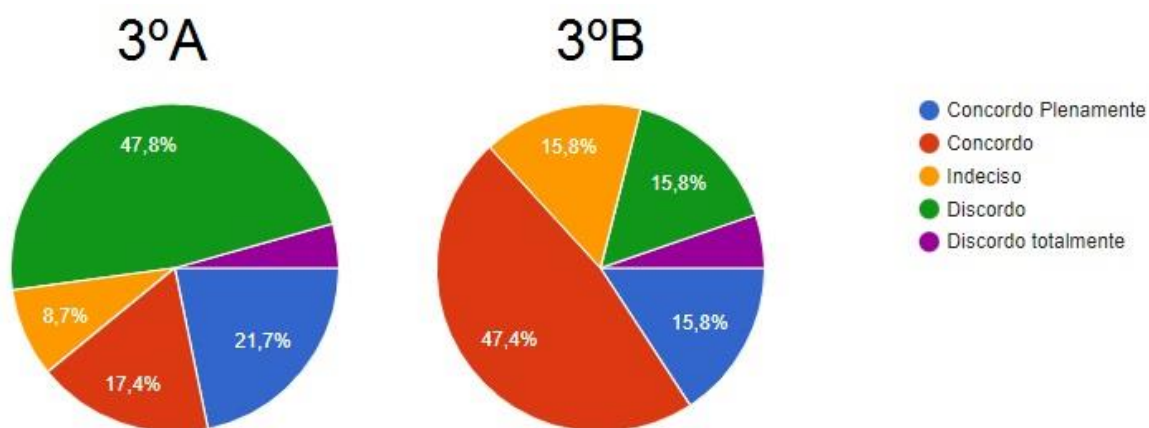
Nessa questão já podemos perceber que quase metade do 3ºA mostra indícios que a tecnologia pode ser ferramenta importante para o aprendizado, porém a maioria das duas turmas ainda concordam que a escola tem papel fundamental.

*"Todas as atividades que realizo para a escola são apenas para conseguir nota e ser aprovado"*



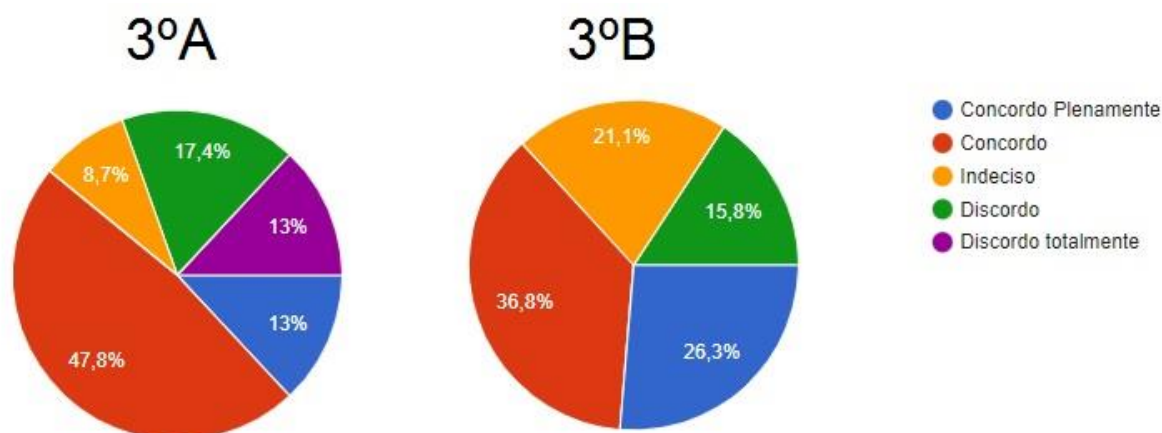
Aqui podemos ver que a motivação principal para a realização das atividades ainda é a obtenção de notas para aprovação.

*"O vestibular é meu objetivo principal! Tudo que aprendo na escola serve apenas para mandar bem na prova."*



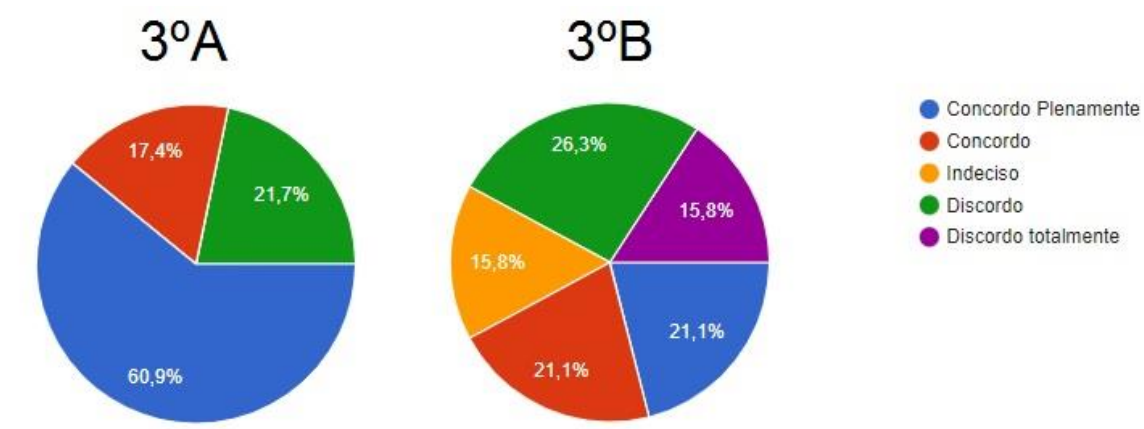
Aqui tivemos uma certa discrepância nas respostas, onde a maioria do 3ºB e uma parcela do 3ºA alega que o ensino médio é apenas uma etapa que antecede o ingresso na faculdade.

*"Gosto da disciplina de física e acredito que ela é fundamental pra compreender a natureza ao meu redor"*



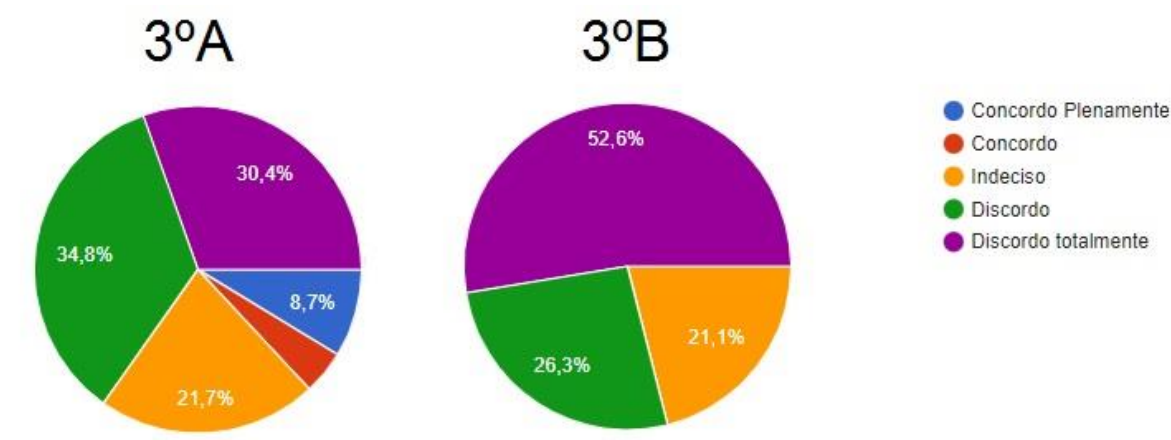
Essas respostas mostram que mesmo com as dificuldades e obstáculos, os alunos compreendem a importância da disciplina de física.

*"Entendo a importância da disciplina de física, mas sua complexidade me deixa desmotivado para aprender"*



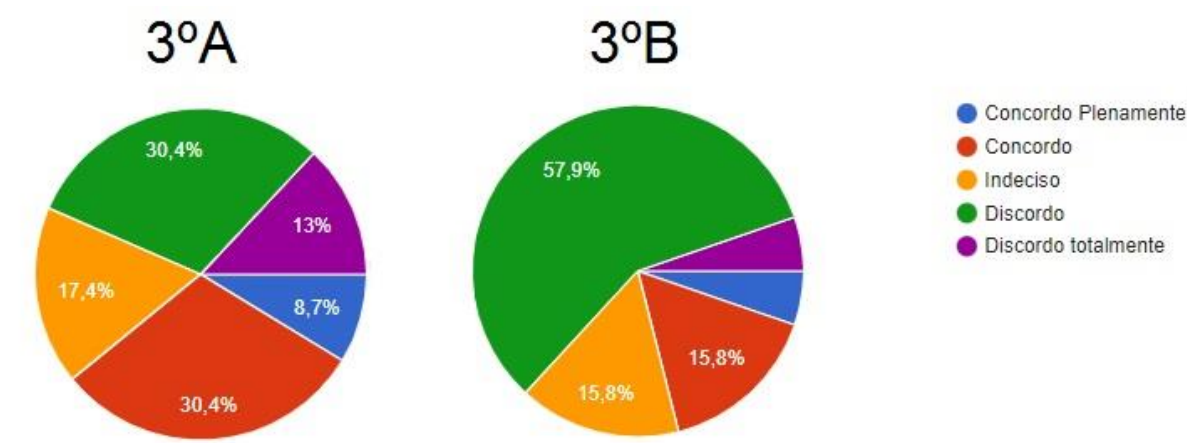
Aqui temos o primeiro indício de como o 3ºA é uma sala mais homogênea que o 3ºB em relação às dificuldades com a disciplina.

*"Não gosto da disciplina de física e nem acho relevante aprendê-la, pois nunca irei utilizá-la na minha vida"*



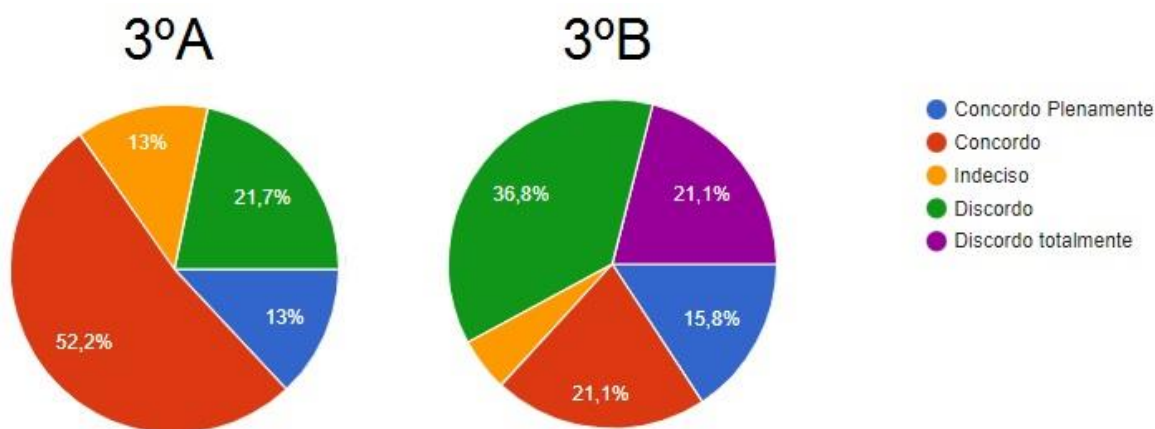
A grande maioria reconhece a importância da física do seu dia a dia.

*"Consigo aprender melhor física apenas com aulas expositivas, no qual o professor explica e eu apenas presto atenção"*



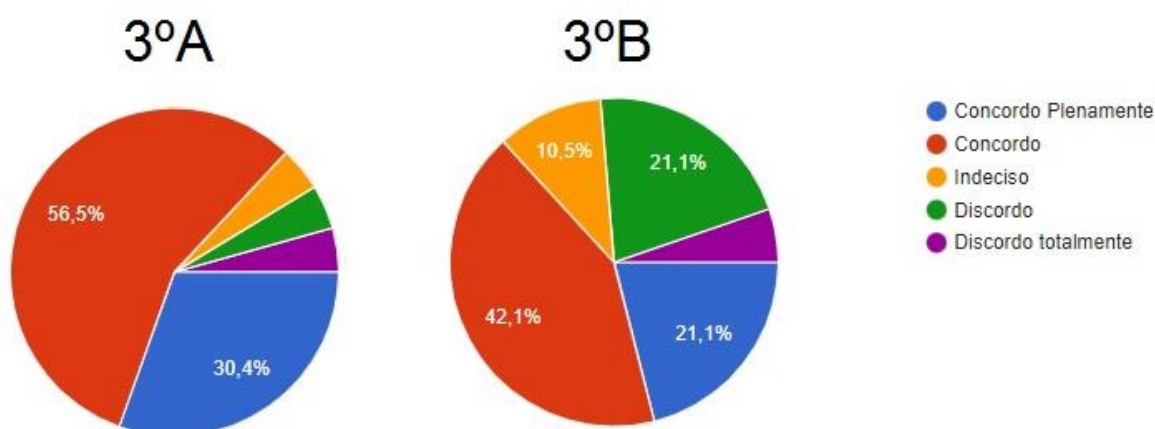
Esse questionamento mostra que a grande maioria dos alunos gosta de um dinamismo, com atividades diferenciadas em sala de aula, porém é importante ressaltar que ainda uma parcela grande prefere aulas expositivas.

*"Não gosto de física, pois tem muito conteúdo, sendo assim acabo decorando como resolver os exercícios para a prova"*



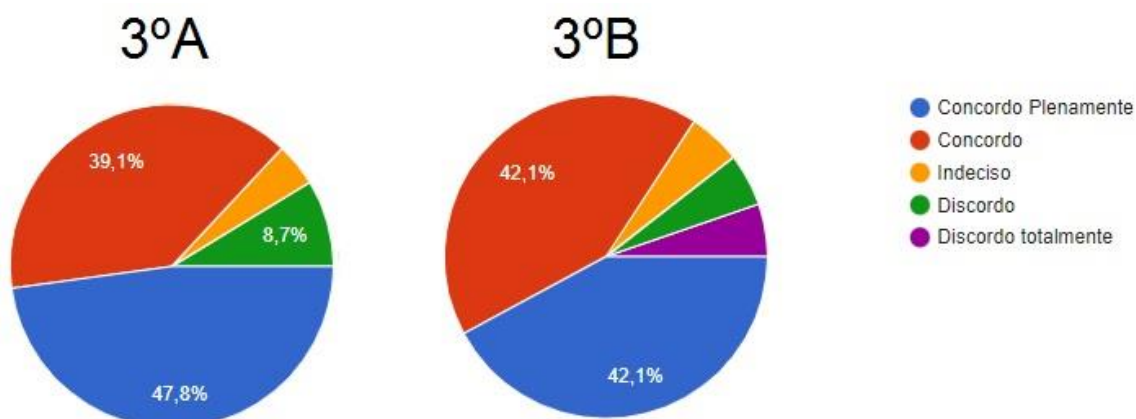
Aqui fica explícito o desafio que o professor tem quanto à quantidade de conteúdo e o tempo limitado. Como fazer o aprendizado ser significativo e não apenas decorado?

*"Sempre esqueço os conteúdos após a prova! Apenas recordo os assuntos relacionados ao meu dia a dia"*



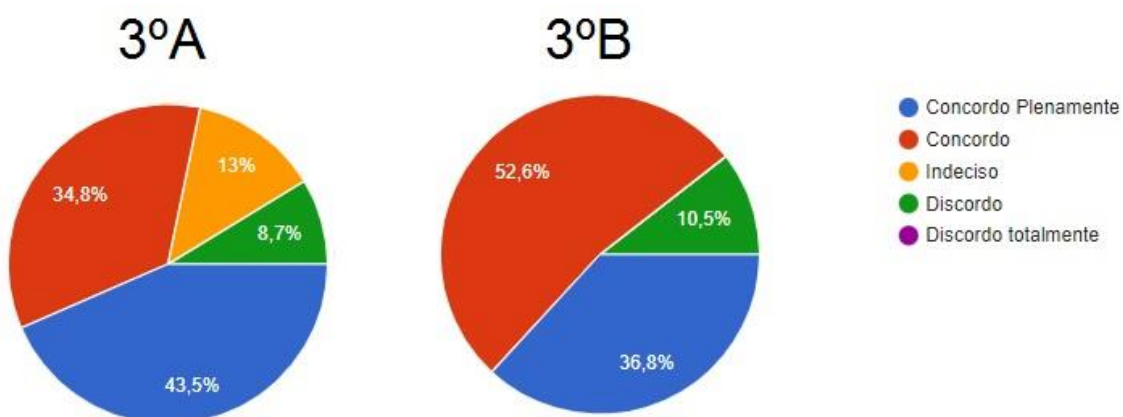
Essas respostas mostram que para a grande maioria, o aprendizado é efetivo quando é aproveitado para a vida do estudante, quando isso não ocorre não há significado.

*"Gosto de aprender física com exemplos do meu dia a dia, pois com exemplos muito 'mirabolantes' e fora da minha realidade não consigo entender"*



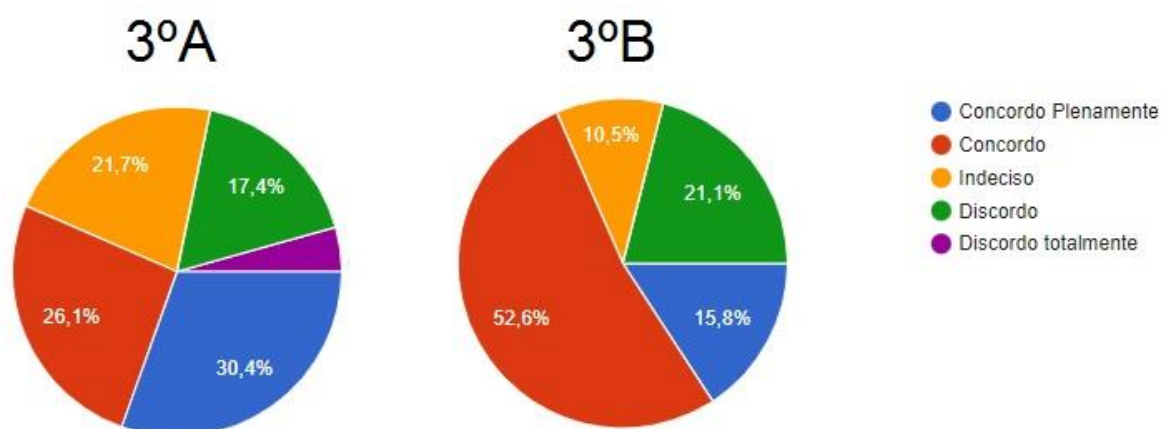
Outra questão que explicita que para aprender, é necessário que o conhecimento seja útil para sua vida.

*"A utilização de experimentos de física em sala de aula é fundamental para observar e compreender fenômenos físicos"*



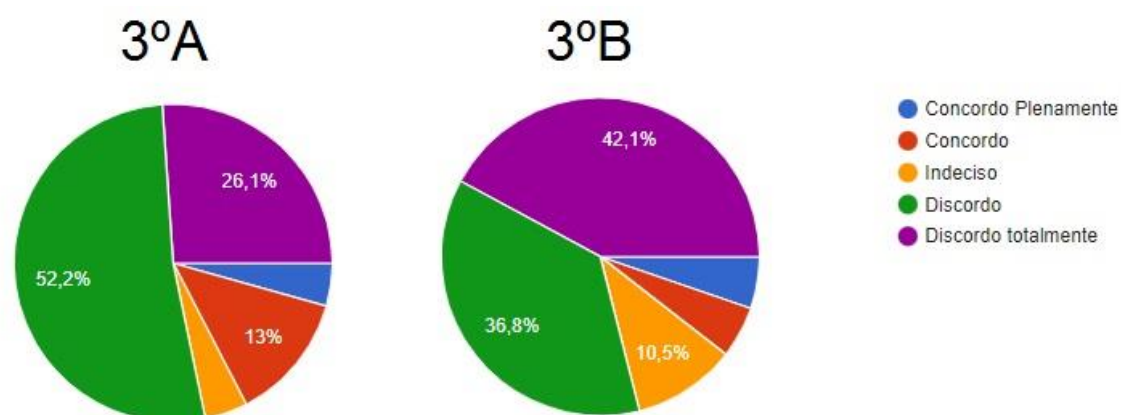
A grande maioria concorda que observar o fenômeno é melhor e mais interessante no aprendizado do que o abstrair.

*"Quando vejo alguma experiência de física, fico muito curioso para entender o funcionamento dela e busco pesquisar para compreender os fenômenos envolvidos"*



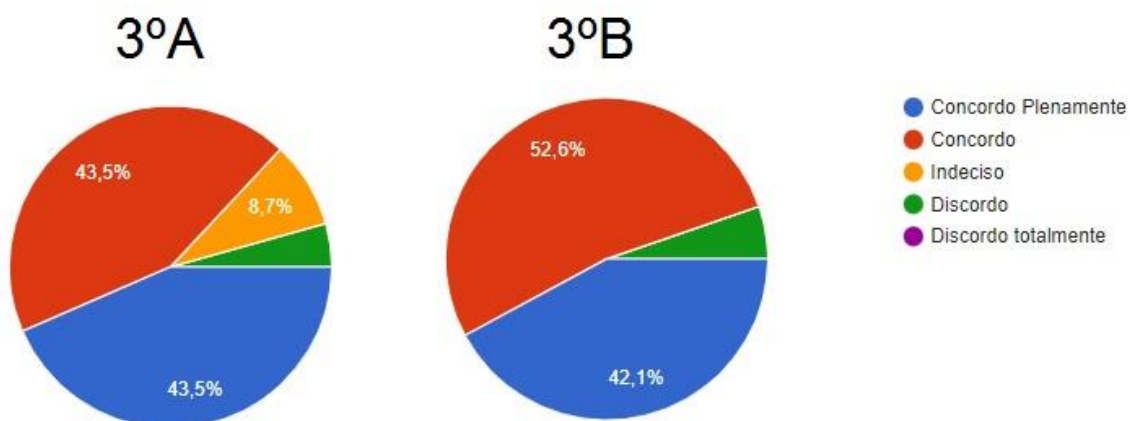
Novamente podemos verificar que experimentos em sala de aula podem trazer mais dinamismo na aula por despertar a curiosidade dos alunos.

*"Acredito que se o professor levar experimentos na aula, perderá muito tempo e não teremos tempo de ver toda a matéria. Ver toda a matéria é mais importante."*



Esse questionamento mostra que os alunos estão mais interessados na qualidade da aula do que na quantidade de matéria apresentada.

*"Experimentos em sala deixam a aula mais dinâmica e acabo prestando mais atenção e assim consigo aprender mais"*



Novamente é possível verificar que a experimentação desperta o interesse e que isso contribui positivamente na obtenção de conhecimentos.

O último questionamento foi para verificar a opinião dos alunos sobre quais práticas que o professor poderia fazer para contribuir na melhoria do aprendizado.

Obrigado por responder as questões. Para finalizarmos, escreva algumas sugestões que poderiam promover uma aprendizagem de física mais significativa para você.

Respostas do 3ºA:

- *explicação da teoria e dos exercícios de forma prática*
- *resumos e explicação na lousa ou slides*
- *Explicar a matéria mais devagar.*
- *Explicar devagar, sem trabalhos de fazer experiência*
- *Uma linguagem mais clara, do dia a dia - colocar alunos que são na mesma sala.- Exemplos e experimentos.*
- *Ter mais uso de exemplos experimentais na aula ou até mesmo mais documentários e outras fontes de informação, as contas devem ser feitas de forma mais calma e a teoria deve ser levada em maior consideração, muitas vezes em provas ela é deixada de lado e apenas levamos a atenção para conta em si.*
- *Demonstrações (experimentos, análises e coisas desse tipo)*
- *Explicar de maneira mais simples nas partes de conta/ Matemática, pq eu sou muito ruim em matemática, mas a parte de teoria eu entendo facilmente*
- *Explicação mais detalhada, incluindo a parte de matemática na física, uma explicação mais lenta e experimentos visuais e participativos seriam legais também.*
- *Sou um pouco lenta para aprender e as vezes não consigo acompanhar a explicação pois o professor vai muito rápido, as vezes estou tentando entender a matéria que ele acabou de explicar e ele já ta corrigindo o exercício que passou para a compreensão da matéria então me perco fácil e acabo não entendendo. Então sugiro uma explicação um pouco mais lenta e detalhada.*
- *O professor promover diversos exercícios que os alunos possam desenvolver curiosidade em diferentes áreas que envolve a física, e não apenas exercícios básicos que envolvem o dia-a-dia*

- *Mostrar mais na prática, com experimentos, o que aprendemos na teoria, explicar com mais calma e detalhadamente, fazer provas fáceis.*
- *Ter uma aula mais dinâmica, sem ficar muito na matemática*
- *Aulas mais dinâmicas*
- *Acho que a aula dinâmica é algo muito interessante, e pode ser uma boa forma de estudos*
- *Aulas mais dinâmicas com aprendizados que conseguirei levar para o meu dia a dia.*
- *Ensinar o cálculo passo a passo, pois tenho mais facilidade na teoria, mas quando chega no cálculo já desanda tudo*
- *Sugestões: Uso de simuladores, por trazerem exemplos em um contexto de identificação do aluno; Explicações simples, que não utilize termos complexos.*
- *Ter aulas mais dinâmicas, sair um pouco da rotina de só ficar explicando e fazendo exercício o tempo todo*
- *Desenvolvimento de experimentos que envolvem física*
- *Demonstrar o conteúdo em simuladores*
- *Relação com nosso cotidiano*

#### *Respostas do 3ºB*

- *Fazendo experimentos e relacionando coisas com o dia a dia para serem mais fáceis de se lembrarem*
- *Aulas com só explicações e mais dinâmicas*
- *Não ficar apenas lendo os exercícios, e não ser uma aula parada*
- *Gostaria de ter mais interação, sem ficar uma aula chata em que o professor apenas fala. Ter experimentos é interessante, pois eu gosto e vejo que é uma forma bacana de os alunos aprenderem, mas obviamente, o professor que faz os experimentos nos explicando.*
- *Utilizações de exemplos práticos sobre os fenômenos estudados*
- *Explicação detalhada, lista de exercícios, slides sobre o conteúdo.*
- *Aulas sobre curiosidades de física no dia a dia, pois assim com a convivência fica mais interessante e mais fácil de aprender e despertar mais interesse por física.*
- *O professor trazer experimentos para as aulas para explicar melhor certos pontos e quando possível marcar uma excursão para mostrar como essa disciplina é utilizada em certas áreas da vida.*
- *Acredito que experimentos deixam a aula bem mais dinâmica e menos maçante, acaba sendo mais interessante de prestar atenção e se interessar em aprender, aulas interativas com alunos, sem apenas ficar lendo e explicando, algo que possa fazer até com quem não se interessa pela matéria pelo menos despertar curiosidade nas dinâmicas e etc.*
- *Para os professores em matérias exatas ter mais solidariedade de explicar o conteúdo repetidas vezes o suficiente para compreender o aprendizado do aluno sem questionamentos*
- *A utilização de elementos reais para explicar certo conteúdo é de fato muito melhor do que ler um exemplo da apostila, quando temos contato com algo real e físico e mais fácil a observação, portanto garante um aprendizado de forma dinâmica e correta.*

- *Resolução de exercícios de vestibular, aulas dinâmicas e com participação dos alunos, explicação teórica e resolução prática, respectivamente.*
- *Fazer aulas onde se coloca na prática o que está sendo mostrado no material.*
- *Quando aprender um novo conteúdo já colocá-lo em prática, ao invés de explicar tudo e depois praticar.*
- *Uma aula mais prática com experimentos e tais*
- *Desenhos na lousa, resumos, apresentação de slides bem explicativos.*
- *Acredito que na prática o conteúdo pode ser mais absorvido. Alguns alunos aprendem de forma rápida somente ouvindo o professor, no meu ponto de vista é preciso pensar no todo, na sala de aula pode ter mais alunos que precisem de uma explicação mais pausada ou com exemplos práticos.*
- *Aulas com mais dinâmicas, aulas com apenas explicação é muito cansativa e não me ajuda a entender*
- *Eu acho que mais dinâmicas podem acabar deixando os alunos mais curiosos para o aprendizado.*

Podemos concluir que as turmas apresentam perfis diferentes em certos aspectos, onde verificamos que o 3ºA é uma sala mais homogênea, que mesmo tendo grandes dificuldades com a matéria os alunos são muito empenhados. Já o 3ºB é uma turma mais heterogênea, onde possui uma parcela que gosta e aprende com facilidade, uma que gosta, mas tem dificuldade e alguns alunos que odeiam a disciplina e assumem não gostar de estudar. Entretanto as duas se assemelham quando o assunto é interesse por metodologias diferentes em sala de aula. Muitos reclamam da quantidade de matéria em um intervalo pequeno de tempo e desejam que a experimentação faça parte do processo ensino e aprendizagem. Este questionário encontra-se em anexo ao final da pesquisa.

#### **4.5. LEVANTAMENTO DE CONHECIMENTOS PRÉVIOS**

O levantamento de conhecimentos prévios apresenta grande relevância para verificar a relação do aluno com aquilo que será ensinado, de maneira que haja aproveitamento do professor durante o processo. Isso porque de acordo com Ausubel (1980), a aprendizagem significativa ocorrerá quando a nova informação ancora-se a informações relevantes de sua estrutura cognitiva.

Para ter uma ideia dos conhecimentos prévios que os alunos tinham, foi elaborado um questionário onde foram feitas diversas perguntas elaboradas pelo autor e questões conceituais do ENEM, que abordavam temas da eletrodinâmica. Com base nesse levantamento de dados, foi possível obter um perfil do que o aluno já sabe. Entretanto, como o questionário foi feito de forma anônima e existe a

possibilidade do aluno responder aleatoriamente e acertar, ou conhecer um pouco do assunto, mas se confundir com as respostas. Esse levantamento de conhecimentos prévios foi feito também durante o decorrer da aula, onde muitos alunos conseguem se expressar de acordo com as problematizações.

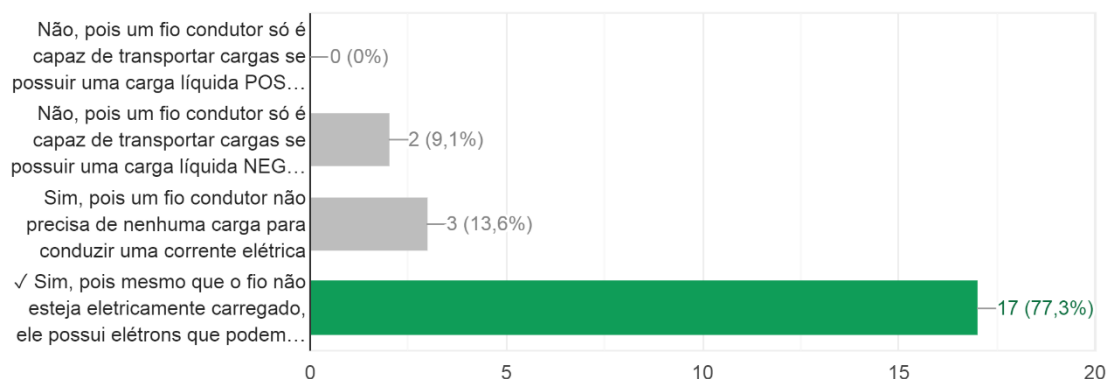
A seguir estão as perguntas e respostas dos alunos, separadas por turmas sobre o tema. Lembrando que este questionário encontra-se no APÊNDICE 2 do produto educacional, com as perguntas e as alternativas a que o aluno deve escolher.

- A questão 1 pergunta sobre a estrutura da matéria e de como as cargas formam os materiais:

### 3ºA

É possível que um fio que conduz uma corrente elétrica não esteja eletricamente carregado?

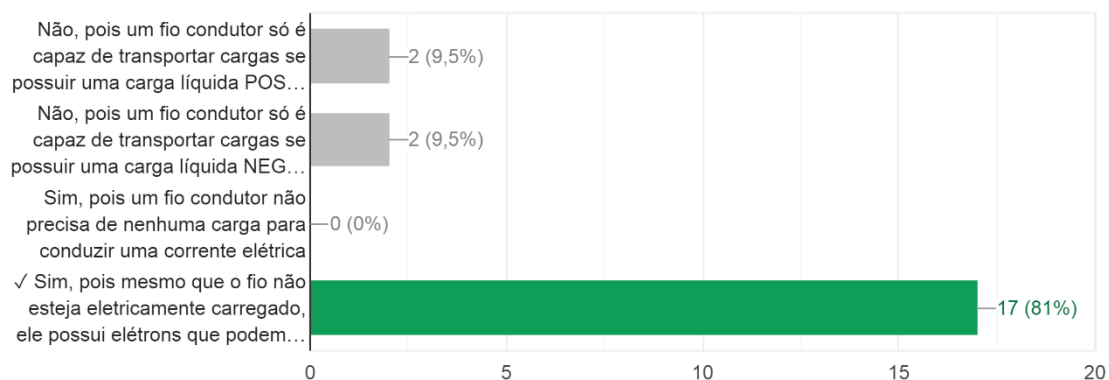
17 / 22 respostas corretas



### 3ºB

É possível que um fio que conduz uma corrente elétrica não esteja eletricamente carregado?

17 / 21 respostas corretas



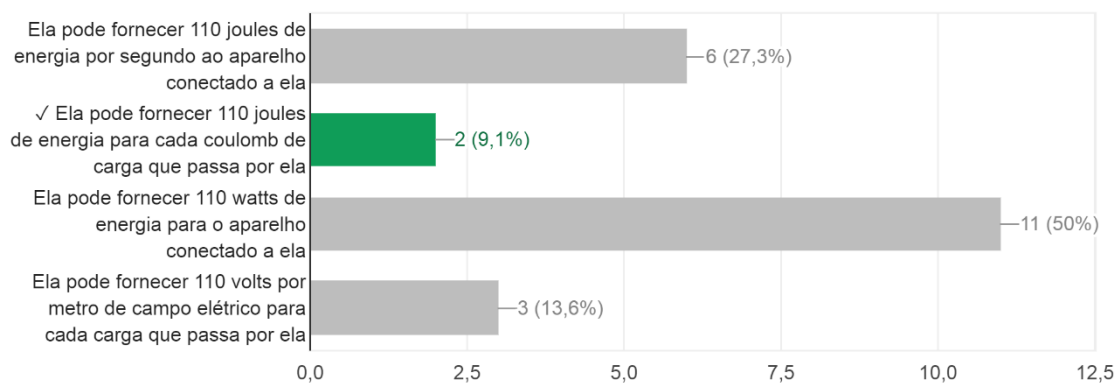
Ficou evidente que a grande maioria acertou a questão, considerando que essa matéria já foi vista no ano anterior.

- A questão 2 relaciona a grandeza física que está presente no dia-a-dia dos alunos, mas que poucos sabiam o seu significado.

3ºA

O que significa dizer que uma tomada tem um tensão elétrica de 110 volts?

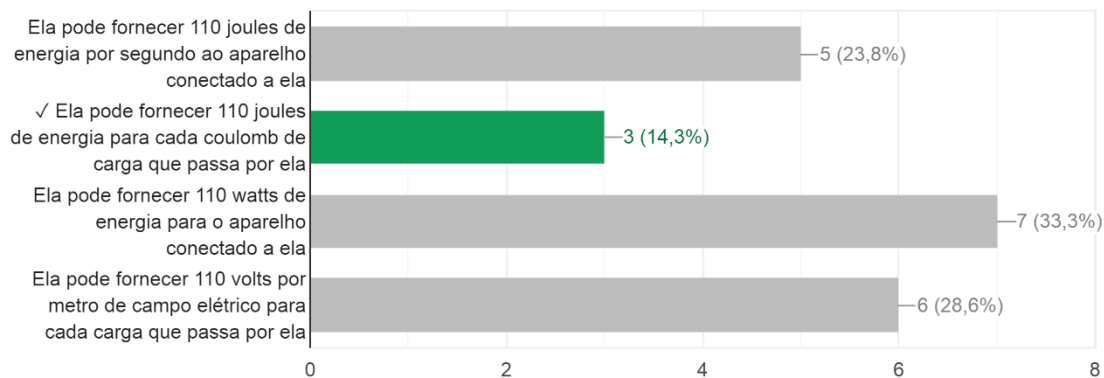
2 / 22 respostas corretas



3ºB

O que significa dizer que uma tomada tem um tensão elétrica de 110 volts?

3 / 21 respostas corretas



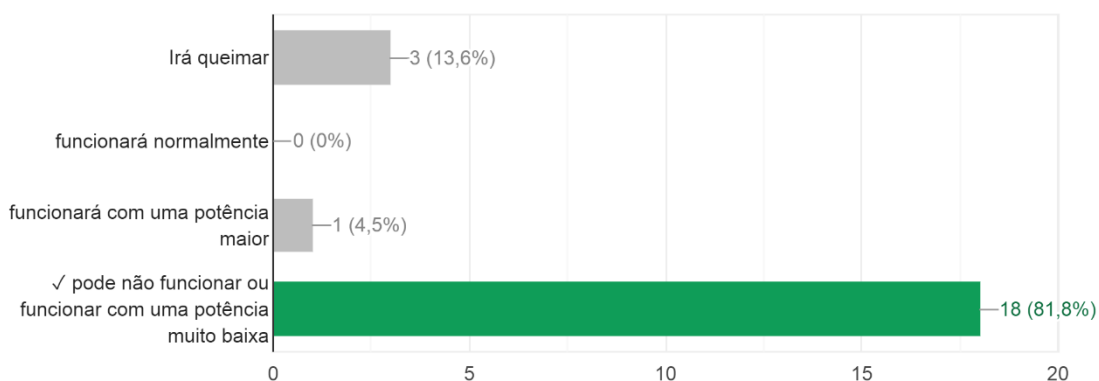
Percebe-se que o significado da grandeza física estava pouco claro para a grande maioria, não sabendo nem o significado de volts e nem de watts.

- A questão 3 relaciona a tensão elétrica com as propriedades de funcionamento do dispositivo eletrônico.

### 3ºA

O que acontece se pegarmos um equipamento projetado para funcionar com 220V e conectá-lo em uma tomada de 110V?

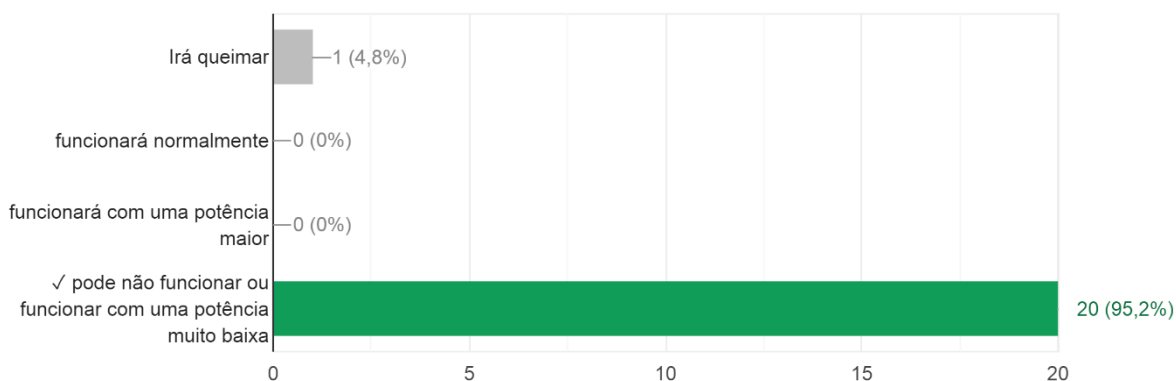
18 / 22 respostas corretas



### 3ºB

O que acontece se pegarmos um equipamento projetado para funcionar com 220V e conectá-lo em uma tomada de 110V?

20 / 21 respostas corretas



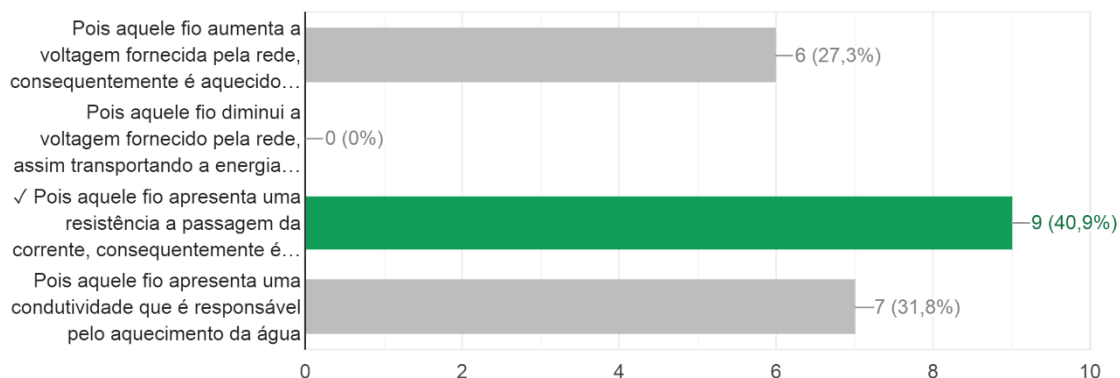
O número de acertos foi grande, pois esse tipo de situação pode ser corriqueiro na vida dos alunos, mesmo não sabendo ao certo o significado de tensão elétrica, muitos puderam experimentar a situação de utilizar equipamentos de tensões diferentes oferecidas pelas tomadas.

- A questão 4 relaciona grandezas físicas que influenciam no efeito Joule.

### 3ºA

Para aquecer a água do chuveiro, um fio em contato com a água esquentada e por condução também aquece a água. Por que esse fenômeno ocorre?

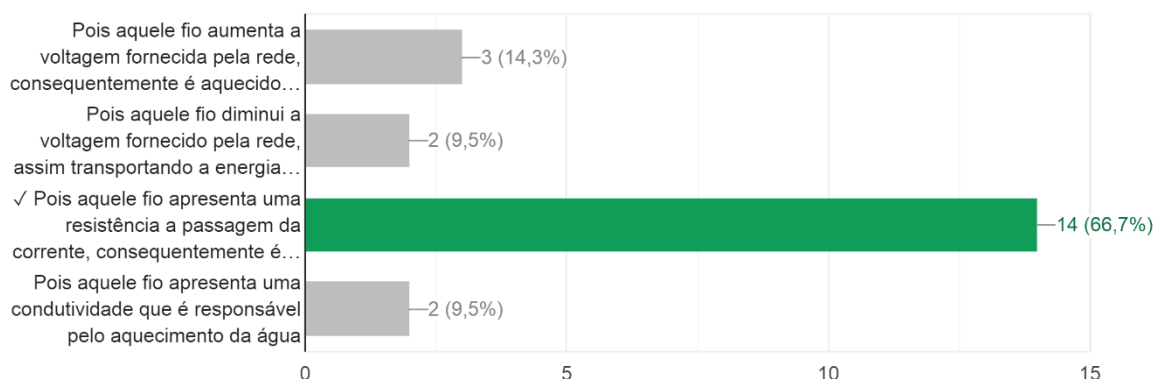
9 / 22 respostas corretas



3ºB

Para aquecer a água do chuveiro, um fio em contato com a água esquentada e por condução também aquece a água. Por que esse fenômeno ocorre?

14 / 21 respostas corretas



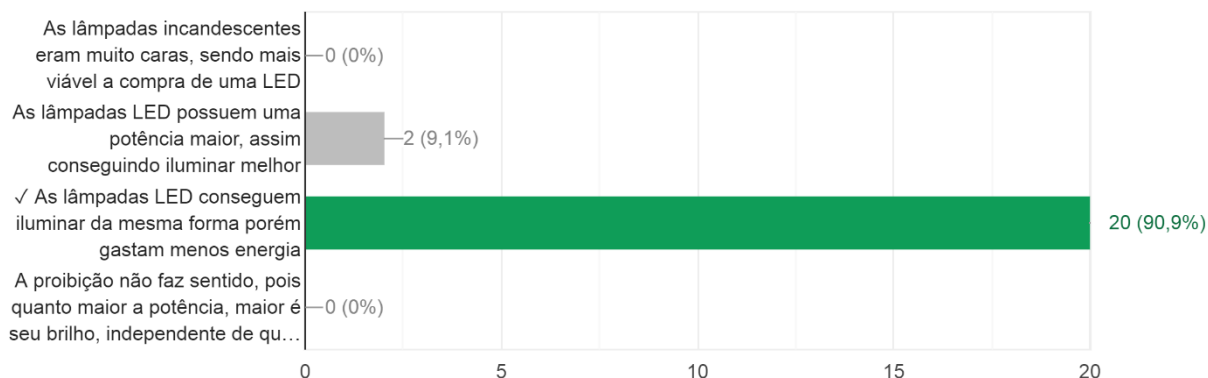
As salas já apresentaram uma discrepância em suas respostas, até esse momento os alunos não sabiam o que o efeito Joule é consequência da resistência elétrica.

- A questão 5 relaciona potência elétrica com eficiência energética no consumo de energia.

3ºA

As lâmpadas incandescentes foram proibidas de serem comercializadas e foram substituídas por lâmpadas fluorescentes e LED. Normalmente a lâmp... potência. Qual o motivo para essa substituição?

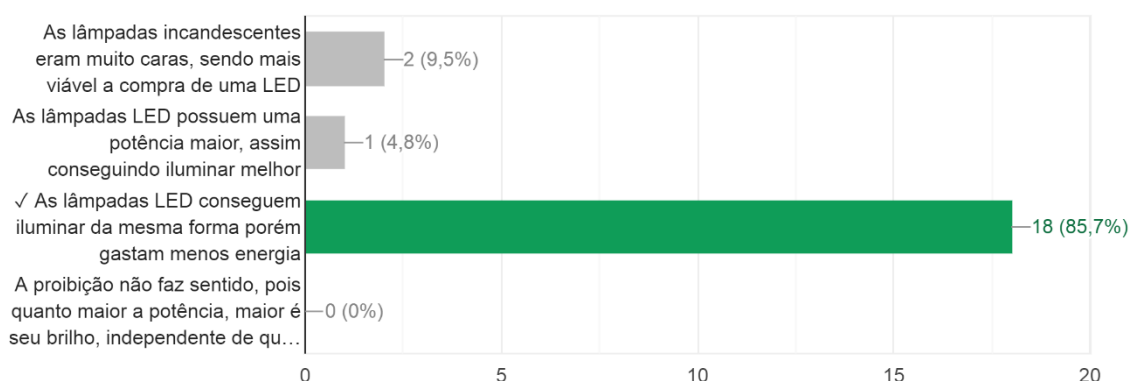
20 / 22 respostas corretas



### 3ºB

As lâmpadas incandescentes foram proibidas de serem comercializadas e foram substituídas por lâmpadas fluorescentes e LED. Normalmente a lâmp... potência. Qual o motivo para essa substituição?

18 / 21 respostas corretas



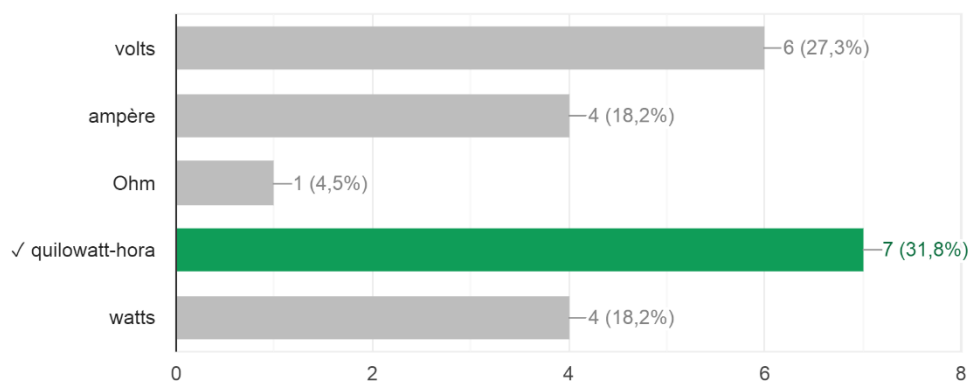
Podemos verificar que a popularização das lâmpadas LEDs e sua economia auxiliaram os alunos a concluírem corretamente a resposta dessa questão.

- A questão 6 relaciona unidades de medida de energia com outras grandezas

### 3ºA

Das alternativas abaixo, qual representa uma unidade de medida de ENERGIA?

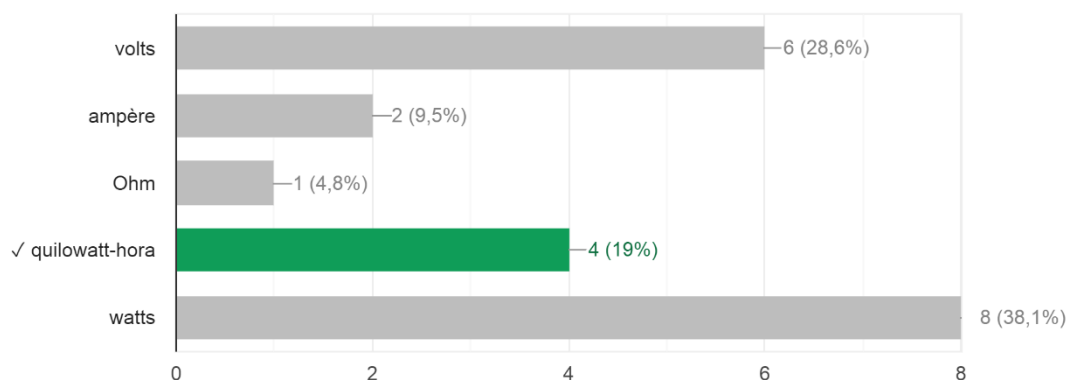
7 / 22 respostas corretas



3ºB

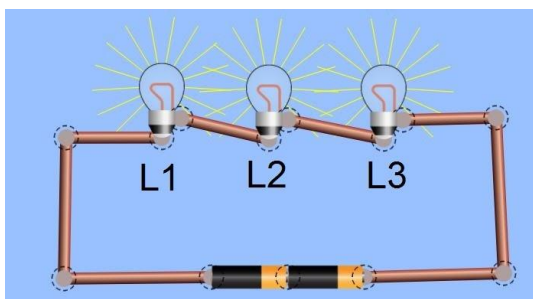
Das alternativas abaixo, qual representa uma unidade de medida de ENERGIA?

4 / 21 respostas corretas



Novamente percebe-se uma defasagem na compreensão de unidades de medidas e informações técnicas sobre eletricidade.

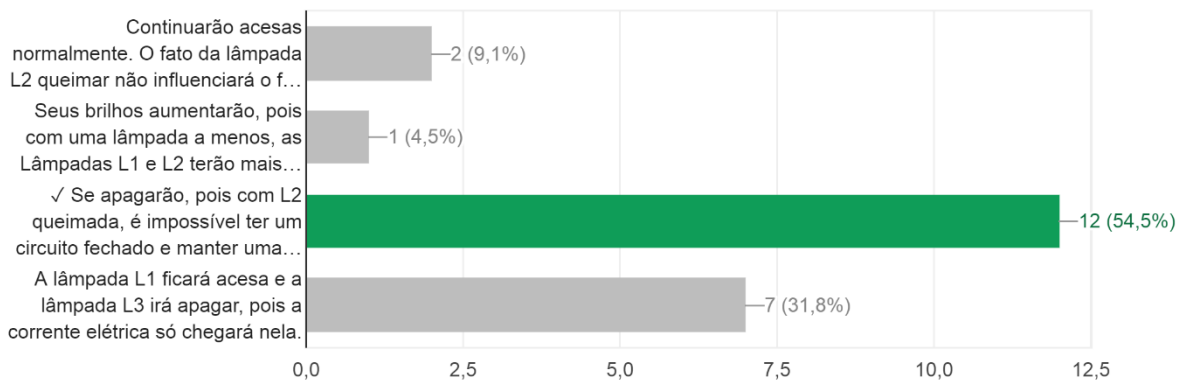
- A questão 7 investiga o raciocínio do aluno em relação ao funcionamento de um circuito em série.



### 3ºA

Observe um circuito com três lâmpadas acesas. O que ocorrerá com as Lâmpadas L1 e L3 caso a Lâmpada L2 queimar?

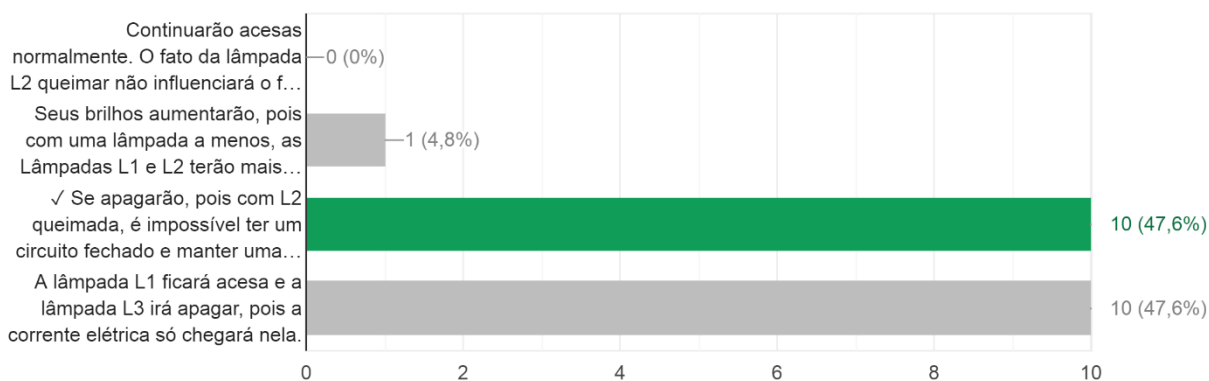
12 / 22 respostas corretas



### 3ºB

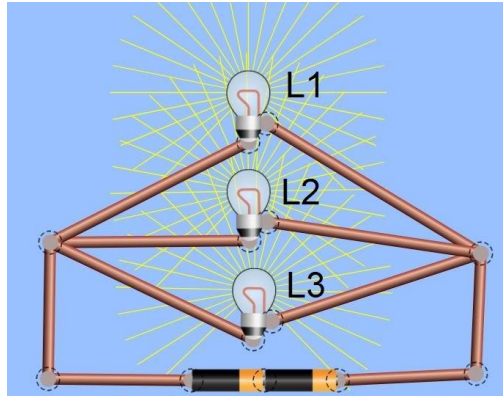
Observe um circuito com três lâmpadas acesas. O que ocorrerá com as Lâmpadas L1 e L3 caso a Lâmpada L2 queimar?

10 / 21 respostas corretas



Podemos perceber uma certa confusão desse primeiro acesso a compreensão de circuitos, onde praticamente metade das salas ainda não compreendem como a corrente elétrica transporta energia ao circuito.

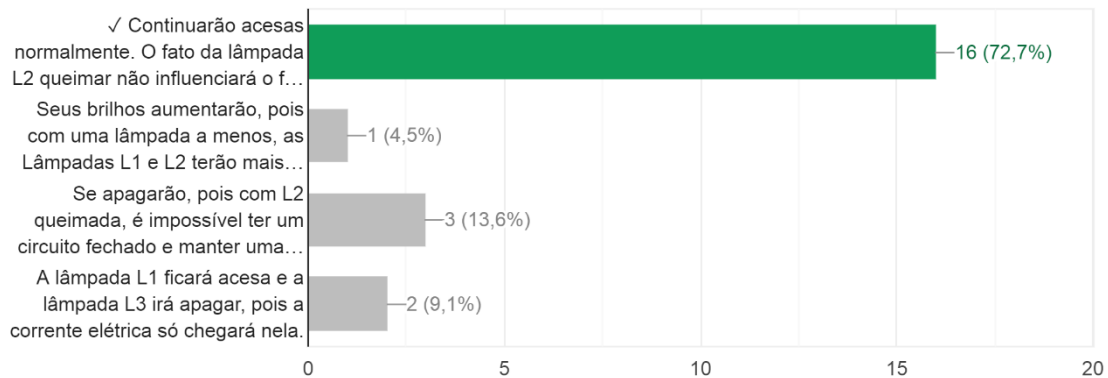
- A questão 8 investiga o raciocínio do aluno em relação ao funcionamento de um circuito em paralelo.



3ºA

Observe um circuito com três lâmpadas acesas. O que ocorrerá com as Lâmpadas L1 e L3 caso a Lâmpada L2 queimar?

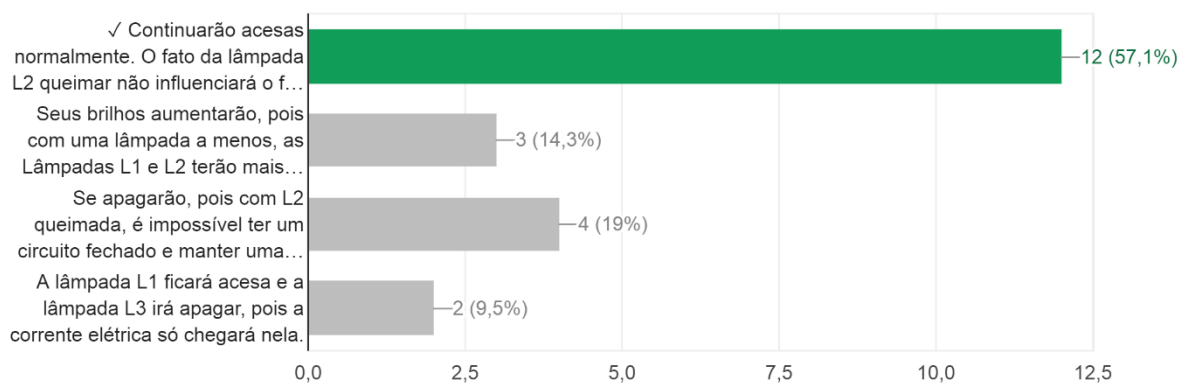
16 / 22 respostas corretas



3ºB

Observe um circuito com três lâmpadas acesas. O que ocorrerá com as Lâmpadas L1 e L3 caso a Lâmpada L2 queimar?

12 / 21 respostas corretas

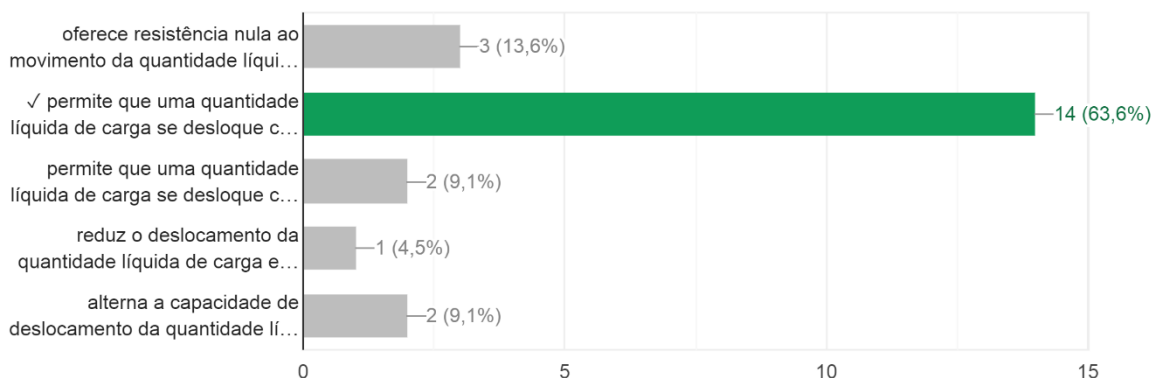


Podemos verificar que o circuito em paralelo se torna mais compreensível o caminho tomado pela corrente elétrica e a influência de outros dispositivos no circuito.

- A questão 9 relaciona choques elétricos com correntes elétricas e resistência elétrica corporal.

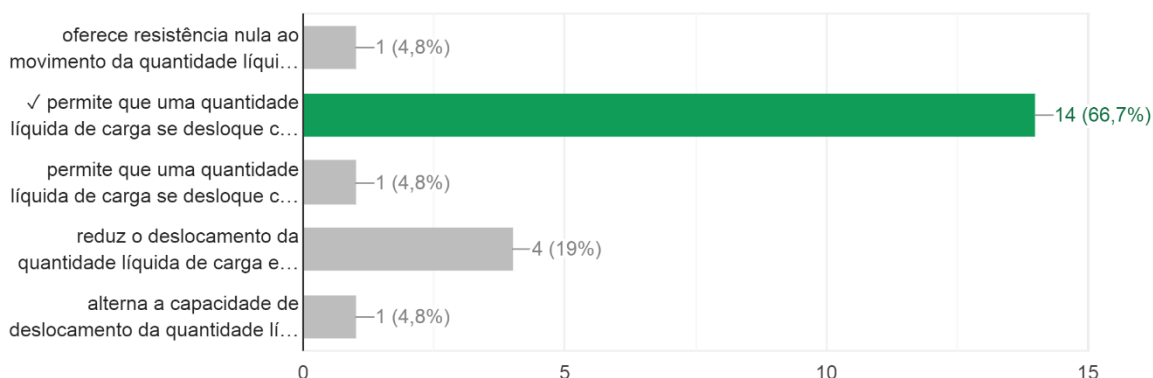
### 3ºA

(ENEM-2014) No território brasileiro, existem períodos do ano que apresentam queda na umidade do ar, fazendo com que o ar fique bastante seco. ... elétrica, comportando-se como um condutor, pois  
14 / 22 respostas corretas



### 3ºB

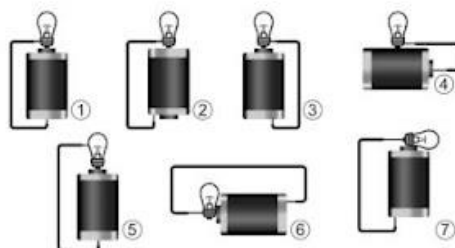
(ENEM-2014) No território brasileiro, existem períodos do ano que apresentam queda na umidade do ar, fazendo com que o ar fique bastante seco. ... elétrica, comportando-se como um condutor, pois  
14 / 21 respostas corretas



Praticamente dois terços das salas compreendem o comportamento das descargas elétricas no qual ajudará a compreensão da corrente elétrica e resistência elétrica.

- A questão 10 questão investiga se o aluno caracteriza o circuito elétrico

Um curioso estudante, empolgado com a aula de circuito elétrico que assistiu na escola, resolve desmontar sua lanterna. Utilizando-se da lâmpada e da pilha, retiradas do equipamento, e de um fio com as extremidades descascadas, faz as seguintes ligações com a intenção de acender a lâmpada:



GONÇALVES FILHO, A.; BAROLLI, E. *Instalação Elétrica*: investigando e aprendendo.

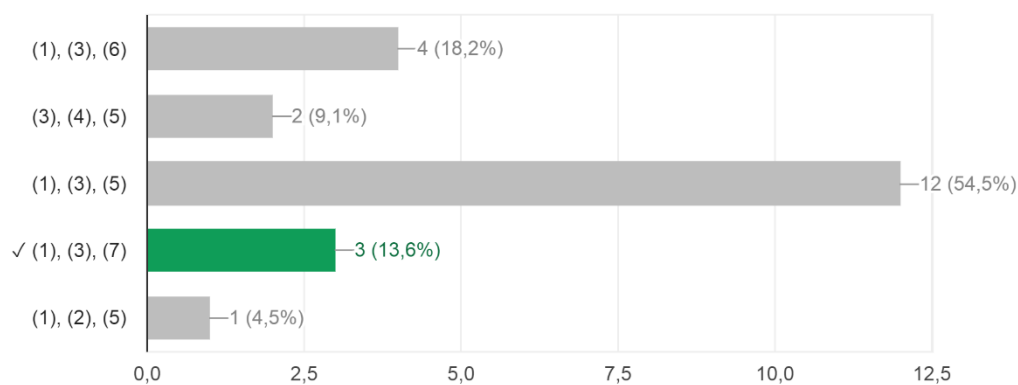
São Paulo: Scipione, 1997 (adaptado).

Tendo por base os esquemas mostrados, em quais casos a lâmpada acendeu?

3ºA

(ENEM-2011)

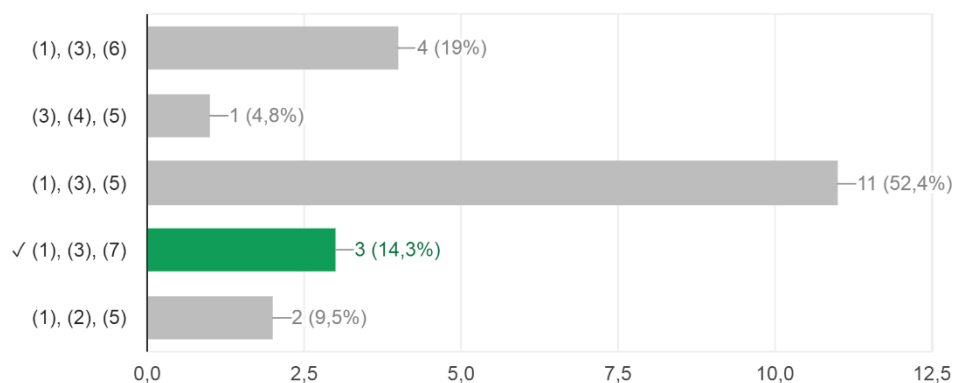
3 / 22 respostas corretas



3ºB

(ENEM-2011)

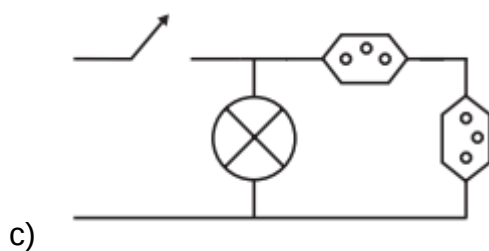
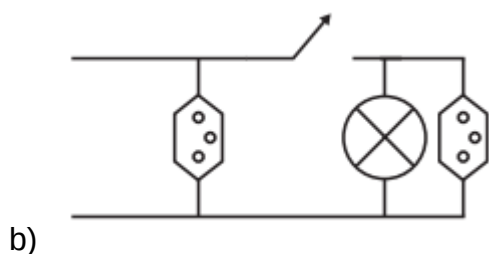
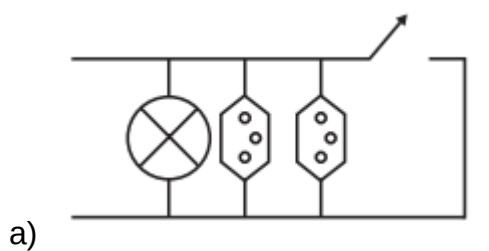
3 / 21 respostas corretas

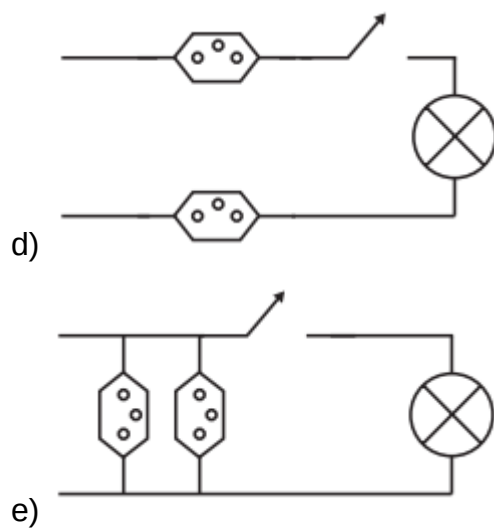


Questões do ENEM que apresentam alternativas que podem causar dúvidas e levar alunos ao erro. É possível perceber que a compreensão da passagem da corrente em circuitos ainda não é compreendida pelos alunos.

- A questão 11 caracteriza as diversas formas como dispositivos podem ser incluídos no circuito e suas simbologias.

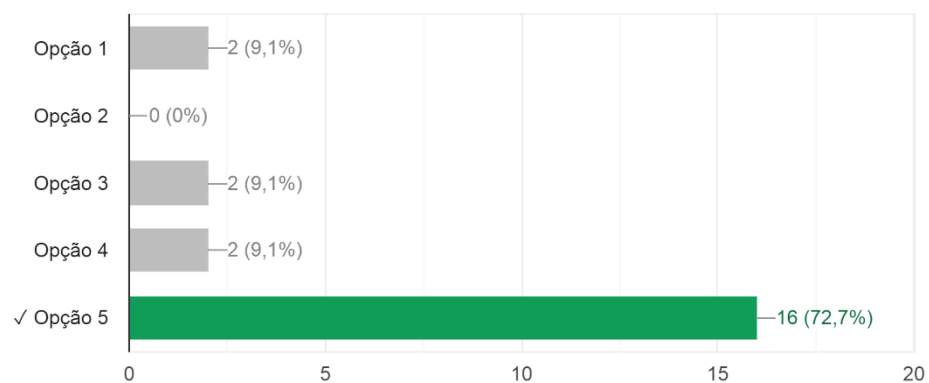
Lâmpada:  Tomada:  Interruptor: 





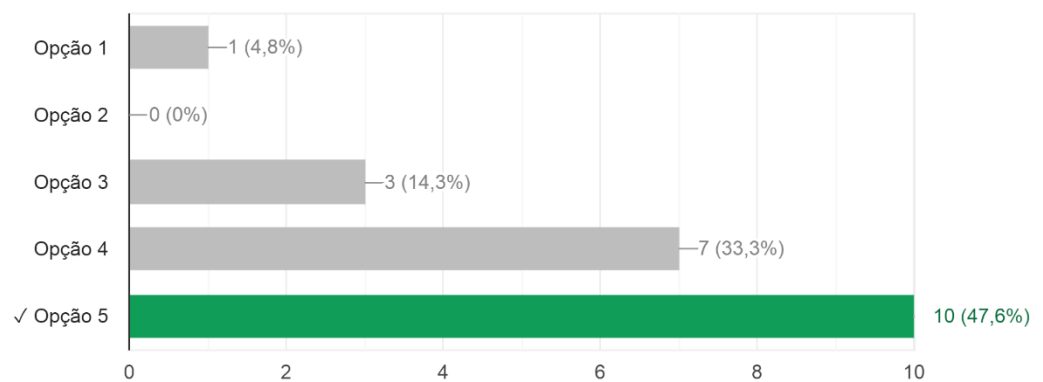
3ºA

(ENEM-2015) Um estudante, precisando instalar um computador, um monitor e uma lâmpada em sua quarto, verificou que precisaria fazer a instal...s outros dispositivos” – pensou. Símbolos adotados:  
16 / 22 respostas corretas



3ºB

(ENEM-2015) Um estudante, precisando instalar um computador, um monitor e uma lâmpada em sua quarto, verificou que precisaria fazer a instal...s outros dispositivos” – pensou. Símbolos adotados:  
10 / 21 respostas corretas



Como na questão anterior, ainda é possível verificar que os alunos não compreendem circuitos e esse assunto é basicamente novo em seus conhecimentos prévios.

- A questão 12 relaciona simbologia de dispositivos de segurança.

No manual de uma máquina de lavar, o usuário vê o símbolo:

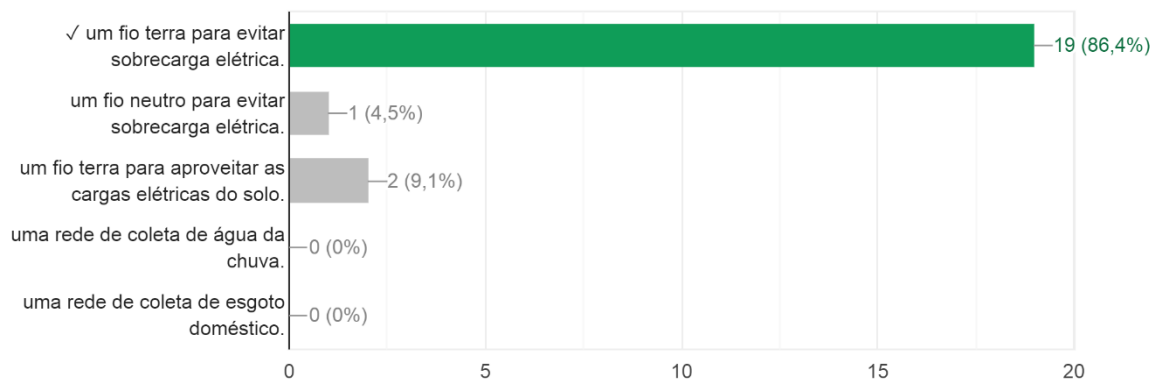


Este símbolo orienta o consumidor sobre a necessidade de a máquina ser ligada a

3ºA

(ENEM-2012)

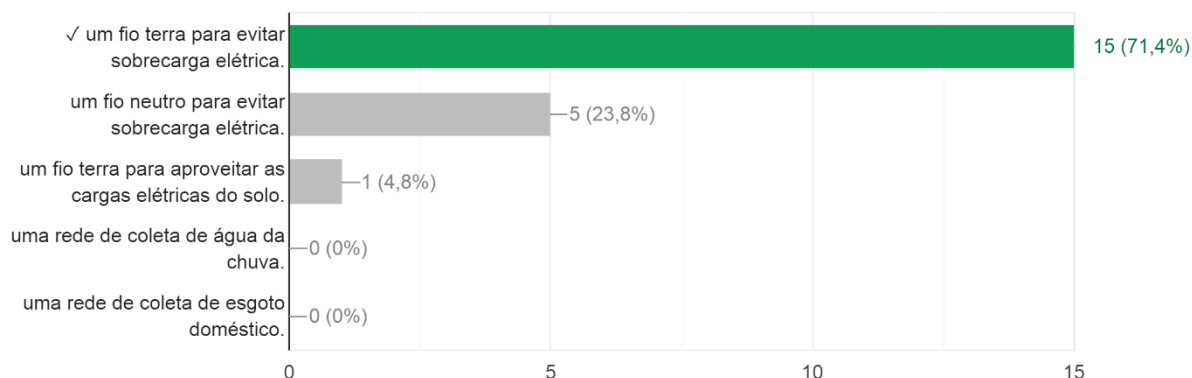
19 / 22 respostas corretas



3ºB

(ENEM-2012)

15 / 21 respostas corretas



Novamente percebemos que alguns assuntos estudados no ano anterior foram bem ancorados em suas estruturas cognitivas.

- Ao final do questionário, foi perguntado ao aluno sobre a quantidade de questões respondidas sem saber nada do assunto:

*Obrigado por responder as perguntas! Esse questionário tem caráter de analisar seus conhecimentos prévios. Responda o número de questões que você não tinha a menor ideia da resposta e acabou "chutando".*

Respostas do 3ºA

- 5
- 4
- 7
- 6
- Apenas a penúltima questão
- Chutei 5 respostas
- 3
- 6, 9, 12
- 2
- 7 (percebi que nunca aprendi física)
- 6
- Nenhuma
- 4
- 2 questões

Respostas do 3ºB

- 4
- 1
- 2
- *várias, umas 5/6*
- 3
- 7
- 4,11
- *chutando foi apenas duas, mas as outras eu ia pela que fazia mais sentido*
- *“chutei” todas as questões*
- *Penúltima e última*
- *3 ou 4, os chutes foram relacionados a dúvida “vai esse mesmo”*
- 6
- *Chutei 5 questões*
- *Umas 3 perguntas*
- *Questão 8*
- *Questao10,11*

Analisando essas respostas foi possível perceber que muitos alunos não sabiam as respostas e que responderam por intuição, que contribuiu tanto para verificar seu raciocínio lógico em situações em que nunca tiveram, ou tiveram pouco acesso quanto por conhecimentos estabelecidos em sua estrutura cognitiva.

Apesar desse questionário contribuir para conferir conhecimentos prévios, sabemos que, ele por ser de múltipla escolha, pode nos trazer falsos resultados com “chutes” corretos, entretanto se torna mais ágil e prático para o professor.

#### **4.6. AULA EXPOSITIVA COM RECURSOS DIGITAIS**

Um desafio que o professor de física encontra em seu dia a dia é encontrar maneiras inovadoras, dinâmicas e com grande participação dos alunos, porém sabemos que aulas expositivas nem sempre conseguem atingir esses objetivos. Os recursos digitais contribuem para desenvolver habilidades e conteúdos ao longo do ano. A pandemia forçou muitas escolas a incluírem internet, computadores e televisores em suas salas, facilitando o uso de alternativas pedagógicas.

Durante a realização de aulas expositivas, foi utilizado imagens de boa resolução, vídeos de situações sobre os assuntos e principalmente simuladores aplicados à eletrodinâmica. Imagens e vídeos buscados na internet para exemplificar ou mostrar certos dispositivos possibilitam que o professor ganhe tempo pois evita a necessidade de fazer desenhos em lousa. Os simuladores possibilitam facilitar a compreensão de certos fenômenos reduzindo a necessidade de abstração dos alunos durante a explicação. Mesmo que seja difícil manter alguns alunos concentrados durante a explicação, os recursos audiovisuais contribuem de maneira significativa no processo de ensino por serem mais chamativos e eficazes na fixação da matéria.

#### **4.7. ATIVIDADES EXPERIMENTAIS**

As práticas experimentais são um passo de extrema importância para ter êxito e dinamizar o aprendizado. Para as sequências didáticas apresentadas no produto educacional, recomenda-se a realização dos experimentos após as aulas expositivas e utilização de simuladores, porém realizar os experimentos inicialmente pode ser uma outra estratégia eficaz para o ensino, dando um caráter investigativo. Recomenda-se que o professor conheça o perfil de seus alunos para adequar suas aulas da melhor maneira possível. Turmas menores e engajadas são ótimas para trabalhar métodos investigativos.

##### **Mini Instalação elétrica**

Para o auxílio da fixação do conteúdo de eletrodinâmica, é sugerido a confecção de um experimento que possa contemplar diversos assuntos trabalhados em sala nas sequências didáticas. Esse experimento consiste em uma maquete que representa os cômodos de uma casa e possibilitará ao aluno compreender como são realizadas as instalações elétricas.

O passo a passo de como montar a maquete encontra-se em anexo no produto educacional, mas é importante dizer que o professor que vier a reproduzi-la não precisa deixá-la idêntica, porém é interessante associar o seu formato como o de uma casa. Deixando claro todas as orientações de segurança e acompanhar todo o processo antes de fazer as ligações.

*Figura 13 - Imagem frontal da mini casa*



*Fonte: Autor*

*Figura 14 - Imagem traseira da mini casa*



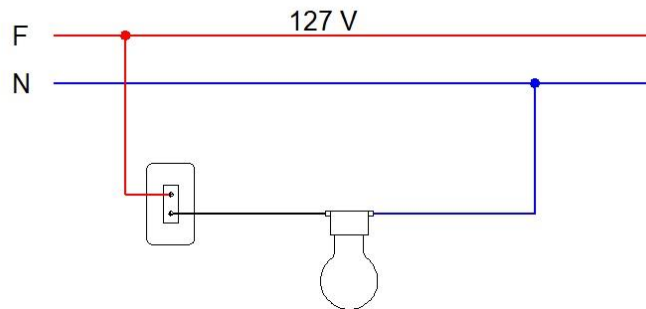
*Fonte: Autor*

O ENEM e diversos vestibulares apresentam frequentemente questões que envolvem circuitos, e é comum ver situações de instalações e conexões que causam confusões para os alunos. Podendo manusear e conhecer de perto certos dispositivos eletrônicos, os alunos conseguem aguçar seu interesse em aprender ou simplesmente atrair sua atenção que antes era monótona, além de se depararem com desafios que os forcem a colocar seus conhecimentos em prática. Um dos indicadores de aprendizagem segundo Ausubel (2003) é poder relacionar ideias diferentes das que foram apresentadas.

As sugestões para explorar a maquete da mini casa são:

- *Um circuito simples com apenas uma lâmpada e um interruptor;*

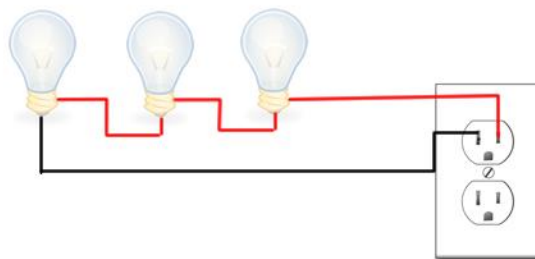
*Figura 15 - Circuito simples com lâmpada e interruptor*



Fonte: < <https://aprendendoeletrica.com/interruptor-three-way-como-instalar/>> Acesso em 11/01/2023

- *Um circuito em série com três lâmpadas e um interruptor;*

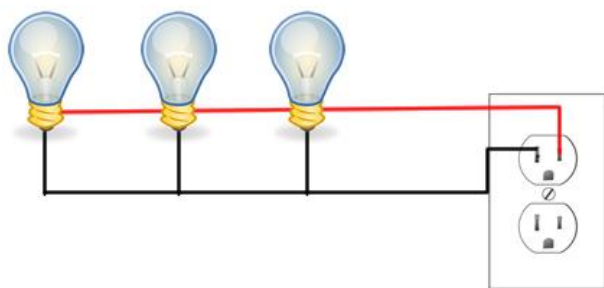
*Figura 16 - Circuito em série*



Fonte: < <http://www.eletoencode.com.br/ligacoes-em-serie-e-em-paralelo/>> Acesso em 11/01/2023

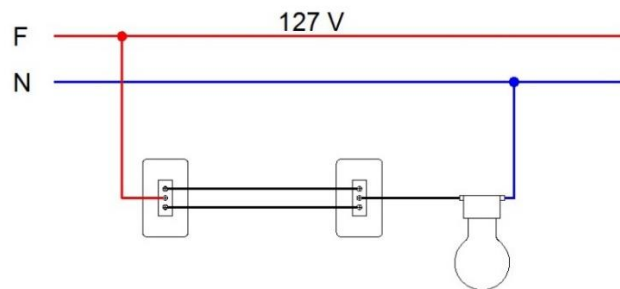
- *Um circuito em paralelo com três lâmpadas e um interruptor;*

*Figura 17 - Circuito em paralelo*



Fonte: < <http://www.eletoencode.com.br/ligacoes-em-serie-e-em-paralelo/>> Acesso em 11/01/2023

- *Um circuito de acionamento da lâmpada com interruptores paralelos (three way)*

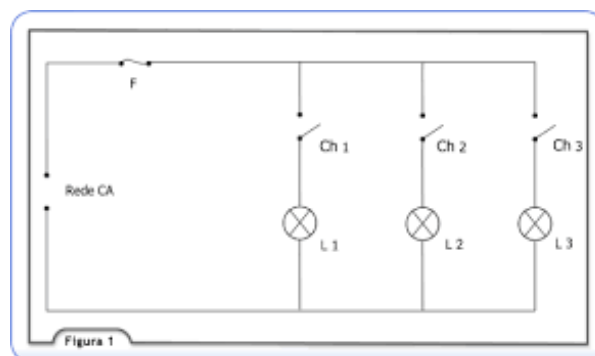


Fonte: < <https://aprendendoeletrica.com/interruptor-three-way-como-instalar/>> Acesso em 24/06/2022

É interessante aproveitar esse momento para diferenciar as cores dos fios de acordo com as normas técnicas.

- *Dimensionar um fusível adequado para conectar ao sistema de acordo com as potências das lâmpadas;*

*Figura 18 - Circuito com fusível*



Fonte: < [http://uab.ifsul.edu.br/tsiad/conteudo/modulo1/fis/fis\\_uf/at1/4.html](http://uab.ifsul.edu.br/tsiad/conteudo/modulo1/fis/fis_uf/at1/4.html)> Acesso em 11/01/2023

Para a realização desse experimento é interessante não mostrar esses esquemas, apenas orientar o tipo de circuito que o professor pede para que coloquem em prática o que já foi ensinado em aulas anteriores. Durante a realização o ideal é formar grupos com o menor número possível para que todos possam manusear os equipamentos. O professor deverá supervisionar todo o procedimento para garantir a segurança e conduzir a sistematização.

Ao final da experimentação é importante debater sobre os diferentes brilhos das lâmpadas em cada associação verificar a tensão elétrica nas lâmpadas em cada associação e debater os possíveis erros experimentais. Se o professor tiver outros

dispositivos, como *buzers*, sirenes, *coolers*, leds, etc., poderá explorar outras atividades caso haja tempo.

## **5. RESULTADOS E DISCUSSÕES**

A fim de avaliar o crescimento cognitivo dos alunos, os dois testes foram realizados, um antes e um depois da aplicação metodológica do produto educacional.

É importante ressaltar que as questões do teste de conhecimentos prévios foram quase todas realizadas pelo professor apenas com perguntas diretas e que poderiam estar relacionadas ao dia a dia dos alunos, já o questionário feito ao final era composto exclusivamente por questões do ENEM, que apresentavam um nível de dificuldade maior.

A seguir serão apresentadas algumas percepções do professor sobre os aspectos do comportamento dos alunos durante as aulas e os resultados do questionário final.

### **5.1. ANÁLISE QUALITATIVA DAS AULAS COM RECURSO DIGITAIS**

Diversos aspectos positivos podem ser trazidos e avaliados em relação ao uso de recursos digitais em sala de aula. Para o professor, ter um computador e uma televisão posicionada de maneira que os alunos possam vê-la com facilidade, será uma ferramenta facilitadora que dará agilidade para mostrar imagens e vídeos que evitará a necessidade de ficar desenhando em lousas ou forçando uma abstração do aluno.

Para os alunos foi perceptivo um comportamento diferente em relação às aulas tradicionais apenas com lousa e giz. Era comum muitos alunos estarem desatentos ou distraídos usando seus celulares para fins não didáticos, pois eram turmas que passaram dois anos com o ensino remoto provocado pela pandemia, portanto estavam acostumados a assistirem aulas fazendo outras coisas ao mesmo tempo.

Os recursos digitais puderam trazer para a aula uma certa curiosidade e aceitação do aluno ao receber novas informações. Durante as aulas desenvolvidas com a sequência metodológica proposta era perceptível a mudança de participação e interação dos alunos quando se utilizava esses recursos, principalmente os simuladores.

O uso dos simuladores pelo professor sempre era iniciado por perguntas norteadoras que provocavam debates entre os alunos, onde um respondia e o outro questionava sua resposta, desencadeando outras dúvidas e outras soluções antes

mesmo de concluir os circuitos simulados. Esse debate mostrava que a aquisição do conhecimento era muito mais efetiva do que apenas dar as respostas aos alunos.

## 5.2. APLICAÇÃO DO EXPERIMENTO

Devido à falta de material, foi necessário montar apenas três grupos de livre escolha entre os alunos. Cada grupo foi composto por cinco a sete pessoas.

Diante aos desafios propostos e a não roteirização de como deveria ser executado, o desenvolvimento do trabalho causou uma grande interação entre eles, com trocas de conhecimentos capazes de nivelar o aprendizado entre alunos com mais facilidade e aqueles que ainda apresentavam dificuldades de compreensão. O experimento exigiu o “fazer” do aluno, causando até certa euforia.

Essa interação entre os grupos expôs certas habilidades de comunicação e contribuiu para desenvolver habilidades motoras.

*Figura 19 - 3ºA Montando circuito simples com interruptor*



Fonte: Autor

*Figura 20 - 3ª Montando circuito em série*



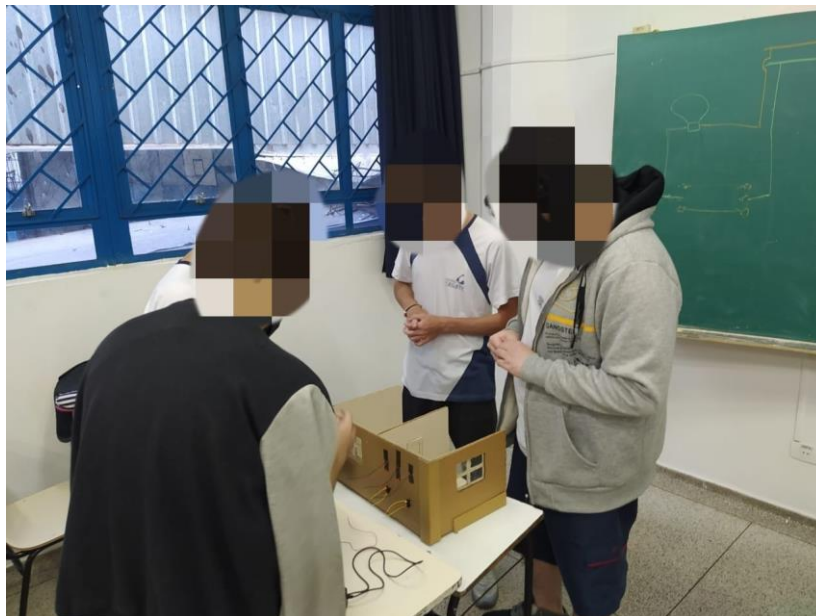
*Fonte: Autor*

*Figura 21 - 3ªB montando circuito com interruptor paralelo*



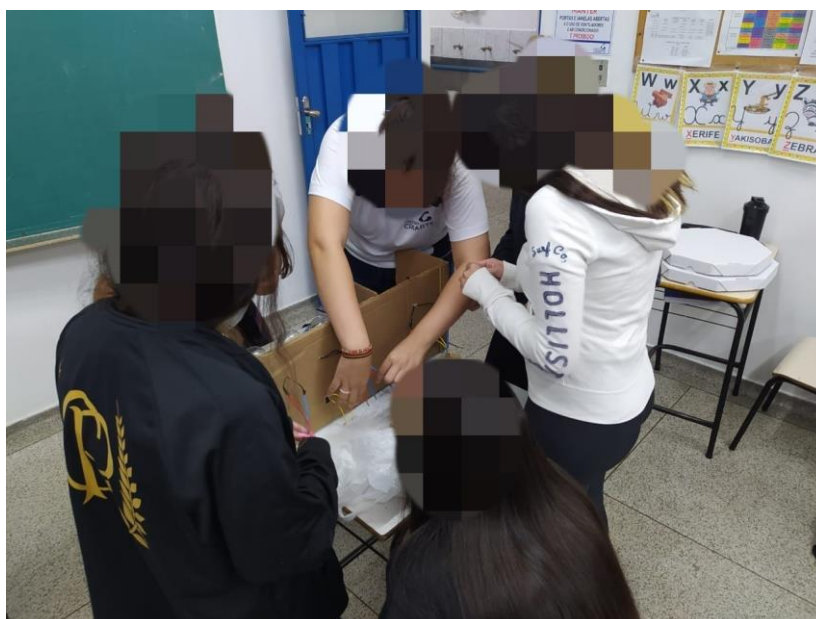
*Fonte: Autor*

Figura 22 - 3ºB montando circuito em paralelo



Fonte: Autor

Figura 23 - 3ºB montando circuito em série



Fonte: Autor

Figura 24 - 3ºA discutindo possíveis erros na montagem



Fonte: Autor

### 5.3. RESPOSTAS DO QUESTIONÁRIO FINAL

Para avaliar os alunos e comparar a evolução do aprendizado, foi elaborado um questionário composto por dez questões de eletrodinâmica de provas de edições anteriores do ENEM. Essas questões foram diversificadas em conceituais e técnicas, tendo questões de nível fácil, médio e difícil.

A seguir apresentaremos as questões com o resultado dos acertos de cada sala e algumas conclusões. Esse questionário encontra-se no ANEXO do produto educacional com as perguntas e alternativas.

#### Questão 1 - (ENEM-2017)

O manual de utilização de um computador portátil informa que a fonte de alimentação utilizada para carregar a bateria do aparelho apresenta as características:

| Fonte de alimentação |                                     |
|----------------------|-------------------------------------|
| Entrada:             | 100-240 V $\sim$ 1,5 A 50-60 Hz     |
| Saída:               | 19 V $\square\square\square$ 3,16 A |

Qual é a quantidade de energia fornecida por unidade de carga, em J/C, disponibilizada à bateria?

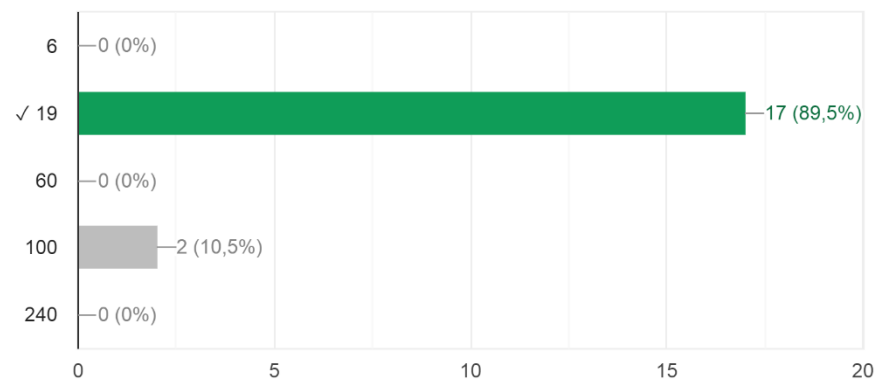
- a) 6
- b) 19

- c) 60
- d) 100
- e) 240

Gráfico 1 - 3ªA Respostas Questão 1

(ENEM-2017)

17 / 19 respostas corretas

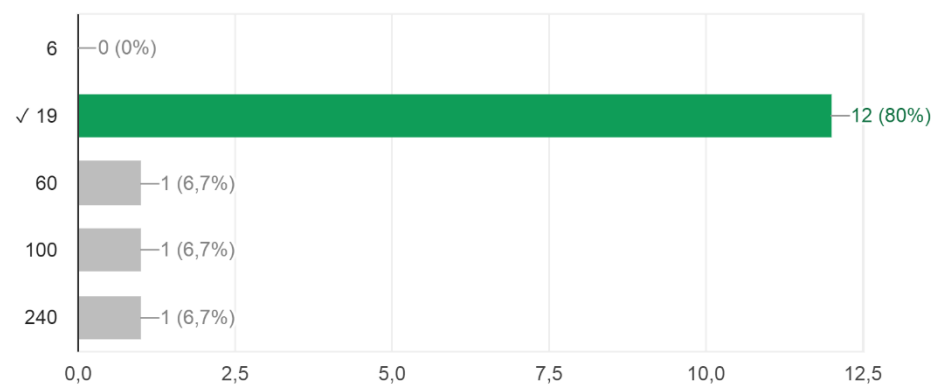


Fonte: Google Forms

Gráfico 2 - 3ªB Respostas Questão 1

(ENEM-2017)

12 / 15 respostas corretas



Fonte: Google Forms

Um dos grandes erros que os alunos apresentaram no questionário de conhecimentos prévios era a interpretação das unidades de medida, porém agora é nítido que essa habilidade apresentou uma grande evolução.

### Questão 2 - (ENEM-2010)

A resistência elétrica de um fio é determinada pela suas dimensões e pelas propriedades estruturais do material. A condutividade ( $\sigma$ ) caracteriza a estrutura do material, de tal forma que a resistência de um fio pode ser determinada conhecendo-se  $L$ , o comprimento do fio e  $A$ , a área de seção reta. A tabela relaciona o material à sua respectiva resistividade em temperatura ambiente.

| Tabela de condutividade |                                    |
|-------------------------|------------------------------------|
| Material                | Condutividade ( $S \cdot m/mm^2$ ) |
| Alumínio                | 34,2                               |
| Cobre                   | 61,7                               |
| Ferro                   | 10,2                               |
| Prata                   | 62,5                               |
| Tungstênio              | 18,8                               |

Mantendo-se as mesmas dimensões geométricas, o fio que apresenta menor resistência elétrica é aquele feito de

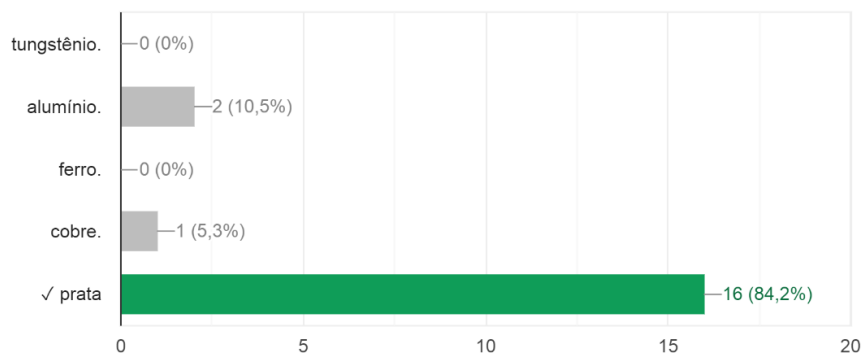
- a) tungstênio.
- b) alumínio.
- c) ferro.
- d) cobre.
- e) prata

3ºA

Gráfico 3 - 3ªA Respostas Questão 2

(ENEM-2010)

16 / 19 respostas corretas

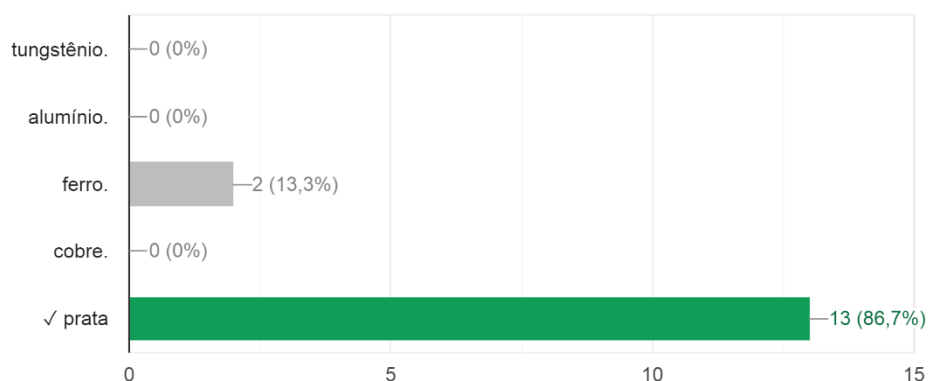


Fonte: Google Forms

Gráfico 4 - 3ªB Respostas Questão 2

(ENEM-2010)

13 / 15 respostas corretas



Fonte: Google Forms

O reconhecimento das propriedades dos materiais e interpretação de tabelas apresentou grande aproveitamento nessa questão.

### Questão 3 - (ENEM-2014)

Os manuais dos fornos micro-ondas desaconselham, sob pena de perda da garantia, que eles sejam ligados em paralelo juntamente a outros aparelhos eletrodomésticos por meio de tomadas múltiplas, popularmente conhecidas como “benjamins” ou “tês”,

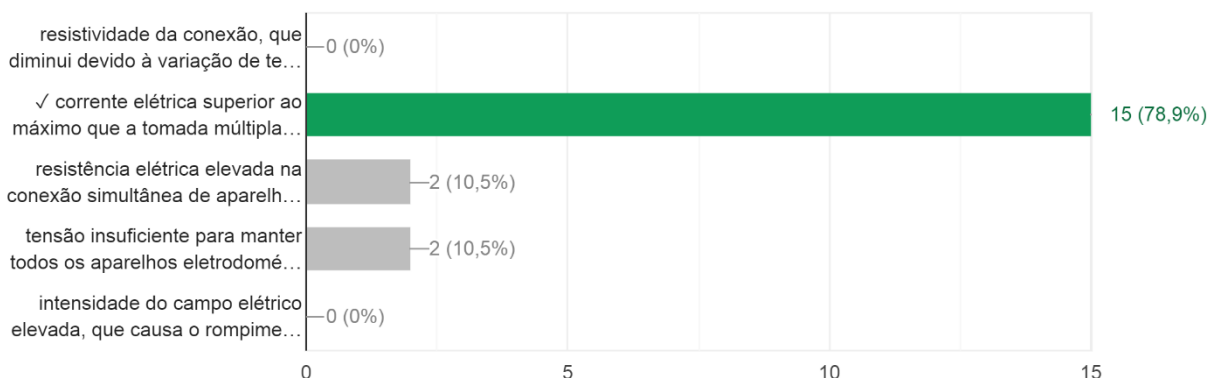
devido ao alto risco de incêndio e derretimento dessas tomadas, bem como daquelas dos próprios aparelhos. Os riscos citados são decorrentes da

- a) resistividade da conexão, que diminui devido à variação de temperatura do circuito.
- b) corrente elétrica superior ao máximo que a tomada múltipla pode suportar.
- c) resistência elétrica elevada na conexão simultânea de aparelhos eletrodomésticos.
- d) tensão insuficiente para manter todos os aparelhos eletrodomésticos em funcionamento.
- e) intensidade do campo elétrico elevada, que causa o rompimento da rigidez dielétrica da tomada múltipla.

Gráfico 5 - 3ª Respostas Questão 3

(ENEM-2014) Os manuais dos fornos micro-ondas desaconselham, sob pena de perda da garantia, que eles sejam ligados em paralelo juntamente a o...s aparelhos. Os riscos citados são decorrentes da

15 / 19 respostas corretas

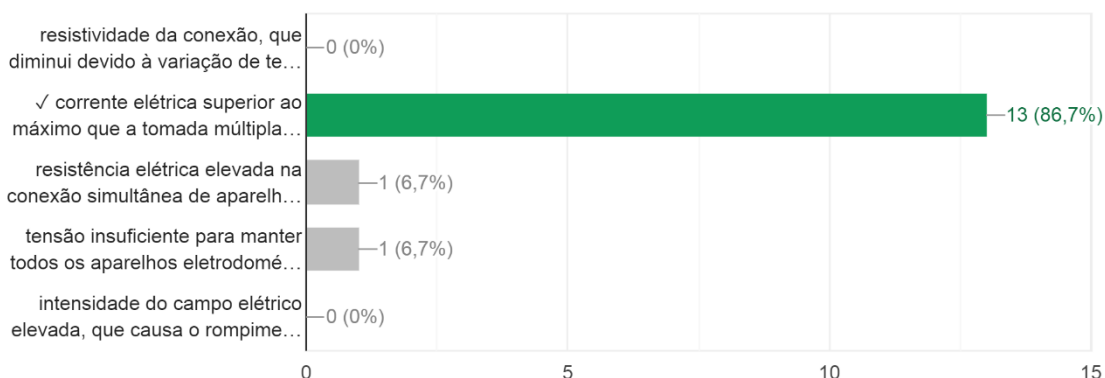


Fonte: Google Forms

Gráfico 6 - 3ºB Respostas Questão 3

(ENEM-2014) Os manuais dos fornos micro-ondas desaconselham, sob pena de perda da garantia, que eles sejam ligados em paralelo juntamente a o...s aparelhos. Os riscos citados são decorrentes da

13 / 15 respostas corretas



Fonte: Google Forms

Essa questão mostrou que os alunos compreenderam a relação do efeito joule com a corrente elétrica em certos materiais.

#### Questão 4 - (Enem 2018)

Alguns peixes, como o poraquê, a enguia-elétrica da Amazônia, podem produzir uma corrente elétrica quando se encontram em perigo. Um poraquê de 1 metro de comprimento, em perigo, produz uma corrente em torno de 2 ampères e uma voltagem de 600 volts. O quadro apresenta a potência aproximada de equipamentos elétricos. O equipamento elétrico que tem potência similar àquela produzida por esse peixe em perigo é o(a)

| Equipamento elétrico   | Potência aproximada (watt) |
|------------------------|----------------------------|
| Exaustor               | 150                        |
| Computador             | 300                        |
| Aspirador de pó        | 600                        |
| Churrasqueira elétrica | 1 200                      |
| Secadora de roupas     | 3 600                      |

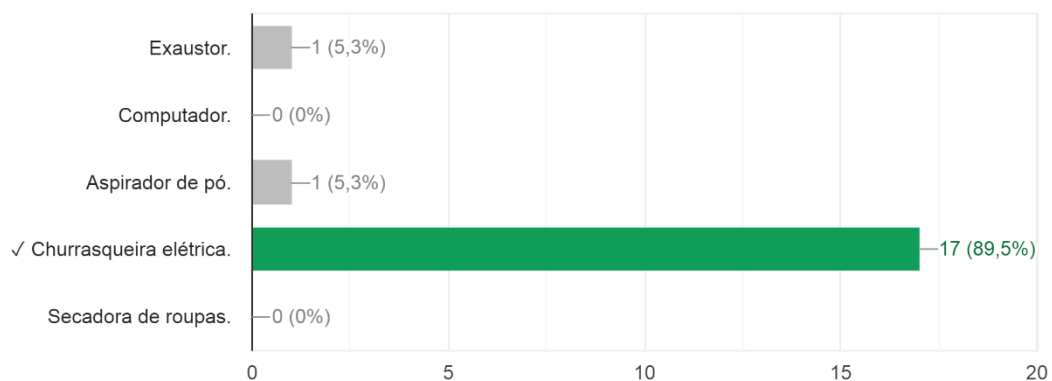
- a) Exaustor.
- b) Computador.

- c) Aspirador de pó.
- d) Churrasqueira elétrica.
- e) Secadora de roupas.

Gráfico 7 - 3ªA Respostas Questão 4

(Enem 2018) Alguns peixes, como o poraquê, a enguia-elétrica da Amazônia, podem produzir uma corrente elétrica quando se encontram em perigo. ...àquela produzida por esse peixe em perigo é o(a)

17 / 19 respostas corretas

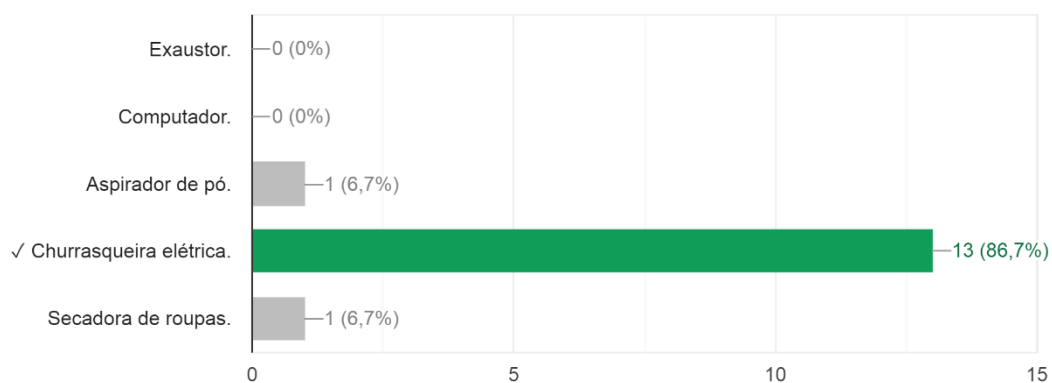


Fonte: Google Forms

Gráfico 8 - 3ªB Respostas Questão 4

(Enem 2018) Alguns peixes, como o poraquê, a enguia-elétrica da Amazônia, podem produzir uma corrente elétrica quando se encontram em perigo. ...àquela produzida por esse peixe em perigo é o(a)

13 / 15 respostas corretas



Fonte: Google Forms

Essa questão mostrou a grande habilidade dos alunos na compreensão textual e comparação de equipamentos eletrônicos a partir de sua potência, exigindo cálculos simples.

**Questão 5 - (Enem 2018 PPL)**

Ao dimensionar circuitos elétricos residenciais, é recomendado utilizar adequadamente bitolas dos fios condutores e disjuntores, de acordo com a intensidade de corrente elétrica demandada. Esse procedimento é recomendado para evitar acidentes na rede elétrica. No quadro é especificada a associação para três circuitos distintos de uma residência, relacionando tensão no circuito, bitolas de fios condutores e a intensidade de corrente elétrica máxima suportada pelo disjuntor. No quadro é especificada a associação para três circuitos distintos de uma residência, relacionando tensão no circuito, bitolas de fios condutores e a intensidade de corrente elétrica máxima suportada pelo disjuntor. Com base no dimensionamento do circuito residencial, em qual(is) do(s) circuito(s) o(s) equipamento(s) é(estão) ligado(s) adequadamente?

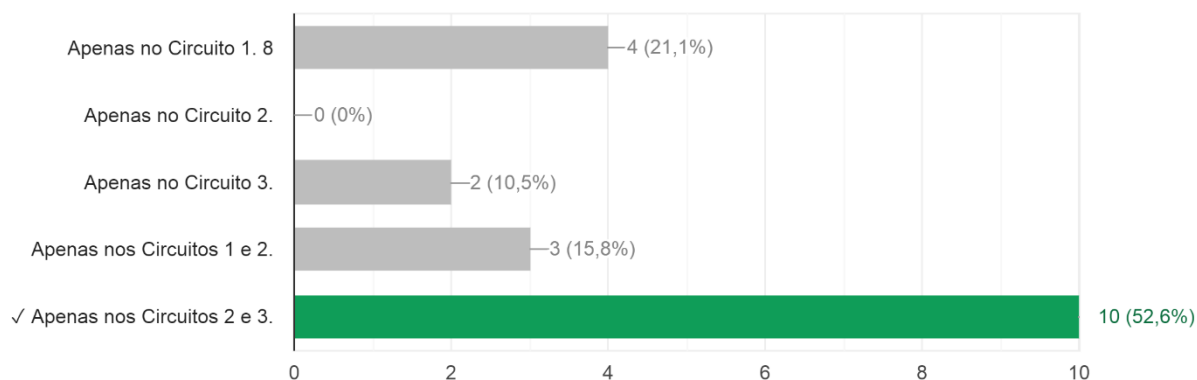
| Dimensionamento — Circuito residencial |               |                                  |                      |                              |
|----------------------------------------|---------------|----------------------------------|----------------------|------------------------------|
| Identificação                          | Tensão (volt) | Bitola do fio (mm <sup>2</sup> ) | Disjuntor máximo (A) | Equipamento a ser ligado (W) |
| Circuito 1                             | 110           | 2,5                              | 20                   | 4 200                        |
| Circuito 2                             | 220           | 2,5                              | 20                   | 4 200                        |
| Circuito 3                             | 220           | 6,0                              | 35                   | 6 600                        |

- a) Apenas no Circuito 1. 8
- b) Apenas no Circuito 2.
- c) Apenas no Circuito 3.
- d) Apenas nos Circuitos 1 e 2.
- e) Apenas nos Circuitos 2 e 3.

Gráfico 9 - 3ªA Respostas Questão 5

(Enem 2018 PPL) Ao dimensionar circuitos elétricos residenciais, é recomendado utilizar adequadamente bitolas dos fios condutores e dis...quipamento(s) é(estão) ligado(s) adequadamente?

10 / 19 respostas corretas

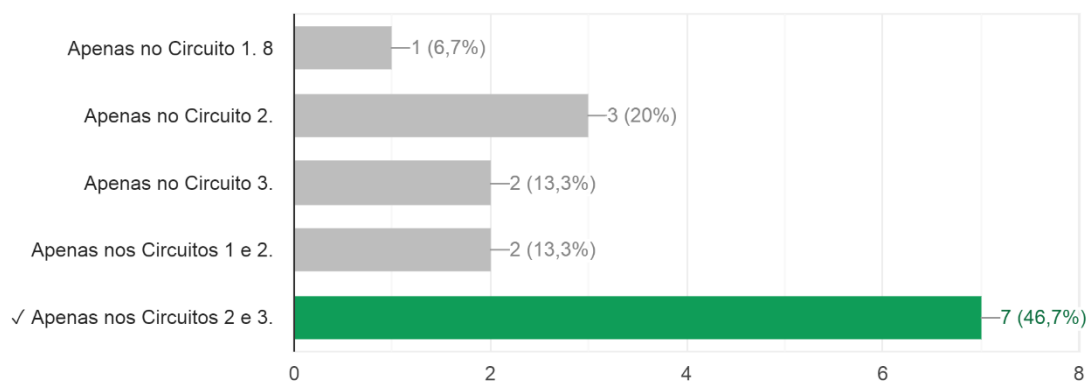


Fonte: Google Forms

Gráfico 10 - 3ºB Respostas Questão 5

(Enem 2018 PPL) Ao dimensionar circuitos elétricos residenciais, é recomendado utilizar adequadamente bitolas dos fios condutores e dis...quipamento(s) é(estão) ligado(s) adequadamente?

7 / 15 respostas corretas

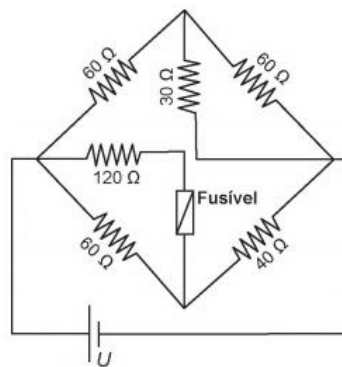


Fonte: Google Forms

A questão 5 que mesmo tendo uma quantidade boa de acertos, a compreensão de resistência elétrica a partir das características físicas do condutor ainda precisam ser aprofundadas.

### Questão 6 - (ENEM 2017)

Fusível é um dispositivo de proteção contra sobrecorrente em circuitos. Quando a corrente que passa por esse componente elétrico é maior que sua máxima corrente nominal, o fusível queima. Dessa forma, evita que a corrente elevada danifique os aparelhos do circuito. Suponha que o circuito elétrico mostrado seja alimentado por uma fonte de tensão  $U$  e que o fusível suporte uma corrente nominal de 500 mA. Qual é o máximo valor da tensão  $U$  para que o fusível não queime?

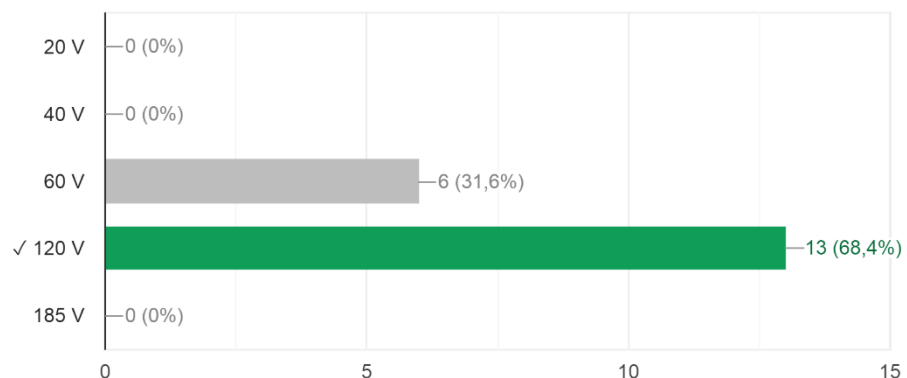


- a) 20 V
- b) 40 V
- c) 60 V
- d) 120 V
- e) 185 V

Gráfico 11 - 3ª Respostas Questão 6

(ENEM 2017) Fusível é um dispositivo de proteção contra sobrecorrente em circuitos. Quando a corrente que passa por esse componente elétrico é...valor da tensão  $U$  para que o fusível não queime?

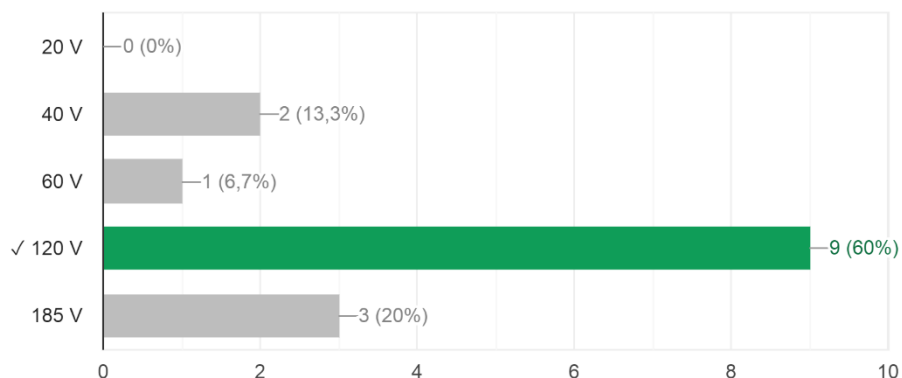
13 / 19 respostas corretas



Fonte: Google Forms

Gráfico 12 - 3ªB Respostas Questão 6

(ENEM 2017) Fusível é um dispositivo de proteção contra sobrecorrente em circuitos. Quando a corrente que passa por esse componente elétrico é...valor da tensão  $U$  para que o fusível não queime?  
9 / 15 respostas corretas

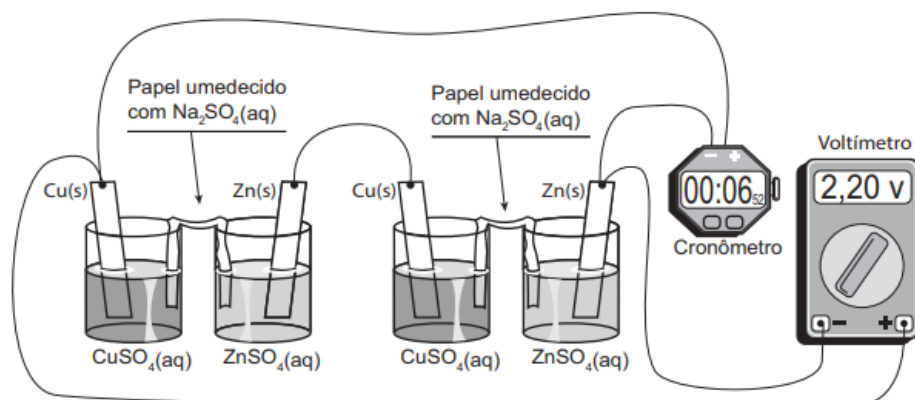


Fonte: Google Forms

A questão 6 pode ser considerada uma questão de nível difícil sobre características de associação de resistores e mesmo assim apresentou resultado bastante satisfatório em ambas as turmas.

### Questão 7 - (ENEM 2021)

É possível ligar aparelhos elétricos de baixa corrente utilizando materiais comuns de laboratório no lugar das tradicionais pilhas. A ilustração apresenta uma montagem que faz funcionar um cronômetro digital. Utilizando a representação de projetos elétricos, o circuito equivalente a esse sistema é:



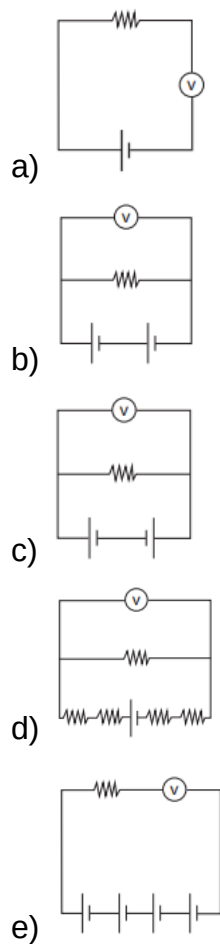
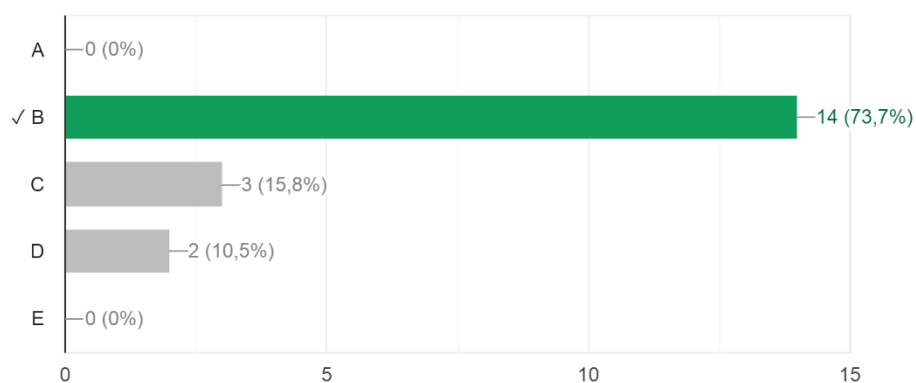


Gráfico 13 - 3ª Respostas Questão 7

É possível ligar aparelhos elétricos de baixa corrente utilizando materiais comuns de laboratório no lugar das tradicionais pilhas. A ilustração apresenta... elétricos, o circuito equivalente a esse sistema é:  
14 / 19 respostas corretas



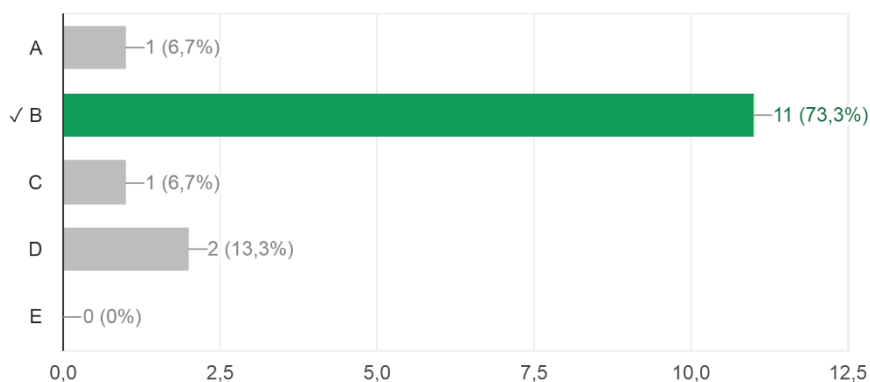
Fonte: Google Forms

3ºB

Gráfico 14 - 3ºB Respostas Questão 7

É possível ligar aparelhos elétricos de baixa corrente utilizando materiais comuns de laboratório no lugar das tradicionais pilhas. A ilustração apresenta...

11 / 15 respostas corretas

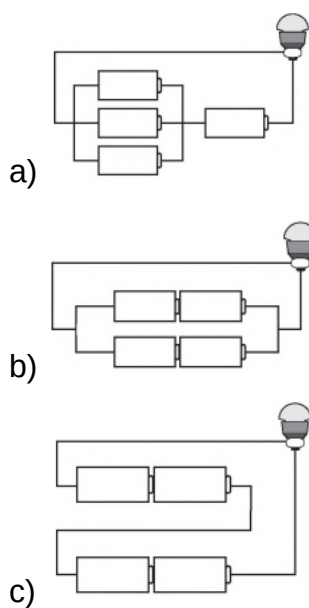


Fonte: Google Forms

A questão 7 nos mostra habilidades desenvolvidas na interpretação de circuitos, no qual a experimentação pode ter contribuído.

### Questão 8 - (ENEM 2016)

Em um laboratório, são apresentados aos alunos uma lâmpada, com especificações técnicas de 6V e 12W, e um conjunto de 4 pilhas de 1,5V cada. Qual associação de geradores faz com que a lâmpada produza maior brilho?



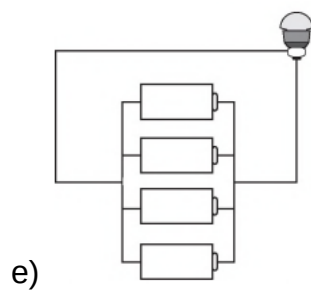
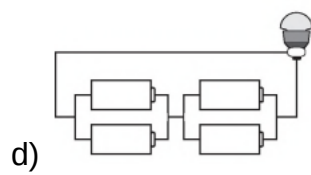
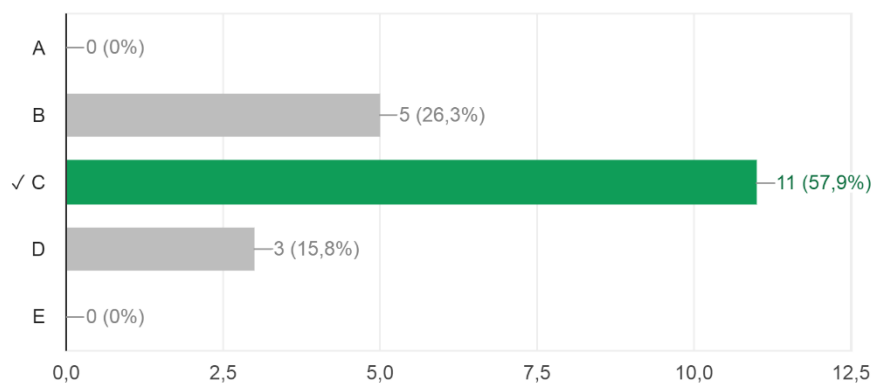


Gráfico 15 - 3ª Respostas Questão 8

(ENEM 2016) Em um laboratório, são apresentados aos alunos uma lâmpada, com especificações técnicas de 6V e 12W, e um conjunto de 4 pilhas d...ores faz com que a lâmpada produza maior brilho?  
11 / 19 respostas corretas

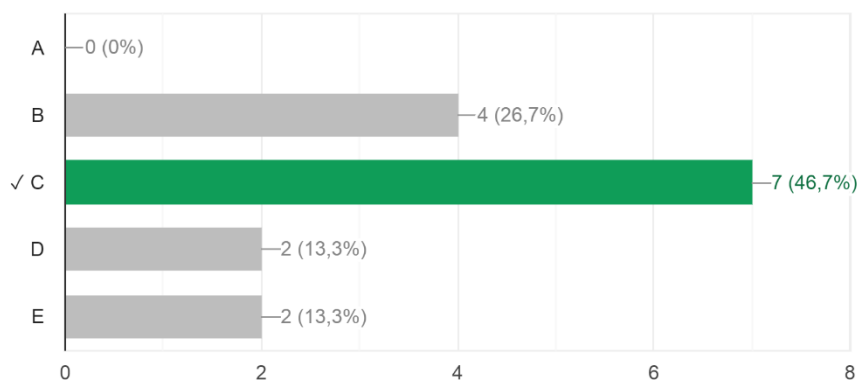


Fonte: Google Forms

Gráfico 16 - 3ºB Respostas Questão 8

(ENEM 2016) Em um laboratório, são apresentados aos alunos uma lâmpada, com especificações técnicas de 6V e 12W, e um conjunto de 4 pilhas d...ores faz com que a lâmpada produza maior brilho?

7 / 15 respostas corretas



Fonte: Google Forms

A questão 8 é uma questão que além da interpretação do circuito, exige certos cálculos a serem feitos, e a respostas dos alunos nos mostra que essa habilidade ainda precisa ser aprofundada.

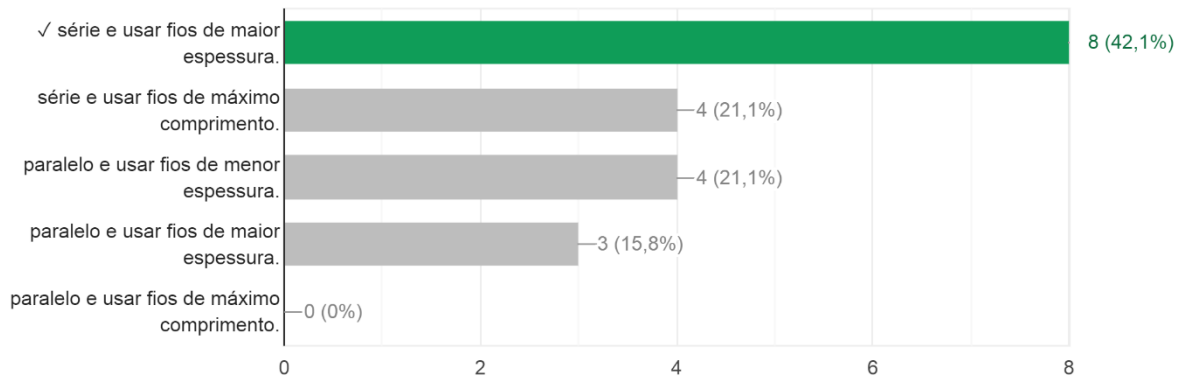
### Questão 9 - (ENEM 2013)

Um grupo de amigos foi passar o fim de semana em um acampamento rural, onde não há eletricidade. Uma pessoa levou um gerador a diesel e outra levou duas lâmpadas, diferentes fios e bocais. Perto do anoitecer, iniciaram a instalação e verificaram que as lâmpadas eram de 60 W - 110 V e o gerador produzia uma tensão de 220 V. Para que as duas lâmpadas possam funcionar de acordo com suas especificações e o circuito tenha menor perda possível, a estrutura do circuito elétrico deverá ser de dois bocais ligados em

- a) série e usar fios de maior espessura.
- b) série e usar fios de máximo comprimento.
- c) paralelo e usar fios de menor espessura.
- d) paralelo e usar fios de maior espessura.
- e) paralelo e usar fios de máximo comprimento.

Gráfico 17 - 3ª Respostas Questão 9

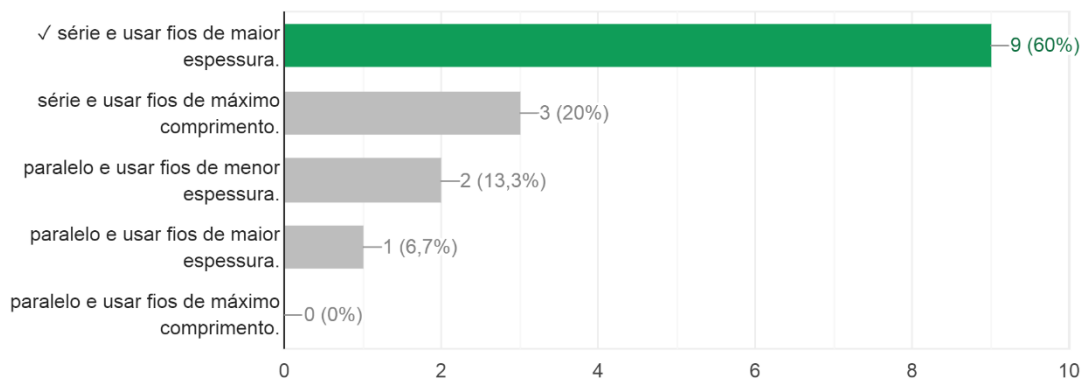
(ENEM 2013) Um grupo de amigos foi passar o fim de semana em um acampamento rural, onde não há eletricidade. Uma pessoa levou um gerador a...ito elétrico deverá ser de dois bocais ligados em 8 / 19 respostas corretas



Fonte: Google Forms

Gráfico 18 - 3ªB Respostas Questão 9

(ENEM 2013) Um grupo de amigos foi passar o fim de semana em um acampamento rural, onde não há eletricidade. Uma pessoa levou um gerador a...ito elétrico deverá ser de dois bocais ligados em 9 / 15 respostas corretas



Fonte: Google Forms

A questão 9 também pode ser considerada uma questão difícil, pois exige conhecimentos em interpretação de circuitos e a resistência elétrica a partir das características físicas do resistor. Como na questão 5 essa habilidade desse ser aprofundada.

### Questão 10 (ENEM 2015)

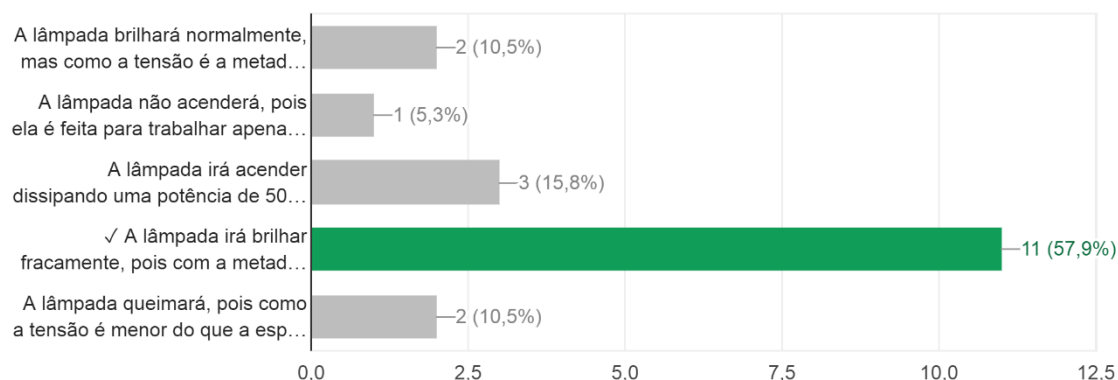
A rede elétrica de uma residência tem tensão de 110 V e o morador compra, por engano, uma lâmpada incandescente com potência nominal de 100 W e tensão nominal de 220 V. Se essa lâmpada for ligada na rede de 110 V, o que acontecerá?

- a) A lâmpada brilhará normalmente, mas como a tensão é a metade da prevista, a corrente elétrica será o dobro da normal, pois a potência elétrica é o produto de tensão pela corrente.
- b) A lâmpada não acenderá, pois ela é feita para trabalhar apenas com tensão de 220 V, e não funciona com tensão abaixo desta.
- c) A lâmpada irá acender dissipando uma potência de 50 W, pois como a tensão é metade da esperada, a potência também será reduzida à metade.
- d) A lâmpada irá brilhar fracamente, pois com a metade da tensão nominal, a corrente elétrica também será menor e a potência dissipada será menos da metade da nominal.
- e) A lâmpada queimará, pois como a tensão é menor do que a esperada, a corrente será maior, ultrapassando a corrente para a qual o filamento foi projetado.

Gráfico 19 - 3ª Respostas Questão 10

(ENEM 2015) A rede elétrica de uma residência tem tensão de 110 V e o morador compra, por engano, uma lâmpada incandescente com potência n... for ligada na rede de 110 V, o que acontecerá?

11 / 19 respostas corretas

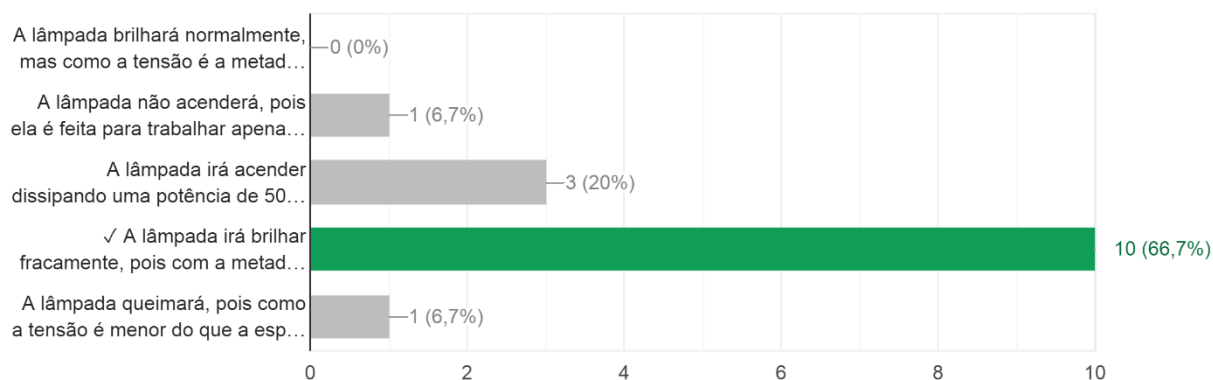


Fonte: Google Forms

Gráfico 20 - 3ºB Respostas Questão 10

(ENEM 2015) A rede elétrica de uma residência tem tensão de 110 V e o morador compra, por engano, uma lâmpada incandescente com potência n... for ligada na rede de 110 V, o que acontecerá?

10 / 15 respostas corretas

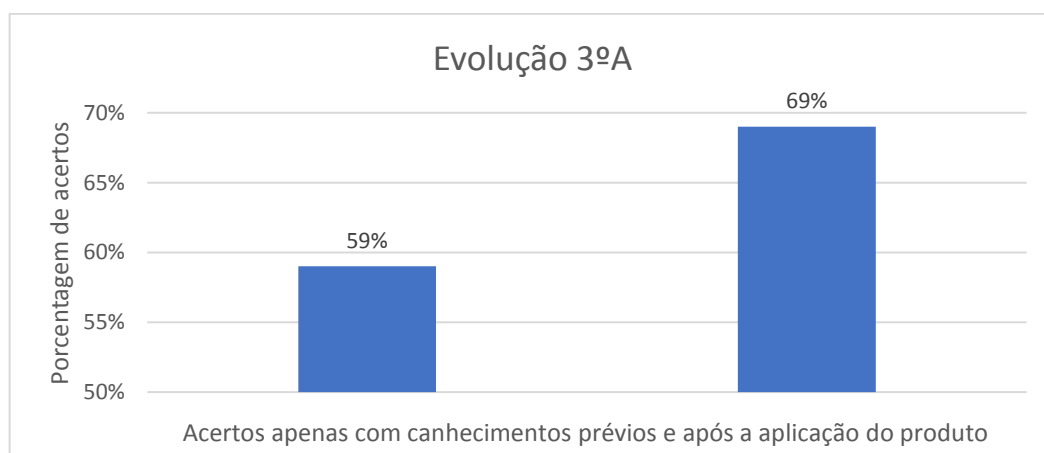


Fonte: Google Forms

A questão 10 mostra uma habilidade de interpretação dos efeitos da tensão elétrica nos equipamentos. No questionário de conhecimentos prévios, os alunos já possuíam uma boa concepção desse assunto e mesmo com uma questão com nível de dificuldade maior, apresentaram resultados satisfatórios.

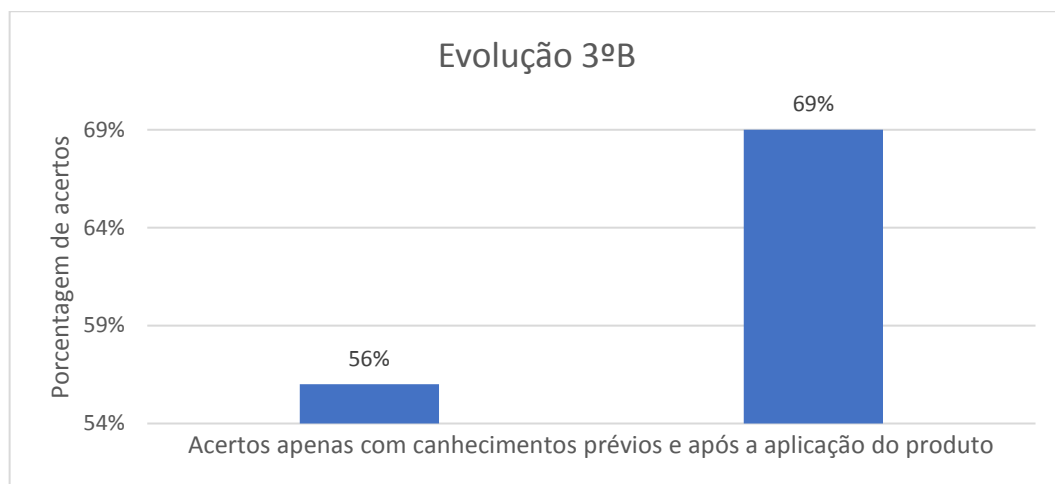
Para fazer uma análise geral, a seguir mostramos um gráfico para cada sala que apresenta a evolução dos acertos em porcentagem. Nele comparamos o questionário prévio com o questionário aplicado após a sequência didática.

Gráfico 21 - Evolução 3ºA



Fonte: O autor

Gráfico 22 - Evolução 3ºB



Fonte: O autor

A partir desses gráficos de evolução, podemos observar que inicialmente a sala do 3ºA apresentou 59% de acertos nos questionários simples de conhecimentos prévios contra 56% de acertos do 3ºB, entretanto, ambas as salas alcançaram 69% de acertos no questionário mais complexo de verificação de aprendizagem.

Podemos verificar que mesmo as salas tendo perfis diferentes, houve uma homogeneização ao final do produto educacional. O 3ºA é uma sala mais ativa e homogênea, fácil de trabalhar por ser bem receptiva, apenas com certos alunos com rejeição à física. A metodologia aplicada pôde dar dinamismo às aulas e ser facilitadora do conhecimento. Já o 3ºB é uma sala mais heterogênea, com alunos bons e alunos com muita dificuldade e timidez. Os experimentos trabalhados em grupos contribuíram para nivelar a turma e poder evoluir igualmente ao 3ºA.

A análise desses questionários não possui o objetivo de avaliar individualmente cada aluno, sendo respondido anonimamente sem o uso para as notas do boletim. A ideia é observar a evolução do aprendizado das turmas em eletrodinâmica em diversos tópicos abordados.

É importante ressaltar que os alunos realizaram esse questionário após a realização da semana de provas do colégio e que muitos reclamaram de “estarem cansados de tantas provas”, além de haver algumas faltas nesse dia.

## 6. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Práticas e atividades experimentais durante as aulas de física são ferramentas facilitadoras para a compreensão de fenômenos físicos que auxiliam os alunos em sua aprendizagem de conceitos. Na eletrodinâmica vemos diversos conceitos que exigem uma abstração dos alunos e a utilização de experimentos e recursos digitais tornam essa tarefa mais fácil, ativa e interessante.

Durante o ano letivo, o professor encontra alunos desmotivados e que não encontram na escola um motivo para aproveitar o máximo que ela tem a oferecer, estando ali por mera obrigação. Esse é o primeiro desafio que o professor deve encarar em suas práticas pedagógicas, pois essa motivação é despertada de formas diferentes em cada aluno. Para Tapia (1999), existem certos condicionantes contextuais da motivação para aprender, sendo eles a curiosidade no qual o professor atrai a atenção do aluno através da novidade, complexidade e caráter inesperado. O interesse, no qual a informação que se recebe pode relacionar com o que já se sabe, onde o aluno dirige sua atenção para um fenômeno novo, incerto que se segue de uma orientação que facilite sua compreensão. A percepção da importância dos conteúdos também é um fator condicionante, pois muitos alunos se questionam “Para que necessito saber isso?”, sendo o papel do professor contextualizar a atividade com a vida do aluno. É importante destacar que, para Ausubel (2003), para que ocorra aprendizagem significativa, o aluno precisa ter como requisito a pré-disposição em aprender.

Durante a realização metodológica desse produto educacional, um questionário de interesse na aprendizagem foi realizado com os alunos e foi possível observar que boa parte da motivação vem apenas para obter aprovações em vestibulares. Entre as aplicações das sequências didáticas, a percepção do professor em relação ao interesse em aprender dos alunos apresentou mudanças significativas com o uso de recursos digitais e o experimento. Alunos que pouco participavam se envolveram ativamente e muitos outros se mostraram mais abertos e receptivos à disciplina. Para aprimorar este produto educacional, serão aplicados novos questionários para verificar se a motivação do aluno foi alterada durante as práticas de sala de aula, onde o objetivo principal será alcançar os alunos mais resistentes e encontrar maneiras alternativas e eficazes para se trabalhar as sequências didáticas.

A realização do experimento da “mini instalação elétrica” que usa uma maquete simulando a instalação elétrica de uma casa se mostrou bastante eficiente

para a compreensão de instalações residências, onde em um único experimento foi possível explorar vários tópicos da eletrodinâmica. Entretanto, é necessário um certo investimento financeiro inicial na compra dos dispositivos que são utilizados, no qual se torna um ponto negativo, ainda mais que para uma sala de aula com muitos alunos é necessário ter várias maquetes disponíveis. Sugiro que para professores que pretendem reproduzi-la agreguem dispositivos recuperados de lixo eletrônico.

A partir do referencial teórico e a experiência da sala de aula, fica evidente que os experimentos são formas de transformar as aulas mais interessantes e motivadoras, pois promovem uma autonomia do aluno a buscar soluções aos desafios sugeridos, colocando em prática os novos conhecimentos adquiridos. A interação entre os alunos também se mostra uma ferramenta essencial na aprendizagem, pois desafios em grupos promovem discussões de cooperação, sendo essa mais evidente em grupos de alunos com mais afinidade uns aos outros, pois assim até alunos mais tímidos conseguem um protagonismo na sua aprendizagem. Outro ponto fundamental é a interação do professor com os alunos, pois se essa relação não for harmoniosa, é evidente que haverá resistência para receber novos conhecimentos. Quando se usa a experimentação e traz o aluno ativamente no aprendizado, uma conexão emocional permite ver o professor como um mediador do conhecimento popular trazido para sala de aula com conhecimento científico formal.

Ao final da aplicação do produto educacional, foi aplicado um novo questionário para avaliar o aprendizado dos alunos com dez perguntas que caíram em provas do ENEM, nele foi possível verificar que ambas as salas obtiveram 69% dos acertos, entretanto certas questões ainda tiveram um grau elevado de erros, que são pontos a serem revistos ou reforçados posteriormente. Além disso, outra sugestão a ser realizada futuramente, é verificar se o aprendizado foi efetivo fazendo outro questionário com os alunos após algum tempo para ver se essas novas ideias não foram esquecidas.

A utilização de sequências didáticas com caráter significativo se mostra bastante eficiente pois contribui para que o aluno perceba que a física está em todo lugar, principalmente em toda a tecnologia a qual os jovens estão cada vez mais dependentes. Acredito que essa prática deve ser utilizada em qualquer etapa do processo de ensino, pois assim o aluno conseguirá enxergar toda a ciência ao seu redor. Algumas dificuldades que podem ser encontradas são: a adequação dos significados de acordo com a realidade social e econômica das turmas e a quantidade

de conteúdo para poucas aulas semanais. A utilização de experimentos exige uma boa parcela do tempo da aula, sendo assim, pensar em experimentos que podem mostrar vários fenômenos de uma vez pode ser uma boa estratégia, além de que se a escola possuir um bom material de apoio, o tempo usado “em lousa” pode ser otimizado.

Um ponto importante a ser levantado é que essa metodologia foi aplicada no ano de 2022, onde ainda os alunos do 3º ano do ensino médio não estão atrelados ao novo ensino médio das diretrizes da BNCC, ou seja, a grade curricular será adequada de acordo com itinerários formativos que podem agregar outras disciplinas ou então, as atividades aqui desenvolvidas poderão se adequar em disciplinas eletivas que estejam associadas ao projeto de vida dos alunos.

Para finalizar, a execução desse produto educacional promoveu uma reflexão sobre a necessidade de propostas inovadoras que auxiliam a compreensão da ciência a uma geração de alunos que estão acostumados a informações rápidas. A formação continuada de professores é uma necessidade a todos que lecionam, pois o perfil dos alunos muda e nossas práticas educacionais devem acompanhar essas mudanças. Adversidades externas a sala de aula, como pouco tempo para elaboração das aulas, baixo investimento na educação, baixo envolvimento das famílias na formação dos filhos e problemas sociais são fatores que afetam diretamente o aprendizado, além das consequências trazidas pela pandemia do COVID-19, onde boa parte dos alunos não tiveram boa formação de forma remota, menor socialização e possivelmente fatalidades com familiares ou amigos, porém o papel do professor está em mitigar essas adversidades e contribuir na melhor formação dos alunos, podendo assim mudar suas vidas.

## REFERÊNCIAS

AUSUBEL, D. P. **Aquisição e Retenção de Conhecimentos: Uma Perspectiva Cognitiva**. Barcelona. 1 ed. Lisboa: Paralelo Editora, 2003.

BONADIMAN, H; NONENMACHER, S. E. B. **O Gostar e o aprender no ensino de física: uma proposta metodológica**. Cad. Bras. Ens. Fís., v. 24, n. 2: p. 194-223, ago. 2007.

BRASIL. Base Nacional Comum Curricular (BNCC). **Educação é a Base**. Brasília, MEC/CONSED/UNDIME, 2017. Disponível em: < [http://basenacionalcomum.mec.gov.br/images/BNCC\\_EI\\_EF\\_110518-versaofinal\\_site.pdf](http://basenacionalcomum.mec.gov.br/images/BNCC_EI_EF_110518-versaofinal_site.pdf) >. Acesso em: 18 jan. 2022.

BRASIL, Ministério da Educação, **Parâmetros Curriculares Nacionais (PCN), Ensino Médio: Ciências da Natureza, Matemática e suas Tecnologias**, Brasília, 1999.

BRASIL. Medida Provisória n.º 746, de 22 de setembro de 2016. **Institui a Política de Fomento à Implementação de Escolas de Ensino Médio em Tempo Integral, altera a Lei nº 9.394, de 20 de dezembro de 1996, que estabelece as diretrizes e bases da educação nacional, e a Lei nº 11.494 de 20 de junho 2007, que regulamenta o Fundo de Manutenção e Desenvolvimento da Educação Básica e de Valorização dos Profissionais da Educação, e dá outras providências**. Diário Oficial da União, Brasília: 23 set. 2016c.

FERREIRA, N. C. **Proposta de Laboratório para a Escola Brasileira: um Ensaio sobre a Instrumentação no Ensino Médio**. Dissertação (Mestrado em Educação). Universidade de São Paulo, 1978.

HALLIDAY, D.; RESNICK, R.; WALKER, J. **Fundamentos de física**. 8. ed. Rio de Janeiro, RJ: LTC, c2010 vol 3;

HEWITT, P. G. **Física Conceitual**. 12. ed. Porto Alegre: Bookman. 2015.

HODSON, D. **Hacia un enfoque más critico del trabajo de laboratorio. Enseñanza de las Ciências**. v. 12, n. 3, p. 299-313, 1994

GUIMARÃES, C.C. **Experimentação no ensino de Química: caminhos e descaminhos rumo à aprendizagem significativa**. Química Nova na Escola n.3, p. 198-202, Agosto, 2009.

MALHEIRO, J. M. S: **Atividades experimentais no ensino de ciências: limites e possibilidades**. ACTIO: Docência em Ciências v.1, n.1, p.108-127, jul./dez. 2016.

MÁXIMO, Antonio & ALVARENGA, Beatriz. **Física: Ensino Médio**. São Paulo: Scipione, 2014

MOREIRA, M. A. **Teorias de aprendizagem**. São Paulo: EPU, 1999.

NEVES, José Luis. **Pesquisa qualitativa – características, usos e possibilidades**. Caderno de Pesquisa em Administração, São Paulo, v. 1, n. 3, p.01-05, set. 1996.

OLIVEIRA, J. R. S. **Contribuições e abordagens das atividades experimentais no ensino de ciências: reunindo elementos para a prática docente**. Acta. Scientiae, v.12, n. 1, p. 139-153, 2010.

TAPIA, Jesus Alonso. **A motivação em sala de aula: o que é, como se faz**. Tradução Sandra Garcia. 2. ed., São Paulo: Loyola, 1999.

YOUNG, H. D. **Física III: Eletromagnetismo**/Young e Freedman [colaborador A. Lewis Ford], São Paulo, Addison Wesley, 2009.